

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **045848**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.12.29**

(51) Int. Cl. **G01R 33/10** (2006.01)  
**G01R 33/16** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202291644**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.11.27**

---

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКЛИКА НА ВНЕШНЕЕ ПОЛЕ И СПОСОБ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКЛИКА НА ВНЕШНЕЕ ПОЛЕ**

---

(31) **2019-215478**

(32) **2019.11.28**

(33) **JP**

(43) **2022.08.22**

(86) **РСТ/JP2020/044193**

(87) **WO 2021/107085 2021.06.03**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**НЭШНЛ ЮНИВЕРСИТИ  
КОРПОРЕЙШН КОБЕ  
ЮНИВЕРСИТИ; ИНТЕГРАЛ  
ДЖИОМЕТРИ САЙЕНС ИНК. (JP)**

(56) **JP-A-2018523130  
WO-A1-2013002233  
WO-A1-2017086325  
US-A1-20150293193  
US-A1-20140218036  
WO-A2-2018225028**

Proceedings of the 64th Annual Conference of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, The 64th Annual Conference of the Institute of Systems, Control and Information Engineers, 22 May 2020, pp. 489-495, entire text, (NAKATANI, Tota et al., "Advancement of Magnetic Field Distribution Image Analysis for Super Security Gate Using Deep Learning")

(72) Изобретатель:  
**Кимура Кендзиро, Мима Юки,  
Судзуки Сого, Кимура Нориаки (JP)**

(74) Представитель:  
**Медведев В.Н. (RU)**

---

(57) Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле (100) включает в себя контур (110) возбуждения, который создает первую составляющую поля из каждого из положений возбуждения; датчик (130), который измеряет напряженность поля в положениях замера для каждого из положений возбуждения; и схему (150) обработки информации, которая формирует изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле. Схема (150) обработки информации: вычисляет, при использовании результата замера в качестве граничного условия, функцию поля, зависящую от положения возбуждения, которая принимает положения возбуждения и замера в качестве входных данных и выдает напряженность поля; вычисляет функцию формирования изображения, которая принимает целевое положение формирования изображения в качестве входных данных и выдает интенсивность изображения, и определяется по напряженности, выданной из функции поля, зависящей от положения возбуждения, в результате ввода целевого положения формирования изображения; и формирует изображение на основе функции формирования изображения.

---

**045848**  
**B1**

**045848**  
**B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле и подобному средству, которое формирует изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле.

### Уровень техники изобретения

Патентный документ (PTL) 1 раскрывает устройство, которое получает распределение поля путем измерения. Устройство получает магнитно-силовое изображение распределения напряженности магнитного поля в первой плоскости измерения над образцом, получает вспомогательное магнитно-силовое изображение посредством выполнения измерения во второй плоскости измерения, которая находится на малом расстоянии  $d$  от первой плоскости измерения, и затем получает изображение градиентов магнитных сил посредством деления разности между ними на малое расстояние  $d$ . Магнитно-силовое изображение и вспомогательное магнитно-силовое изображение подвергаются преобразованию Фурье и подставляются в уравнение для получения трехмерного поля, выведенное из общего решения уравнения Лапласа, чтобы получить трехмерное поле, указывающее магнитную силу.

Устройство, раскрытое в PTL 1, может получать с высокой точностью состояние магнитных доменов на поверхности образца посредством получения трехмерного поля.

### Список литературы

Патентный документ  
PTL 1.: WO 2008/123432.

### Сущность изобретения

#### Техническая проблема

Однако, устройство, раскрытое в PTL 1, способно получать магнитные домены только на поверхности образца. Получение состояния магнитных доменов в областях глубже, чем на поверхности образца, является сложной задачей. Иначе говоря, трудно получить распределение магнитной восприимчивости (т.е. распределение отклика на внешнее поле) внутренней области образца.

В связи с этим, настоящее изобретение предлагает устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле и подобные средства, которые могут с высокой точностью формировать изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта.

#### Решение проблемы

Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле в соответствии с одним аспектом настоящего изобретения формирует изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле, которое является распределением откликов на внешнее поле, и включает в себя: контур возбуждения (индукции), который создает первую составляющую поля из каждого из положений возбуждения, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта; датчик, который замеряет, в каждом из положений замера, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта, напряженность поля, содержащую вторую составляющую поля, созданную объектом под влиянием первой составляющей поля, чтобы измерить напряженность поля в положениях замера для каждого из положений возбуждения; и схему обработки информации, которая получает результат замера напряженности поля и формирует изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, на основе результата замера. Схема обработки информации: вычисляет функцию поля, зависящую от положения возбуждения, которая принимает виртуальное положение возбуждения и виртуальное положение замера в качестве входных данных и выдает напряженность поля в виртуальном положении замера, при использовании результата замера в качестве граничного условия; вычисляет функцию формирования изображения, которая принимает целевое положение формирования изображения в качестве входных данных и выдает интенсивность изображения в целевом положении формирования изображения, и определяется на основе напряженности, выданной из функции поля, зависящей от положения возбуждения, в ответ на ввод целевого положения формирования изображения, в форме виртуального положения возбуждения и виртуального положения замера, в функцию поля, зависящую от положения возбуждения; и формирует изображение на основе функции формирования изображения.

Приведенные общие или специальные аспекты можно реализовать в форме системы, устройства или аппаратуры, способа, интегральной схемы, компьютерной программы или энергонезависимого компьютерно-читаемого носителя информации, например, CD-ROM, или любой их комбинацию.

#### Полезные эффекты изобретения

В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения можно формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта.

### Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - схема конфигурации первого примера устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 - схематическое представление, поясняющее реконструкцию магнитного поля в соответст-

вии со эталонным примером.

Фиг. 3 - схематическое представление, поясняющее положение возбуждения и положение замера в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4 - схематическое представление, поясняющее другой пример положения возбуждения и положения замера в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5 - схематическое представление, поясняющее еще один пример положения возбуждения и положения замера в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6 - конфигурационная схема второго примера устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 7 - схематическое представление, поясняющее первый пример сканера тела в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 8 - схематическое представление, поясняющее контур возбуждения в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 9 - схематическое представление, поясняющее магнитный датчик в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 10 - схематическое представление, поясняющее конкретную структуру магнитного датчика в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 11 - схематическое представление, поясняющее второй пример сканера тела в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 12 - схематическое представление, поясняющее третий пример сканера тела в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 13 - схематическое представление, поясняющее комбинированную схему из магнитного датчика и контура возбуждения в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 14 - схематическое представление, поясняющее четвертый пример сканера тела в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 15 - схематическое представление, поясняющее пятый пример сканера тела в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 16 - схематическое представление, поясняющее шестой пример сканера тела в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 17 - схематическое представление, поясняющее пример представления информации на внешнем терминале в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 18 - схематическое представление, поясняющее пример системы проверки безопасности в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 19 - блок-схема последовательности операций, представляющая работу устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

#### **Описание вариантов осуществления**

Например, устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле в соответствии с одним аспектом настоящего изобретения формирует изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле, которое является распределением откликов на внешнее поле, и включает в себя: контур возбуждения, который создает первую составляющую поля из каждого из положений возбуждения, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта; датчик, который измеряет, в каждом из положений замера, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта, напряженность поля, содержащего вторую составляющую поля, созданную объектом под влиянием первой составляющей поля, чтобы измерить напряженность поля в положениях замера для каждого из положений возбуждения; и схему обработки информации, которая получает результат замера напряженности поля и формирует изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, на основе результата замера. Схема обработки информации: вычисляет функцию поля, зависящую от положения возбуждения, которая принимает виртуальное положение возбуждения и виртуальное положение замера в качестве входных данных и выводит напряженность поля в виртуальном положении замера, при использовании результата замера в качестве граничного условия; вычисляет функцию формирования изображения, которая принимает целевое положение формирования изображения в качестве входных данных и выводит интенсивность изображения в целевом положении формирования изображения, и определяется на основе напряженности, выведенной из функции поля, зависящей от положения возбуждения, в ответ на ввод целевого положения формирования изображения, в форме виртуального положения возбуждения и виртуального положения замера, в функцию поля, зависящую от положения возбуждения; и формирует изображение на основе функции формирования изображения.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, на основе результата замера напряженности поля, на базе различных комбинаций положений возбуждения и положений замера.

Например, схема обработки информации вычисляет, как функцию поля, зависящую от положения возбуждения, решение уравнения Лапласа, которому удовлетворяет функция поля, зависящая от положения возбуждения, с использованием результата замера в качестве граничного условия.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле правильно выводить функцию поля, зависящую от положения возбуждения, исходя из результата замера и уравнения Лапласа, относящегося к многолучевой задаче в статическом или квазистатическом поле.

Например, схема обработки информации вычисляет, как функцию формирования изображения, предельное значение функции поля, зависящей от положения возбуждения, посредством операции взятия предела функции поля, зависящей от положения возбуждения, которая ориентирует виртуальное положение возбуждения и виртуальное положение замера, введенные в функцию поля, зависящую от положения возбуждения, на целевое положение формирования изображения.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле правильно выводить функцию формирования изображения на основе функции поля, зависящей от положения возбуждения.

Например, положения возбуждения задаются в первой плоскости, и положения замера задаются во второй плоскости, которая совпадает с первой плоскостью или отличается от нее.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле не допускать увеличения размера пространства, требуемого для размещения контура возбуждения и датчика. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле может также ограничить сложность процесса вычисления.

Например, положения замера располагаются с первой стороны от объекта, и положения возбуждения находятся со второй, противоположной стороны от объекта.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле измерять напряженность поля в каждом из положений замера, которые находятся с противоположной стороны от объекта по отношению к положениям возбуждения. Соответственно, устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле может подавлять влияние первой составляющей поля, создаваемой контуром возбуждения, при измерении напряженности поля в каждом из положений замера.

Например, положения замера и положения возбуждения располагаются по одну сторону от объекта.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле измерять напряженность поля в каждом из положений замера, которые находятся с той же стороны от объекта, что и положения возбуждения. Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле не допускать увеличения размера пространства, требуемого для размещения контура возбуждения и датчика.

Например, контур возбуждения создает первую составляющую поля из каждого из положений возбуждения посредством перемещения в каждое из положений возбуждения, и датчик измеряет напряженность поля в каждом из положений замера посредством перемещения в каждое из положений замера.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле реализовать один контур возбуждения для множества положений возбуждения и один датчик для множества положений замера. Соответственно, устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле может ограничить повышение стоимости технических средств.

Например, контур возбуждения содержит множество контуров возбуждения, расположенных в положениях возбуждения, и датчик содержит множество датчиков, расположенных в положениях замера.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле создавать составляющую поля из каждого из положений возбуждения без перемещения контура возбуждения или датчика и измерять напряженность поля в каждом из положений замера. Соответственно, устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле может быстро получать результат замера, соответствующий множеству положений возбуждения и множеству положений замера.

Например, множество контуров возбуждения располагается в первой плоскости, и множество датчиков располагается во второй плоскости, которая совпадает с первой плоскостью или отличается от нее.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле быстро получать результат замера, соответствующий положениям возбуждения в первой плоскости и положениям замера во второй плоскости.

Например, множество контуров возбуждения располагается на первой прямой, и множество датчиков располагается на второй прямой, которая совпадает с первой прямой или отличается от нее.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле уменьшить пространство, в котором располагаются контуры возбуждения, и пространство, в котором располагаются датчики.

Например, объект движется, контур возбуждения создает первую составляющую поля из каждого из положений возбуждения, заданных относительно объекта, который движется, посредством создания первой составляющей поля из предварительно заданного положения в разные моменты времени, и датчик измеряет напряженность поля в каждом из положений замера, заданных относительно объекта, который движется, посредством измерения напряженности поля в предварительно заданном положении в

разные моменты времени.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле создавать составляющую поля из каждого из положений возбуждения, без обеспечения множества контуров возбуждения или множества датчиков и без перемещения контура возбуждения или датчика, и измерять напряженность поля в каждом из положений замера.

Например, контур возбуждения заключен в первую стенку, и датчик заключен во вторую стенку, которая является той же, что и первая стенка или отличается от нее.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле формировать изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле, незаметно для людей.

Например, контур возбуждения и датчик заключены в полу.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле формировать изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле, незаметно для людей.

Например, контур возбуждения заключен в первую стойку, и датчик заключен во вторую стойку, которая является той же, что и первая стойка или отличается от нее.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле формировать изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле незаметно для людей.

Например, в трехмерном пространстве x-координат, y-координат и z-координат, виртуальное положение возбуждения выражается в виде  $(y_1, z_1)$ , виртуальное положение замера выражается в виде  $(x, y_2, z_2)$ , z-координата положения контура возбуждения задается равной 0, и z-координата положения датчика задается равной  $z_0$ ,

функция поля, зависящая от положения возбуждения, определяется в виде:

$$\begin{aligned} & \text{[выражение 1]} \\ & \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ & = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2}, \\ & a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) = e^{z_0 \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2}} \bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0) \end{aligned}$$

Фурье-образ результата замера выражается в виде:

[выражение 2]

$$\bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

где  $k_x$ ,  $k_{y_1}$  и  $k_{y_2}$  являются волновыми числами, соответствующими  $x$ ,  $y_1$  и  $y_2$ , и функция формирования изображения определяется в виде:

[выражение 3]

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, z) & = \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ & = \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2} \end{aligned}$$

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение отклика на внешнее поле, с использованием функции поля, зависящей от положения возбуждения, выраженной вышеприведенным уравнением, и функции формирования изображения, выраженной вышеприведенным уравнением.

Например, в трехмерном пространстве x-координат, y-координат и z-координат, виртуальное положение возбуждения выражается в виде  $(y_1, z_1)$ , виртуальное положение замера выражается в виде  $(x, y_2, z_2)$ , z-координата положения контура возбуждения задается равной 0, и z-координата положения датчика задается равной  $z_0$ ,

функция поля, зависящая от положения возбуждения, определяется в виде:

[выражение 4]

$$\begin{aligned} & \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ & = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{-k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2}, \\ & a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) = e^{z_0 \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2}} \bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0) \end{aligned}$$

Фурье-образ результата замера выражается в виде:

[выражение 5]

$$\bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

где  $k_x$ ,  $k_{y_1}$  и  $k_{y_2}$  являются волновыми числами, соответствующими  $x$ ,  $y_1$  и  $y_2$ , и функция формирования изображения определяется в виде:

[выражение 6]

$$\begin{aligned}\varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_y, k_z) e^{ik_x x + ik_y y_1 + ik_z y_2} e^{-k_y z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_z^2} z_2} dk_x dk_y dk_z\end{aligned}$$

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение отклика на внешнее поле, с использованием функции поля, зависящей от положения возбуждения, выраженной вышеприведенным уравнением, и функции формирования изображения, выраженной вышеприведенным уравнением.

Например, в трехмерном пространстве x-координат, y-координат и z-координат, виртуальное положение возбуждения выражается в виде  $(x_1, y, z_1)$ , виртуальное положение замера выражается в виде  $(x_2, y, z_2)$ , z-координата положения контура возбуждения задается равной 0, и z-координата положения датчика задается равной  $z_0$ ,

функция поля, зависящая от положения возбуждения, определяется в виде:

[выражение 7]

$$\begin{aligned}\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1} x_1 + ik_{x_2} x_2 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y, \\ a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) &= e^{z_0 \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}} \bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)\end{aligned}$$

Фурье-образ результата замера выражается в виде:

[выражение 8]

$$\bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

где  $k_{x_1}$ ,  $k_{x_2}$  и  $k_y$  являются волновыми числами, соответствующими  $x_1$ ,  $x_2$  и  $y$ , и функция формирования изображения определяется в виде:

[выражение 9]

$$\begin{aligned}\varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1} x_1 + ik_{x_2} x_2 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y\end{aligned}$$

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение отклика на внешнее поле, с использованием функции поля, зависящей от положения возбуждения, выраженной вышеприведенным уравнением, и функции формирования изображения, выраженной вышеприведенным уравнением.

Например, в трехмерном пространстве x-координат, y-координат и z-координат, виртуальное положение возбуждения выражается в виде  $(x_1, y, z_1)$ , виртуальное положение замера выражается в виде  $(x_2, y, z_2)$ , z-координата положения контура возбуждения задается равной 0, и z-координата положения датчика задается равной  $z_0$ ,

функция поля, зависящая от положения возбуждения, определяется в виде:

[выражение 10]

$$\begin{aligned}\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1} x_1 + ik_{x_2} x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y, \\ a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) &= e^{z_0 \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}} \bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)\end{aligned}$$

Фурье-образ результата замера выражается в виде:

[выражение 11]

$$\bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

где  $k_{x_1}$ ,  $k_{x_2}$  и  $k_y$  являются волновыми числами, соответствующими  $x_1$ ,  $x_2$  и  $y$ , и функция формирования изображения определяется в виде:

[выражение 12]

$$\begin{aligned}\varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1} x_1 + ik_{x_2} x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y\end{aligned}$$

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение отклика на внешнее поле, с использованием функции поля, зависящей от положения возбуждения, выраженной вышеприведенным уравнением, и функции формирования изображения, выраженной вышеприведенным уравнением.

Например, схема обработки информации определяет, содержится ли в объекте целевой объект обнаружения, на основании изображения, и, когда определяется, что объект включает в себя целевой объект обнаружения, выводит информацию, указывающую местоположение целевого объекта обнаружения или объекта на внешний терминал.

Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле уведомлять о местоположении конкретного целевого объекта обнаружения или местоположении объекта, включающего в себя конкретный целевой объект обнаружения.

Например, способ визуализации распределения отклика на внешнее поле для формирования изображения, представляющего распределение отклика на внешнее поле, которое является распределением откликов на внешнее поле, включает в себя: этап создания, посредством контура возбуждения, первой составляющей поля из каждого из положений возбуждения, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта; этап измерения, датчиком, в каждом из положений замера, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта, напряженности поля, содержащего вторую составляющую поля, созданную объектом под влиянием первой составляющей поля, чтобы измерить напряженность поля в положениях замера для каждого из положений возбуждения; и этап получения результата замера напряженности поля и формирования изображения, представляющего распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, на основе результата замера. Этап получения и формирования включает в себя: вычисление функции поля, зависящей от положения возбуждения, которая принимает виртуальное положение возбуждения и виртуальное положение замера в качестве входных данных и выводит напряженность поля в виртуальном положении замера, при использовании результата замера в качестве граничного условия; вычисление функции формирования изображения, которая принимает целевое положение формирования изображения в качестве входных данных и выводит интенсивность изображения в целевом положении формирования изображения, и определяется на основе напряженности, выведенной из функции поля, зависящей от положения возбуждения, в ответ на ввод целевого положения формирования изображения, в форме виртуального положения возбуждения и виртуального положения замера, в функцию поля, зависящую от положения возбуждения; и формирование изображения на основе функции формирования изображения.

Это позволяет формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, на основе результата замера напряженности поля, на базе различных комбинаций положений возбуждения и положений замера.

В дальнейшем в настоящем документе, варианты осуществления будут описаны со ссылкой на чертежи. Каждый из последующих вариантов осуществления представляет общий или конкретный пример. Численные значения, формы, материалы, элементы, расположение и соединение элементов, этапы, порядок этапов и т.п., представленные в последующих вариантах осуществления, являются всего лишь примерами и не ограничивают объема притязаний формулы изобретения.

В дальнейшем в настоящем документе, в качестве одного примера устройства для визуализации распределения отклика на внешнее поле будет описано, главным образом, устройство для визуализации распределения магнитной восприимчивости, которое использует магнитное поле. Нижеописанные составляющие магнитного поля являются составляющими, которые составляют в сумме магнитное поле. Составляющие магнитного поля могут быть каждым из нескольких магнитных полей, суммирующихся с суммарным магнитным полем.

#### **Варианты осуществления**

Фиг. 1 является схемой конфигурации первого примера устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости в соответствии с настоящим вариантом осуществления. Устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенное на фиг. 1, включает в себя контур 110 возбуждения, привод 120 контура возбуждения, магнитный датчик 130, привод 140 магнитного датчика, схему 150 обработки информации, дисплей 160 и стол 170 для образца. Устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости формирует изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область образца, помещенного на стол 170 для образца. Данное изображение может показать магнитный материал, в частности, ферромагнитный материал, содержащийся в образце.

Контур 110 возбуждения (индукции) является электрическим контуром, который создает (индуцирует) составляющую магнитного поля. Контур 110 возбуждения может быть катушкой или электропроводом. Здесь, составляющая магнитного поля, создаваемая контуром 110 возбуждения, называется первой составляющей магнитного поля. В примере, изображенном на фиг. 1, контур 110 возбуждения перемещается. Следовательно, контур 110 возбуждения создает первую составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения. Первая составляющая магнитного поля создает составляющую магнитного поля от образца. Здесь, составляющая магнитного поля, созданная от образца, называется второй

составляющей магнитного поля.

Привод 120 контура возбуждения является приводом, который перемещает контур 110 возбуждения. Привод 120 контура возбуждения перемещает контур 110 возбуждения в каждое из положений возбуждения. При этом, контур 110 возбуждения создает первую составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения.

Магнитный датчик 130 является датчиком, который измеряет магнитные характеристики. Магнитный датчик 130 может быть туннельным магнитно-резистивным (TMR) элементом, супермагнитно-резистивным (GMR) элементом, сверхпроводящим квантовым интерферометрическим (SQUID) элементом или магнито-импедансным (MI) элементом.

В примере, изображенном на фиг. 1, магнитный датчик 130 перемещается. Магнитный датчик 130 измеряет в каждом из положений замера магнитные характеристики в магнитном поле, содержащем вторую составляющую магнитного поля, созданную образцом. При этом, магнитный датчик 130 измеряет магнитные характеристики в положениях замера для каждого из положений возбуждения.

Привод 140 магнитного датчика является приводом, который перемещает магнитный датчик 130. Привод 140 магнитного датчика перемещает магнитный датчик 130 в каждое из положений замера. При этом, магнитный датчик 130 измеряет магнитные характеристики в каждом из положений замера.

Схема 150 обработки информации является электрической схемой, которая выполняет обработку информации. Схема 150 обработки информации может быть, например, компьютером или процессором компьютера. Схема 150 обработки информации получает результат замера магнитных характеристик и, по результату замера, формирует изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область образца.

В частности, схема 150 обработки информации вычисляет функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, при использовании результата замера в качестве граничного условия. Функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, является функцией, которая принимает положение возбуждения первой составляющей магнитного поля и положение замера магнитных характеристик в качестве входных данных и выводит напряженность магнитного поля в положении замера.

Затем схема 150 обработки информации вычисляет функцию формирования изображения. Функция формирования изображения является функцией, которая принимает целевое положение формирования изображения в качестве входных данных и выводит интенсивность изображения в целевом положении формирования изображения, и определяется на основе напряженности, выведенной из функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, в ответ на ввод целевого положения формирования изображения, в форме положения возбуждения и положения замера, в функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения. Затем схема 150 обработки информации формирует, на основе функции формирования изображения, изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область образца.

Схема 150 обработки информации может выводить сформированное изображение, например, на дисплей 160. Например, схема 150 обработки информации может представлять изображение на дисплее 160 путем вывода изображения на дисплей 160. В качестве альтернативы, схема 150 обработки информации может распечатывать изображение на принтере (не показанном на чертежах) путем вывода изображения на принтер. В качестве альтернативы, схема 150 обработки информации может передавать изображение в формате электронных данных в другое устройство (не показанное на чертежах) средствами проводной или беспроводной связи.

Дисплей 160 является устройством отображения, таким как жидкокристаллический дисплей. Следует отметить, что дисплей 160 является дополнительным компонентом, а не обязательным компонентом. Дисплей 160 может быть внешним устройством, не входящим в состав устройства 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости.

Стол 170 для образца является столом, на котором размещают образец. Следует отметить, что стол 170 для образца является дополнительным компонентом, а не обязательным компонентом. Устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости может формировать изображение образца, который не размещен на столе 170 для образца или подобным образом. Стол 170 для образца может быть внешним компонентом, не входящим в состав устройства 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости. Образец может быть электрической схемой или любым другим объектом.

Устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости измеряет магнитные характеристики, зависящие от образца, при одновременном изменении относительного расположения между образцом, положением возбуждения и положением замера. Это позволяет устройству 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости получать достаточно информации о распределении магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область образца. В таком случае, устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости может вычислять функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, исходя из полученной достаточной информации, и может формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение магнитной восприимчивости, на основе вычисленной функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения.

Например, устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости может формировать высокоточное изображение посредством объединения результатов нескольких измерений, соответствующих нескольким сочетаниям положений возбуждения и положений замера.

Фиг. 2 является схематическим представлением, поясняющим реконструкцию магнитного поля в соответствии с эталонным примером. Статическое магнитное поле в пространстве, в котором отсутствует источник магнитного поля, удовлетворяет нижеприведенному уравнению (1-1), исходя из уравнений Максвелла.

$$\begin{aligned} & \text{[выражение 13]} \\ & \Delta H_z = 0 \\ & \dots (1-1) \end{aligned}$$

$H_z$  в вышеприведенном (1-1) означает магнитное поле в z-направлении в декартовой системе координат  $x, y, z$  и соответствует z-составляющей вектора магнитного поля.  $\Delta$  является лапласианом, известным также как оператор Лапласа. Общее решение для вышеприведенного (1-1) можно выразить как сумму члена, который экспоненциально возрастает в z-направлении, и члена, который экспоненциально уменьшается в z-направлении, как показано в нижеследующем (1-2).

$$\begin{aligned} & \text{[выражение 14]} \\ & H_z(x, y, z) = \frac{1}{(2\pi)^2} \iint e^{ik_x x + ik_y y} \left\{ a(k_x, k_y) e^{z\sqrt{k_x^2 + k_y^2}} + b(k_x, k_y) e^{-z\sqrt{k_x^2 + k_y^2}} \right\} dk_x dk_y \\ & \dots (1-2) \end{aligned}$$

В вышеприведенном уравнении (1-2),  $k_x$  и  $k_y$  представляют волновые числа в x- и y-направлениях, соответственно. Кроме того,  $a(k_x, k_y)$  и  $b(k_x, k_y)$  являются функциями, выраженными через  $k_x$  и  $k_y$ . Например, измерение дает z-составляющую  $H_z(x, y, 0)$  вектора магнитного поля в плоскости  $z=0$ , и градиент  $\delta/\delta z H_z(x, y, z)|_{z=0}$  в z-направлении для z-составляющей вектора магнитного поля. С использованием этого,  $a(k_x, k_y)$  и  $b(k_x, k_y)$  в (1-2) можно получить, как показано ниже в (1-3) и (1-4), соответственно.

[выражение 15]

$$\begin{aligned} a(k_x, k_y) &= \frac{1}{2} \left[ f(k_x, k_y) + \frac{g(k_x, k_y)}{\sqrt{k_x^2 + k_y^2}} \right] \\ & \dots (1-3) \end{aligned}$$

[выражение 16]

$$\begin{aligned} b(k_x, k_y) &= \frac{1}{2} \left[ f(k_x, k_y) - \frac{g(k_x, k_y)}{\sqrt{k_x^2 + k_y^2}} \right] \\ & \dots (1-4) \end{aligned}$$

В вышеприведенных уравнениях (1-3) и (1-4),  $f(k_x, k_y)$  является двумерным Фурье-образом для  $H_z(x, y, 0)$ , и  $g(k_x, k_y)$  является двумерным Фурье-образом для  $\delta/\delta z H_z(x, y, z)|_{z=0}$ . При подстановке (1-3) и (1-4) в (1-2), можно получить  $H_z$ , как показано ниже в (1-5).

[выражение 17]

$$\begin{aligned} & H_z(x, y, z) \\ &= \frac{1}{(2\pi)^2} \iint e^{ik_x x + ik_y y} \left\{ \frac{1}{2} \left( f(k_x, k_y) + \frac{g(k_x, k_y)}{\sqrt{k_x^2 + k_y^2}} \right) e^{z\sqrt{k_x^2 + k_y^2}} \right. \\ & \quad \left. + \frac{1}{2} \left( f(k_x, k_y) - \frac{g(k_x, k_y)}{\sqrt{k_x^2 + k_y^2}} \right) e^{-z\sqrt{k_x^2 + k_y^2}} \right\} dk_x dk_y \\ & \dots (1-5) \end{aligned}$$

С помощью вышеописанного способа можно получить  $H_z(x, y, z)$  с любой z-координатой в пространстве, в котором отсутствует источник магнитного поля, при использовании  $H_z(x, y, 0)$ , что является граничным условием Дирихле, и  $\delta/\delta z H_z(x, y, z)|_{z=0}$ , что является граничным условием Неймана. Это означает, что магнитное поле на поверхности образца можно реконструировать, исходя из магнитного поля в плоскости измерения, которая является плоскостью  $xy$  при  $z=0$ .

Однако, уравнения, примененные в вышеописанном способе, справедливы в пространстве, в котором отсутствует источник магнитного поля. Поэтому, с использованием одного только вышеописанного способа трудно реконструировать магнитное поле глубже, чем на поверхности образца. Иначе говоря, с использованием одного только вышеописанного способа трудно визуализировать распределение магнит-

ной восприимчивости внутри образца, включающего в себя источник магнитного поля.

Напротив, устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости в соответствии с настоящим вариантом осуществления вычисляет функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, по результату замера, полученного измерением магнитных характеристик, при одновременном изменении расположения образца, положения возбуждения и положение замера друг относительно друга. Затем устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости формирует изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости, на основе функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения. Иначе говоря, устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости может реконструировать магнитное поле в области глубже поверхности образца.

Фиг. 3 дает схематическое представление, поясняющее положение возбуждения и положение замера в соответствии с настоящим вариантом осуществления. В примере, изображенном на фиг. 3, представлены положение возбуждения и положение замера в декартовой системе координат хуz.

В частности, контур 110 возбуждения является электропроводом, по которому протекает ток параллельно х-оси. Следовательно, положение контура 110 возбуждения выражается в виде  $T_{LINE}(y_1, z_1)$ . Иначе говоря, положение возбуждения выражается в виде  $T_{LINE}(y_1, z_1)$ . Поскольку магнитный датчик 130 может иметь х-координату, у-координату и z-координату, то положение магнитного датчика 130 выражается в виде  $R_{TMR}(x, y_2, z_2)$ . Иначе говоря, положение замера выражается в виде  $R_{TMR}(x, y_2, z_2)$ .

В примере на фиг. 3, положение образца обозначено Р. Образец можно также описать как индукционный источник магнитного поля. Составляющая магнитного поля переносится в следующем порядке:  $T_{LINE}(y_1, z_1) \rightarrow P \rightarrow R_{TMR}(x, y_2, z_2)$ .

При положении  $T_{LINE}(y_1, z_1)$  возбуждения и положении  $R_{TMR}(x, y_2, z_2)$  замера, напряженность магнитного поля в положении  $R_{TMR}(x, y_2, z_2)$  замера можно выразить в виде  $\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2)$ .  $\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2)$  является функцией магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, которая принимает положение  $T_{LINE}(y_1, z_1)$  возбуждения и положение  $R_{TMR}(x, y_2, z_2)$  замера в качестве входных данных и выдает напряженность магнитного поля в положении  $R_{TMR}(x, y_2, z_2)$  замера.

Положение  $T_{LINE}(y_1, z_1)$  возбуждения может быть виртуальным положением контура 110 возбуждения. Положение  $R_{TMR}(x, y_2, z_2)$  замера может быть виртуальным положением магнитного датчика 130. Если положение  $T_{LINE}(y_1, z_1)$  возбуждения соответствует фактическому положению контура 110 возбуждения, и положение  $R_{TMR}(x, y_2, z_2)$  замера соответствует фактическому положению магнитного датчика 130, то  $\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2)$  соответствует измеренному значению, которое является фактическим результатом замера.

В примере, изображенном на фиг. 3, контур 110 возбуждения имеет координату  $z=0$  и сканирует в направлении у-оси. Магнитный датчик 130 имеет координату  $z=z_0$  и сканирует в направлениях х- и у-осей в плоскости ху. Это дает  $\Phi(x, y_1, y_2, z_1=0, z_2=z_0)$  в качестве измеренного значения для каждой комбинации из х,  $y_1$  и  $y_2$ . Данное измеренное значение применяется как граничное условие для функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, которой является  $\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2)$ .

$\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2)$  является гармонической функцией, зависящей от  $y_1$  и  $z_1$ , соответствующих положению  $T_{LINE}(y_1, z_1)$  возбуждения, и гармонической функцией, зависящей от х,  $y_2$  и  $z_2$ , соответствующих положению  $R_{TMR}(x, y_2, z_2)$  замера. Следовательно,  $\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2)$  удовлетворяет (2-1) и (2-2), приведенным ниже в качестве фундаментальных уравнений, которые являются уравнениями Лапласа, относящимися к многолучевой задаче в статическом или квазистатическом поле.

[выражение 18]

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_1^2} \right) \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) = 0$$

• • • (2 - 1)

[выражение 19]

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_2^2} \right) \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) = 0$$

• • • (2 - 2)

Когда z-координата положения Р образца больше, чем z-координата контура 110 возбуждения, и меньше, чем z-координата магнитного датчика 130, общее решение уравнения (2-1) и общее решение уравнения (2-2) можно выразить каждое в виде либо члена, который экспоненциально возрастает в z-направлении, либо члена, который экспоненциально уменьшается в z-направлении. В частности, общее решение уравнения (2-1) и общее решение уравнения (2-2) можно выразить каждое в виде (2-3) и (2-4), приведенных ниже.

[выражение 20]

$$\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} a_1(k_{y_1}) e^{ik_{y_1} y_1} e^{k_{y_1} z_1} dk_{y_1}$$

• • • (2 - 3)

[выражение 21]

$$\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a_2(k_x, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_2} y_2} e^{-\sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_2}$$

• • • (2 - 4)

Комбинацию из (2-3) и (2-4) можно выразить нижеприведенным уравнением (2-5).

[выражение 22]

$$\begin{aligned} & \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2} \end{aligned}$$

• • • (2 - 5)

Применение измеренных значений при  $z_1=0$  и  $z_2=z_0$  в качестве граничных условий к (2-5) дает нижеприведенное уравнение (2-6).

[выражение 23]

$$\Phi(x, y_1, y_2, 0, z_0) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{-\sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_0} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2}$$

• • • (2 - 6)

Обратное преобразование Фурье от (2-6) дает нижеприведенное уравнение (2-7).

[выражение 24]

$$a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) = e^{z_0 \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2}} \bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

• • • (2 - 7)

Ниже представлен Фурье-образ измеренного значения:

[выражение 25]

$$\bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

Следовательно, функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, выражается нижеприведенным уравнением (2-8).

[выражение 26]

$$\begin{aligned} & \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2}, \end{aligned}$$

$$a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) = e^{z_0 \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2}} \bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

• • • (2 - 8)

При применении  $x \rightarrow x$ ,  $y_2 \rightarrow y_1 (=y)$  и  $z_2 \rightarrow z_1 (=z)$  к функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, предполагается, что выходной результат указывает напряженность магнитного поля, измеренную в  $(x, y, z)$  после создания составляющей магнитного поля в  $(x, y, z)$ . Предполагается, что чем сильнее магнитные характеристики, тем выше оказывается магнитная восприимчивость, и предполагается, что изображение, представляющее данную напряженность магнитного поля, показывает распределение магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область образца. Функция формирования изображения для формирования такого изображения выражается нижеприведенным уравнением (2-9).

[выражение 27]

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2} \end{aligned}$$

• • • (2 - 9)

Функция формирования изображения в (2-9) является функцией, которая принимает целевое положение формирования изображения в качестве входных данных и выводит интенсивность изображения в целевом положении формирования изображения. Интенсивность изображения соответствует значению, получаемому как напряженность магнитного поля на выходе функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, в ответ на ввод целевого положения формирования изображения в функцию

магнитного поля, зависящую от положения возбуждения.

Например, схема 150 обработки информации устройства 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости вычисляет функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, по результату замера, который является измеренным значением, и уравнению (2-8). Затем схема 150 обработки информации вычисляет функцию формирования изображения на основе функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, и (2-9). Затем схема 150 обработки информации формирует, на основе функции формирования изображения, изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости. В частности, схема 150 обработки информации формирует изображение, состоящее из значений, выведенных функцией формирования изображения для каждого целевого положения формирования изображения в виде изображения, представляющего распределение магнитной восприимчивости.

Это позволяет устройству 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение магнитной восприимчивости, с использованием вышеописанных функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, и функции формирования изображения.

Следует отметить, что такие уравнения, как функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, и функция формирования изображения, описанные выше со ссылкой на фиг. 3, являются всего лишь примерами; и такие уравнения, как функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, и функция формирования изображения не ограничиваются вышеприведенными примерами. Другие уравнения, основанные на разных условиях, могут быть выведены способом, который подобен вышеописанному способу.

Например, в примере на фиг. 3, магнитный датчик 130 и контур 110 возбуждения располагаются с противоположных сторон от образца, но магнитный датчик 130 и контур 110 возбуждения могут располагаться с одной и той же стороны от образца. Например, когда z-координата P меньше, чем z-координата контура 110 возбуждения, и меньше, чем z-координата магнитного датчика 130, вышеприведенное уравнение (2-3) можно заменить нижеследующим уравнением (3-1).

[выражение 28]

$$\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} a_1(k_{y_1}) e^{ik_{y_1} y_1} e^{-k_{y_1} z_1} dk_{y_1}$$

• • • (3-1)

Следовательно, в данном случае, функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, выражается уравнением (3-2).

[выражение 29]

$$\begin{aligned} & \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{-k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2}, \\ & a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) = e^{z_0 \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2}} \Phi(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0) \\ & \cdot \cdot \cdot (3-2) \end{aligned}$$

Кроме того, в данном случае, функцию формирования изображения можно выразить нижеприведенным уравнением (3-3).

[выражение 30]

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{-k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2} \\ & \cdot \cdot \cdot (3-3) \end{aligned}$$

Фиг. 4 является схематическим представлением, поясняющим другой пример положения возбуждения и положения замера в соответствии с настоящим вариантом осуществления. В точности, как в примере, изображенном на фиг. 3, в примере, изображенном на фиг. 4, представлены положение возбуждения и положение замера в декартовой системе координат xuz. В примере на фиг. 4, контур 110 возбуждения является катушкой. Контур 110 возбуждения и магнитный датчик 130 находятся в положениях с одной и той же y-координатой, и y-координата контура 110 возбуждения и y-координата магнитная датчика 130 изменяются как одна координата.

Следовательно, положение контура 110 возбуждения выражается в виде  $T_{\text{COIL}}(x_1, y, z_1)$ . Иначе говоря, положение возбуждения выражается в виде  $T_{\text{COIL}}(x_1, y, z_1)$ . Положение магнитного датчика 130 выражается в виде  $R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$ . Иначе говоря, положение замера выражается в виде  $R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$ . Как  $x_1$  и  $x_2$  не зависят друг от друга, так и  $z_1$  и  $z_2$  не зависят друг от друга.

В точности, как в примере на фиг. 3, положение образца в примере на фиг. 4 обозначено P. Состав-

ляющая магнитного поля переносится в следующем порядке:  $T_{\text{COIL}}(x_1, y, z_1) \rightarrow P \rightarrow R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$ .

При положении  $T_{\text{COIL}}(x_1, y, z_1)$  возбуждения и положении  $R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$  замера, напряженность магнитного поля в положении замера  $R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$  можно выразить в виде  $\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2)$ .  $\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2)$  является функцией магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, которая принимает положение  $T_{\text{COIL}}(x_1, y, z_1)$  возбуждения и положение  $R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$  замера в качестве входных данных и выдает напряженность магнитного поля в положении  $R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$  замера.

Положение  $T_{\text{COIL}}(x_1, y, z_1)$  возбуждения может быть виртуальным положением контура 110 возбуждения. Положение  $R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$  замера может быть виртуальным положением магнитного датчика 130. Если положение  $T_{\text{COIL}}(x_1, y, z_1)$  возбуждения соответствует фактическому положению контура 110 возбуждения, и положение  $R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$  замера соответствует фактическому положению магнитного датчика 130,  $\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2)$  соответствует измеренному значению, которое является фактическим результатом замера.

В примере, изображенном на фиг. 4, контур 110 возбуждения имеет координату  $z=0$  и сканирует в направлениях  $y$ - и  $x$ -осей в плоскости  $xy$ . Магнитный датчик 130 имеет координату  $z=z_0$  и сканирует в направлениях  $x$ - и  $y$ -осей в плоскости  $xy$ . Это дает  $\Phi(x_1, x_2, y, z_1=0, z_2=z_0)$  в качестве измеренного значения для каждой комбинации из  $x_1, x_2$  и  $y$ . Данное измеренное значение применяется как граничное условие для функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, которой является  $\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2)$ .

$\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2)$  является гармонической функцией, зависящей от  $x_1, y$  и  $z_1$ , соответствующих положению  $T_{\text{COIL}}(x_1, y, z_1)$  возбуждения, и гармонической функцией, зависящей от  $x_2, y$  и  $z_2$ , соответствующих положению  $R_{\text{TMR}}(x_2, y, z_2)$  замера. Следовательно,  $\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2)$  удовлетворяет (4-1) и (4-2), приведенным ниже в качестве фундаментальных уравнений, которые являются уравнениями Лапласа, относящимися к многолучевой задаче в статическом или квазистатическом поле.

[выражение 31]

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_1^2} \right) \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) = 0$$

• • • (4-1)

[выражение 32]

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_2^2} \right) \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) = 0$$

• • • (4-2)

Когда  $z$ -координата положения  $P$  образца больше, чем  $z$ -координата контура 110 возбуждения, и меньше, чем  $z$ -координата магнитного датчика 130, общее решение уравнения (4-1) и общее решение уравнения (4-2) можно выразить каждое в виде либо члена, который экспоненциально возрастает в  $z$ -направлении, или члена, который экспоненциально уменьшается в  $z$ -направлении. В частности, общее решение уравнения (4-1) и общее решение уравнения (4-2) можно выразить каждое в виде (4-3) и (4-4), приведенных ниже.

[выражение 33]

$$\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a_1(k_{x_1}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1} dk_{x_1} dk_y$$

• • • (4-3)

[выражение 34]

$$\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a_2(k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_2} dk_y$$

• • • (4-4)

Комбинацию из (4-3) и (4-4) можно выразить нижеприведенным уравнением (4-5).

[выражение 35]

$$\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y$$

• • • (4-5)

Применение измеренных значений при  $z_1=0$  и  $z_2=z_0$  в качестве граничных условий к (4-5) дает нижеприведенное (4-6).

[выражение 36]

$$\Phi(x_1, x_2, y, 0, z_0) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_0} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y$$

• • • (4-6)

Обратное преобразование Фурье от (4-6) дает нижеприведенное уравнение (4-7).

[выражение 37]

$$a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) = e^{z_0 \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}} \bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

• • • (4-7)

Ниже представлен Фурье-образ измеренного значения:

[выражение 38]

$$\bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

Следовательно, функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, выражается нижеприведенным уравнением (4-8).

[выражение 39]

$$\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y$$

$$a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) = e^{z_0 \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}} \bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

• • • (4-8)

При применении  $x_2 \rightarrow x_1 (=x)$ ,  $y \rightarrow y$  и  $z_2 \rightarrow z_1 (=z)$  к функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, предполагается, что выходной результат указывает напряженность магнитного поля, измеренную в  $(x, y, z)$  после создания составляющей магнитного поля в  $(x, y, z)$ . Предполагается, что чем сильнее магнитные характеристики, тем выше оказывается магнитная восприимчивость, и предполагается, что изображение, представляющее данную напряженность магнитного поля, показывает распределение магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область образца. Функция формирования изображения для формирования такого изображения выражается нижеприведенным уравнением (4-9).

[выражение 40]

$$\varphi(x, y, z) = \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2)$$

$$= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y$$

• • • (4-9)

Функция формирования изображения в (4-9) является функцией, которая принимает целевое положение формирования изображения в качестве входных данных и выводит интенсивность изображения в целевом положении формирования изображения. Интенсивность изображения соответствует значению, получаемому как напряженность магнитного поля на выходе функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, в ответ на ввод целевого положения формирования изображения в функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения.

Например, схема 150 обработки информации устройства 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости вычисляет функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, по результату замера, который является измеренным значением, и уравнению (4-8). Затем схема 150 обработки информации вычисляет функцию формирования изображения на основе функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, и (4-9). Затем схема 150 обработки информации формирует, на основе функции формирования изображения, изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости. В частности, схема 150 обработки информации формирует изображение, состоящее из значений, выведенных функцией формирования изображения для каждого целевого положения формирования изображения в виде изображения, представляющего распределение магнитной восприимчивости.

Это позволяет устройству 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение магнитной восприимчивости, с использованием вышеописанных функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, и функции формирования изображения.

Фиг. 5 является схематическим представлением, поясняющим еще один пример положения возбуждения и положения замера в соответствии с настоящим вариантом осуществления. В вышеописанном примере, показанном на фиг. 4, магнитный датчик 130 и контур 110 возбуждения располагаются с противоположных сторон от образца. Напротив, в примере на фиг. 5, магнитный датчик 130 и контур 110 возбуждения располагаются с одной и той же стороны от образца. Другие условия в примере на фиг. 5 яв-

ляются такими же, как в примере на фиг. 4.

Как в примере на фиг. 5, когда z-координата Р меньше, чем z-координата контура 110 возбуждения, и меньше, чем z-координата магнитного датчика 130, вышеприведенное уравнение (4-3) можно заменить нижеследующим уравнением (5-1).

[выражение 41]

$$\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a_1(k_{x_1}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1} dk_{x_1} dk_y$$

• • • (5-1)

Следовательно, в данном случае, функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, выражается нижеприведенным уравнением (5-2).

[выражение 42]

$$\Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y$$

$$a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) = e^{z_0 \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}} \bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

• • • (5-2)

Кроме того, в данном случае, функцию формирования изображения можно выразить нижеприведенным уравнением (5-3).

[выражение 43]

$$\varphi(x, y, z) = \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2)$$

$$= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y$$

• • • (5-3)

Фиг. 6 является конфигурационной схемой второго примера устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости в соответствии с настоящим вариантом осуществления. Устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенное на фиг. 6, включает в себя множество контуров 210 возбуждения, опорную конструкцию 220 контуров возбуждения, множество магнитных датчиков 230, опорную конструкцию 240 магнитных датчиков, схему 150 обработки информации, дисплей 160 и стол 170 для образца. Устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости формирует изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область образца, помещенного на стол 170 для образца.

Множество контуров 210 возбуждения представлено электрическими контурами такого же типа, как контур 110 возбуждения, изображенный на фиг. 1. В примере на фиг. 6, вместо одного контура 110 возбуждения применяется множество контуров 210 возбуждения. Многочисленные контуры 210 возбуждения создают последовательно, без перемещения, первую составляющую магнитного поля. Иначе говоря, множество контуров 210 возбуждения создает первую составляющую магнитного поля поочередно или каждым предварительно заданным блоком. При этом, в точности, как контур 110 возбуждения, множество контуров 210 возбуждения может создавать первую составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения.

Опорная конструкция 220 контуров возбуждения является конструкцией, которая служит неподвижной опорой для множества контуров 210 возбуждения. В примере на фиг. 6, привод 120 контура возбуждения, изображенный на фиг. 1, является необязательным, так как множество контуров 210 возбуждения не перемещается.

Множество магнитных датчиков 230 представлено датчиками такого же типа, как магнитный датчик 130, изображенный на фиг. 1. В примере на фиг. 6, вместо одного магнитного датчика 130 применяется множество магнитных датчиков 230. Множество магнитных датчиков 230 может измерять магнитные характеристики в положениях замера, без перемещения. Иначе говоря, в точности, как магнитный датчик 130, множество магнитных датчиков 230 может измерять магнитные характеристики в каждом из положений замера.

Опорная конструкция 240 магнитных датчиков является конструкцией, которая служит неподвижной опорой для множества магнитных датчиков 230. В примере на фиг. 6, привод 140 магнитного датчика, изображенный на фиг. 1 является необязательным, так как множество магнитных датчиков 230 не перемещается.

Множество контуров 210 возбуждения и множество магнитных датчиков 230, и т.п. устройства 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенного на фиг. 6, могут выполнять такую же функцию, как контур 110 возбуждения и магнитный датчик 130, и т.п. устройства 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенного на фиг. 1. Соответственно, в точности, как устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, устройство

200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости также может измерять магнитные характеристики, зависящие от образца, при одновременном изменении относительного расположения между образцом, положением возбуждения и положением замера.

Это позволяет устройству 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости получать достаточно информации о распределении магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область образца. В таком случае, устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости может вычислять функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, исходя из полученной достаточной информации, и может формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение магнитной восприимчивости, на основе вычисленной функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения.

Пример на фиг. 1 можно объединить с примером на фиг. 2. Например, можно применить перемещающийся контур 110 возбуждения и множество магнитных датчиков 230 или можно применить множество контуров 210 возбуждения и перемещающийся магнитный датчик 130.

Фиг. 7 является схематическим представлением, поясняющим первый пример сканера тела, использующим устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенное на фиг. 6.

Сканер 300 тела, изображенный на фиг. 7, включает в себя множество контуров 210 возбуждения и множество магнитных датчиков 230. Например, сканер 300 тела включает в себя также схему 150 обработки информации и дисплей 160, изображенные на фиг. 6. Иначе говоря, сканер 300 тела может быть устройством 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости или включать в себя устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости. В таком случае, сканер 300 тела формирует изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости.

Поскольку ножи содержат железо, то ножи характеризуются высокой магнитной восприимчивостью. Напротив, магнитная восприимчивость алюминиевого кейса является низкой. Поэтому предполагается, что ножи будут проявляться в изображении, представляющем распределение магнитной восприимчивости. Иначе говоря, сканер 300 тела может формировать изображение ножа, который человек держит внутри алюминиевого кейса, посредством формирования изображения, представляющего распределение магнитной восприимчивости.

Фиг. 7 является схематическим представлением. Число и размеры множества контуров 210 возбуждения и число и размеры множества магнитных датчиков 230 могут отличаться от показанных в примере на фиг. 7. Большее число контуров 210 возбуждения меньшего размера можно расположить с более высокой плотностью, и большее число магнитных датчиков 230 меньшего размера можно расположить с более высокой плотностью. То же самое относится к другим схематическим представлениям.

Как показано, например, на фиг. 7, множество контуров 210 возбуждения создают первую составляющую магнитного поля, по одному ряду в один момент времени в вертикальном или горизонтальном направлении. Первая составляющая магнитного поля вызывает создание ножом второй составляющей магнитного поля. Тогда множество магнитных датчиков 230 измеряет магнитные характеристики магнитного поля, содержащего вторую составляющую магнитного поля. При этом, множество магнитных датчиков 230 может измерять магнитные характеристики в положениях замера для каждого из положений возбуждения. Затем сканер 300 тела может с высокой точностью сформировать изображение ножа по результату замера.

В частности, один вертикальный или горизонтальный ряд множества контуров 210 возбуждения выполняет такую же функцию, как электропровод, представленный в качестве контура 110 возбуждения на фиг. 3. Предполагается, что справедливы фундаментальные уравнения, приведенные в (2-1) и (2-2) и т.п. Поэтому, функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, и функцию формирования изображения, приведенные в (2-8) и (2-9), можно вывести с использованием способа, описанного со ссылкой на фиг. 3.

Следовательно, сканер 300 тела может с высокой точностью формировать изображение ножа на основе функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, и функции формирования изображения, приведенные в (2-8) и (2-9). В частности, алюминиевый кейс не пропускает терагерцовые волны и микроволны. Сканер 300 тела может с высокой точностью формировать изображение ножа внутри такого алюминиевого кейса.

Множество контуров 210 возбуждения не обязательно должно создавать первую составляющую магнитного поля по одному ряду в один момент времени в вертикальном или горизонтальном направлении и может создавать первую составляющую магнитного поля по одному или каждым предварительно заданным блоком. В таких случаях, с использованием способа, описанного со ссылкой на фиг. 3, можно вывести функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, и функцию формирования изображения, отличающиеся от тех, которые приведены в (2-8) и (2-9). Сканер 300 тела может формировать изображение ножа на основе такой функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, и такой функции формирования изображения.

Фиг. 8 является схематическим представлением контура 210 возбуждения. Контур 210 возбуждения, изображенный на фиг. 8, соответствует любому из множества контуров 210 возбуждения, изобра-

женных на фиг. 7. В частности, контур 210 возбуждения является катушкой. Данный контур создает первую составляющую магнитного поля. Следует отметить, что контур 210 возбуждения не ограничен катушкой и может быть некоторым другим электрическим контуром.

Фиг. 9 является схематическим представлением магнитного датчика 230. Магнитный датчик 230, изображенный на фиг. 9, соответствует любому из множества магнитных датчиков 230, изображенных на фиг. 7. В частности, магнитный датчик 230 включает в себя TMR-элемент или MI-элемент. Это делает возможным измерение магнитных характеристик в магнитном поле, содержащем вторую составляющую магнитного поля.

Фиг. 10 является схематическим представлением, поясняющим конкретную структуру магнитного датчика 230, изображенного на фиг. 9. Как упоминалось выше, магнитный датчик 230 включает в себя, например, TMR-элемент.

В TMR-элементе, между магнитными пленками, имеющими толщину от 10 нм до 100 нм, проложена изоляционная пленка. В частности, TMR-элемент включает в себя множество тонких пленок, включающих магнитно-мягкий слой 231, туннельный слой 232, и слой 233 с PIN-переходом (слой фиксации направления намагниченности). Магнитно-мягкий слой 231 является магнитной пленкой, в которой направление намагниченности изменяется в соответствии с направлением намагниченности внешнего поля. Слой 233 с PIN-переходом является магнитной пленкой, в которой направление намагниченности не изменяется. Туннельный слой 232 является изоляционной пленкой.

Электрическое сопротивление, когда направление намагниченности в магнитно-мягком слое 231 и в слое 233 с PIN-переходом совпадают, отличается от электрического сопротивления, когда упомянутые направления различаются. Данное изменение электрического сопротивления используется для измерения составляющей магнитного поля.

Например, магнитный датчик 230 использует вышеописанные характеристики, чтобы воспринимать и измерять составляющие магнитных полей. Следует отметить, что магнитный датчик 230 не ограничен вышеописанным примером TMR-элемента и может также включать в себя другие элементы, например, GMR-элемент, SQUID-элемент или MI-элемент.

Фиг. 11 является схематическим представлением, поясняющим второй пример сканера тела, использующего устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенное на фиг. 6. Сканер 400 тела, изображенный на фиг. 11, по существу, идентичен сканеру 300 тела, изображенному на фиг. 7, но множество контуров 210 возбуждения и множество магнитных датчиков 230 сканера 400 тела заключены в конструкцию. В частности, множество контуров 210 возбуждения и множество магнитных датчиков 230 заключены в две стенки.

Еще конкретнее, множество контуров 210 возбуждения заключено в первой из двух стенок, и множество магнитных датчиков 230 заключено во второй из двух стенок. Когда человек находится между двух стенок, первая составляющая магнитного поля создается из каждого из положений возбуждения множеством контуров 210 возбуждения, и магнитные характеристики измеряются в положениях замера множеством магнитных датчиков 230. Это позволяет сканеру 400 тела сформировать изображение ножа, который человек держит в алюминиевом кейсе, незаметно для человека.

Фиг. 12 является схематическим представлением, поясняющим третий пример сканера тела, использующего устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенное на фиг. 6. Сканер 500 тела, изображенный на фиг. 12, по существу, идентичен сканеру 400 тела, изображенному на фиг. 11, но сканер 500 тела включает в себя множество комбинированных схем 310, объединяющих множество контуров 210 возбуждения и множество магнитных датчиков 230. В частности, одна комбинированная схема 310 включает в себя один контур 210 возбуждения и один магнитный датчик 230. Множество комбинированных схем 310 заключено в одной стенке.

Иначе говоря, множество магнитных датчиков 230 и множество контуров 210 возбуждения располагаются с одной и той же стороны от человека, соответствующего образцу. Следовательно, можно применить, например, функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, и функцию формирования изображения, приведенные в (3-2) и (3-3). Тогда сканер 500 тела может с высокой точностью формировать изображение ножа.

Если один вертикальный или горизонтальный ряд из множества комбинированных схем 310 создает первую составляющую магнитного поля, то другие ряды, кроме данного ряда, могут измерять магнитные характеристики. Это защищает комбинированную схему 310 от восприятия слишком сильного магнитного поля от первой составляющей магнитного поля, созданной этой же схемой.

Фиг. 13 является схематическим представлением комбинированной схемы 310. Как показано на фиг. 13, комбинированная схема 310 включает в себя контур 210 возбуждения и магнитный датчик 230. В частности, контур 210 возбуждения является катушкой. Магнитный датчик 230 включает в себя TMR-элемент и обеспечен внутри катушки. Это позволяет комбинированной схеме 310 создавать первую составляющую магнитного поля и измерять магнитные характеристики в магнитном поле, содержащем вторую составляющую магнитного поля.

Фиг. 14 является схематическим представлением, поясняющим четвертый пример сканера тела, использующего устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображен-

ное на фиг. 6. Сканер 600 тела, изображенный на фиг. 14, по существу, идентичен сканеру 500 тела, изображенному на фиг. 12, но множество комбинированных схем 310 сканера 600 тела заключено в полу.

В точности, как в примере на фиг. 12, множество магнитных датчиков 230 и множество контуров 210 возбуждения располагаются с одной и той же стороны от человека, соответствующего образцу. Следовательно, можно применить, например, функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, и функцию формирования изображения, приведенные в (3-2) и (3-3). Тогда сканер 600 тела может с высокой точностью формировать изображение ножа.

Фиг. 15 является схематическим представлением, поясняющим пятый пример сканера тела, использующего устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенное на фиг. 6. Сканер 700 тела, изображенный на фиг. 15, по существу, идентичен сканеру 500 тела изображенному на фиг. 12, но множество комбинированных схем 310 сканера 700 тела заключено в стойке. Данная стойка может быть, например, стойкой или стрелой барьера шлагбаумного типа.

На фиг. 15, например, человек проходит мимо стойки. В данном случае, множество комбинированных схем 310, заключенных в стойке, создает поочередно первую составляющую магнитного поля. В таком случае, множество комбинированных схем 310 измеряется магнитные характеристики. При измерении магнитных характеристик, множество комбинированных схем 310, кроме комбинированной схемы 310, которая создает первую составляющую магнитного поля, может измерять магнитные характеристики. Сканер 700 тела повторяет данные процессы в то время, когда человек проходит рядом со стойкой.

В частности, однонаправленное передвижение человека, проходящего вблизи стойки вдоль направления, перпендикулярного стойке, приведет к выполнению одномерного сканирования магнитным датчиком 230 комбинированной схемы 310, заключенной в стойке, относительно человека. В таком случае, двумерное сканирование (двумерный результат замера) получается объединением данных, получаемых из ряда магнитных датчиков 230, расположенных в одном направлении в стойке.

Например, поскольку человек проходит вблизи стойки, то множество комбинированных схем 310 может сканировать в плоскости относительно человека. Иначе говоря, сканер 700 тела может создавать первую составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения в плоскости и может измерять магнитные характеристики магнитного поля, содержащего вторую составляющую магнитного поля в каждом из положений замера в плоскости. Тогда сканер 700 тела может формировать изображение, например, ножа, который человек держит в алюминиевом кейсе, по результату замера.

Например, если направление, в котором человек проходит на фиг. 15, принять за направление у-оси на фиг. 4, то у-координата контура 210 возбуждения относительно проходящего человека совпадает с у-координатой магнитного датчика 230. Кроме того, множество магнитных датчиков 230 и множество контуров 210 возбуждения располагаются с одной и той же стороны от человека, соответствующего образцу. Следовательно, можно применить, например, функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, и функцию формирования изображения, приведенные в (5-2) и (5-3).

Фиг. 16 является схематическим представлением, поясняющим шестой пример сканера тела, использующего устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенное на фиг. 6. Сканер 800 тела, изображенный на фиг. 16, по существу, идентичен сканеру 700 тела, изображенному на фиг. 15, но множество комбинированных схем 310 сканера 800 тела заключено во множестве стоек. Когда человек проходит между двух из стоек, сканер 800 тела создает первую составляющую магнитного поля и измеряет магнитные характеристики магнитного поля, содержащего вторую составляющую магнитного поля.

Сканер 800 тела может создавать первую составляющую магнитного поля из первого из двух полюсов и измерять магнитные характеристики магнитного поля, содержащего вторую составляющую магнитного поля, во втором из двух полюсов. В данном случае, множество комбинированных схем 310, заключенных в первой стойке, могут поочередно создавать первую составляющую магнитного поля. При этом, в точности, как сканер 300 тела, сканер 800 тела может создавать первую составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения в плоскости и может измерять магнитные характеристики магнитного поля, содержащего вторую составляющую магнитного поля в каждом из положений замера в плоскости.

Тогда сканер 800 тела может формировать изображение, например, ножа, который человек держит в алюминиевом кейсе, по результату замера.

В примере на фиг. 16, каждая стойка включает в себя множество комбинированных схем 310. Однако, первая стойка из пары стоек может включать в себя множество контуров 210 возбуждения, и вторая стойка из пары стоек может включать в себя множество магнитных датчиков 230.

Например, на фиг. 16 показано, что человек проходит между двумя стойками вдоль направления, параллельного средней линии между двумя стойками. В данном случае, если направление, в котором человек проходит на фиг. 16, принять за направление у-оси на фиг. 4, то у-координата контура 210 возбуждения относительно проходящего человека совпадает с у-координатой магнитного датчика 230. Кроме того, множество магнитных датчиков 230 и множество контуров 210 возбуждения располагаются с противоположных сторон от человека, соответствующего образцу. Следовательно, можно применить, например, функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, и функцию формирования

изображения, приведенные в (4-8) и (4-9).

Сканер 800 тела может обнаружить нож или что-то подобное на основе сформированного изображения. Когда нож или что-то подобное обнаруживается, информация, указывающая место, где обнаружился нож или что-то подобное, или местоположение человека, хранящего нож или что-то подобное, может представляться на внешнем терминале или подобном устройстве.

Фиг. 17 является схематическим представлением, поясняющим пример представления информации на внешнем терминале посредством сканера 800 тела, изображенного на фиг. 16. Например, сканер 800 тела формирует множество изображений по результату замера, полученному из множества стоек. В таком случае, сканер 800 тела обнаруживает нож или что-то подобное, на основе каждого изображения, и место, соответствующее ножу или чему-то подобному. Затем сканер 800 тела передает информацию, указывающую место, соответствующее ножу или чему-то подобному, на внешний терминал 1000.

Вышеописанные операции могут выполняться, например, схемой 150 обработки информации устройства 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости. Например, схема 150 обработки информации определяет, содержится ли в объекте, соответствующем образцу, целевой объект обнаружения, и, когда определяется, что целевой объект обнаружения содержится в составе объекта, выводит информацию, указывающую местоположение целевого объекта обнаружения или объекта, на внешний терминал 1000. Внешний терминал 1000 принимает информацию, указывающую место, соответствующее целевому объекту обнаружения, например, ножу, и отображает информацию, как показано на фиг. 17.

Вышеописанные операции могут выполняться не только сканером 800 тела, но также сканерами 300, 400, 500, 600, 700 тела или любой комбинацией таких сканеров и т.п.

Вышеописанные сканеры 300, 400, 500, 600, 700 и 800 тела соответствуют устройству 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, но могут быть модифицированы, чтобы соответствовать устройству 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости. Иначе говоря, перемещающийся контур 110 возбуждения можно применить вместо множества контуров 210 возбуждения, и перемещающийся магнитный датчик 130 можно применить вместо множества магнитных датчиков 230.

Фиг. 18 является схематическим представлением, поясняющим пример системы проверки безопасности, которая использует устройство 100 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенное на фиг. 1, или устройство 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости, изображенное на фиг. 6.

Например, система 900 проверки безопасности, изображенная на фиг. 18, включает в себя устройство 100 или 200 для визуализации распределения магнитной восприимчивости. В частности, система 900 проверки безопасности может включать в себя сканер 400 тела, изображенный на фиг. 11. Система 900 проверки безопасности измеряет квазистатическое магнитное поле, аналитически решает обратную задачу и реконструирует изображение поля. Это позволяет системе 900 проверки безопасности в реальном времени, неинвазивно визуализировать оружие, например, ножи или огнестрельное оружие, спрятанное в портфелях, одежде, под одеждой на теле или внутри людских тел и т.п.

Система 900 проверки безопасности дополнительно включает в себя анализатор 910 газофазного химического агента и трубу 920, чтобы в реальном времени выполнять анализ на бензин или отравляющий газ. Например, в поверхности стенки сформированы микроскопические отверстия в одном или двух измерениях, и окружающий воздух всасывается в многочисленные каналы. Всасываемый воздух направляется в анализатор 910 газофазного химического агента по трубе 920.

Например, анализатор 910 газофазного химического агента может включать в себя газохроматограф, масс-спектрометр, анализатор ионной подвижности или комбинацию из двух или более упомянутых средств и может быть также назван детектором для классификации газов. Анализатор 910 газофазного химического агента определяет воздух, подаваемый в анализатор 910 газофазного химического агента, и анализирует риск.

Анализатор 910 газофазного химического агента распространяет информацию по сети связи о человеке, имеющем при себе отравляющий газ в точности, как информацию о человеке, имеющем при себе оружие, например, нож или огнестрельное оружие, как описано выше. Анализатор 910 газофазного химического агента может отправить доклад о таком опасном лице в полицию или другой команде по управлению действиями в кризисной ситуации и может включить такую информацию об опасном лице в команды по путям эвакуации граждан, находящихся поблизости.

Следует отметить, что фиг. 18 является всего лишь схематическим представлением, и число и размеры отверстий, ведущих к анализатору 910 газофазного химического агента по трубе 920, может отличаться от примера на фиг. 18. Возможно формирование большего числа плотнее расположенных, более мелких отверстий.

Система 900 проверки безопасности может быть также проходной. Вышеописанная система 900 проверки безопасности соответствует сканеру 400 тела, но может быть модифицирована, чтобы соответствовать сканеру 300, 500, 600, 700 или 800 тела. Например, анализатор 910 газофазного химического агента и трубу 920 можно заключить только в одной стенке, в полу или в стойке.

Фиг. 19 является блок-схемой последовательности операций, представляющей работу устройства

(100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости в соответствии с вариантом осуществления.

Например, контур (110, 210) возбуждения создает первую составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта (S101).

Магнитный датчик (130, 230) измеряет в каждом из положений замера, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта, магнитные характеристики в магнитном поле, содержащем вторую составляющую магнитного поля, созданную первой составляющей магнитного поля под влиянием объекта (S102). При этом, магнитный датчик (130, 230) измеряет магнитные характеристики в положениях замера для каждого из положений возбуждения.

Схема (150) обработки информации получает результат замера магнитных характеристик и формирует изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, по результату замера (S103). Например, схема (150) обработки информации отображает изображение на дисплее (160) (S104). В качестве альтернативы, схема (150) обработки информации может распечатывать изображение или передавать изображение в другое устройство.

При формировании изображения, схема (150) обработки информации вычисляет функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, при использовании результата замера в качестве граничного условия. Функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, является функцией, которая принимает виртуальное положение возбуждения первой составляющей магнитного поля и виртуальное положение замера магнитных характеристик в качестве входных данных и выводит напряженность магнитного поля в виртуальном положении замера.

Затем схема (150) обработки информации вычисляет функцию формирования изображения. Функция формирования изображения принимает целевое положение формирования изображения в качестве входных данных и выводит интенсивность изображения в целевом положении формирования изображения, и определяется по напряженности, выведенной из функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, в результате ввода целевого положения формирования изображения, в форме виртуального положения возбуждения и виртуального положения замера, в функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения. Затем схема (150) обработки информации формирует изображение на основе функции формирования изображения.

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение магнитной восприимчивости в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, по результату замера магнитных характеристик, на базе различных комбинаций положений возбуждения и положений замера.

Например, схема (150) обработки информации может вычислять как функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, решение уравнения Лапласа, которому удовлетворяет функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, с использованием результата замера в качестве граничного условия. Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости правильно вывести функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, исходя из результата замера и уравнения Лапласа, связанного с многолучевой задачей в статическом или квазистатическом поле.

Например, схема (150) обработки информации может вычислять как функцию формирования изображения, предельное значение функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, посредством выполнения операции взятия предела функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, которая ориентирует виртуальное положение возбуждения и виртуальное положение замера, введенные в функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, на целевое положение формирования изображения. Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости правильно выводить функцию формирования изображения на основе функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения.

Например, положения возбуждения могут быть заданы в первой плоскости. Положения замера могут быть заданы во второй плоскости, которая совпадает с первой плоскостью или отличается от нее. Иначе говоря, положения замера могут быть заданы в первой плоскости, в которой заданы положения возбуждения, или во второй плоскости, иной, чем первая плоскость. Вторая плоскость может быть параллельной первой плоскости.

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости не допускать увеличения размера пространства, требуемого для размещения контура (110, 210) возбуждения и магнитного датчика (130, 230). Устройство (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости может также ограничить сложность процесса вычисления.

Например, положения замера могут располагаться с первой стороны от объекта, и положения возбуждения могут располагаться со второй, противоположной стороны от объекта. Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости измерять магнитные характеристики в каждом из положений замера, которые находятся с противоположной стороны от объекта по отношению к положениям возбуждения. Соответственно, устройство (100, 200) для визуализации рас-

пределения магнитной восприимчивости может подавлять влияние первой составляющей поля, создаваемой контуром (110, 210) возбуждения, при измерении магнитных характеристик в каждом из положений замера.

Например, положения замера и положения возбуждения могут располагаться с одной и той же стороны от объекта. Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости измерять магнитные характеристики в каждом из положений замера, которые находятся с одной и той же стороны от объекта по отношению к положениям возбуждения. Соответственно, устройство (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости может не допускать увеличения размера пространства, требуемого для размещения контура (110, 210) возбуждения и магнитного датчика (130, 230).

Например, контур (110, 210) возбуждения может создавать первую составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения путем перемещения в каждое из положений возбуждения. Магнитный датчик (130, 230) может измерять магнитные характеристики в каждом из положений замера путем перемещения в каждое из положений замера.

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости использовать один контур (110, 210) возбуждения для множества положений возбуждения и один магнитный датчик (130, 230) для множества положений замера. Соответственно, устройство (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости может ограничить повышение стоимости технических средств.

Например, контур (110, 210) возбуждения может включать в себя множество контуров (110, 210) возбуждения, размещенных в положениях возбуждения. Магнитный датчик (130, 230) может включать в себя множество магнитных датчиков (130, 230), размещенных в положениях замера.

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости создавать составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения и измерять магнитные характеристики в каждом из положений замера без перемещения контура (110, 210) возбуждения или магнитного датчика (130, 230). Соответственно, устройство (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости может быстро получать результат замера, соответствующий множеству положений возбуждения и множеству положений замера.

Следует отметить, что множество контуров (110, 210) возбуждения не ограничены однозначным соответствием с множеством положений возбуждения; два или более множества контуров (110, 210) возбуждения могут соответствовать единственному(ой) положению (зоне) возбуждения. Аналогично, множество магнитных датчиков (130, 230) не ограничены однозначным соответствием с множеством положений замера; два или более множества магнитных датчиков (130, 230) могут соответствовать единственному(ой) положению (зоне) замера.

Например, множество контуров (110, 210) возбуждения может размещаться в первой плоскости. Множество магнитных датчиков (130, 230) может размещаться во второй плоскости, которая совпадает с первой плоскостью или отличается от нее. Иначе говоря, множество магнитных датчиков (130, 230) может размещаться в первой плоскости, в которой размещено множество контуров (110, 210) возбуждения, или во второй плоскости, иной, чем первая плоскость. Вторая плоскость может быть параллельной первой плоскости.

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости быстро получать результат замера, соответствующий положениям возбуждения в первой плоскости и положениям замера во второй плоскости.

Например, множество контуров (110, 210) возбуждения может размещаться на первой прямой. Множество магнитных датчиков (130, 230) может размещаться на второй прямой, которая отличается от первой прямой. Иначе говоря, множество магнитных датчиков (130, 230) может размещаться на первой прямой, на которой размещается множество контуров (110, 210) возбуждения, или на второй прямой, иной, чем первая прямая. Вторая прямая может быть параллельной первой прямой.

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости уменьшить пространство, в котором размещаются контуры (110, 210) возбуждения, и пространство, в котором размещаются магнитные датчики (130, 230).

Например, объект может двигаться. Контур (110, 210) возбуждения может создавать первую составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения, заданных относительно объекта, который движется, посредством создания первой составляющей магнитного поля из предварительно заданного положения в разные моменты времени. Магнитный датчик (130, 230) может измерять магнитные характеристики в каждом из положений замера, заданных относительно объекта, который движется, посредством измерения магнитных характеристик в предварительно заданном положении в разные моменты времени.

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости создавать составляющую магнитного поля из каждого из положений возбуждения и измерять магнитные характеристики в каждом из положений замера без обеспечения многочисленных контуров (110, 210) возбуждения или многочисленных магнитных датчиков (130, 230) и без перемещения контура (110, 210)

возбуждения или магнитного датчика (130, 230).

Например, контур (110, 210) возбуждения может быть заключен в первой стенке. Магнитный датчик (130, 230) может быть заключен во второй стенке, которая является той же самой, что и первая стенка, или отличается от нее. Иначе говоря, магнитный датчик (130, 230) может быть заключен в первой стенке, в которой заключен контур (110, 210) возбуждения, или во второй стенке, иной, чем первая стенка. Первая стенка и вторая стенка могут быть противоположными стенками. Кроме того, например, контур (110, 210) возбуждения и магнитный датчик (130, 230) могут быть заключены в полу.

Например, контур (110, 210) возбуждения может быть заключен в первой стойке. Магнитный датчик (130, 230) может быть заключен во второй стойке, которая является той же самой, что и первая стойка, или отличается от нее. Иначе говоря, магнитный датчик (130, 230) может быть заключен в первой стойке, в которой заключен контур (110, 210) возбуждения, или во второй стойке, иной, чем первая стойка.

Приведенные конфигурации позволяют сделать контур (110, 210) возбуждения и магнитный датчик (130, 230) незаметными на местности. Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости формировать изображение, представляющее распределение магнитной восприимчивости, незаметно для людей.

В трехмерном пространстве x-координат, y-координат и z-координат, виртуальное положение возбуждения может быть выражено в виде  $(y_1, z_1)$ . Виртуальное положение замера может быть выражено в виде  $(x, y_2, z_2)$ . z-координата положения контура (110, 210) возбуждения может быть задана равной 0. z-координата положения магнитного датчика (130, 230) может быть задана равной  $z_0$ . Когда положения замера и положения возбуждения находятся с противоположных сторон от объекта, функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения может быть определена в следующем виде.

[выражение 44]

$$\begin{aligned} & \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2}, \\ & a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) = e^{z_0 \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2}} \bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0) \end{aligned}$$

Здесь, Фурье-образ результата замера выражается в следующем виде.

[выражение 45]

$$\bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

Здесь,  $k_x$ ,  $k_{y_1}$  и  $k_{y_2}$  являются волновыми числами, соответствующими  $x$ ,  $y_1$  и  $y_2$ . Функция формирования изображения может быть определена в следующем виде.

[выражение 46]

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2} \end{aligned}$$

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение магнитной восприимчивости, с использованием функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, выраженной вышеприведенным уравнением, и функции формирования изображения, выраженной вышеприведенным уравнением.

В трехмерном пространстве x-координат, y-координат и z-координат, виртуальное положение возбуждения может быть выражено в виде  $(y_1, z_1)$ . Виртуальное положение замера может быть выражено в виде  $(x, y_2, z_2)$ . z-координата положения контура (110, 210) возбуждения может быть задана равной 0. z-координата положения магнитного датчика (130, 230) может быть задана равной  $z_0$ . Когда положения замера и положения возбуждения находятся с одной и той же стороны от объекта, функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения, может быть определена в следующем виде.

[выражение 47]

$$\begin{aligned} & \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{-k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2}, \\ & a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) = e^{z_0 \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2}} \bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0) \end{aligned}$$

Здесь, Фурье-образ результата замера выражается в следующем виде.

[выражение 48]

$$\bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

Здесь,  $k_x$ ,  $k_{y1}$  и  $k_{y2}$  являются волновыми числами, соответствующими  $x$ ,  $y_1$  и  $y_2$ . Функция формирования изображения может быть определена в следующем виде.

[выражение 49]

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{-k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2} \end{aligned}$$

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение магнитной восприимчивости, с использованием функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, выраженной вышеприведенным уравнением, и функции формирования изображения, выраженной вышеприведенным уравнением.

В трехмерном пространстве  $x$ -координат,  $y$ -координат и  $z$ -координат, виртуальное положение возбуждения может быть выражено в виде  $(x_1, y, z_1)$ . Виртуальное положение замера может быть выражено в виде  $(x_2, y, z_2)$ .  $z$ -координата положения контура (110, 210) возбуждения может быть задана равной 0.  $z$ -координата положения магнитного датчика (130, 230) может быть задана равной  $z_0$ . Когда положения замера и положения возбуждения находятся с противоположных сторон от объекта, функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения может быть определена в следующем виде.

[выражение 50]

$$\begin{aligned} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1} x_1 + ik_{x_2} x_2 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y, \\ a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) &= e^{z_0 \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}} \bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0) \end{aligned}$$

Здесь, Фурье-образ результата замера выражается в следующем виде.

[выражение 51]

$$\bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

Здесь,  $k_x$ ,  $k_{y1}$  и  $k_{y2}$  являются волновыми числами, соответствующими  $x$ ,  $y_1$  и  $y_2$ . Функция формирования изображения может быть определена в следующем виде.

[выражение 52]

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1} x_1 + ik_{x_2} x_2 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y \end{aligned}$$

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение магнитной восприимчивости, с использованием функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения выраженной вышеприведенным уравнением, и функции формирования изображения, выраженной вышеприведенным уравнением.

В трехмерном пространстве  $x$ -координат,  $y$ -координат и  $z$ -координат, виртуальное положение возбуждения может быть выражено в виде  $(x_1, y, z_1)$ . Виртуальное положение замера может быть выражено в виде  $(x_2, y, z_2)$ .  $z$ -координата положения контура (110, 210) возбуждения может быть задана равной 0.  $z$ -координата положения магнитного датчика (130, 230) может быть задана равной  $z_0$ . Когда положения замера и положения возбуждения находятся с одной и той же стороны от объекта, функция магнитного поля, зависящая от положения возбуждения может быть определена в следующем виде.

[выражение 53]

$$\begin{aligned} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1} x_1 + ik_{x_2} x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y, \\ a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) &= e^{z_0 \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}} \bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0) \end{aligned}$$

Здесь, Фурье-образ результата замера выражается в следующем виде.

[выражение 54]

$$\bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

Здесь,  $k_x$ ,  $k_{y1}$  и  $k_{y2}$  являются волновыми числами, соответствующими  $x$ ,  $y_1$  и  $y_2$ . Функция формирования изображения может быть определена в следующем виде.

[выражение 55]

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2} z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2} z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y \end{aligned}$$

Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение магнитной восприимчивости, с использованием функции магнитного поля, зависящей от положения возбуждения, выраженной вышеприведенным уравнением, и функции формирования изображения, выраженной вышеприведенным уравнением.

Например, на основании изображения, схема (150) обработки информации может определить, содержится ли в объекте целевой объект обнаружения, и, когда определяется, что целевой объект обнаружения содержится в объекте, выводит информацию, указывающую местоположение целевого объекта обнаружения или объекта на внешний терминал (1000). Это позволяет устройству (100, 200) для визуализации распределения магнитной восприимчивости уведомлять о местоположении конкретного целевого объекта обнаружения или местоположении объекта, включающего в себя конкретный целевой объект обнаружения.

Выше в настоящем документе, на примере вариантов осуществления описан аспект устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости, но аспекты устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости не ограничиваются вариантами осуществления. В варианты осуществления можно внести различные изменения, понятные специалистам в данной области, и элементы в вариантах осуществления можно свободно объединять. Например, процесс, выполняемый конкретным элементом в варианте осуществления, может выполняться, в качестве альтернативы, другим элементом. Кроме того, порядок выполнения процессов можно изменять, и процессы можно выполнять параллельно.

Способ визуализации распределения магнитной восприимчивости, включающий в себя этапы, выполняемые элементами, входящими в состав устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости, может выполняться любым(ой) устройством или системой. Например, часть способа или весь способ визуализации распределения магнитной восприимчивости может выполняться компьютером, включающим в себя, например, процессор, память и схему ввода/вывода. В таких случаях, способ визуализации распределения магнитной восприимчивости может выполняться программой для назначения компьютеру задания выполнять способ визуализации распределения магнитной восприимчивости, выполняемый компьютером.

Программа может быть записана на энергонезависимом компьютерно-читаемом носителе информации.

Каждый из элементов устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости может быть выполнен в форме специализированной аппаратуры, в форме универсальной аппаратуры, которая выполняет вышеупомянутую программу или что-то подобное, или любой комбинации вышеперечисленного. Например, универсальная аппаратура может быть выполнена в форме памяти, на которой записана программа, и универсального процессора, который считывает программу из памяти и выполняет программу. При этом, память может быть полупроводниковой памятью или жестким диском, и универсальный процессор может быть центральным процессором (CPU) или чем-то подобным.

Специализированная аппаратура может быть выполнена в форме памяти и специализированного процессора или чего-то подобного. Например, специализированный процессор может обращаться к памяти для записи данных измерений и выполнять вышеописанный способ визуализации распределения магнитной восприимчивости.

Каждый из элементов устройства для визуализации распределения магнитной восприимчивости может быть электрической схемой. Электрические схемы могут совместно формировать единую электрическую схему и, в качестве альтернативы, могут формировать отдельные электрические схемы. Данные электрические схемы могут соответствовать специализированной аппаратуре или универсальной аппаратуре, которая выполняет, например, вышеупомянутую программу.

Устройство для визуализации распределения магнитной восприимчивости можно также описать как устройство для формирования изображения. Устройство для визуализации распределения магнитной восприимчивости может быть устройством контроля безопасности, таким как сканер тела, и может быть включено в состав устройства контроля безопасности. Хотя выше приведен пример сканера тела, примеры применения не ограничены данным примером. Устройство для визуализации распределения магнитной восприимчивости можно применять для тестирования электрических схем или для тестирования армированных конструкций. Устройство для визуализации распределения магнитной восприимчивости можно также применять в медицинской диагностике, когда тело человека обследуют с использованием контрастного вещества, содержащего магнитный материал.

Хотя, примером в вышеприведенном описании является магнитное поле, идеи настоящего изобре-

тения применимы в любой области, которая удовлетворяет уравнению Лапласа, относящегося к многолучевой задаче в статическом или квазистатическом поле. Квазистатическое поле может быть, по существу, статическим полем, например, электромагнитным полем с частотой 100 кГц или ниже, которое можно считать не имеющим волновых свойств. В частности, вместо магнитного поля можно использовать электрическое поле, температурное поле или поле давления.

Следовательно, вышеописанное устройство для визуализации распределения магнитной восприимчивости можно описать как устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле. Например, устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле формирует изображение, представляющее распределение откликов на внешнее поле, которое является распределением откликов на внешнее поле. Вышеописанный магнитный датчик может быть датчиком, который измеряет напряженность поля. Вместо напряженности магнитного поля можно использовать напряженность поля. Функцию магнитного поля, зависящую от положения возбуждения, можно также выражать как функцию поля, зависящую от положения возбуждения.

Иначе говоря, "магнитное поле" в вышеприведенном описании можно заменить просто "полем", и "распределение магнитной восприимчивости" можно заменить "распределением отклика на внешнее поле". Например, контур возбуждения создает первую составляющую поля из множества положений возбуждения. Первая составляющая поля наводит вторую составляющую поля от объекта. Датчик измеряет напряженность поля, включающую в себя вторую составляющую поля в каждом из положений замера. Схема обработки информации получает результат замера напряженности и формирует изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, по результату замера.

В таких случаях, схема обработки информации вычисляет функцию поля, зависящую от положения возбуждения, при использовании результата замера в качестве граничного условия, и вычисляет функцию формирования изображения на основе функции поля, зависящей от положения возбуждения. Затем схема обработки информации формирует изображение на основе функции формирования изображения. Это позволяет устройству для визуализации распределения отклика на внешнее поле формировать изображение, представляющее с высокой точностью распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта.

#### **Промышленная применимость**

Один аспект настоящего изобретения полезен для устройств для визуализации магнитной восприимчивости, которые формируют изображения, показывающие распределение магнитной восприимчивости, и применим к устройствам для диагностирования магнитного поля, контролю электронных компонентов, сейсмическому контролю армированных конструкций, медицинской диагностике и системам проверки безопасности.

Перечень обозначений:

100, 200 - устройство для визуализации распределения магнитной восприимчивости (устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле);

110, 210 - контур возбуждения;

120 - привод контура возбуждения;

130, 230 - магнитный датчик (датчик);

140 - привод магнитного датчика (привод датчика);

150 - схема обработки информации;

160 - дисплей;

170 - стол для образца;

220 - опорная конструкция контуров возбуждения;

231 - мягкий слой;

232 - туннельный слой;

233 - слой с PIN-переходом (слой фиксации направления намагниченности);

240 - опорная конструкция магнитного датчика (опорная конструкция датчика);

300, 400, 500, 600, 700, 800 - сканер тела;

310 - комбинированная схема;

900 - система проверки безопасности;

910 - анализатор газофазного химического агента;

920 - труба;

1000 - внешний терминал.

#### **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле, выполненное с возможностью формировать изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле, при этом устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле содержит контур возбуждения, выполненный с возможностью индуцировать первую составляющую поля из

- каждого из положений возбуждения, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта;
- датчик, выполненный с возможностью измерять, в каждом из положений замера, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта, напряженность поля, содержащего вторую составляющую поля, индуцированную объектом под влиянием первой составляющей поля, чтобы измерить напряженность поля в положениях замера для каждого из положений возбуждения; и
- схему обработки информации, выполненную с возможностью получать результат замера напряженности поля и формировать изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, на основе результата замера, причем
- схема обработки информации выполнена с возможностью
- вычислять функцию поля, зависящую от положения возбуждения, выполненную с возможностью принимать виртуальное положение возбуждения и виртуальное положение замера в качестве входных данных и выводить напряженность поля в виртуальном положении замера, при использовании результата замера в качестве граничного условия;
- вычислять функцию формирования изображения, выполненную с возможностью принимать в качестве входных данных целевое положение формирования изображения, которое представляет собой положение, подлежащее визуализации на изображении, и выводить интенсивность изображения в целевом положении формирования изображения, и выполненную с возможностью определения на основе напряженности, выведенной из функции поля, зависящей от положения возбуждения, в ответ на ввод целевого положения формирования изображения, в форме виртуального положения возбуждения и виртуального положения замера, в функцию поля, зависящую от положения возбуждения; и
- формировать изображение на основе функции формирования изображения.
2. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1, в котором
- схема обработки информации выполнена с возможностью вычислять, как функцию поля, зависящую от положения возбуждения, решение уравнения Лапласа, которому удовлетворяет функция поля, зависящая от положения возбуждения, с использованием результата замера в качестве граничного условия.
3. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором
- схема обработки информации выполнена с возможностью вычислять, как функцию формирования изображения, предельное значение функции поля, зависящей от положения возбуждения, посредством операции взятия предела функции поля, зависящей от положения возбуждения, которая ориентирует виртуальное положение возбуждения и виртуальное положение замера, введенные в функцию поля, зависящую от положения возбуждения, на целевое положение формирования изображения.
4. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором
- положения возбуждения выполнены с возможностью задаваться в первой плоскости, и
- положения замера выполнены с возможностью задаваться во второй плоскости, которая совпадает с первой плоскостью или отличается от нее.
5. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором
- положения замера располагаются с первой стороны от объекта и положения возбуждения находятся со второй, противоположной стороны от объекта.
6. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором
- положения замера и положения возбуждения располагаются по одну сторону от объекта.
7. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором
- контур возбуждения выполнен с возможностью индуцировать первую составляющую поля из каждого из положений возбуждения посредством перемещения в каждое из положений возбуждения, и
- датчик выполнен с возможностью измерять напряженность поля в каждом из положений замера посредством перемещения в каждое из положений замера.
8. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором
- контур возбуждения содержит множество контуров возбуждения, расположенных в положениях возбуждения, и
- датчик содержит множество датчиков, расположенных в положениях замера.
9. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.8, в котором
- множество контуров возбуждения располагается в первой плоскости, и
- множество датчиков располагается во второй плоскости, которая совпадает с первой плоскостью или отличается от нее.
10. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.8, в котором
- множество контуров возбуждения располагается на первой прямой, и
- множество датчиков располагается на второй прямой, которая совпадает с первой прямой или отличается от нее.
11. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором
- объект выполнен с возможностью двигаться,
- контур возбуждения выполнен с возможностью индуцировать первую составляющую поля из каждого из положений возбуждения, выполненных с возможностью задаваться относительно объекта, выполненного с возможностью двигаться, посредством индуцирования первой составляющей поля из пред-

варительно заданного положения в разные моменты времени, и

датчик выполнен с возможностью измерять напряженность поля в каждом из положений замера, выполненных с возможностью задаваться относительно объекта, выполненного с возможностью двигаться, посредством измерения напряженности поля в предварительно заданном положении в разные моменты времени.

12. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором контур возбуждения заключен в первую стенку, и

датчик заключен во вторую стенку, которая является той же, что и первая стенка ил и отличается от нее.

13. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором контур возбуждения и датчик заключены в полу.

14. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором контур возбуждения заключен в первую стойку, и

датчик заключен во вторую стойку, которая является той же, что и первая стойка, или отличается от нее.

15. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.5, в котором в трехмерном пространстве x-координат, y-координат и z-координат виртуальное положение возбуждения выражается в виде  $(y_1, z_1)$ , виртуальное положение замера выражается в виде  $(x, y_2, z_2)$ , z-координата положения контура возбуждения задается равной 0 и z-координата положения датчика задается равной  $z_0$ ,

функция поля, зависящая от положения возбуждения, определяется в виде:

[выражение 1]

$$\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2},$$

$$a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) = e^{z_0 \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2}} \bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

Фурье-образ результата замера выражается в виде:

[выражение 2]

$$\bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

где  $k_x, k_{y_1}$  и  $k_{y_2}$  являются волновыми числами, соответствующими  $x, y_1$  и  $y_2$ , и функция формирования изображения определяется в виде:

[выражение 3]

$$\varphi(x, y, z) = \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) = \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2}$$

16. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.6, в котором в трехмерном пространстве x-координат, y-координат и z-координат виртуальное положение возбуждения выражается в виде  $(y_1, z_1)$ , виртуальное положение замера выражается в виде  $(x, y_2, z_2)$ , z-координата положения контура возбуждения задается равной 0 и z-координата положения датчика задается равной  $z_0$ ,

функция поля, зависящая от положения возбуждения, определяется в виде:

[выражение 4]

$$\Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{-k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2},$$

$$a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) = e^{z_0 \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2}} \bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

Фурье-образ результата замера выражается в виде:

[выражение 5]

$$\bar{\Phi}(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

где  $k_x, k_{y_1}$  и  $k_{y_2}$  являются волновыми числами, соответствующими  $x, y_1$  и  $y_2$ , и функция формирования изображения определяется в виде:

[выражение 6]

$$\varphi(x, y, z) = \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x, y_1, y_2, z_1, z_2) = \lim_{\substack{y_2 \rightarrow y_1 = y \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x, k_{y_1}, k_{y_2}) e^{ik_x x + ik_{y_1} y_1 + ik_{y_2} y_2} e^{-k_{y_1} z_1 - \sqrt{k_x^2 + k_{y_2}^2} z_2} dk_x dk_{y_1} dk_{y_2}$$

17. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.5, в котором

в трехмерном пространстве  $x$ -координат,  $y$ -координат и  $z$ -координат виртуальное положение возбуждения выражается в виде  $(x_1, y, z_1)$ , виртуальное положение замера выражается в виде  $(x_2, y, z_2)$ ,  $z$ -координата положения контура возбуждения задается равной 0 и  $z$ -координата положения датчика задается равной  $z_0$ ,

функция поля, зависящая от положения возбуждения, определяется в виде:

[выражение 7]

$$\begin{aligned} & \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2}z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y, \\ & a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) = e^{z_0 \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}} \bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0) \end{aligned}$$

Фурье-образ результата замера выражается в виде:

[выражение 8]

$$\bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

где  $k_{x_1}$ ,  $k_{x_2}$  и  $k_y$  являются волновыми числами, соответствующими  $x_1$ ,  $x_2$  и  $y$ , и функция формирования изображения определяется в виде:

[выражение 9]

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2}z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y \end{aligned}$$

18. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.6, в котором в трехмерном пространстве  $x$ -координат,  $y$ -координат и  $z$ -координат виртуальное положение возбуждения выражается в виде  $(x_1, y, z_1)$ , виртуальное положение замера выражается в виде  $(x_2, y, z_2)$ ,  $z$ -координата положения контура возбуждения задается равной 0 и  $z$ -координата положения датчика задается равной  $z_0$ ,

функция поля, зависящая от положения возбуждения, определяется в виде:

[выражение 10]

$$\begin{aligned} & \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2}z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y, \\ & a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) = e^{z_0 \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}} \bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0) \end{aligned}$$

Фурье-образ результата замера выражается в виде:

[выражение 11]

$$\bar{\Phi}(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y, z_1 = 0, z_2 = z_0)$$

где  $k_{x_1}$ ,  $k_{x_2}$  и  $k_y$  являются волновыми числами, соответствующими  $x_1$ ,  $x_2$  и  $y$ , и функция формирования изображения определяется в виде:

[выражение 12]

$$\begin{aligned} \varphi(x, y, z) &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \Phi(x_1, x_2, y, z_1, z_2) \\ &= \lim_{\substack{x_2 \rightarrow x_1 = x \\ z_2 \rightarrow z_1 = z}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_{x_1}, k_{x_2}, k_y) e^{ik_{x_1}x_1 + ik_{x_2}x_2 + ik_y y} e^{-\sqrt{k_{x_1}^2 + k_y^2}z_1 - \sqrt{k_{x_2}^2 + k_y^2}z_2} dk_{x_1} dk_{x_2} dk_y \end{aligned}$$

19. Устройство для визуализации распределения отклика на внешнее поле по п.1 или 2, в котором схема обработки информации выполнена с возможностью определять, содержится ли в объекте целевой объект обнаружения, на основании изображения, и, когда определяется, что объект включает в себя целевой объект обнаружения, выполнена с возможностью выводить информацию, указывающую местоположение целевого объекта обнаружения или объекта на внешний терминал.

20. Способ визуализации распределения отклика на внешнее поле для формирования изображения, представляющего распределение отклика на внешнее поле, при этом способ визуализации распределения отклика на внешнее поле содержит следующие этапы:

индуцируют посредством контура возбуждения первую составляющую поля из каждого из положений возбуждения, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта;

измеряют датчиком, в каждом из положений замера, заданных снаружи объекта в виде положений относительно объекта, напряженность поля, содержащего вторую составляющую поля, созданную объектом под влиянием первой составляющей поля, чтобы измерить напряженность поля в положениях замера для каждого из положений возбуждения; и

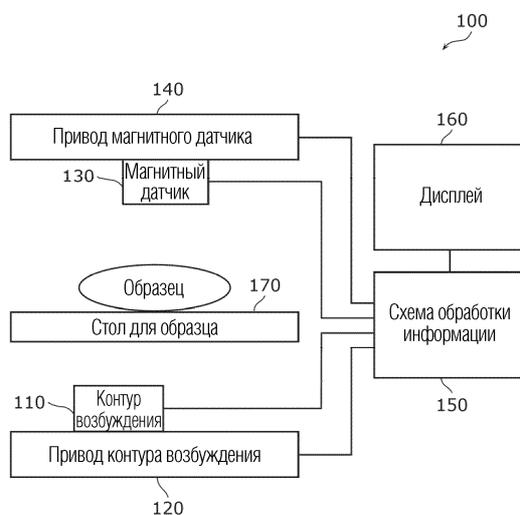
получают результат замера напряженности поля и формируют изображение, представляющее распределение отклика на внешнее поле в зоне, включающей в себя внутреннюю область объекта, на основе результата замера, причем

получение и формирование включают в себя следующие этапы, на которых

вычисляют функцию поля, зависящую от положения возбуждения, которая принимает виртуальное положение возбуждения и виртуальное положение замера в качестве входных данных и выводит напряженность поля в виртуальном положении замера, при использовании результата замера в качестве граничного условия;

вычисляют функцию формирования изображения, которая принимает в качестве входных данных целевое положение формирования изображения, которое представляет собой положение, подлежащее визуализации на изображении, и выводит интенсивность изображения в целевом положении формирования изображения, и определяется на основе напряженности, выведенной из функции поля, зависящей от положения возбуждения, в ответ на ввод целевого положения формирования изображения, в форме виртуального положения возбуждения и виртуального положения замера, в функцию поля, зависящую от положения возбуждения; и

формируют изображение на основе функции формирования изображения.

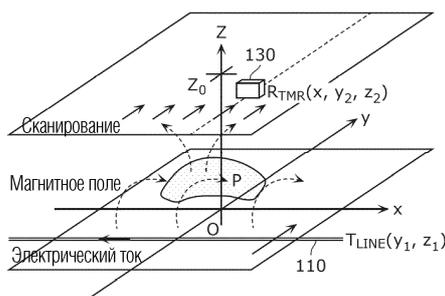


Фиг. 1

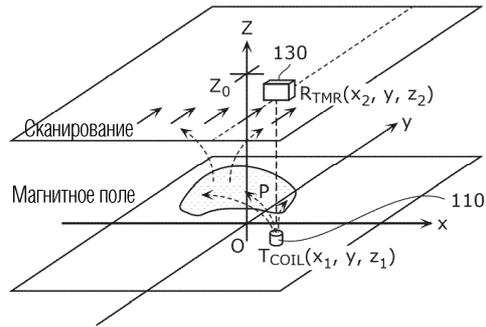
Эталонный пример



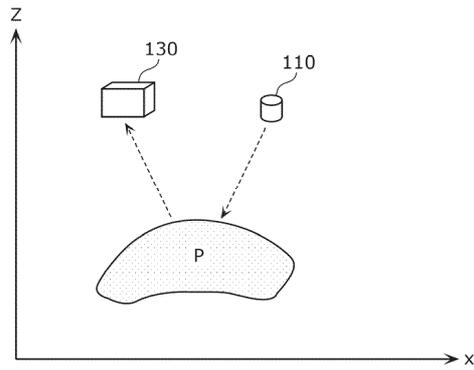
Фиг. 2



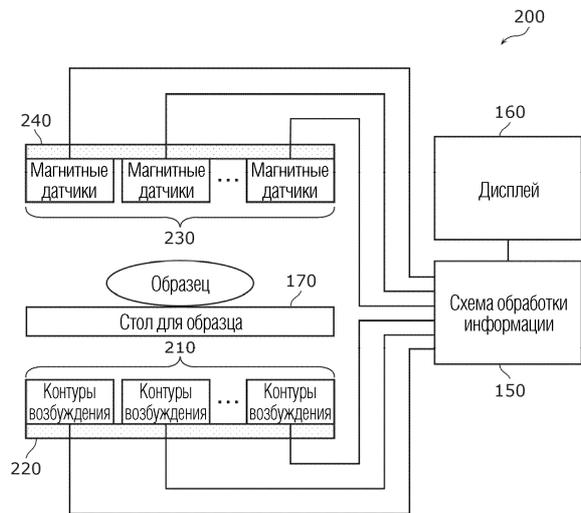
Фиг. 3



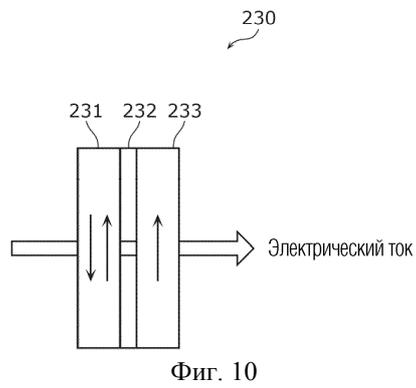
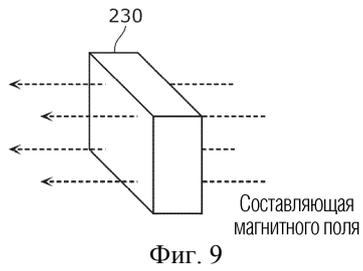
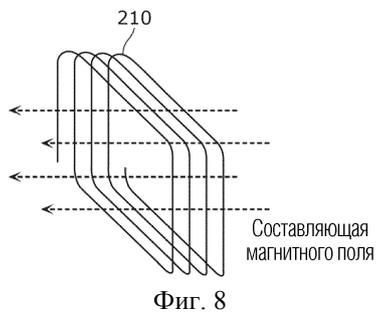
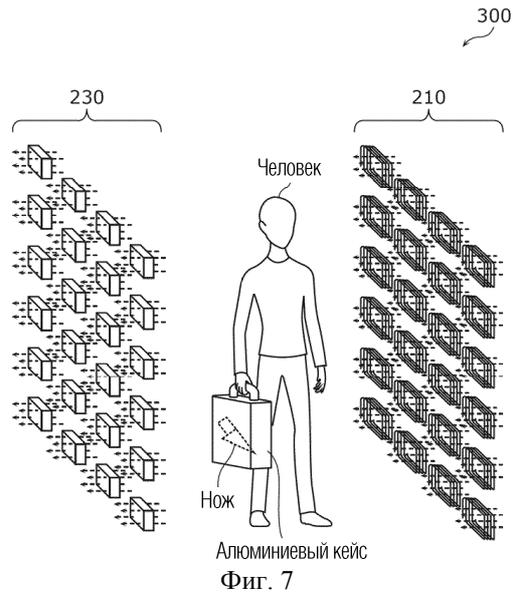
Фиг. 4

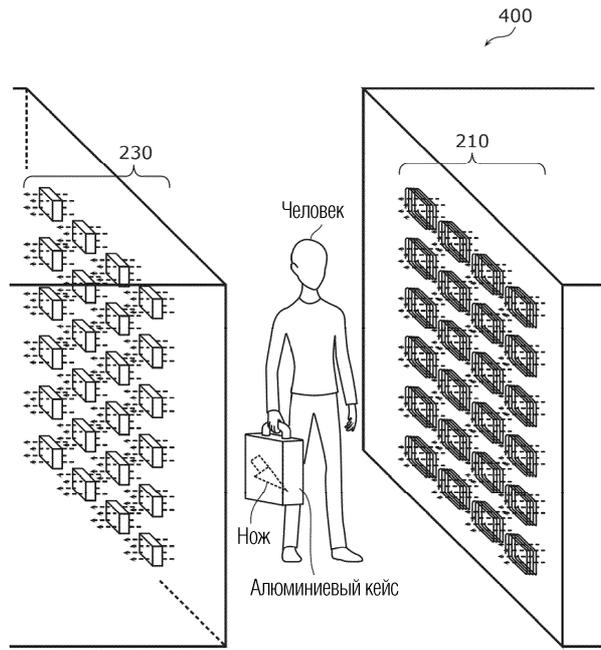


Фиг. 5

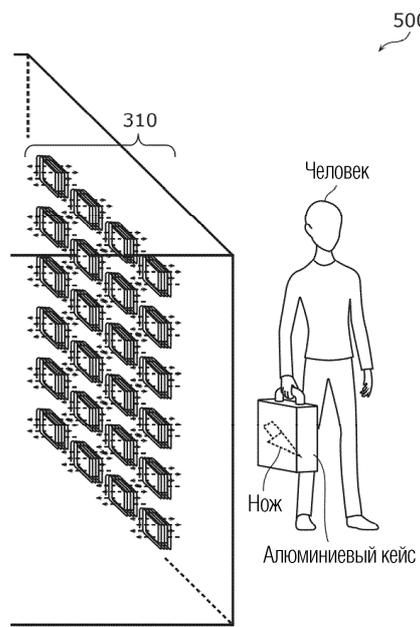


Фиг. 6

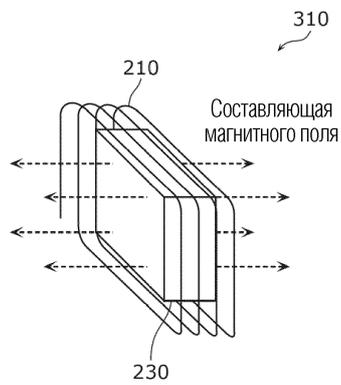




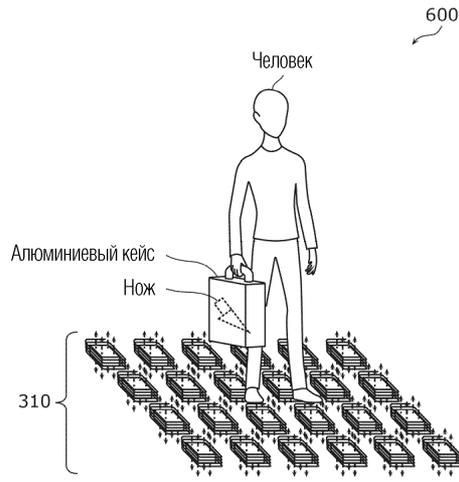
Фиг. 11



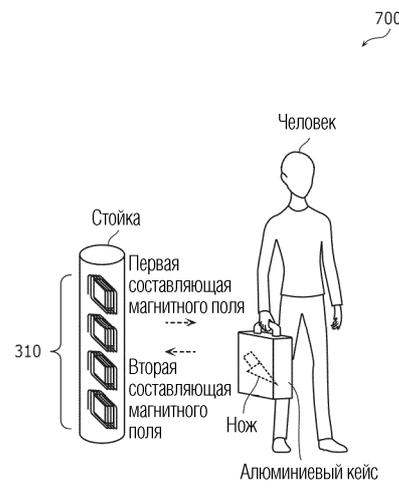
Фиг. 12



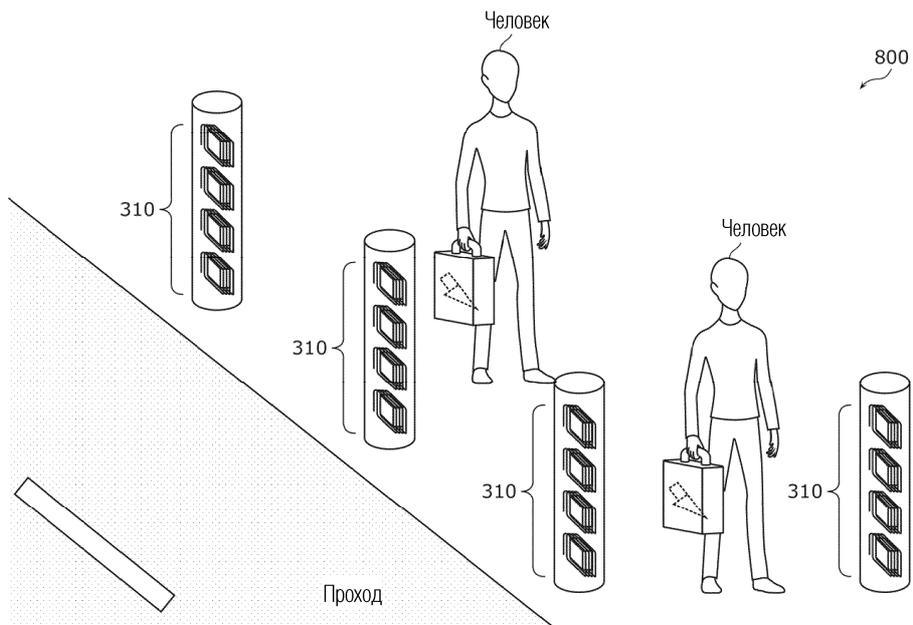
Фиг. 13



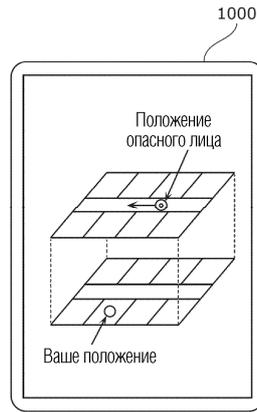
Фиг. 14



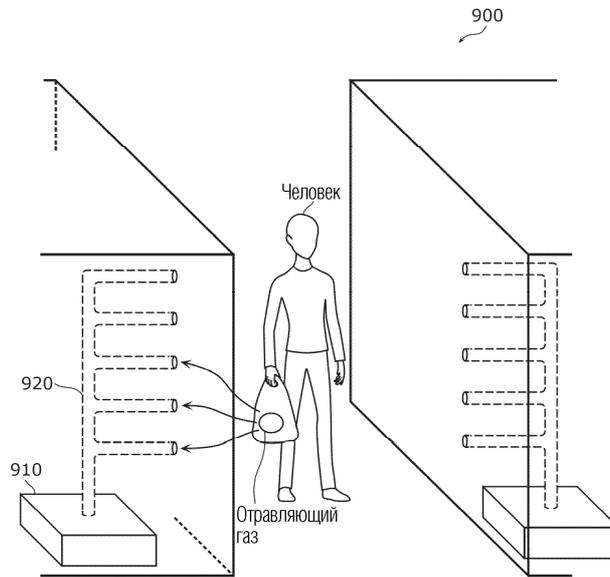
Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17



Фиг. 18



Фиг. 19

