**7 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ТРАВЛЕНИЮ МОНОКРИСТАЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ В КОМБИНИРОВАННОМ РАЗРЯДЕ**

Плазмохимическое травление (ПХТ), является стандартным вариантом сухого изотропного травления. Данный вид травления представляет особый интерес, так как обладает такими свойствами как:

– селективность;

– равномерность;

– скорость;

– не требует очистки поверхности после обработки;

– позволяет одновременно травить подложки и удалять фоторезистивные маски;

– возможность использования для обработки любых материалов. [https://vunivere.ru/work68719]

В качестве образцов при проведении исследования использовались пластины монокристаллического кремния диаметром 75 мм, с предварительно нанесенным слоем металлизации. Исследование проводилось с использованием СВЧ, НЧ и комбинированного разрядов, при различных давлениях. В качестве плазмообразующего газа был выбран CF4. Режим работы НЧ генератора – импульсный. Определение скорости травления производилось путем измерения высоты ступени между слоем металлизации и подложкой, до проведения процесса травления и после. Режим работы генератора НЧ импульсов – импульсный.

Исходные данные для исследования приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Исходные данные для травления моно-Si в комбинированном, ВЧ, СВЧ разрядах

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Время, мин | Давление, Па | НЧ | | | Мощность СВЧ, Вт |
| Режим НЧ, (имп./непр.) | Частота, кГц | Мощность, Вт |
| 1 | 1 | 20 | имп | 32 | 80 | - |
| 2 | 1 | 20 | имп | 32 | 80 | 130 |
| 3 | 1 | 20 | - | - | - | 130 |
| 4 | 1 | 40 | имп | 32 | 75 | - |
| 5 | 1 | 40 | имп | 32 | 75 | 130 |
| 6 | 1 | 40 | - | - | - | 130 |
| 7 | 1 | 70 | имп | 32 | 75 | - |
| 8 | 1 | 70 | имп | 32 | 75 | 130 |
| 9 | 1 | 70 | - | - | - | 130 |

Таблица 7.2 – Данные измерения глубины металлизации до обработки

и глубины травления после обработки

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Момент измерения | Измерения в 5 точках, (нм) | | | | | Среднее значение | Глубина травления | Скорость травления |
| Образец №1  НЧ | до, (нм) | 51 | 61 | 70 | 44 | 48 | 54,8 нм | 15,4 нм | 0,256 нм/с |
| после, (нм) | 54 | 58 | 84 | 81 | 74 | 70,2 нм |
| Образец №2  Комб | до, (нм) | 65 | 45 | 49 | 37 | 54 | 50 нм | 8 нм | 0,133 нм/с |
| после, (нм) | 54 | 59 | 59 | 46 | 72 | 58 нм |
| Образец №3  СВЧ | до, (нм) | 65 | 65 | 61 | 54 | 58 | 60,6 нм | 2,2 нм | 0,036 нм/с |
| после, (нм) | 63 | 56 | 65 | 65 | 65 | 62,8 нм |
| Образец №4  НЧ | до, (нм) | 54 | 54 | 56 | 45 | 54 | 52,6 нм | 106 нм | 1,77 нм/с |
| после, (нм) | 171 | 130 | 158 | 169 | 165 | 158,6 нм |
| Образец №5  Комб | до, (нм) | 56 | 47 | 54 | 54 | 58 | 53,8 нм | 419,2 нм | 6,99 нм/с |
| после, (нм) | 513 | 470 | 456 | 453 | 473 | 473 нм |
| Образец №6  СВЧ | до, (нм) | 45 | 45 | 47 | 45 | 54 | 47,2 нм | 17,2 нм | 0,29 нм/с |
| после, (нм) | 64 | 75 | 63 | 57 | 63 | 64,4 нм |
| Образец №7  НЧ | до, (нм) | 51 | 56 | 45 | 72 | 45 | 53,8 нм | 29,2 нм | 0,486 нм/с |
| после, (нм) | 93 | 81 | 81 | 90 | 70 | 83 нм |
| Образец №8  Комб | до, (нм) | 45 | 37 | 36 | 45 | 36 | 39,8 нм | 149,2 | 2,486 нм/с |
| после, (нм) | 180 | 183 | 207 | 186 | 189 | 189 нм |
| Образец №9  СВЧ | до, (нм) | 40 | 35 | 36 | 45 | 45 | 40,2 нм | 14,6 нм | 0,243 нм/с |
| после, (нм) | 63 | 47 | 61 | 52 | 51 | 54,8 нм |

Данные из таблицы 7.2 свидетельствуют о том, что при травлении образцов монокристаллического кремния при давлении в 20 Па, глубина, после 1 мин. травления существенно не изменилась. Скорости процесса для НЧ, комбинированного и СВЧ разрядов составили 0,256 нм/с, 0,133 нм/с, 0,036 нм/с, соответственно.

При повышении давления до 40 Па наблюдается существенное увеличение глубины протравливания при использовании НЧ и комбинированного разрядов. Скорость процесса при НЧ разряде – 1,77 нм/с, при комбинированном – 6,99 нм/с, при СВЧ – 0,29 нм/с.

Травление при давлении в 70 Па демонстрирует снижение глубины протравливания по сравнению с результатами эксперимента при 40 Па, однако, для комбинированного разряда результаты остаются выше чем при давлении в 20 Па. Скорости процесса составили: для НЧ – 0,486 нм/с, для комбинированного – 2,486 нм/с, 0,243 нм/с.

Таким образом, на основании данных исследования, можно сделать вывод о том, комбинированный разряд обладает наибольшей эффективностью при давлении около 40 Па. Эффективность травления на участке с давлением около 20 Па является низкой и почти не отличается от травления НЧ либо СВЧ разрядами. Травление на участке с давлением около 70 Па показало достаточно высокую эффективность комбинированного разряда, однако, осталась в несколько раз ниже, чем при давлении в 40 Па.