

Заключение

Для создания проводящего слоя МОП-транзистора на основе островковых наноструктур выбран материал – алюминий, благодаря его высокой окисляемости для создания изоляционного слоя. В качестве метода формирования ОНС алюминия выбран метод термического испарения, отвечающий параметрам чистоты наносимого слоя и удобства контроля туннельного тока. Проведенные экспериментальные исследования были преобразованы в математические модели зависимости размеров ОТП. На основании моделирования были подобраны технологические режимы процесса. Обработка результатов исследования позволила оценить геометрические и электрические характеристики тонких пленок.

Литература

1. Sidorova S., Pronin M., Isaeva A, 2018, *International Russian Automation Conference*, Automated Unit for Control of Initial Stages of Metal Islands Thin Films and Nanostructures Growth, IEEE.
2. Исаева А. А., Пронин М. А., Сидорова С. В. Стенд контроля начальных стадий роста металлических островковых тонких пленок и наноструктур и отработка режимов их формирования / Вакуумная наука и техника. Материалы XXV научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов. 2018. С. 181–186.
3. Исаева А. А. Туннельный ток в МОП-транзисторе / Сборник работ конференции "Ломоносов - 2019". Секция "Физика". Подсекция "Твердотельная наноэлектроника". 2019. С. 636–637.
4. Сидорова, С.В. Физико-химические основы нанотехнологий: учебное пособие [Текст]: / С.В. Сидорова; МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва. – Москва, 2019. 68 с.

Математическое моделирование электропроводности островковых тонкопленочных наноструктур

О.Г. Андреасян, С.В. Сидорова

Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2-я Бауманская ул., д. 5, кафедра МТ-11

E-mail: ovs.andreasyan@gmail.com

В работе раскрыта актуальность развития знаний человечества о нано-размерных структурах. Приведены примеры использования полезных свойств изделий, изготовленных с использованием островковых тонких пленок. На основе рассмотренного экспериментального исследования построена математическая модель распространения тока по поверхности, покрытой тонкой островковой структурой.

Mathematical modeling of electrical conductivity of island thin-film structures. O.G.Andreasyan, S.V.Sidorova. The paper reveals the relevance of the development of human knowledge about nano-dimensional structures. Examples of valuable properties of products made using island thin films are given. A mathematical model of the current propagation over a surface covered with a thin island structure is constructed on the basis of the considered experimental study.

Изучение островковых нано-структур (ОНС) имеет огромное значение для развития, как технологий, так и человечества в целом. Подобные наноструктуры являются неотъемлемой частью будущего человечества. и новые способы создания ОНС, также как и модернизация характеристик уже существующих устройств, сыграют ключевую роль в развитии технологий.

Одни ученые отмечают, что новые способы получения ОНС могут сделать огромный прорыв в приборостроении практически во всех отраслях [1]. К примеру, ОНС можно использовать для улучшения транзистора – прибора, преобразующего электрические сигналы [2–9]. Если сформировать квантовые точки в канале подобного устройства, то такие квантовые

эффекты как туннелирование и размерное квантование энергетического спектра носителей заряда смогут значительно улучшить характеристики элемента.

Также островковые структуры можно использовать и в медицине. Некоторые учёные считают, что с помощью нанесения нано-частиц золота на поверхность, иммобилизованную красителем, можно значительно увеличить чувствительность спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) [6].

Неоспорим и тот факт, что развитие методов получения ОНС координатно повлияет и на саму нано-электронику. Одним из таких аспектов является тот факт, что островковые структуры используют как каталитические затравки для получения углеродных нано-трубок (УНТ) [6].

Работа посвящена разработке математической модели формирования островковой плёнки, с помощью которой можно будет определить размер структур, полученных из различных материалов.

При комнатной температуре доминирующим процессом переноса зарядов между островками является туннелирование электронов через барьер, возникающий в системе металл-вакуум-металл [1, 4].

На основе экспериментальных данных, полученных в лаборатории кафедры МТ-11 МГТУ им. Н. Э. Баумана, была построена эмпирическая зависимость силы тока, протекающего по подложке между контактами, от времени осаждения плёнки меди методом термического испарения в вакууме [1].

Базируясь на теоретических данных о квантовых состояниях и туннельном эффекте [4–6, 10–13], а также, используя ряд допущений и алгебраических преобразований, была получена математическая зависимость туннельного тока от времени осаждения ОНС:

$$j_t = \frac{C_1}{s - S_\Sigma} e^{C_2(S - S_\Sigma)}$$
, где C_1 и C_2 – размерные константы, характеризующие переход от расстояния между островками к разности между площадями; S и S_Σ – площади подложки и суммарная всех структур соответственно.

В соответствии с данной моделью построена зависимость туннельного тока от времени процесса (рис.1).

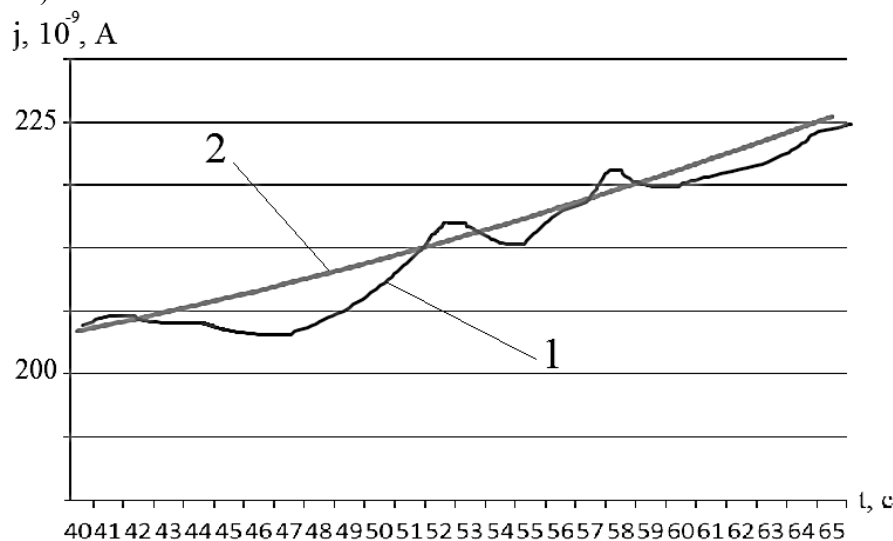


Рис. 1. Зависимость силы тока от времени, полученная экспериментально (1) и рассчитанная по модели (2).

Разработанная модель отличается от эмпирической функции, полученной в работе [1], отсутствием «скачков». Такое несоответствие, скорее всего, связано с: импульсной природой роста островков – суммарная площадь поверхности двух островков отличается от площади одного, полученного при их слиянии [1, 2]; принятыми в модели допущениями, учтенными в константах; особенностями роста ОНС из разных материалов. В дальнейшем планируется уточнить модель, добавив возможность учитывать параметры материала.

Литература

1. Сидорова С.В., Юрченко П.И. Исследования формирования островковых наноструктур в вакууме // Нано- и микросистемная техника». М., 2011, № 5.
2. Борзяк П.Г., Кулюпин Ю.А. Электронные процессы в островковых металлических пленках. К.: Наукова думка. 1980. 240 с.
3. Трусов Л. И., Холмянский В. А. Островковые металлические плёнки. М.: Металлургия, 1973. 320 с.
4. Смирнова К. И. Тонкие плёнки в микроэлектронике: Учеб. пос. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. 94 с.
5. Физика тонких пленок / Под ред. Г. Хасса, М. Франкомба, Р. Гофмана. М.: Мир, 1978. Т. 8. 359 с.
6. Чопра К. Л. Электрические явления в тонких пленках. М.: Мир, 1972. 435 с.
7. Э. Бурштейн, С. Лундквист. Туннельные явления в твёрдых телах // М.: Мир, 1973.
8. John G. Simmons. J. Appl. Phys. - 1963. - V. 34 1793.
9. John G. Simmons. J. Appl. Phys. - 1963. - V. 34 238.
10. Технология тонких пленок под ред. Л. Майселла, Р. Глэнга, пер. с англ. М.: Сов. радио, 1977. Т. 2. Ч.2. 768 с.
11. Палатник Л.С., Ильинский А.И. Механические свойства металлических пленок // УФН. 1968. Т. 95. Вып. 4. С. 613–645.
12. Палатник Л.С., Фукс М.Я., Косевич В.М. Механизм образования и субструктура конденсированных пленок. М.: Наука, 1972. 320 с.
13. Палатник Л.С., Папилов И.И. Эпитаксиальные пленки. М.: Наука, 1971. 480 с.

Исследование ультратонких пленок MoS_2 , формируемых методом физического осаждения в вакууме

А.И.Беликов, Чжо Зин Пью, А.И.Семочкин
Москва, МГТУ имени Н.Э.Баумана, 2-я Бауманская ул., 5,
кафедра МТ-11 ("Электронные технологии в машиностроении")
E-mail: belikov@bmstu.ru

В работе представлены результаты оптической спектроскопии ультратонких пленок дисульфида молибдена, полученных на подложках кремния методами постоянного (DCMS) и импульсного (PMS) магнетронного распыления мишени MoS_2 в вакууме, а также при осаждении потока на подложку в условиях внешнего магнитного поля. Приведены результаты расчета оптической ширины запрещенной зоны (ШЗЗ) образцов тонких пленок MoS_2 .

Investigation of MoS_2 ultrathin films formed by physical vapor deposition in vacuum. Belikov A.I., Kyaw Zin Phy, Semochkin A.I. The article presents the optical spectroscopy results of molybdenum disulfide ultrathin thin films obtained by the methods of direct current (DCMS) and pulsed (PMS) magnetron sputtering of MoS_2 target on Si substrates in vacuum, and also at flux deposition under the influence of external magnetic field on the substrate. Furthermore, the article presents the results of optical band gap calculation for all samples of MoS_2 thin films.

1 Введение. Исследование двумерных (2D) материалов является одним из перспективных направлений нанoeлектроники для создания опытных устройств, обладающих высокими функциональными свойствами и минимальным энергопотреблением. В последние годы было опубликовано множество работ по успешным исследованиям графена [1]. Благодаря своим уникальным электронным свойствам графен привлекает интерес исследователей в