

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044541**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.08.31**

(21) Номер заявки  
**202192592**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.08.11**

(51) Int. Cl. **H01L 21/306** (2006.01)  
**C09K 13/08** (2006.01)  
**C09K 13/06** (2006.01)

**(54) ПОЛИРУЮЩИЙ ИЗОТРОПНЫЙ ТРАВИТЕЛЬ КРЕМНИЯ**

(43) **2023.02.28**

(96) **2021/EA/0051 (BY) 2021.08.11**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
"БЕЛОРУССКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ" (BY)**

(72) Изобретатель:  
**Табулина Людмила Васильевна,  
Русальская Тамара Георгиевна,  
Кашко Иван Анатольевич (BY)**

(56) CN-A-111892931  
US-A1-2021202264  
US-A1-2014235064  
WO-A1-2021076676  
JP-A-2010067610  
WO-A1-2010150671  
WO-A2-2010039936  
KR-A-20120035291  
WO-A1-2006027332  
JP-A-H1197406  
US-2012217500  
RU-C1-2120683  
SU-A1-1228720  
EA-A1-201492078  
RU-C1-2069417  
RU-C2-2546856  
RU-2622491  
SU-A-708877  
SU-A-1759183

(57) Изобретение относится к технологии жидкостного травления полупроводникового кремния и может быть использовано в изготовлении кремниевых приборов и интегральных схем с применением техники жидкостного травления. Полирующий травитель, включающий смесь концентрированных HF, HNO<sub>3</sub> и CH<sub>3</sub>COOH в объемном соотношении 1:(6-17):(1-3), требующий периодического осуществления процессов регенерации рассчитанными объемами смеси из равных объемов H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и HF, дополнительно включает H<sub>2</sub>O и NH<sub>4</sub>F в объемном соотношении компонентов: HF:HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH:H<sub>2</sub>O=1:(6-8):(1-2):(1-2) и 1,0-1,5 г NH<sub>4</sub>F в 100 мл травителя. Введение в смесь из HF, HNO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH дополнительных компонентов в виде H<sub>2</sub>O и NH<sub>4</sub>F создает самопроизвольный регенерирующий эффект при эксплуатации, сохраняет его работоспособность при хранении, обеспечивает сохранение класса полировки исходной кремниевой пластины. Процесс травления в этом травителе осуществляется длительное время (30 мин) с постоянной скоростью. Это же наблюдается и после хранения заявляемого травителя в течение трех недель.

**B1****044541****044541 B1**

Изобретение относится к технологии жидкостного травления полупроводникового кремния и может быть использовано в изготовлении кремниевых приборов и интегральных схем с применением техники жидкостного травления.

Известен полирующий травитель для кремния [1], который относится к травящим растворам типа (HNA), содержащий концентрированные плавиковую (HF), азотную (HNO<sub>3</sub>) и лебяную уксусную (CH<sub>3</sub>COOH) кислоты в объемном соотношении 1:7,5:2,5.

К достоинствам этого травящего изотропного раствора относится высокая скорость травления независимо от типа проводимости, степени легирования и кристаллографической ориентации кремниевых подложек, а также высокое качество травленной поверхности [2-4].

К недостаткам данного травящего раствора относится необходимость использования для травления свежеприготовленного раствора, т.е. однократное его использование, большой расход составных реагентов для приготовления в случае многократного использования, необходимость утилизации после применения, высокая нагрузка на вытяжную систему вентиляции, обусловленная использованием для его изготовления токсичных концентрированных реагентов, а также образование при эксплуатации таких газобразных веществ, как NO<sub>2</sub> и SiF<sub>4</sub>, имеющих молярную массу выше воздушной.

Известен травитель для кремния [5], который включает дифторид ксенона и ацетонитрил при следующем соотношении компонентов, мас. %: дифторид ксенона 1-6 и ацетонитрил 94-99.

К достоинствам данного травящего раствора относится высокое качество травленной поверхности кремниевых подложек независимо от их типа проводимости, степени легирования и кристаллографической ориентации, возможность длительного хранения неиспользованного травителя. При комнатной температуре время хранения травителя, соответствующее уменьшению концентрации активного компонента на 50%, составляет 15 суток.

К недостаткам этого травителя относится высокая токсичность составных его компонентов. Фториды ксенона обладают высокой фторирующей способностью, но их использование для полирующего травления кремния сдерживается агрессивным характером воздействия на живые организмы. Протекание реакции фторирования кремния в травителе [5] является не всегда безопасным процессом из-за интенсивного его развития и наличия в дифториде ксенона взрывоопасных примесей [6]. Кроме того, обработка кремниевых подложек в растворе травителя [5] требует строгой температурной и концентрационной стабилизации процесса травления, что обусловлено низкой температурой кипения ацетонитрила (82°C) и интенсивным разложением дифторида ксенона при концентрации больше 6 мас. % в области температур 35-40°C.

Ближайшим аналогом заявляемого технического решения является травитель из смеси концентрированных плавиковой, азотной и уксусной кислот, HF:HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH, с объемным соотношением 1:(6-17):(1-3) [7], в которую периодически вводят смесь из равных объемов перекиси водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) и HF, количество которой устанавливают в предварительных экспериментах, связанных с определением общей массы растворившегося кремния.

При соотношении объемов компонентов HF:HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH, 1:(6-17):(1-3), травитель [7] характеризуется автоматическим прекращением процесса травления кремния после использования его в течение 3 мин. При этом в рабочем растворе травителя убывает содержания HF и HNO<sub>3</sub> соответственно равны около 8 и 1% от исходного состава. В процессе эксплуатации в травителе накапливается азотистая кислота (HNO<sub>3</sub>) - продукт восстановления HNO<sub>3</sub>, которую окисляющая смесь H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и HF переводит в исходное состояние. Это предусматривает и регенерацию состава использованного травителя относительно содержания HF и HNO<sub>3</sub>, что позволяет его применять повторно. Самопроизвольное прекращение травления в травителе [7] достигается при одном и том же соотношении компонентов HF и HNO<sub>3</sub> в его растворе и растворении в единице его объема максимальной массы кремния. Это упрощает процедуру определения количества смеси из H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и HF для регенерации травителя и позволяет применять его многократно. Процесс травления кремниевых пластин с активацией одного и того же объема раствора травителя, имеющего объемный компонентный состав HF:HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH, как 1:6:1 можно проводить до 8-10 раз. Численность ректификационных операций обусловлена насыщением рабочего раствора кремнефтористоводородной кислотой (H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>), растворимым в воде продуктом травления кремния). Накапливающийся H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> в травителе, подвергнутом многократным регенерационным обработкам, подвергается гидролизу по реакции



с образованием аморфной гидроокиси кремния mSiO<sub>2</sub>·mH<sub>2</sub>O, которая осаждается на кремниевой подложке и тормозит процесс ее травления. Это ухудшает качество формирующейся травленной поверхности: на ней выявляются свирлевые и дислокационные структурные дефекты. Кроме того, при числе регенерационных операций более 5-6 в объеме травителя накапливаются примеси от использованной оснастки для крепления кремниевых подложек, что также ухудшает качество формирующейся травленной поверхности. Контроль степени загрязнения травителя после 5-6 операций регенерационного воздействия методом атомно-эмиссионного спектрального анализа показал, что интегральное содержание примесей в его объеме возрастает от 10<sup>-6</sup>-10<sup>-5</sup> до 10<sup>-4</sup> мас.%, что приводит к увеличению поверхностной концентрации примесей на травленной кремниевой подложке до 10<sup>13</sup>-10<sup>14</sup> ат·см<sup>-2</sup>.

Высокие полирующие свойства травителя [7] объясняются используемым соотношением  $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH}$ , соответственно 1:(6-17):(1-3).

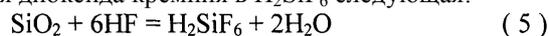
Количественное содержание  $\text{HNO}_3$  обеспечивает высокую скорость окисления кремния, которая почти не зависит от наличия в кремниевых подложках свирлевых и дислокационных структурных дефектов. Она превосходит скорость воздействия на образующийся диоксид кремния (по реакции 1) молекул  $\text{HF}$ , что способствует равномерному поверхностному преобразованию оксидной формы кремния в  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  [8,9]. Активированными производными азотной кислоты для окисления кремния являются молекулы двуокиси азота ( $\text{NO}_2$ ) и азотистой кислоты ( $\text{HNO}_2$ ), которые подвергают не только окислению кремниевую подложку, но вызывают автокаталитическое разложение азотной кислоты. Это иллюстрируют реакции:



Суммарная реакция окисления кремния следующая:



Реакция преобразования диоксида кремния в  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  следующая:



Используемая в травителе [7]  $\text{CH}_3\text{COOH}$  является замедлителем процесса окисления кремния. При отсутствии этого компонента в растворе травителя [7] интенсифицируется автокаталитический характер разложения  $\text{HNO}_3$  до такой степени, что процесс травления кремния перестает быть контролируемым.

К достоинствам травителя [7] относится возможность его многократного использования. Для этого его необходимо подвергать процессам регенерации смесью из равных объемов 30% перекиси водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) и 48% плавиковой кислоты ( $\text{HF}$ ) ~ 8-10 раз. Это уменьшает расход дорогостоящих чистых веществ для его приготовления и сокращает общую совокупность предпринимаемых мер для обеспечения экологической безопасности процесса травления кремния при использовании.

К недостаткам травителя [7] относятся неспособность сохранять свои эксплуатационные характеристики при хранении, чрезвычайно трудоемкий и дорогостоящий процесс предварительного осуществления элементного анализа рабочего раствора дорогостоящими спектральными методами для введения регенерирующего раствора. Это чрезвычайно сложно осуществлять и из-за высоких коррозионных свойств травителя. Кроме того количество необходимой регенерирующей смеси для отработанного раствора травления необходимо устанавливать непростым расчетным способом, так как ионы азота могут находиться в растворе в разных окисленных формах, обладающими разными окислительными свойствами, т.е. в виде молекул  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HNO}_2$ .

Задача заявленного изобретения - получить полирующий изотропный травитель для полупроводниковых кремниевых подложек, сохраняющий длительное время скорость травления, свои эксплуатационные свойства при хранении и класс полировки кремниевых пластин.

Решение поставленной задачи достигается тем, что полирующий травитель, состоящий из концентрированных плавиковой, азотной и уксусной кислот,  $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH}$ , в объемном соотношении 1:(6-17):(1-3), требующий периодического осуществления процессов регенерации рассчитанными объемами смеси из равных объемов  $\text{H}_2\text{O}_2$  и  $\text{HF}$ , дополнительно включает  $\text{H}_2\text{O}$  в объемном соотношении компонентов:  $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH}:\text{H}_2\text{O}=1:(6-8):(1-2):(1-2)$ , а также фторид аммония ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) - 1,0-1,5 г в 100 мл травителя.

Существенным признаком заявляемого изотропного травителя кремния является использование для сохранения скорости его полирующего воздействия при длительной и многократной эксплуатации смеси из концентрированных  $\text{HF}$ ,  $\text{HNO}_3$ , ледяной  $\text{CH}_3\text{COOH}$  с дополнительно вводимыми компонентами:  $\text{H}_2\text{O}$  в объемном соотношении компонентов  $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{CH}_3\text{COOH}:\text{H}_2\text{O}=1:(5-8):(1-2):(1-2)$  и фторида аммония ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) - 1,0-1,5 г в 100 мл травителя.

Сущность заявляемого травителя состоит в том, что вводимая добавка  $\text{H}_2\text{O}$  в изотропный травитель для кремниевых подложек влияет на скорость развития реакций (2), (3), (4). При этом добавка  $\text{H}_2\text{O}$  способствует развитию реакции (2), но препятствует автокаталитическому разложению  $\text{HNO}_3$  по реакции (3). Это уменьшает количество выделяющегося из травителя  $\text{NO}_2$ , что способствует сохранению в его объеме молекул  $\text{HNO}_3$  и увеличивает степень их участия в окислении кремниевой подложки, по реакции (4). Вводимая в объем травителя добавка  $\text{NH}_4\text{F}$  способствует его обогащению ионами  $\text{F}^-$ , которые восполняют возникающий в процессе травления недостаток молекул  $\text{HF}$ , вследствие образования газообразного  $\text{SiF}_4$ . Кроме того, ионы  $\text{F}^-$  способствуют уменьшению степени диссоциации  $\text{HF}$ , т.е. увеличивают содержание недиссоциированных молекул  $\text{HF}$  в объеме травителя и на поверхности кремниевой подложки. Это увеличивает скорость преобразования диоксида кремния, образующегося на поверхности кремниевой подложки при воздействии на нее  $\text{HNO}_3$ , в  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  (по реакции (5), хорошо растворимых в воде. Содержание воды в травителе [7], ближайшем аналоге заявляемого травителя, обеспечивается использованием таких жидких, концентрированных реагентов, как  $\text{HF}$ ,  $\text{HNO}_3$ . В состав заявляемого травителя вода вводится дополнительно, что повышает его растворяющую способность относительно  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ , и препятствует пассивации кремниевой подложки при травлении. Это способствует сохранению скорости

полирующего травления кремниевой подложки в течение длительного времени эксплуатации, а также после его хранения.

Таким образом, введение в смесь из HF, HNO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH дополнительных компонентов в виде H<sub>2</sub>O и NH<sub>4</sub>F создает самопроизвольный регенерирующий эффект при эксплуатации заявляемого травителя и сохраняет его работоспособность при хранении.

Предлагаемый травитель изготавливается следующим образом: готовится смесь из концентрированных HF (48%), HNO<sub>3</sub> (65%), CH<sub>3</sub>COOH и воды в объемном соотношении: HF:HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH:H<sub>2</sub>O=1:(6-8):(1-2):(1-2), затем в подготовленную смесь добавляется NH<sub>4</sub>F 1,0-1,5 г на 100 мл травителя.

При объемном соотношении H<sub>2</sub>O и весовом количестве NH<sub>4</sub>F меньше предлагаемого предела заявляемый травитель из-за автокаталитического разложения HNO<sub>3</sub> и интенсивного выделения SiF<sub>4</sub> в процессе травления теряет свои эксплуатационные свойства после использования в течение 10 мин.

При объемном соотношении H<sub>2</sub>O, превышающем предлагаемый предел, скорость реакции травления кремниевой подложки в заявляемом травителе уменьшается из-за разбавления HNO<sub>3</sub>, снижающее ее окисляющее воздействие на кремний.

При содержании NH<sub>4</sub>F в заявляемом травителе выше предлагаемого интервала образуется избыточное количество молекул плавиковой кислоты, реакция взаимодействия которых с двуокисью кремния на кремниевой подложке активизируется. Это способствует образованию газообразного SiF<sub>4</sub> и увеличению содержания в объеме травителя молекул H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, гидролизующихся в SiO<sub>2</sub> (по реакции 1) и гидроокись кремния, mSiO<sub>2</sub>·mH<sub>2</sub>O, которые осаждаются на поверхности кремниевой подложки. Все это приводит к неравномерному развитию процесса травления кремниевой подложки, снижению его скорости, формированию шероховатой травленной поверхности и выявлению на ней структурных дефектов.

Пример 1.

Приготовлен травитель объемом 100 мл, который имеет объемный компонентный состав реагентов следующий: HF:HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH:H<sub>2</sub>O=1:7:2:0,25. В эту смесь добавляли 0,25 г NH<sub>4</sub>F. В примере 1 содержание использованных добавок H<sub>2</sub>O и NH<sub>4</sub>F ниже предлагаемых пределов заявляемого травителя. Предварительно рабочий раствор этого травителя был проверен на максимально возможную плотность загрузки кремниевым материалом. Для этого использовали образцы площадью 1 см<sup>2</sup>, вырезанные из кремниевой подложки КЭС n- типа проводимости с удельным сопротивлением 0,01 Ом·см, ориентацией (100), имеющей 14 класс полировки. Их подвергали травлению при комнатной температуре в 10 мл рабочего травителя в течение 3 мин. Критерием выбора приемлемого варианта плотности загрузки было число образцов, у которых после травления сохранялось исходное планарное состояние. Их общая площадь (без учета площадей боковых сторон образцов) для рабочего раствора травителя в примере 1 имеет величину 0,4 см<sup>2</sup>/мл. Эта величина была использована и в других приведенных примерах.

В травитель по примеру 1, кремниевую подложку КЭС n-типа проводимости с удельным сопротивлением 0,01 Ом·см, ориентацией (100), имеющей 14 класс полировки, погружали при комнатной температуре на 3 мин 3 раза. После каждого этапа рассчитывали достигаемую скорость травления. Для этого определяли изменение толщины пластины, подвергнутой травлению. Толщину пластин до и после травления измеряли микрометром 40 EWR фирмы МАНР (Германия). Шероховатость травленной поверхности кремниевых пластин оценивали на профилографе - 296, длина трассы 3 мм. Характеристикой профиля служили значения R<sub>a</sub>. У исходной кремниевой пластины значение R<sub>a</sub> равно 0,008 мкм. Установлено, что R<sub>a</sub> травленной поверхности кремниевой подложки после первой обработки равно 0,010, второй - 0,020, третьей - 0,025 мкм. Подложки после 2-й и 3-й стадий обработки имеют матовый цвет, т.е. у травителя по примеру 1 полирующие свойства с увеличением длительности травления исчезают. Скорость травления кремния в травителе примера 1 также постепенно уменьшается. Для каждого этапа обработки она меняется следующим образом: 1 - 0,35, 2 - 0,20, 3 - 0,12 мкм/мин. При хранении 10 мл рабочего раствора примера 1 после 1-й стадии травления в течение 1, 2-х недель наблюдается уменьшение достигаемой скорости травления кремния: через неделю ее значение равно 0,15 мкм/мин, через 2 - 0,05 мкм/мин.

Пример 2.

Приготовлен травитель объемом 100 мл, имеющий следующий объемный компонентный состав жидких реагентов: HF:HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH:H<sub>2</sub>O=1:7:2:3. В эту смесь добавляли 3,0 г NH<sub>4</sub>F. В примере 2 содержание использованных добавок H<sub>2</sub>O и NH<sub>4</sub>F выше предлагаемого предела для заявленного состава травителя. В травитель примера 2 кремниевую подложку КЭС n- типа проводимости, с удельным сопротивлением 0,01 Ом·см, ориентацией (100), имеющей 14 класс полировки, погружали при комнатной температуре на 3 мин 3 раза. Установлено, что R<sub>a</sub> травленных поверхностей кремниевых подложек для всех стадий обработок превышает 0,025, они имеют матовый оттенок. Скорость травления кремния при каждом этапе обработки не превышает 0,22 мкм/мин. При хранении 10 мл рабочего раствора примера 2 после 1-й стадии травления в течение 1, 2-х недель наблюдается уменьшение достигаемой скорости травления кремния: через неделю ее значение равно 0,10 мкм/мин, через 2 - 0,03 мкм/мин.

Пример 3.

Приготовлен травитель объемом 100 мл, который имел объемный компонентный состав жидких реагентов следующий: HF:HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH:H<sub>2</sub>O=1:7:2:2. В эту смесь добавляли 1,5 г NH<sub>4</sub>F. В примере 3 содержание ис-

пользованных добавок  $H_2O$  и  $NH_4F$  соответствует предлагаемым пределам для заявленного состава травителя. В травитель примера 3 кремниевую подложку КЭС n- типа проводимости, с удельным сопротивлением 0,01 Ом-см, ориентацией (100), имеющей 14 класс полировки, погружали при комнатной температуре на 10 мин 3 раза. Установлено, что скорость травления кремния в указанных условиях не снижается при каждом этапе травления и составляет 0,25-0,27 мкм/мин. При хранении 10 мл рабочего раствора примера 3 после 1-й стадии травления в течение 1, 2, 3-х недель, месяца скорость травления после 3-х недель не меняется, через месяц уменьшается ~ на 50%. Поверхность кремниевых подложек при длительном использовании рабочего раствора примера 3 имеет зеркальный вид. Значения их  $R_a$  не превышает 0,01, что соответствует 13-14 классу полировки.

Таким образом, приведенные примеры иллюстрируют, что травление полупроводниковой кремниевой подложки в заявляемом травителе, состоящем из смеси концентрированных плавиковой, азотной и уксусной кислот и воды в объемном соотношении:  $HF:HNO_3:CH_3COOH:H_2O=1:(6-8):(1-2):(1-2)$ , с добавлением фторида аммония ( $NH_4F$ ) - 1,0-1,5 г в 100 мл травителя, обеспечивает сохранение класса полировки исходной кремниевой пластины. Процесс травления в этом травителе осуществляется длительное время (30 мин) с постоянной скоростью. Это же наблюдается и после хранения заявляемого травителя в течение 3-х недель.

Используемые источники.

1. Волков В.С., Баринов И.Н., Дарвин В.Ю. Оптимизация изотропного травления при изготовлении высокотемпературных полупроводниковых датчиков давления. // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество» (НиКа). 2012. Т. 2, с. 168-169. КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-izotropnogo-travleniya-pri-izgotovlenii-vysokotemperaturnyh-poluprovodnikovyh-datchikov-davleniya>
2. Возмилова Л.Н., Бойкив М.М. Локальное травление кремния // Электронная техника.– Сер. 2.–1976. –В. 2. – С. 93-97.
3. Готра В.Ю. Технология микроэлектронных устройств. Справочник – М.: Радио и связь. 1991
4. Ф.Ф. Редько, С.О. Изидинов. Влияние света на кинетику сопряжённых химических реакций в процессе саморастворения кремния в смеси  $HF-HNO_3$  // Электрохимия. 1966. Т. 2. В. 10. С. 1128-1137
5. М.Р. Бакланов, Л.Л. Свешникова, С.М. Репинский, Т.А. Колесникова. Травитель для кремния. SU 1074327 А. Авторское свидетельство СССР № 860645. 30.12.1981. 30.09.86. Бюл. № 36
6. Фурин Г.Г., Файзильберг А.А. Современные методы фторирования органических соединений. М.: Наука, 2000.-239 с., С.17
7. Гапоненко В.И., Изидинов С.О. Способ регенерации травителя для кремния. Patent DB. Патент № 1759183. Номер и год публикации бюллетеня: 31-2000. Извещение опубликовано: 10.11.2000. ММ4А.
8. Митрофанов В.В., Фогель В.А. Физика и химия полупроводников. Ленинград. Судостроение. 1965 С. 113-115
9. Травление полупроводников. Перевод с англ. С.Н. Горина. 1965. М. С. 382.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Полирующий изотропный травитель кремния, включающий смесь концентрированных плавиковой ( $HF$ ), азотной ( $HNO_3$ ) и уксусной кислот ( $CH_3COOH$ ), отличающийся тем, что с целью сохранения в течение длительного времени скорости травления, эксплуатационных свойств при хранении и класса полировки кремниевых пластин, он дополнительно содержит воду ( $H_2O$ ) и фторид аммония ( $NH_4F$ ) при объемном соотношении компонентов  $HF:HNO_3:CH_3COOH:H_2O=1:(6-8):(1-2):(1-2)$  и 1,0-1,5 г  $NH_4F$  в 100 мл травителя.

