

**ВЛИЯНИЕ ПОДСЛОЯ УГЛЕРОДА И ТИТАНА НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНКИ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ НА КРЕМНИИ**

Инь Шаньшань, С.К. Павлов, Ван Цайлунь

Научный руководитель: профессор ТПУ, д.ф.-м.н. Н.Н. Никитенков
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: physhan@yandex.ru

**INFLUENCE OF THE CARBON AND THE TITANIUM SUBLAYERS ON THE
ELETROPHYSICAL PREPORTIES OF THE THIN FILM SYSTEM ALN/SI**

Yin Shanshan, S.K. Pavlov, Wang Cailun

Scientific Supervisor: Prof. TPU, Dr. N.N. Nikitenkov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Street, 30, 634050

E-mail: physhan@yandex.ru

***Abstract.** The carbon (C) and titanium (Ti) ions were implanted onto the surface of the silicon (Si), and the thin films of aluminum nitride (AlN) were prepared on Si(100) substrate by magnetron sputtering after the implantations. The compositions of these thin film systems were studied by optical microscopy and Raman spectroscopy, and the surface conductivity of those samples were measured. It was indicated that the implanted C and Ti ions did have made a difference to the electro physical properties of the systems AlN/Si.*

Введение. Во многих ситуациях водород является нежелательным загрязнителем, который очень легко воспламеняется в воздухе с нижнего предела воспламеняемости 4,65%. Поэтому обнаружение утечки водорода является чрезвычайно важным. Современные коммерческие детекторы водорода не подходят для широкого применения, в частности, в транспорте, потому что они слишком громоздки, дороги, и некоторые из них опасны. Следовательно, является актуальной разработка новых датчиков водорода, работающих вблизи комнатной температуры.

Благодаря их малым размерам, низкой стоимости и высокой совместимости с микроэлектронной обработкой, нитриды полупроводников в группах II-V были широко исследованы для удовлетворения требованиям обнаружения водорода. Среди различных видов нитридных материалов одним из перспективных материалов для детектирования водорода является AlN, у которого много преимуществ, включая широкую запрещенную зону, высокая устойчивость к электрическому пробую, а также высокие термическая и химическая стабильности.

Характеристики пленок AlN значительно зависит от качества их структуры. Различные подложки были использованы в попытках получения быстрого и качественного выращивания пленок, чаще всего, использовались следующие материалы: Al₂O₃, SiC, Si (111) и Si (100). Среди них, подложка Si (100) привлекала наибольший интерес в связи с возможностью интеграции с современной технологией Si-устройств для различных функций. Например, детектирование ультрафиолетового излучения и Si-микросхем. Кроме того, коэффициент теплового расширения покрытия AlN хорошо совпадает с

коэффициентом теплового расширения подложки Si (100), которая имеет высокую химическую стойкость, соответственно, датчик со слоем AlN станет более стабильным.

Материалы и методы исследования. Для изготовления образцов использовались технологические пластины кремния диаметром 75 мм для приготовления больших и сверхбольших интегральных схем. Марка кремния КЭФ (100). Одна из поверхностей пластин обработана до зеркального, другая до матового блеска. Приготовили 2 пластины кремния: образцы 1 и 2. Образец 2 был разрезан на две части, часть Б используется как исходный кремний. На зеркальную поверхность образца 1 и часть А образца 2 имплантированы титаном и углеродом соответственно. На рис. 1 представлены схемы образцов кремния.

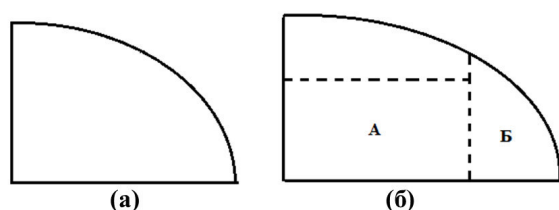


Рис. 1. Схема образцов кремния, здесь зеркальные стороны вверх. (а) образец 1 с имплантацией титаном, (б) образец 2, часть А которого имплантирована углеродом.

Вакуумная плазменно-иммерсионная ионная имплантация (ПИИИ) титана в зеркальные поверхности образцов 1 проведена на установке «Радуга-спектр» кафедры ОФ ФТИ ТПУ. Имплантирован титан с использованием источника ионов титанов на основе импульсно-периодической вакуумной дуги. Имплантация производилась при предельном давлении 10^{-5} Па, и рабочее давление (после напуска аргона) - 10^{-1} Па. Ток дуги является 100 А, максимальное напряжение 1.5 кВ, имплантация продолжает 5 мин.

Имплантация углерода осуществлялась на ускорителе «ТЕМП-4М» лаборатории №1 ИФВТ ТПУ. Ускоряющее напряжение составляло порядка 220-250 кВ, длительность импульса 100 нс на полувысоте ускоряющего напряжения, состав пучка $<15\% \text{ H}^+, >85\% \text{ C}^+$ (предполагается что вклад многозарядных ионов незначительный), давление в камере порядка 10^{-2} Па, число импульсов – 200 импульсов, плотность энергии на мишени за импульс – $0,2 \text{ Дж/см}^2$ (определена тепловизионной диагностикой), расчетная имплантированная доза $\approx 10^{15} \text{ см}^{-2}$.

На все образцы (образец 1, часть А образца 2, часть Б образца 2) были нанесены покрытия нитрид алюминий AlN в лаборатории №23 кафедры ЭФ ФТИ ТПУ. Параметры напыления следующие: предельное давление в камере магнетрона 3×10^{-3} Па, рабочее давление $1,4 \times 10^{-1}$ Па, поток аргона для поддержания магнетронного разряда – $15,2 \text{ ст. см}^3/\text{мин}$, поток азота – $13,5 \text{ ст. см}^3/\text{мин}$. Напряжение напыления в максимуме – 630 В, ток – 2,8 А, частота импульсов – 100 кГц, коэффициент заполнения – 80%. Напыление продолжалось 30 минут. Перед напылением чистка ионным источником (напряжение: 2500 Вольт, 30 мА).

Выполнены следующие измерения: проанализирован составов поверхности методами оптической микроскопии и Рамановский спектрометрии на образцах кремния до и после имплантации (углерода или титана), а также после нанесения покрытия нитрида алюминия. Измерены вольт-амперные характеристики (ВАХ) путем приложения напряжения и регистрации соответствующего тока для тех образцов же, что и рамановская спектрометрия. Снятие ВАХ для исходного образца при низком значении напряжения не проводилось ввиду высокого поверхностного сопротивления образца.

Результаты и обсуждение. Измерение ВАХ были проведены после каждого этапа получения рабочих структур. На рис. 2 показаны ВАХ и поверхностная проводимость для трех образцов после нанесения покрытия AlN.

Из рис.2, видно что, полученные значения поверхностной проводимости для всех трех подложек с покрытиями равны $(3-7) \cdot 10^{-7}$ См. После нанесения покрытия, проводимость пластины с имплантацией титана (образец 1 - Si+Ti+AlN) больше проводимости пластины с имплантацией углерода (А образца

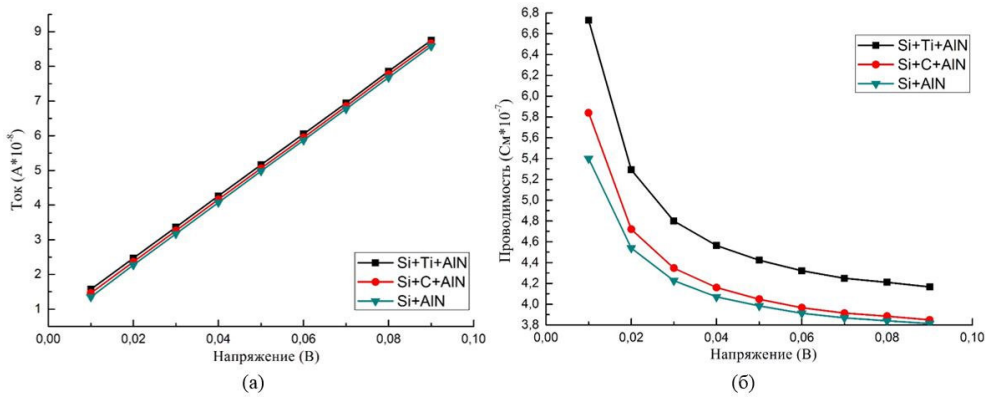


Рис. 2. а) ВАХ всех образцов с покрытиями нитрида алюминий (AlN). б) Поверхностная электропроводность образцов с покрытиями нитрида алюминий (AlN).

2 - Si+C+AlN), больше проводимости пластины исходного кремния (Б образца 2 - Si+AlN).

Рис. 3 показывает вольт-амперную характеристику для: а) образца 1 и б) части А образца 2 соответственно. Отсюда, видно, что имплантации углерода и титана влияют на электрофизические свойства пластины кремния, то есть увеличивают поверхностную проводимость исходного кремния. После нанесения покрытия AlN, проводимость пластины ещё выше чем проводимости пластины без покрытий, и проводимость пластины с имплантацией титана больше проводимости пластины с

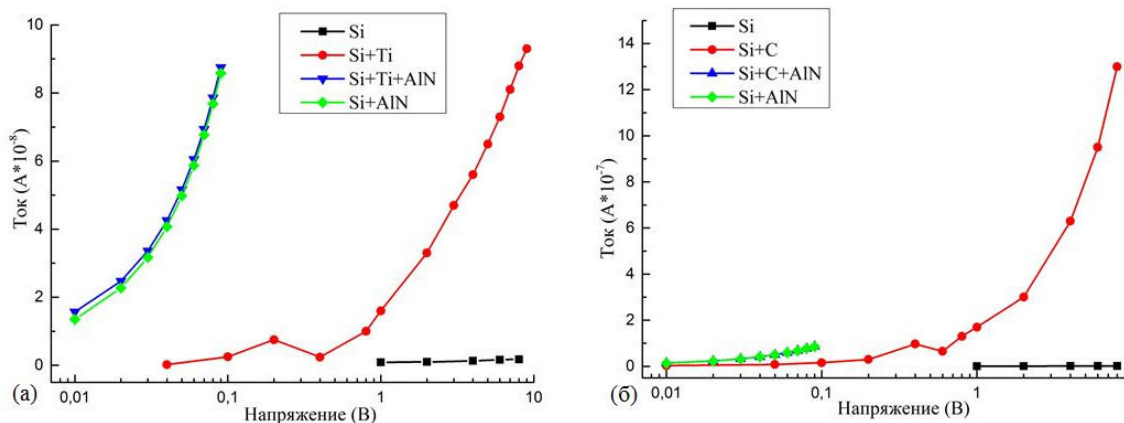


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика для а) образца 1 и б) части А образца 2 соответственно.

имплантацией углерода.

Выводы. Предварительная (перед нанесением пленок AlN) имплантация ионов титана или углерода увеличивает поверхностную проводимость системы AlN/Si. Системы с подслоем титана имеет существенно более крутую вольт-амперную характеристику, чем системы с подслоем углерода и без подслоя.