Министерство науки и высшего образования
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 10

ТВЕРЬ 2018

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 о 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, 2018. – Вып. 10. – 708 с.

ISBN 978-5-7609-1395-1

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 978-5-7609-1395-1

ISSN 2226-4442

© Коллектив авторов, 2018

© Тверской государственной
университет, 2018

УДК 538.95

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ РАСТВОРОМ NaCl-ВОДА

М.М. Оракова, Г.А. Мустафаев, Р.Р. Нагаплежева
ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова»
360004, КБР, Нальчик, ул. Чернышевского, 173
uyanaeva1984@rambler.ru

DOI: 10.26456/pcascnn/2018.10.501

Аннотация: В работе исследованы зависимости углов стекания воды с поверхности кремния от режимов их подготовки. Объектами исследования были пластины монокристаллического кремния КДБ-10 с ориентацией (111) и (100). Показано, что применение этанола в процессе подготовки пластин улучшает смачивание водой.

Ключевые слова: адсорбция, угол стекания, угол смачивания, поверхностное натяжение, оже-анализ, КДБ (111), КДБ (100).

1. Введение

В микроэлектронном производстве и смежных областях основой для конечного продукта являются полупроводниковые пластины из различных материалов. Большая часть микросхем производится на основе пластин монокристаллического кремния. Также кремний находит применение в качестве подложек для эпитаксиального роста тонких магнитных пленок, магнитных мультислоев и полупроводниковых сверхрешеток [1].

Актуальными задачами современного полупроводникового материаловедения являются получение атомно-чистых поверхностей, создание квантово-размерных слоев и гетерограниц с заданными составом и структурным совершенством. От чистоты и бездефектности пластин зависят качество последующих операций и функциональные возможности конечного изделия. В связи с этим в данной работе был выбран кремний, как материал для исследования влияния чистоты поверхности на его поверхностные характеристики.

Одним из способов очистки поверхности является химическая обработка. С момента начала активного использования кремния, встал вопрос о химической очистке и подготовке поверхности приборов для микро-, оптоэлектроники. Результаты подготовки подложек оказывают решающее влияние на получение различных структур и микроэлектронных изделий на их основе [2-6]. Степень очистки оказывает непосредственное влияние на качество продукции, поэтому в зависимости от сложности получаемых изделий операции очистки поверхности подложек занимают до трети общего количества всех технологических этапов изготовления полупроводниковых изделий. Методы очистки поверхности разделяются на «жидкостные» (влажные) и «сухие» в зависимости от агрегатного состояния среды [7]. Если пластина обрабатывается в газовой среде или в

вакууме, то очистка называется «сухой». «Жидкостные» методы включают обработку в жидкостях и парах. Наиболее экономичными и доступными были и остаются методы влажной химической очистки благодаря относительной простоте технологического оформления и разработанным технологиям получения особо чистых химических реагентов, на основе которых приготавливают растворы для травления и очистки поверхности пластин кремния. Несмотря на большое разнообразие опубликованных способов (методик), оптимальный выбор исходных химических составов, условий очистки, их корректировка и модифицирование в приложении к конкретным задачам по-прежнему остаются актуальными.

Процесс химической обработки подложек в общем случае можно представить в виде последовательных технологических операций очистки в химических реагентах, отмывки в воде и сушки. Для оценки эффективности очистки и состояния исследуемых твердых поверхностей используют различные методы. Простым и доступным методом обнаружения загрязнений является проверка на смачиваемость, суть которого сводится к рассмотрению сил притяжения между поверхностью твердого тела и жидкостью [8]. На краевой угол смачивания влияет множество факторов, в том числе чистота поверхности, шероховатости. Эти факторы могут, как увеличить, так и уменьшить величину краевого угла смачивания.

Таким образом, целью данной работы являлось исследование зависимости смачивания поверхности кремния раствором $NaCl$ -вода, с различной концентрацией $NaCl$.

2. Экспериментальная часть

В качестве подложек использовались пластины монокристаллического кремния КДБ-10 с ориентацией (111) и (100). В качестве смачивающей жидкости использовали дистиллированную воду. Перед травлением в растворе $HF:H_2O=1:10$ кремниевые пластины проходили различные варианты обезжиривания поверхности (с использованием этанола и мыльного раствора в течении 1 мин, а также без обезжиривания). Затем пластины промывались в трехкаскадной ванне с проточной дистиллированной водой с добавлением небольших концентрации солей $NaCl$ с последующей сушкой при $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 10 мин. Для оценки смачивания твердой поверхности жидкостью измеряли угол стекания θ (см. рис. 1). Величину угла стекания рассчитывали, как среднюю из не менее 8 значений. Среднеквадратичное отклонение при этом составило $\pm 2^{\circ}$.

Также был проведен Оже-анализ поверхности пластин, что показало нам присутствие на поверхности окисла, углерода и кислорода (см. рис. 2).

Рис. 1. Схема проведения эксперимента.

Рис. 2. Оже-спектр КДБ (100) после химической обработки, выполненной по первому варианту.

3. Результаты и их обсуждение

По полученным данным были построены графики зависимости угла стекания капли с поверхности КДБ10 (111) и КДБ (100) от концентрации *NaCl* в воде при предварительной обработке (см. рис. 3). Из рис. 3 видно, что без обезжиривания с изменением концентрации *NaCl* угол стекания не меняется для обеих пластин кремния, т.е. в данном случае угол стекания не зависит от кристаллографической ориентации пластин кремния.

Сравнивая графики для пластины КДБ (100) без обезжиривания и после химической обработки поверхности кремния, можно установить, что угол стекания уменьшается с увеличением концентрации *NaCl*. Уменьшение угла смачивания, приводит к уменьшению эффективности смачивания.

Результаты, приведенные на рис. 3 также свидетельствуют о влиянии способа подготовки поверхности пластины на угол стекания капли воды. Видно, что пластины, для которых в процедуре подготовки используется этанол, лучше смачиваются водой.

Рис. 3. Зависимость угла стекания капли с поверхности пластины КДБ10 (111) и КДБ (100) от концентрации NaCl в воде при предварительной обработке.

4. Заключение

Таким образом, в работе проведено экспериментальное исследование зависимости краевого угла смачивания от режимов очистки поверхности и промывки в растворе воды с различной концентрацией NaCl . Выявлено, что угол стекания не зависит от кристаллографической ориентации пластин кремния. Кроме того, выявлено, что угол стекания уменьшается с увеличением концентрации NaCl .

Библиографический список:

1. Соловьева, Е.С. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов кремниевых пластин в процессе термической очистки / Е.С. Соловьева, А.С. Паршин // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2013. – Т. 1. – № 9. – С. 142-143.
2. Handbook of semiconductor wafer cleaning technology: science, technology, and applications / ed. by W. Kern. – New Jersey: Noyes Publications, 1993. – 623 p.
3. Полтавцев, Ю.Г. Технология обработки поверхностей в микроэлектронике / Ю.Г. Полтавцев, А.С. Князев. – Киев: Тэхника, 1990. – 205 с.
4. Kern, W. The evolution of silicon wafer cleaning technology / W. Kern // Journal of the Electrochemical Society. – 1990. – V. 137. – № 6. – P. 1887-1892.
5. Kern, W. Cleaning solutions based on hydrogen peroxide for use in silicon semiconductor technology / W. Kern, D.A. Puotinen // RCA review. – 1970. – V. 31. – P. 187-206.
6. Kern W. Radiochemical study of semiconductor surface contamination. I. Adsorption reagent compounds / W. Kern // RCA review. – 1970. – V. 31. – P. 207-233.
7. Braun, E.A. Photoresist stripping faces low-k challenges / E.A. Braun // Semiconductor international. – 1999. – V. 22. – № 12. – P. 64-74.

8. Полупроводниковые пластины для кристалльного производства. – Режим доступа: [www.url: http://www.ostec-materials.ru/materials/dlya-proizvodstva-mi/plastiny-dlya-kristalnogo-proi.php](http://www.ostec-materials.ru/materials/dlya-proizvodstva-mi/plastiny-dlya-kristalnogo-proi.php). – 19.09.2018.

References:

1. **Solov'eva, E.S.** Spektroskopiya harakteristicheskikh poter' energii elektronov kremnievykh plastin v processe termicheskoy ochistki / E.S. Solov'eva, A.S. Parshin // Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki. – 2013. – V. 1. – no. 9. – P. 142-143.
2. Handbook of semiconductor wafer cleaning technology: science, technology, and applications / ed. by W. Kern. – New Jersey: Noyes Publications, 1993. – 623 p.
3. **Poltavcev, Yu.G.** Tekhnologiya obrabotki poverhnostej v mikroelektronike / Yu.G. Poltavcev, A.S. Knyazev. – Kiev: Tekhnika, 1990. – 205 z.
4. **Kern, W.** The evolution of silicon wafer cleaning technology / W. Kern // Journal of the Electrochemical Society. – 1990. – V. 137. – № 6. – P. 1887-1892.
5. **Kern, W.** Cleaning solutions based on hydrogen peroxide for use in silicon semiconductor technology / W. Kern, D.A. Puotinen // RCA review. – 1970. – V. 31. – P. 187-206.
6. **Kern W.** Radiochemical study of semiconductor surface contamination. I. Adsorption reagent compounds / W. Kern // RCA review. – 1970. – V. 31. – P. 207-233.
7. **Braun, E.A.** Photoresist stripping faces low-k challenges / E.A. Braun // Semiconductor international. – 1999. – V. 22. – № 12. – P. 64-74.
8. Полупроводниковые пластины для кристалльного производства. – Режим доступа: [www.url: http://www.ostec-materials.ru/materials/dlya-proizvodstva-mi/plastiny-dlya-kristalnogo-proi.php](http://www.ostec-materials.ru/materials/dlya-proizvodstva-mi/plastiny-dlya-kristalnogo-proi.php). – 19.09.2018.

STUDY OF WETTING THE SURFACE OF SILICON WITH NaCl-WATER SOLUTION

M.M. Orakova, G.A. Mustafaev, R.R. Nagaplezheva

Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

DOI: 10.26456/pcascnn/2018.10.501

Annotation: The dependence of the water runoff angles from the silicon surface on the conditions of their preparation is investigated. The objects of investigation were single-crystal silicon plates KDB-10 with orientations (111) and (100). It is shown that the use of ethanol in the preparation of plates improves wetting with water. It is also established that small doses of *NaCl* in water do not affect the angle of the droplet flow.

Keywords: *adsorption, drain angle, wetting angle, surface tension, Auger analysis.*

Оракова Мариям Мустафаевна – старший преподаватель кафедры электроники и информационных технологий ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Нагаплежева Рузанна Руслановна – старший преподаватель кафедры электроники и информационных технологий, заместитель директора по учебной работе ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Мустафаев Гасан Абакарович – д.т.н., профессор кафедры электроники и информационных технологий ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Mariyam M. Orakova – Senior Lecturer of the Department of Electronics and Information Technology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

Nagaplezheva Ruзанна Руслановна – Senior Lecturer of the Department of Electronics and Information Technology, Deputy Director for Academic Affairs, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

Gasan A. Mustafaev – Dr. Sc., Professor of the Department of Electronics and Information Technology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov