Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

Кафедра химии

Отчет по лабораторной работе № 6

***Химическое травление полупроводников.***

***Определение плотности дислокаций***

|  |  |
| --- | --- |
| Выполнил:  Студент 1-го курса  Группы №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | Проверил:  Молочко А.П. |
|  |  |

Минск 2016

Экспериментальная часть

**Цель работы:** провести **полирующее и селективное** **травление** **Ge (Si)** и определить **плотность дислокаций.**

Для выполнения работы используются пластины монокристаллических германия или кремния определенной кристаллографической ориентации, например (111) или (100); микроскоп МИМ-8 с увеличением Х I3,6. Составы травителей и режимы травления приведены в (табл.1 и 2).

Таблица 1

**Составы травителей и режимы травления для германия**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Травитель | Состав травителей | Режим травления |
| Полирующий  СР 1:1 | **HNO3**(конц) – 5 об. ч.  **HF** (48 %) – 3 об. ч.  **CH3COOH** (ледяная) –  3 об.ч. | Темпер. – 50–-60 °С  Продолжительность.  травления 40–50 с  (до появления бурых паров) |
| Селективный  травитель (железосинеродистый) | **K3[Fe(CN)6]** – 30 г  **KOH** – 120 г  **H2O** – 1000 мл | Температура 90–100 °С  Продолжительность  травления 1–1,5 мин |

Таблица 2

**Составы травителей и режимы травления для кремния**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Травитель | Состав травителей | Режим травления |
| Полирующий СР-4 | **HNO3**(конц) – 25 об. ч.  **HF** (48 %) – 15 об. ч.  **CH3COOH** (ледяная) –  15 об.ч.  **Br2**(раствор) – 0,3 об. ч. | Температура – комнатная  Продолжительность травления  1,5–2 мин |
| Полирующий | **HNO3**(конц) – 1 об. ч.  **HF** (48 %) – 2–4 об. ч. | Температура – комнатная  Продолжительность травления  2–10 мин |
| Селективный | **HF** (45–80 %) – 1 об. ч.  **СrO3**(раствор) – 1 об. ч.  **H2O** – 2 об. ч. | Температура – комнатная  Продолжительность травления  10–14 мин |

***Примечание:*** Травление проводится в вытяжном шкафу во фторопластовой посуде с соблюдением всех мер предосторожности!

***1. Травление в полирующих травителях***

**Порядок выполнения опыта.** Перед травлением для удаления с поверхности образцов загрязнений прокипятить их в дистиллированной воде.

**Полирующее травление германия.** Налить во фторопластовый сосуд с удлиненной ручкой 10–15 мл полирующего травителя для **Ge** марки СР 1:1, состав которого приведен в табл. 1. **Подогреть** травитель на электроплитке до температуры 50–60 °С и опустить в него образец германия. **С появлением бурых паров NO2**(через 40–50 с) **быстро слить травитель** во второй фторопластовый сосуд, **а образец залить дистиллированной водой.** Тщательно промыть образец и высушить его на фильтровальной бумаге. **Контроль качества полировки** осуществлять с помощью микроскопа МИМ‑8. Образцы должны иметь блестящую поверхность.

**Полирующее травление кремния** проводится в травителях **без подогрева.** При полировке **Si соблюдаются все требования, указанные при травлении Ge.**

**Продолжительность** травления определяется в зависимости от состава травителя (табл.2), а также с учетом качества полировки, устанавливаемого с помощью микроскопа МИМ-8.

**При оформлении анализа результатов опыта выполните следующие задания и ответьте на вопросы:**

1. **Укажите** природу используемого **окислителя**, записав уравнение диссоциации и **оценив концентрацию ионов-окислителей** в растворе. Какую роль играет ледяная уксусная кислота, входящая в состав травителя?

2. **Укажите** природу **комплексообразователя** и запишите уравнение химической реакции растворения продуктов окисления с образованием комплексных кислот **H2[SiF6]** и **H2[GeF6]**.

3. **Запишите** суммарное уравнение реакции в полирующем травителе и объясните кинетику процесса, указав **с каким контролем** идет процесс и почему.

4. **От каких факторов зависит** скорость полирующего травления? Приведите соответствующую формулу. Почему полирующее травление проводят при комнатных или невысоких (50–60 0C) температурах?

***2. Травление в селективных травителях***

**Порядок выполнения опыта.** Образец германия **после полировки** поместить во фторопластовый сосуд, налить (железосинеродистый) **травитель(**табл. 1) так, чтобы образец полностью был покрыт раствором травителя. **Подогреть** содержимое сосуда на электроплитке до температуры 90–100 °С и **выдержать** при этой температуре **1 мин. Слить** травитель в подготовленный фторопластовый сосуд, а образец **быстро залить** дистиллированной водой. Тщательно промыть образец водой и высушить на фильтровальной бумаге. **Контроль качества** травления проводить с помощью микроскопа МИМ-8. В случае, если картина травления недостаточно четкая **(ямки травления лишь начинают проявляться),** провести травление в **несколько этапов,** используя подогретый травитель с первого этапа. **Продолжительность этапов** определяется контролем поверхности травления под микроскопом. **Следует заметить,** что увеличение времени травления не способствует дополнительному выявлению дислокаций. Кроме того, при большой продолжительности геoметрические формы фигур травления искажаются и накладываются друг на друга. При качественно проведенном травлении на просматриваемой под микроскопом поверхности в отраженном свете дислокации проявляются в виде четко очерченных темных треугольников [(рис.](#p6_3) 6.3).



**Травление кремния в селективном травителе** проводится в той же последовательности, как и германия, с учетом составов травителей и режимов травления, указанных в табл. 2. Аналогично осуществляется и контроль качества травления.

**При оформлении анализа результатов опыта выполните следующие задания и ответьте на вопросы:**

1. **Укажите** природу **окислителя**, записав уравнение его первичной и вторичной диссоциации и **оценив равновесную концентрацию ионов-окислителей.**

2. **Составьте** электронно-ионные схемы процессов окисления–восстановления, а также полное уравнение реакции в молекулярной форме.

3. **Укажите** природу **комплексообразователя** и запишите в краткой ионной и полной молекулярной формах реакцию растворения продуктов окисления с образованием комплексных солей **K2[Ge(OH)6]** или **K2[Si(OH)6].**

4. **Составьте** суммарное уравнение реакции в **селективном**  **травителе и объясните кинетику и термодинамику процессов**. Какая стадия является лимитирующей и почему? От каких факторов зависит скорость селективного травления? Приведите соответствующие уравнения.

5. **Определите плотность дислокаций** в исследуемых образцах, для чего подсчитайте число фигур травления на 7–8 участках рассматриваемой под микроскопом поверхности в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Возьмите среднее арифметическое значение () числа фигур травления. Учитывая, что радиус поля зрения окуляра микроскопа равен 6 делениям, а в 1 делении содержится 100 делений объектмикрометра (цена деления объектмикрометра равна 0,62 мкм при XI3,6), **рассчитайте площадь** просматриваемой поверхности в см2. **Рассчитайте плотность** дислокаций по формуле

|  |  |
| --- | --- |
| **,** | (6.3) |

где  – плотность дислокаций, **см-2**;



 – среднее арифметическое число фигур травления;



 – площадь поля зрения окуляра микроскопа, см2.



**Сравните** полученный результат с допустимым для полупроводниковых материалов.

6. **Сделайте вывод** о преимуществах химического травления перед другими методами.

**Контрольные вопросы**

1**.** Особенности строения атомов, химической связи и структуры элементарных полупроводников IV группы? Правило Юм–Розери. Дайте графическое изображение элементарной ячейки структуры **Si (Ge)**.

2. Физические и химические свойства **Si** и **Ge**. Отношение их (**Si**) к элементарным окислителям (**Hal, O2, N2),** характер образуемых при этом соединений.

3. Особенности взаимодействия **Si (Ge)** со сложными окислителями (растворами кислот и щелочей) и использование их при выборе состава травителей. Ответ обосновать приведением соответствующих реакций.