

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047536**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.08.02**

(21) Номер заявки  
**202300067**

(22) Дата подачи заявки  
**2023.11.09**

(51) Int. Cl. **G01B 9/02** (2022.01)  
**G01B 9/04** (2006.01)  
**G02B 21/14** (2006.01)

---

(54) **ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЙ ПРОСВЕТНЫЙ МИКРОСКОП**

---

(31) **2023117755**

(32) **2023.07.05**

(33) **RU**

(43) **2024.07.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
"ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ "УРАЛЬСКИЙ  
ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ  
ЗАВОД" ИМЕНИ Э.С.  
ЯЛАМОВА" (АО "ПО "УОМЗ") (RU)**

(56) **US-A-2950649  
RU-C1-2539747  
SU-A1-811119  
CN-A-110260783  
EP-A1-3421977  
US-A-3658405**

(72) Изобретатель:

**Игнатьев Павел Сергеевич,  
Правдивцев Андрей Витальевич,  
Дедкова Нина Дмитриевна (RU)**

(74) Представитель:

**Дедкова Н.Д. (RU)**

---

(57) Заявляемое техническое решение относится к области микроскопии, а именно к интерференционным просветным микроскопам, и предназначено для измерения оптической разницы хода в полупрозрачных объектах при использовании набора объективов и предметных стекол различной толщины или объектов, находящихся в жидкостном слое неизвестной толщины. Может быть применено для исследования оптических свойств широкого круга микрообъектов, начиная от исследования материалов и заканчивая биологическими объектами. Интерференционный микроскоп с компенсатором оптической разницы хода содержит интерферометр, включающий светоделители и опорное плечо с модулирующим зеркалом, оптическую систему, состоящую из объектива и тубусного компонента, фотоприемник и компенсатор оптической разности хода, расположенный за светоделительным кубом блока компенсатора и состоящий из зеркала и механизмов продольного и поперечного перемещения. Заявленное техническое решение позволяет обеспечить возможность оперативного измерения оптической разницы хода в полупрозрачных объектах, обладает универсальностью, помехоустойчивостью, эксплуатационной надежностью и простотой реализации, снижает затраты на расходные материалы и эксплуатацию оборудования. Заявленное техническое решение является результатом экспериментальных исследований, проведенных на основе аттестованного метрологического оборудования.

---

**B1**

**047536**

**047536**

**B1**

Заявляемое техническое решение относится к области микроскопии, а именно к интерференционным просветным микроскопам, и предназначено для получения фазовых образов полупрозрачных объектов при использовании набора объективов и предметных стекол различной толщины или объектов, находящихся в жидкостном слое неизвестной толщины.

Методы интерференционной микроскопии успешно применяются для исследования оптических свойств широкого круга микрообъектов, начиная от исследования материалов и заканчивая биологическими объектами. Основными преимуществами интерференционной микроскопии являются высокое пространственное разрешение, неинвазивный характер измерения, а также отсутствие специальных требований к среде измерения (вакуум, красители).

К настоящему времени отсутствуют известные решения в области просветной интерференционной микроскопии, позволяющие выполнять измерение с различным увеличением объектов произвольной толщины без существенной перенастройки системы.

Опубликованы материалы по интерференционным микроскопам, в которых использована двулучевая схема интерферометра Маха-Цендера (например: А.Н. Захарьевский, А.Ф. Кузнецова. Интерференционные биологические микроскопы. Цитология, 1961), предназначенная для формирования интерференционных изображений биологических объектов в проходящем свете.

Известен просветный интерференционный микроскоп, выполненный по схеме деления пучков Маха-Цендера (патент US № 2950649 с приоритетом от 02.08.1955, опубликованный 30.08.1960, МПК G02B 21/14), основанный на двух ветвях с идентичными оптическими элементами. В одной из ветвей располагается исследуемый препарат, в другой эталонный объект. Шаговый сдвиг осуществляется путём поперечного смещения компенсационных клиньев. Преимуществом данного микроскопа является простота реализации и установки компенсационных клиньев в оптическую схему микроскопа. Недостатком является наличие четырех дополнительных оптических поверхностей, которые при использовании когерентных оптических источников излучения (лазеров) формируют паразитную спекловую картину и, как следствие, паразитный рельеф на фазовом образе объекта. Однако, его основным недостатком является низкое качество фазовых образов (низкое качество изображения) при работе с полупрозрачными объектами различной толщины (набором объективов и/или предметных стекол разной толщины или жидкостными объектами неизвестной толщины) без существенной перенастройки системы.

Данное устройство выбрано за наиболее близкий аналог.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое техническое решение, является создание интерференционного микроскопа, работающего в проходящем свете и обеспечивающего качественное измерение объектов с различной оптической разницей хода для набора микрообъективов различного увеличения за счет оперативного регулирования его опорного плеча.

Технический результат, достигаемый при решении поставленной задачи, заключается в получении качественных фазовых образов (качественного изображения) в полупрозрачных средах при использовании набора объективов и предметных стекол различной толщины или объектов, находящихся в жидкостном слое неизвестной толщины.

Задача решается, а технический результат достигается за счет того, что интерференционный просветный микроскоп содержит интерферометр, состоящий из светоделителей и опорного плеча с модулирующим зеркалом, оптическую проекционную систему, включающую объектив и тубусный компонент, и фотоприемник.

При этом, в отличие от ближайшего аналога, устройство дополнительно содержит компенсатор оптической разности хода, расположенный за светоделительным кубом блока компенсатора и состоящий из зеркала и механизмов продольного и поперечного перемещения.

Светоделитель необходим для формирования двух пространственно-распределенных световых пучков от когерентного источника излучения.

Опорное плечо с модулирующим зеркалом позволяет модулировать оптическую разницу хода в интерферометре.

Оптическая система, включающая объектив и тубусный компонент, предназначена для формирования изображения в плоскости фотоприемника.

Фотоприемник служит для получения и оцифровки интерферограмм.

Компенсатор оптической разности хода (далее - компенсатор ОРХ) компенсирует ОРХ, возникающую при смене микрообъективов.

Сущность заявленного решения поясняется иллюстрацией.

На фигуре изображена структурная схема микроскопа, где:

1 - лазер,

2.1 - светоделительный куб блока лазера,

2.2 - светоделительный куб блока компенсатора,

2.3 - светоделительный куб блока опорного плеча,

2.4 - светоделительный куб блока интерферометра.

5 - блок компенсатора ОРХ, состоящего из:

5.1 - зеркала компенсатора разности хода,

- 5.2 - механизма поперечного перемещения компенсатора,
- 5.3 - механизма продольного перемещения компенсатора,
- 6 - объектив подсветки,
- 7 - измерительный объектив,
- 8 - объектив опорного плеча,
- 9 - модулирующее зеркало,
- 10 - полупрозрачный объект,
- 11 - тубусный компонент,
- 12 - фотоприемник.

Формирование двух пространственно-распределённых световых пучков от когерентного источника 1 осуществляется с помощью светоделителя 2.1. Светоделители 2.2 и 2.3 выполняют роль отражателей, дополняющих оптическую систему компенсатором 5 и модулятором ОРХ, включающим объектив 8 и зеркало 9. Светоделитель 2.4 выполняет совмещение пучков лучей. Оптическая проекционная система, состоящая из объектива 6 и тубусного компонента 11, формирует изображение на фотоприемнике 12. Компенсация оптической разности хода, возникающая вследствие переключения объектива 6 в измерительном канале или использования предметных стекол различной толщины, осуществляется за счет перемещения зеркала компенсатора 5.1 при помощи механизмов поперечного 5.2 и продольного 5.3 перемещения.

В системе присутствует модулирующее зеркало 9, которое позволяет использовать метод фазового сдвига для увеличения точности восстановления фазы.

Микроскоп работает следующим образом.

Луч лазера 1 падает на полупрозрачную грань светоделительного кубика 2.1, где разделяется на две части. Часть луча лазера 1, прошедшая сквозь полупрозрачную грань светоделительного кубика 2.1, через светоделительный кубик 2.2 попадает на блок компенсатора ОХР 5, состоящего из зеркала компенсатора 5.1, механизма поперечного перемещения 5.2 и механизма продольного перемещения 5.3 компенсатора. После отражения от зеркала компенсатора 5.1 луч лазера 1 повторно отражается от светоделительной грани кубика 2.2 и через объектив подсветки 6 подсвечивает полупрозрачный объект 10. Измерительный объектив 7 и тубусный компонент 11 строят изображение полупрозрачного объекта 10 в плоскости фотоприемника 12. Часть луча лазера 1, отразившаяся от граней светоделительных кубиков 2.1 и 2.3 при помощи объектива опорного плеча 8 и тубусного компонента 11 строит в плоскости фотоприемника 12 изображение модулирующего зеркала 9. При наложении изображений полупрозрачного объекта 10 и модулирующего зеркала 9 в плоскости фотоприемника 12 возникает интерференционная картина. Смещение модулирующего зеркала 9 вдоль оптической оси интерферометра приводит к модуляции фаз волнового фронта отраженного от опорного плеча. Математическая обработка интерференционных картин, полученных с фотоприемника 12 при различных положениях модулирующего зеркала 9, позволяет восстанавливать трехмерные фазовые образы полупрозрачного объекта 10. Однако, при смене измерительного объектива 7 возникает изменение оптической разности хода лучей в интерферометре, приводящее к снижению контраста интерференционной картины в плоскости фотоприемника 12 и, как следствие, к зашумлению и снижению качества трехмерного фазового образа (качества изображения).

Решением данной проблемы является компенсация ОРХ, возникающей при смене измерительного объектива 7, направленная на повышение качества фазовых образов. Данная компенсация осуществляется путем включения в оптическую схему микроскопа компенсатора ОХР 5, установленного по ходу луча за светоделительным кубом блока компенсатора 2.2 и состоящего из зеркала компенсатора 5.1, механизма поперечного перемещения 5.2 и механизма продольного перемещения 5.3 компенсатора.

Компенсатор ОХР 5 работает следующим образом: при смене измерительного объектива 7 возникает изменение оптической разности хода лучей в интерферометре за счет сокращения или увеличения ОРХ в объектном плече интерферометра, состоящего из кубиков 2.1, 2.2, 2.4, объективов 6 и 7. Для компенсации возникшей ОРХ зеркало 5.1 смещают вдоль оптической оси при помощи механизма продольного перемещения 5.3, а возможное отклонение зеркала относительно оптической оси компенсируют при помощи механизма поперечного перемещения 5.2. Выравнивание (компенсация) ОРХ в объектном и опорном плечах интерферометра осуществляется оперативно путем достижения максимального контраста интерференционной картины в плоскости фотоприемника 12, что приводит к решению поставленной технической задачи.

Заявленное техническое решение обладает универсальностью, помехоустойчивостью, эксплуатационной надежностью и простотой реализации, снижает затраты на расходные материалы и эксплуатацию оборудования.

Использование данного технического решения позволяет получить качественное исследование полупрозрачных объектов на различных увеличениях и возможность оперативной подстройки под новые объекты.

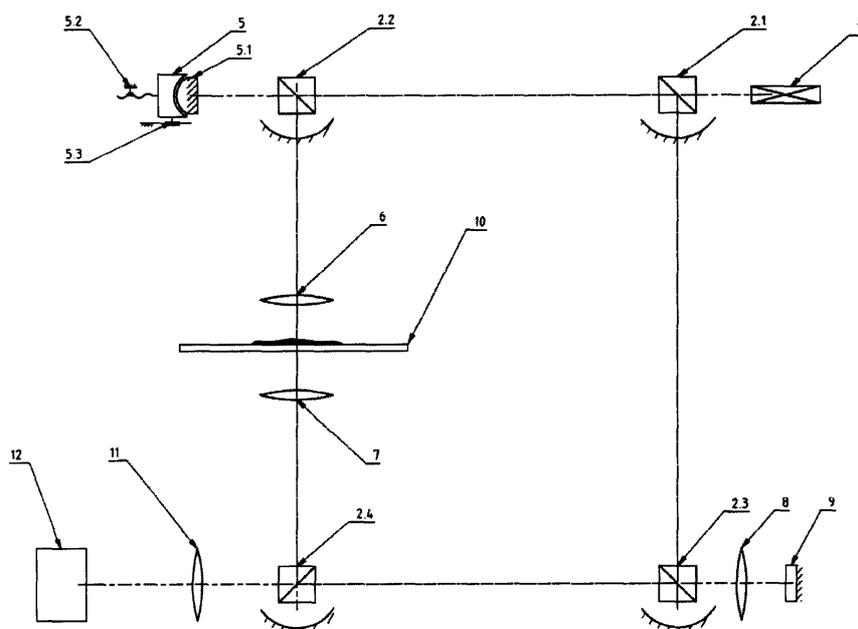
Заявленное техническое решение является результатом экспериментальных исследований, проведенных на основе аттестованного метрологического оборудования.

Созданный интерференционный просветный микроскоп с компенсатором оптической разности хода

может успешно применяться для исследования оптических свойств широкого круга микрообъектов.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Интерференционный просветный микроскоп, содержащий интерферометр, состоящий из светоделителей и опорного плеча с модулирующим зеркалом, оптическую проекционную систему, включающую объектив и тубусный компонент, и фотоприемник, отличающийся тем, что дополнительно содержит компенсатор оптической разности хода, расположенный за светоделительным кубом блока компенсатора и состоящий из зеркала и механизмов продольного и поперечного перемещения.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2