

УДК 538.9; 535.36; 535.373; 538.911

М.А. Омаров³, О.Ю. Приходько¹,
В.В. Клименов³, Т. Айтмуқан³, Б.Е. Алпысбаева^{2*}, И.С. Невмержицкий³

³ТОО Физико-технический институт, Казахстан, г. Алматы

¹НИИЭТФ, Казахстан, г. Алматы,

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*E-mail: balau@list.ru

Получение тонких пленок SiC методом PECVD

Аннотация. В работе представлены результаты получения карбида кремния в плазме высокочастотного разряда с приложением магнитного поля. В результате были получены тонкие пленки карбида кремния и кубического карбида кремния, которые отличаются по своей структуре и некоторым полупроводниковым свойствам.

Ключевые слова: высокочастотный разряд, газовая смесь, тонкие пленки, карбид кремния, спектроскопия комбинационного рассеяния света, сканирующая электронная микроскопия, структура.

Карбид кремния (SiC) является одним из перспективных материалов для создания на его основе электронных и оптических приборов, стойких к высокотемпературным и радиационным воздействиям. Карбид кремния – единственное полупроводниковое бинарное соединение $A^{IV}B^{IV}$ [1]. Карбид кремния состоит из атомов углерода и кремния с сильными связями в кристаллической решетке, что является причиной прочности данного материала. SiC используют для изготовления радиационностойких светодиодов, обладающих очень высокой надежностью и стабильностью работы. Его можно использовать для изготовления высокотемпературных силовых полупроводниковых приборов, полевых транзисторов, туннельных диодов, счетчиков частиц высокой энергии, терморезисторов [2].

Целью данной работы является получение пленки карбида кремния при разложении в высокочастотном разряде газовой смеси силана и метана на установке Joel JSM-6490 LA. Технологии в основном направлены на создание микропористой поверхности на кремнии, это значительно улучшает адгезию выращенного материала пленки карбида кремния на поверхности кремния. Но при этом морфология пленочного покрытия име-

ет сильно рельефную структуру, что затрудняет использование этих материалов при изготовлении электронной и микросистемной техники.

Пленки SiC были получены на установке PECVD (Plasma-enhanced chemical vapor deposition). В качестве газовых прекурсоров использовались газовые смеси силана (SiH_4) и метана (CH_4), в качестве газового возбuditеля плазмы использовался водород (H_2) (рис. 1).

Синтез получения таких пленок методом PECVD проводилась на, схема которого представлена на рис. 2. Установка представляет из себя вакуумную камеру (1) с системой откачки (2), систему внешних электромагнитов (3) и системой напуска и контроля потока газов (4). Система откачки позволяет поддерживать автоматически заданное парциальное давление в камере не зависимо от скорости натекания газов.

Камера снабжена графитовым столиком (5) с встроенной термопарой и окном ввода микроволнового излучения (6) для возбуждения плазмы. Для нагрева графитового столика используется высокочастотный индукционный нагреватель мощностью 3,5 кВт. Столик электрически изолирован от стенок камеры и снабжен источником постоянного напряжения (7) для подачи сме-

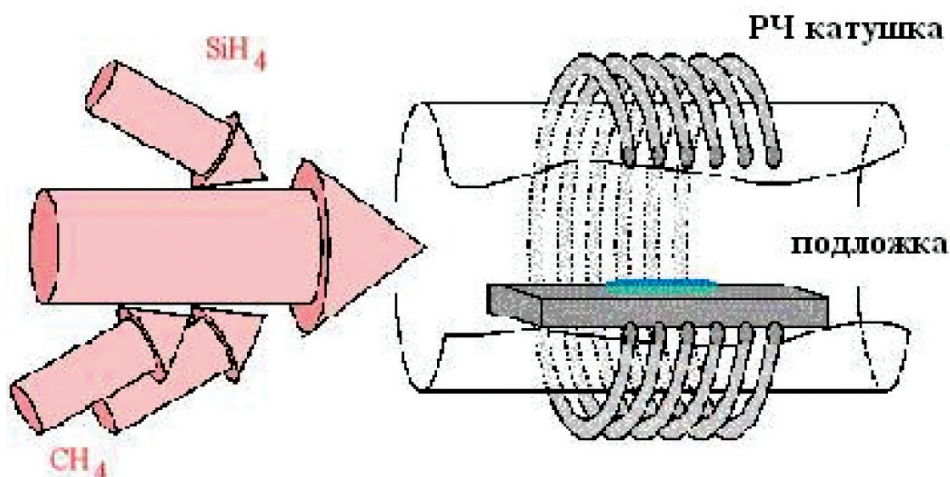
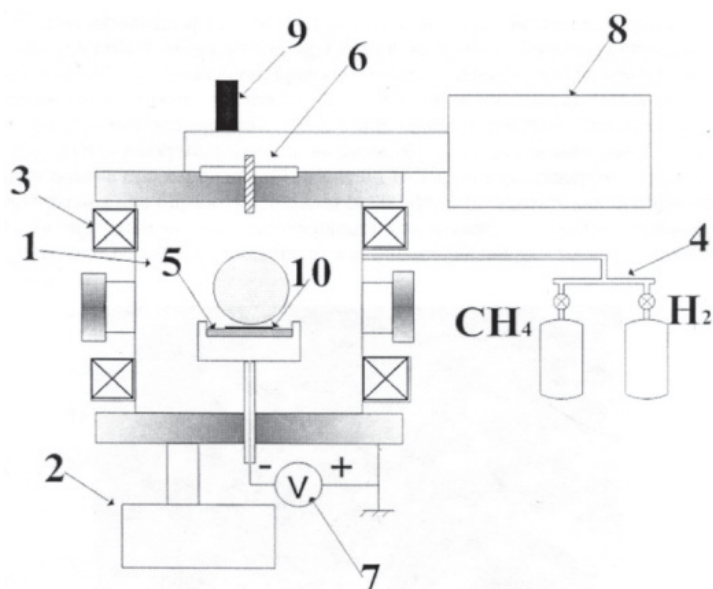


Рисунок 1 – Схема рабочей камеры CVD



1 – вакуумная камера; 2 – система откачки; 3 – система внешних электромагнитов; 4 – система запуска и контроля потока газов; 5 – графитовый столик; 6 – окно ввода микроволнового излучения; 7 – источник постоянного напряжения; 9 – пирометр; 10 – молибденовая шайба.

Рисунок 2 – Схема получения SiC на PECVD

шения при ростовом процессе до 600 В. Также установка оборудована источником микроволнового излучения (8) с регулируемой мощностью в диапазоне от 0,3 до 1,5 кВт. Контроль температуры осуществляется 2-мя способами: встроенной термопарой и пирометром (9) на 2 джиннах волн, расположенным над камерой. На графитовом столике устанавливается молибденовая шайба (10), на которой размещаются подложки для роста структур. Образцы загружаются в ка-

меру PECVD после чего производится откачка до остаточного давления $6 \cdot 10^{-6}$ Торр.

В качестве слоя катализатора можно использовать и другие вещества, хорошо растворяющие в себе углерод, например Co и Fe, но нужно обеспечить образец дополнительным буферным слоем, препятствующем диффузии катализатора в подложку. После нанесения катализатора образцы подвергались отжигу при температуре 930°C на протяжении 2 ч. в среде водорода или вакуума,

глубиной не ниже 10^{-5} Торр, после чего обрабатывались в водородной плазме при парциальном давлении 16 Торр на протяжении 7-5 мин. Мощность плазмы при обработке составляла 720 Вт. Затем в ростовую атмосферу вводился метан в пропорции с водородом 50÷50, образец разогревался до температуры $650^{\circ}\text{--}750^{\circ}\text{C}$ и зажигалась плазма. Время роста варьировалось от 2 до 15 мин. Расчетная скорость роста составляет около 2 мкм/мин.

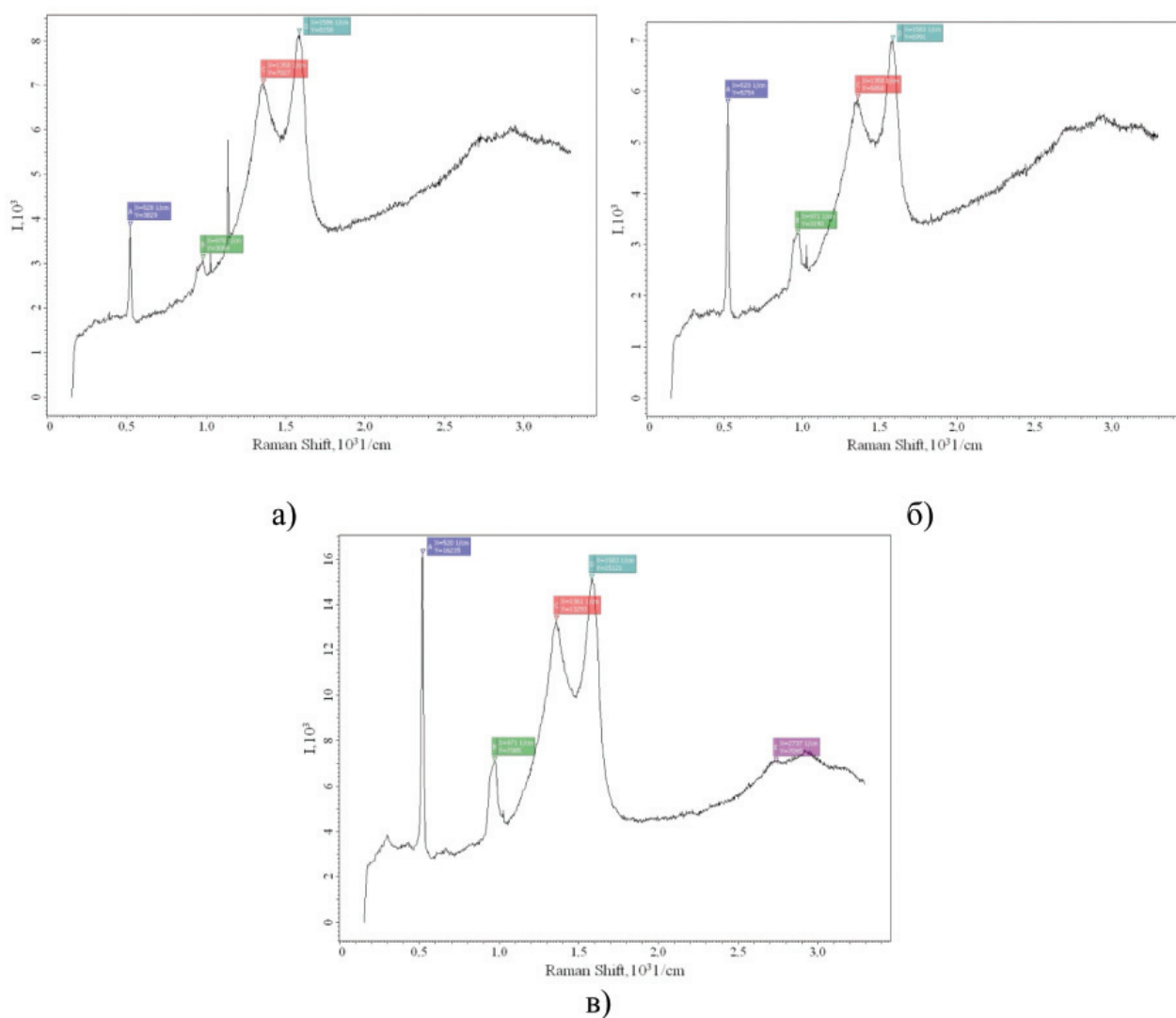
Полученные таким способом пленки карбида кремния были исследованы на таких установках как NtegraSpectraРаман-спектрометр, JeolJSM-6490LA сканирующий электронный микроскоп, а так же на атомно-силовые микроскопы SolverPRO-M и NtegraTherma.

Структурное содержание пленок было исследовано методом комбинационного рассеяния на установке NtegraSpectra (рис. 3).

В спектрах комбинационного рассеяния наблюдаются пики карбида кремния, и при увеличении температуры подложки пики КР возрастают. Это объясняется тем, что возрастает концентрация карбида кремния.

Также полученные пленки были исследованы на сканирующем электронном микроскопе, результаты которых представлены на рис. 4.

Карбид кремния можно получить несколькими методами, но одним из оптимальных вариантов является метод плазмохимического осаждения из газовой фазы. Хорошо известно,



а) при $t=800^{\circ}\text{C}$; б) при $t=850^{\circ}\text{C}$; в) при $t=900^{\circ}\text{C}$.

Рисунок 3 – Спектры комбинационного рассеяния (Раман) SiC

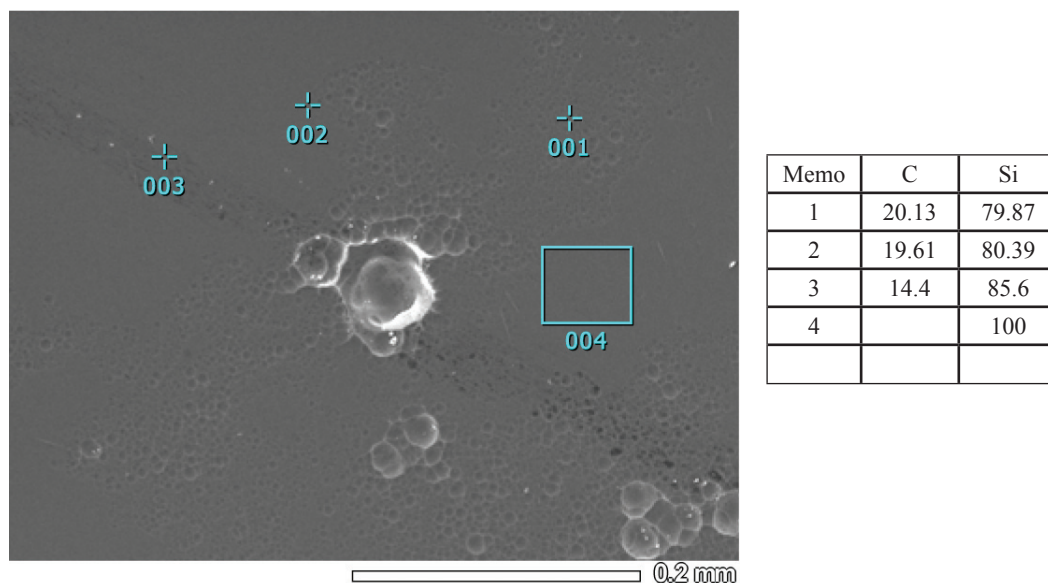


Рисунок 4 – СЭМ изображения поверхности карбида кремния

что оптимизация условий синтеза материалов методом плазмохимического осаждения (CVD) представляет собой сложную научную и техническую задачу, решение которой имеет различный вид в кинетической и диффузионной области протекания реакции.

Карбид кремния (SiC) является одним из наиболее радиационно-стойких полупроводников, перспективных для использования в экстремальных условиях при повышенных уровнях радиации, температуры и химической активности – в космической электронике, различных ядерно-энергетических установках, при контроле делящихся материалов и как инертный разбавитель композитного ядерного топлива [3]. Преодолев сложности получения пленок карбида кремния можно применить его во многих областях техники учитывая его уникальные свойства. С учетом возможного широкого спектра применения подобных радиационно-стойких приборов не-

обходимо детальное изучение воздействия различных высокоэнергетических частиц на структурные изменения, электрические и оптические свойства в карбиде кремния.

Литература

- 1 Nagasawa H. Et al. Properties of Free-Standing 3C-SiC Monocrystals Grown on Undulant-Si (001) Substrate // Silicon Carbide and Related Materials. – 2002. – P. 177-181.
- 2 Матузов А.В. и др. Методика эпитаксиального наращивания кубического карбида кремния на кремнии по технологии CVD // Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2007. – № 3. – С. 22-26.
- 3 Lebedev A.A. Heterojunctions and superlattices based on silicon carbide // Semicond. Sci. Technol. – 2006. – Vol. 21. – P.R17-R34.

М.А. Омаров, О.Ю. Приходько, В.В. Клименов, Т. Айтмукан,
Б.Е. Алпысбаева, И.С. Невмержицкий
SiC жұқа пленкаларын PECVD әдісі арқылы алу

Жұмыста магнит өрісімен жоғары жиілікті разрядты плазмада кремний карбидін алу нәтижелері келтіріген. Өз құрылымы және басқа жартылай өткізгіш қасиеттермен айрықша кремний карбидімен кубтық кремний карбидінің жұқа қабықшалары алынды.

Түйін сөздер: жоғарғы жиілікті разряд, газдық қоспа, жұқа қабыршақ, кремний карбиді, комбинациалық жарық шағылу спектроскопиясы, сканирлеуші зондтық микроскопия, құрылым.

M.A. Omarov, O.Yu. Prikhodko, V.V. Klimenov, T. Aitmukan,
B.E. Alpysbayeva, I.S. Nevmerzhitsky
Getting thin films by SiC PECVD

In this research work presents the results of obtaining silicon carbide in plasma-enhanced chemical vapor deposition with the application of a magnetic field. Obtained thin films of silicon carbide and cubic silicon carbide differ in their structure and some properties of a semiconductor.

Keywords: high-frequency discharge, the gas mixture, thin film, silicon carbide, Raman spectroscopy, scanning electron microscopy, the structure