

Формирование маскирующего покрытия методом фокусированных ионных пучков для плазменной обработки

В.С. Климин, А.А. Резван, И.Н. Коц

Южный федеральный университет, институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра нанотехнологий и микросистемной техники, Таганрог

Аннотация: В работе были проведены экспериментальные исследования по формированию наноразмерных структур на поверхности арсенида галлия. Для получения модифицированного слоя на поверхности подложки использовался метод фокусированных ионных пучков, для последующего формирования структур использовался метод плазмохимического травления. По результатам исследований были сформированы структуры с шириной от 90 до 196 нм и глубиной от 2 до 9.6 нм. Результаты проведенных исследований могут быть применены в качестве структур для последующего формирования квантовых точек при молекулярно-лучевой эпитаксии.

Ключевые слова: Нанотехнологии, фокусированный ионный пучок, плазменная обработка, атомно силовой микроскоп, GaAs.

Введение

В настоящее время идет активное развитие нанотехнологий в области электроники. В погоне за уменьшением латеральных размеров и увеличения быстродействия появляются преграды. Наиболее широко распространённый метод оптической литографии достиг своего предела в области жесткого ультрафиолета [1-3]. В связи с этим освоение новых методов наноразмерного профилирования поверхности твердых тел является актуальной задачей. С этой точки зрения метод фокусированных ионных пучков (ФИП) является весьма перспективным. Диаметр ионного пучка может быть сфокусирован до 7 нм при высоких значениях ускоряющего напряжения и минимального значения тока ионного пучка, что открывает широкие горизонты для наноразмерного профилирования структур с латеральными размерами в единицы нанометров. Метод фокусированных ионных пучков основан на взаимодействии ускоренных ионов галлия с поверхностью твердого тела [4-6]. Метод плазменной обработки основан на взаимодействии ионизированного рабочего газа с поверхностью твердого тела.

Преимущество плазменной обработки перед методом фокусированных ионных пучков заключается в том, что подложка не загрязняется ионами галлия, что очень важно для формирования нанoeлектронных структур.

Эксперимент

Для формирования экспериментальных структур на подложке собственного нелегированного GaAs с помощью растрового электронного микроскопа с ионной колонной Nova NanoLab 600 были сформированы наноразмерные структуры, с шириной от 90 до 196 нм и глубиной от 2 до 9.6 нм. Измерения производились на атомно-силовом микроскопе (АСМ) Ntegra Vita. АСМ изображение и профиля полученных структур показаны на рис. 1 [7-8].

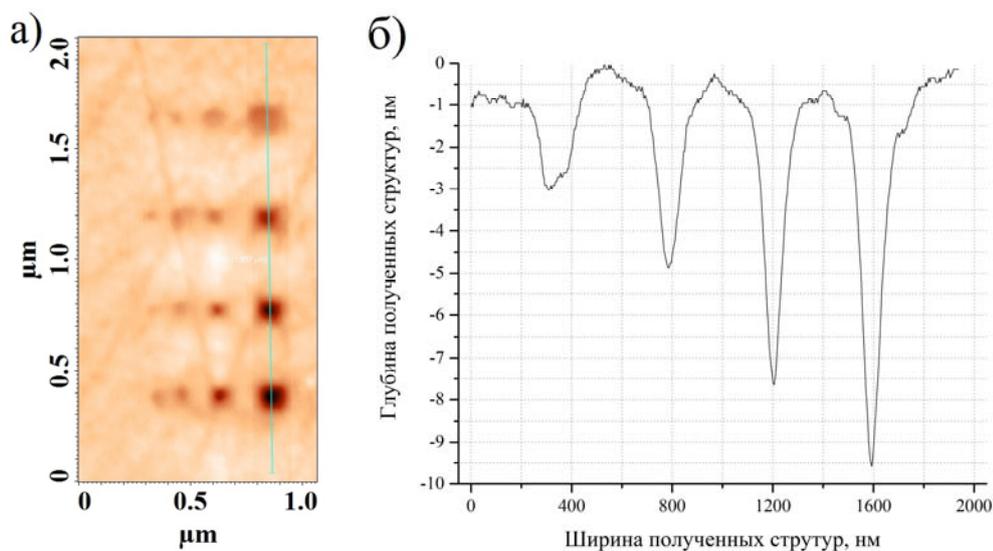


Рис. 1. а) АСМ изображение полученных структур и б) профилограмма

В дальнейшем полученные структуры были обработаны в плазме на установке Semiteq STE ICP E68 при следующих параметрах: мощность источника индуктивно связанной плазмы W_{RIE} – 10 Вт, мощность источника емкостного разряда W_{ICP} – 300 Вт, поток рабочего газа BCl_3 – 15 см³/мин, поток инертного газа Ar – 100 см³/мин, время обработки – 30 сек. После плазменной обработки глубина структур увеличилась. Так при глубине,

полученной с помощью ФИП структуры составляло 3 нм, а после плазменной обработки глубина составляла 8 нм [9-10].

Результаты и обсуждения

При обработке поверхности GaAs методом ФИП происходит комплекс взаимодействий таких как нарушение кристаллической структуры поверхности материала, удаление материала вследствие воздействия ионов с высокой энергией и т. д. В связи с этим при использовании метода ФИП при формировании структур полученная структура имеет нарушенный слой, который может негативно сказаться в работе нанoeлектронных приборов. При обработке полученных структур в плазме глубина структур увеличивается, что объясняется тем, что нарушенный слой удаляется. Это положительно скажется при формировании приборов нанoeлектроники данным методом.

Выводы

В результате работы с помощью метода ФИП на подложке GaAs были получены квадратные структуры с шириной от 90 до 196 нм и глубиной от 2 до 9.6 нм. Показана возможность формировать структуры с контролируемыми нанометровыми параметрами. Данные структуры подвергались обработке в плазме, после которой глубина структур увеличивалась, что говорит об удалении нарушенного слоя. Полученные результаты могут быть использованы для формирования наноразмерных элементов электронных приборов и устройств.

Литература

1. Климин В.С., Еськов А.В., Петров Н.Н. Исследование влияния режимов плазмохимического травления поверхности арсенида галлия в плазме $BCl_3/Ar/SF_6$ // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 9 (170). С. 6-14.

2. Braga N., Mickevicius R., Gaska R., et al. Simulation of gate lag and current collapse in GaN FET // Appl Phys Lett. -2004; 85: P. 4780-2.

3. Климин В.С. Формирование наноразмерных структур арсенида галлия локальным анодным окислением и плазмохимическим травлением // Известия ЮФУ. Технические науки. 2018. № 2 (196). С. 68-75.

4. Климин В.С., Резван А.А. Наноразмерное профилирование GaAs структур комбинацией методов локального анодного окисления и плазмохимического травления // Нанопластика и нанотехнология Материалы XXII Международного симпозиума. 2018. С. 326-327.

5. Климин В.С. Исследование влияния режимов профилирования поверхности структур на основе арсенида галлия методом плазмохимического травления с учетом потока хлорсодержащего газа//Известия ЮФУ. Технические науки. -2017. -№ 4 (189). -С. 169-178.

6. Климин В.С., Солодовник М.С., Резван А.А. Исследование профилирования поверхности GaAs плазмохимическим методом для СВЧ устройств // В сборнике: СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. 2017. С. 1062-1068.

7. Олейников К.А., Климин В.С. Моделирование тепловых режимов воздействия лазерного излучения на фотоэлемент с тонкопленочной структурой ZNO-аморфный кремний на стеклянной подложке // Инженерный вестник Дона, 2017, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4208

8. Klimin, V.S., Tominov, R.V., Eskov, A.V., Krasnoborodko, S.Y., Ageev, O.A. The influence of the chemical and physical component of the plasma etching of the surface of gallium arsenide on the etching rate in the chloride plasma of the combined discharge // Journal of Physics: Conference Series, 2017, 917(9), P. 092005.

9. Рыжук Р.В., Федотов А.А., Ильин О.И., Коломийцев А.С., Климин В.С., Смирнов В.А., Матвеев С.А. Исследование режимов формирования

гибридных углеродных наноструктур на основе нанотрубок для создания наноструктурированных материалов // Инженерный вестник Дона. 2012. №4 (часть 2) URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1361

10. Klimin, V. S., Rezvan, A. A., Kots, I. N., & Naidenko, N. A. Investigation of the influence of parameters of nanoscale profiling of the surface of GaAs structures by a combination of local anodic oxidation and plasma chemical etching methods. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. (Vol. 1124, No. 7, p. 071019. IOP Publishing.

References

1. Klimin V.S., Es'kov A.V., Petrov N.N. *Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki (Rus)*. 2015. № 9 (170) P. 6-14.

2. Braga N., Mickevicius R., Gaska R., et al. *Appl Phys Lett*. 2004; 85: P. 4780-2.

3. Klimin V.S. *Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki (Rus)*. 2018. № 2 (196). P. 68-75.

4. Klimin V.S., Rezvan A.A. *Nanofizika i nanoelektronika Materialy XXII Mezhdunarodnogo simpoziuma*. 2018. P. 326-327.

5. Klimin V.S. *Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki (Rus)*. 2017. № 4 (189). P. 169-178.

6. Klimin V.S., Solodovnik M.S., Rezvan A.A. 2017. P. 1062-1068.

7. Olejnikov K.A., Klimin V.S. *Inženernyj vestnik Dona (Rus)*. 2017. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4208

8. Klimin, V.S., Tominov, R.V., Eskov, A.V., Krasnoborodko, S.Y., Ageev, O.A. *Journal of Physics: Conference Series*, 2017, 917(9), P. 092005.

9. Ryzhuk R.V., Fedotov A.A., Il'in O.I., Kolomijcev A.S., Klimin V.S., Smirnov V.A., Matveev S.A. *Inženernyj vestnik Dona (Rus)*. 2012. № 4 (part 2) URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1361



10. Klimin, V. S., Rezvan, A. A., Kots, I. N., & Naidenko, N. A. Journal of Physics: Conference Series. 2018. (Vol. 1124, No. 7, p. 071019. IOP Publishing.