**Результаты обработки поверхности кристалла кварца низкотемпературной плазмой**

Нургалиев Р.К.1, Абдуллин И.Ш. 1, Морозов В.П. 2, Зинатуллин Д.А. 1

1. ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Россия, г.Казань, ул.К.Маркса 68. [nurgalievr@mail.ru](mailto:nurgalievr@mail.ru).
2. ФГАОУ ВПО "Казанский (Приволжский) федеральный университет", Россия,

г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18.

**ВВЕДЕНИЕ**

Высокочастотная плазма пониженного давления является эффективным инструментом обработки различных материалов. Обработке могут подвергаться органические и неорганические материалы с различным химическим составом и внутренней структурой.

Результатом воздействия плазмы могут быть качественные изменения поверхности материала. В частности происходит изменение скульптуры поверхности кристалла.

Особенностью плазменной обработки является то, что плазма воздействует на всю поверхность обрабатываемого изделия не зависимо от его формы. При этом результат может быть выражен:

- в очистке поверхности от различных органических загрязнений и оксидных пленок;

- «залечивание» микротрещин, связанное с ионной бомбардировкой поверхности при ВЧ плазменной обработке;

- перераспределение напряженных участков в структуре материала, что снижает риск возникновения центров разрушения материалов;

- происходит изменение шероховатости поверхности за счет концентрированного ионного воздействия на вершинах микронеровностей.

Отличительной особенностью ВЧ плазмы пониженного давления является диапазон энергии и плотность потока активных частиц. При обработке поверхности ВЧ разрядом пониженного давления, бомбардировка поверхности производится ионами обладающими энергией 10-100 эВ при плотности ионного тока на поверхность (0,5-25) А/м2. При этом происходит рекомбинация ионов на поверхность материала с выделением энергии 12,1 – 24,6 эВ, в зависимости от вида используемого плазмообразующего газа [1,2].

В настоящее время достаточно подробно изучено влияние ВЧ плазмы на различные виды материалов, такие как металлы, полимеры, органические материалы (различные виды кожи, меха) и т.д. Но крайне мало изучено влияние плазмы на природные минералы.

С целью исследования влияния воздействия ВЧ плазмы пониженного давления на параметры поверхности, проведена обработка кристалла кварца из геолого-минералогического КФУ. Образец отобран на Астафьевском месторождении пьезокварца (Южный Урал).

**Экспериментальная часть**

Образцы для обработки в ВЧ плазме были вырезаны из цельного кристалла кварца в виде брусочков размером 10х10х5 мм. Одна из плоскостей была подвергнута механической полировке. Полировка производилась на установке «Buehler MetaServ 250 » полировочной пастой размером абразивного зерна не более 1,5 мкм. На одну из граней нанесена метка для последующей привязки исследуемого участка.

Проведенный спектральный анализ показал следующий химический состав образца (%): SiO2 - 97.510, MgO - 0.100, Fe2O3 - 0.470, Al2O3 - 0.620, Cr2O3 - 0.120, Cl - 0.870. (99,69)

Обработка производилась на плазменной установке . Образец устанавливался в рабочей камере перпендикулярно потоку полированной гранью в направлении струи разряда. Крепление образца осуществлялось при помощи хлопчатобумажного жгута на расстоянии 5 см от электрода. Режимы обработки в ВЧ плазме представлены в таблице 1.

Обработка производилась в 4 этапа: 30 мин, 30 мин, 90 мин и 90 мин. На всех этапах обработки параметры плазмы были одинаковыми. Суммарное время обработки составило 240 минут.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| Напряжение анодное, стабилизированное, Ua, кВ | 4 |
| Ток анодный, Ia, А | 0,55 |
| Расход газа, G, г/с | 0,04 |
| Рабочее давление в разрядной камере, P, Па | 26,6 |
| Рабочий газ | Аргон |
| Тип разряда | емкостной |

Исследование геометрических параметров поверхности образца до обработки плазмой и после каждого из этапов обработки проводилось с использованием конфокального лазерного микроскопа OLYMPUS LEXT OLS4000. Исследовался участок на поверхности образца размером 2,5 х 2,5 мкм. Данный микроскоп имеет в своем составе сканирующее устройство, оснащенное полупроводниковым лазером с длиной волны 405нм. В результате сканирования поверхности формируется матрица размером 1024х1024. В каждой ячейке размечено значение координаты Z (высоты) для соответствующей точки исследуемого участка. Разрешающая способность по высоте, для данного прибора, равна 10 нм.

Результаты сканирования сохраняются в файле с расширением \*.lext. файл содержит таблицы с данными по значениям высоты профиля и по значению яркости поверхности в видимом диапазоне волн.

**Полученные Результаты**

Изображения для профиля поверхности, распределение яркости изображения и текстуры по выделенной линии приведены на рис. 1-2.

Рассчитанные значения для геометрических параметров поверхности приведены в таблице 2.

|  |  |
| --- | --- |
| Распределение высоты профиля | Распределение яркости изображения |
|  | |

Рис. 1 – до обработки плазмой

|  |  |
| --- | --- |
| Распределение высоты профиля | Распределение яркости изображения |
|  | |

Рис. 2 – четвертая обработка плазмой (240 минут)

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Значение | До обработки | Четвертая обработка (240 минут) |
| Ra: | 11.7 µm | 13.0 µm |
| Rms: | 14.3 µm | 16.3 µm |
| Площадь поверхности: | 6.43889 mm^2 | 7.02352 mm^2 |
| Площадь проекции: | 1.40800 mm^2 | 1.40800 mm^2 |

**Анализ результатов**

Анализ полученных результатов показывает, что после обработки в течение 240 минут произошло увеличение шероховатости поверхности образца. Увеличение шероховатости связано с проявлением явно выраженных участков с четкими границами.

**Заключение**

Полученные результаты показывают, что механизм модификации поверхности кварца отличается от модификации поверхности металлов или полимеров. Основной особенностью является то, что при обработке более 200 минут, на поверхности проявляются участки с различным уровнем травления ионным потоком. С учетом достаточной однородности химического состава образца, можно предположить, что это связано с кристаллической структурой кварца. В частности его блочной структурой. В данном случае блочная структура кварца приводит к образованию участков с различным уровнем травления плазменным потоком, что выражается различной глубиной травления и образованием участков с четкими границами. Обнаруженные блоки, вероятнее всего, являются проявлением дефектов кристаллической структуры и характеризуют процессы роста кристалла в естественных условиях. Размеры блоков, их ориентация и форма характеризуют термодинамические и химические условия, в которых происходило формирование кристалла, что может дать новые возможности для реконструкции природных процессов.

**Литература**

1. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления: монография / И.Ш. Абдуллин [ и др. ]. –Казань: Изд-во Казан.ун-та. 2007. – 356с.
2. Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Сагбиев И.Р., Юсупов О.Д. Взаимодействие высокочастотной плазмы пониженного давления с твердыми телами// Физика экстремальных состояний вещества - 2006. Сборник трудов.- Черноголовка: Институт проблем химической физики РАН, 2006. – С.253-256.