



УДК 621.315.592.9

**ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЁНОК SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ****В.С. Захвалинский, Е.А. Пилюк, С.В. Иванчихин, М.А. Погребняк**Белгородский государственный университет,
ул. Победы, 85, Белгород, 308007, Россия, e-mail: zakhvalinskii@bsu.edu.ru

Аннотация. Приведены экспериментальные результаты исследований спектров поглощения тонких плёнок SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄ полученных методом высоко частотного магнетронного неактивного напыления. На основе экспериментальных результатов рассчитаны ширины запрещённых зон этих плёнок.

Ключевые слова: наноразмерные тонкие плёнки, метод магнетронного неактивного напыления, материалы электроники.

Введение. Карбид кремния и нитрид кремния широко применяются в различных отраслях техники благодаря своим уникальным механическим, химическим и электрическим свойствам. На основе SiC изготавливают электролюминесцентные приборы, детекторы видимого и ультрафиолетового излучения, а также детекторы ядерного излучения. Карбид кремния обладает высокой критической напряжённостью поля пробоя, превышающей $2 \cdot 10^6$ В/см, температурой Дебая ~ 1200 К, высокой механической прочностью и хорошей адгезией плёнок ко многим промышленным подложкам, устойчивостью к температурным, химическим и радиационным воздействиям [1]. Нитрид кремния нашёл широкое применение в электронике. Микро- и нано-миниатюризация электронных схем приводит к уменьшению толщины подзатворных диэлектриков и возрастанию туннельных токов утечки. Возникает необходимость замены универсального диэлектрика SiO₂. По сравнению с оксидом кремния ($\epsilon \approx 3,9$) нитрид кремния имеет более высокую диэлектрическую проницаемость ($\epsilon \approx 7$) и используется в качестве диэлектрика в устройствах флэш – памяти. Кроме того, Si₃N₄ имеет широкое применение благодаря своим уникальным механическим и биофизическим свойствам [2].

Применение твёрдых растворов в системе Si-C-N расширяет возможности практического использования этой группы материалов [3]. Технология получения объёмных и монокристаллических SiC, SiC_{1-x}N_x, Si₃N₄ является сложной и дорогой. Поэтому актуальной задачей является получение и исследование плёнок и плёночных приборных структур на основе этих материалов.

Эксперимент. Для нанесения наноразмерных плёнок использовали экспериментальную установку ВН-2000, УкрРосПрибор, Украина. Плёнки аморфного SiC были получены методом неактивного вч-магнетронного напыления из предварительно синтезированных твёрдофазных мишеней SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄. В качестве подложки использовали пластины кварца. Толщина плёнки контролировалась по высоте ступени на краю с помощью атомно- силового микроскопа, Integra Aura, NT-MDT, Россия. Для исследования спектров поглощения при комнатной температуре, в интервале длин волн 180-1100 нм, был использован спектрофотометр СФ-2000.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, в рамках Государственного задания Минобрнауки России подведомственным вузам на выполнение НИР: регистрационный номер 2.3309.2011.

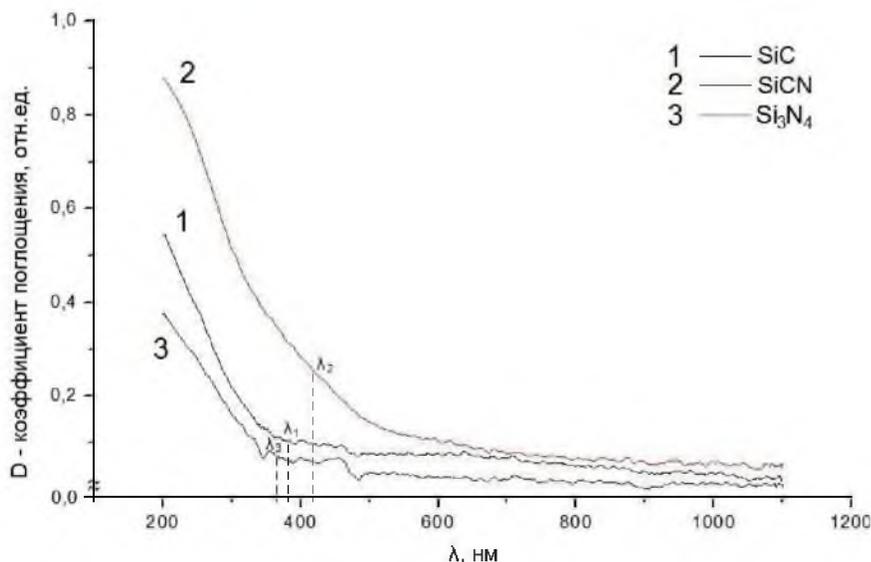


Рис. 1. Зависимость коэффициента поглощения D от длины волны падающего света λ для плёнок SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄, где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ это граничные значения длин света в начале поглощения, соответственно.

Результаты и обсуждение. Методом неактивного магнетронного вч-напыления на подложках из оптического кварца были получены наноразмерные плёнки SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄. Методом атомно-силовой микроскопии установлено, что их толщины составили 60, 100 и 20 нм соответственно. На основании экспериментально полученных спектров поглощения были рассчитаны и построены зависимости коэффициентов поглощения D от длины волны падающего света λ в плёнках SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄ (рис. 1).

$$D = \frac{I - I_0}{I_0}, \tag{1}$$

где D — коэффициент поглощения, I — падающий свет, I_0 — прошедший свет.

Ширина запрещенной зоны была определена по началу роста поглощения по формуле (2):

$$E_g = h\nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0}, \tag{2}$$

где E_g — ширина запрещенной зоны, λ_0 — граница поглощения, h — постоянная Планка.

Нами были определены ширины запрещенной зоны тонкоплёночных образцов SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄ они составили 3.464, 3.023 и 3.322 эВ, соответственно. В наиболее распространённых модификациях карбида кремния SiC (3C), SiC (4H), SiC (6H) ширина непрямо́й запрещённой зоны 2.36, 3.28 и 3.03 эВ соответственно [4]. Наиболее распространённые модификации нитрида кремния тригональная α - Si₃N₄ пространственная группа P31c и гексогональную β - Si₃N₄ пространственная группа P63 с шириной запрещённой зоны 4.0 эВ.

При осаждении из твёрдофазной мишени методом магнетронного напыления на холодную подложку как правило получаются аморфные плёнки. Наши эксперименты по получению фотовольтаических структур на основе SiC подтверждают это и одновременно свидетельствуют о некотором отклонении плёнок от стехиометрии твёрдой мишени [5].



Выводы. Таким образом, нами методом вч-магнетронного неактивного напыления из предварительно синтезированной твёрдофазной мишени были получены наноразмерные плёнки перспективных материалов электроники SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄ и определены ширины запрещённой зоны.

Литература

1. Полищук А. Полупроводниковые приборы на основе карбида кремния – настоящее и будущее силовой электроники // Компоненты и технологии. – 2004. – 8. – С.40-45.
2. Гриценко В.А. Электронная структура нитрида кремния // Успехи физических наук. – 2012. – 182; №5. – С.531-541.
3. Зацепин Д.А., Курмаев Э.З., Moewes A., Чолах С.О. Электронная структура аморфных плёнок Si-C-N // Физика твёрдого тела. – 2011. – 53; Вып.9. – С.1713-1717.
4. Агеев О.А., Беляев А.Е., Болтовец Н.С., Киселев В.С., Конакова Р.В., Лебедев А.А., Мнленин В.В., Охрименко О.Б., Поляков В.В., Светличный А.М., Чередниченко Д.И. / Карбид кремния: технология, свойства, применение / Под общей редакцией член-корр. НАНУ Беляева А.Е. и проф. Конаковой Р.В. / Харьков: «ИСМА». 2010. – 532 с.
5. Zakhvalinskii V., Piliuk E., Goncharov I., Simashkevich A., Sherban D., Bruc L., Curmei N., Rusu M. // p-Si/n-SiC- Nanolayer Photovoltaic Cell, 2013.

OPTICAL PROPERTIES OF SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄ FILMS OBTAINED BY MAGNETRON SPUTTERING

V.S. Zakhvalinskii, E.A. Pilyk, S.V. Ivantikhin, M.A. Pogrebneak

Belgorod State University,
Pobedy St. 85, Belgorod, 308015, Russia, e-mail: zakhvalinskii@bsu.edu.ru

Abstract. Experimental results of absorption spectra study of SiC, SiC_{0.7}N_{0.3}, Si₃N₄ thin films obtained by high-frequency non-reactive magnetron sputtering. Based on the experimental results, band gaps of these films are calculated.

Keywords: nanoscale thin film, nonreactive magnetron sputtering method, electronic materials.