

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ,
НАНОСТРУКТУР
И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

МЕЖВУЗОВСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

выпуск 9

ТВЕРЬ 2017

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Ф50

Рецензирование статей осуществляется на основании Положения об рецензировании статей и материалов для опубликования в Межвузовском сборнике научных трудов «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов».

**Официальный сайт издания в сети Интернет:
www.physchemaspects.ru**

Ф50 Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. – Вып. 9. – 592 с.

ISBN 978-5-7609-1275-6

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 7747789 от 13.12.2011.

Сборник составлен из оригинальных статей теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей ВУЗов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре общей физики Тверского государственного университета.

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

ISBN 978-5-7609-1275-6

ISSN 2226-4442

© Коллектив авторов, 2017
© Тверской государственной
университет, 2017

УДК 620.2:621.9.048

АСМ ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ САПФИРА ПОСЛЕ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ

Р.Р. Нагаплежева, М.М. Оракова, В.К. Люев
ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова»
360004, Россия, Нальчик, ул. Чернышевского, 173
nruzanna16@mail.ru

DOI: 10.26456/pcascnn/2017.9.337

Аннотация: Проведено методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) исследование поверхности сапфира после плазменной обработки. Получены АСМ изображения поверхности сапфира в исходном состоянии и после плазменной обработки. Установлено, что после плазменной обработки среднее арифметическое отклонение профиля поверхности увеличивается и при этом поверхность становится более однородной.

Ключевые слова: плазма, метод сканирующей зондовой микроскопии, метод атомно-силовой микроскопии, сапфир.

1. Введение

Сапфировые подложки используются для эпитаксии полупроводниковых пленок и изготовления интегральных схем. Важные достоинства сапфировой подложки – инертность, способность работы при высоких температурах и механических нагрузках, наличие больших диаметров, адгезионные свойства. Из многообразия факторов влияющих на адгезию, существенное значение оказывает состояние поверхности подложки. Удаление загрязнений возможно различными методами, однако обработка поверхности перед осаждением покрытий ионами инертных газов при пониженных давлениях обеспечивает наиболее высокую степень очистки [1].

Исследования влияния плазменного воздействия на свойства оксидных материалов представляют интерес с технической и научной точки зрения. Для исследования различных свойств поверхности оксидных материалов широкое применение находят методы сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и, в первую очередь, метод атомно-силовой микроскопии (АСМ) [2].

2. Методика исследования и результаты

В настоящей работе исследовано влияние плазменной обработки на морфологию поверхностного слоя сапфира методом АСМ. В работе исследовались образцы сапфира, которые подвергались плазменной обработке при различной длительности. Во всех обработках значения давления P , расстояние между электродами d и напряжение на электродах

U оставались неизменными: $P = 10^{-2}$ мм.рт.ст., $d = 15$ см, $U = 2$ кВ.

После плазменной обработки поверхности образцов были исследованы методом АСМ на сканирующем зондовом микроскопе Solver Pro. Сканирование проводилось в «полуконтактном» (прерывисто-контактном) режиме, в воздушной среде. Управление микроскопом, а также все виды обработки полученных данных осуществляется с помощью программного комплекса Nova [3].

В результате проведенных работ были получены АСМ-изображения поверхности сапфира в исходном состоянии и после плазменной обработки. Зондовое 3D-изображение образца, на которое не оказывалось плазменное воздействие показано на рис. 1. Поверхность в исходном состоянии имеет шероховатость порядка 107 нм.

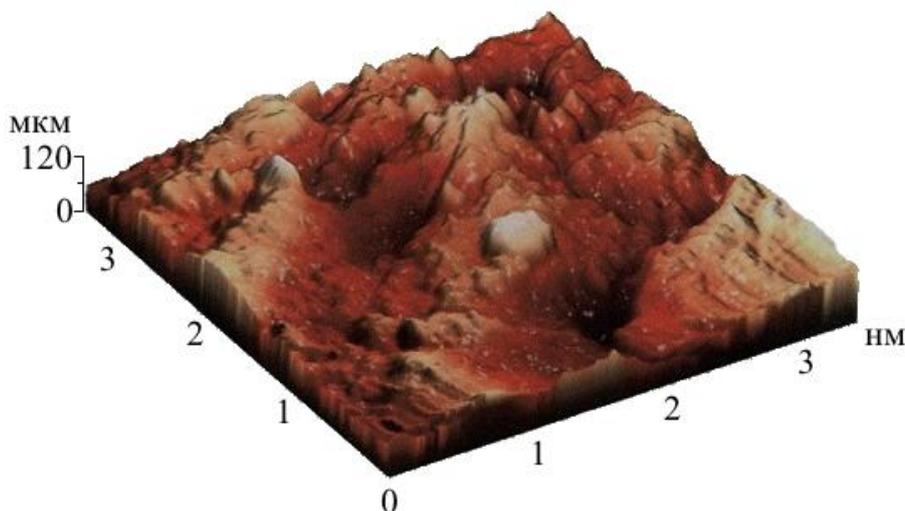


Рис. 1. Зондовое 3D-изображение поверхности исходного образца.

Зондовые 3D-изображение образцов после плазменной обработки показаны на рис. 2 и 3. После плазменной обработки картина шероховатости заметно изменяется. При рассмотрении данных изображений следует отметить наличие на некоторых образцах особо выдающихся из общей картины шероховатостей, что может являться как следствием эксперимента, так и нехарактерным для образца наличием царапин и посторонних частиц. При детальном рассмотрении изображения видно, что на поверхности присутствуют образования в виде рядов. Можно предположить, что характер их возникновения связан с плазменным воздействием на поверхность или процессами фазообразования в объеме. Из рис. 2 и 3 видно, что на поверхности присутствуют темные, светлые и средние по тону области. Светлыми областями обозначаются наивысшие выступы, а темными – значительные глубины. Характерной особенностью всех наблюдаемых образцов было количественное преобладание выступов над числом впадин.

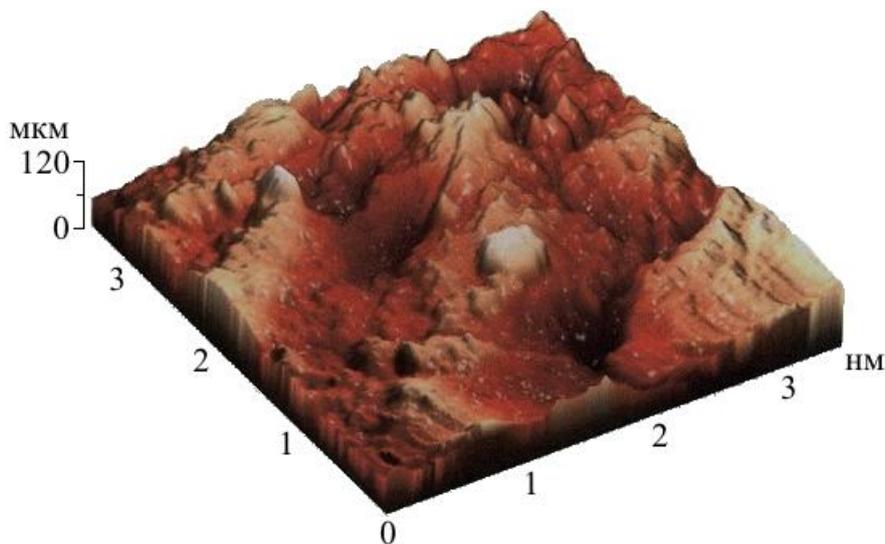


Рис. 2. Зондовое 3D–изображение поверхности образца № 2, после плазменной обработки в течение 20 с.

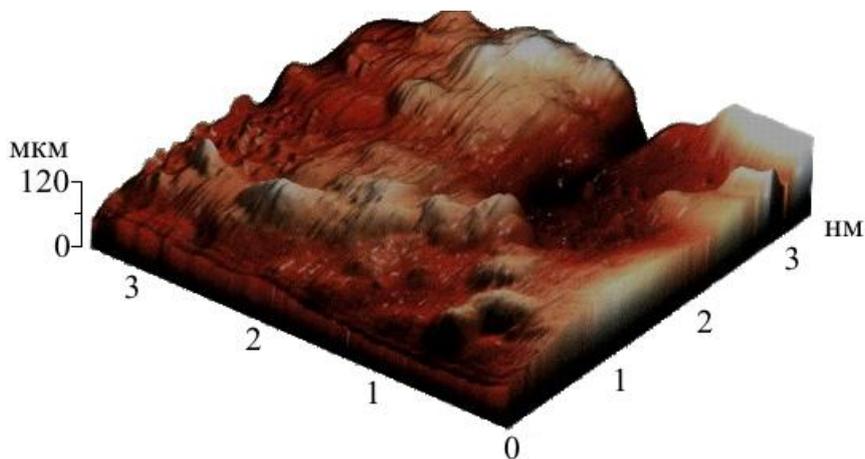


Рис. 3. Зондовое 3D–изображение поверхности образца № 3, после плазменной обработки в течение 40 с.

Параметры шероховатости исследуемых образцов: максимальная высота профиля R_z , сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины R_{10z} , среднее арифметическое отклонение профиля поверхности ($Z(x)$) пределах базовой длины (l)

$R_a = (1/l) \int_0^l |Z(x)| dx$ и среднеквадратичное отклонение профиля поверхности ($Z(x)$) пределах базовой длины (l) $R_q = \sqrt{(1/l) \int_0^l Z^2(x) dx}$ определялись по стандарту ISO 4287-1 [4].

**Физико-химические аспекты изучения кластеров,
наноструктур и наноматериалов**

Таблица 1. Значения параметров шероховатости поверхности образцов сапфира до и после плазменной обработки

№ образца	Время обработки, с	Параметры шероховатости	Значения шероховатости, нм
1	Без обработки	R_z	106,91
		R_{10z}	55,25
		R_a	9,65
		R_q	12,99
2	20	R_z	148,58
		R_{10z}	75,59
		R_a	18,93
		R_q	22,16
3	40	R_z	158,36
		R_{10z}	79,45
		R_a	19,75
		R_q	25,52

3. Заключение

Во всех рассматриваемых случаях есть смысл говорить о богатой рельефной развитости поверхности. Рельеф включает в себя как выступы, так и впадины. Из Таблицы 1 видно, что максимальная высота профиля всех элементов поверхности, обработанных в плазме, больше, чем до обработки. После плазменной обработки поверхность становится более однородной, как видно из рис. 2 и 3. По-видимому, время плазменного воздействия было недостаточным для полного удаления загрязнений с поверхности сапфира, увеличив время плазменного воздействия, возможно, можно будет получить чистую однородную поверхность данным методом.

Библиографический список:

1. Данилин, Б.С. Вакуумно-плазменные процессы травления микроструктур / Б.С. Данилин, В.Ю. Киреев, В.И. Кузнецов // Электронная техника. Серия 6. Материалы. – 1983. – Вып. 8 (181). – С. 3-9.
2. Канашевич, Г.В. Применение АСМ в исследовании поверхностей и функциональных слоев в оптических материалах, полученных методом электронной микрообработки / Г.В. Канашевич // 6-й Белорусский семинар по сканирующей зондовой микроскопии, Минск, 12-15 октября 2004: сборник докладов. – Минск: Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, 2004. – С. 42-44.
3. Руководство пользователя Solver PRO. – М: ЗАО «НТ-МДТ», 2005. – 144 с.
4. Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности. Профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности: ГОСТ Р ИСО 4287-2014. – Введ. 01.01.2016.