

06:07

Эффект самосопряженной перфорации аморфных слоев карбида кремния

© В.А. Карачинов, С.Б. Торицин, Д.В. Карачинов

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого,
173003 Великий Новгород, Россия
e-mail: deptptr@novsu.ac.ru

(Поступило в Редакцию 2 апреля 2004 г.)

Установлено, что пленки SiC на стеклянных подложках имеют аморфную структуру, обладают высокими изоляционными свойствами и хорошей механической прочностью. Интегральный коэффициент светопропускания пленок SiC в спектральном диапазоне $\lambda = 0.4\text{--}0.7\ \mu\text{m}$ зависит от их толщины. Обнаружен эффект самосопряженной перфорации пленок SiC при травлении их в плавиковой кислоте.

1. Для ряда технических применений карбида кремния необходимы тонкие пластинки и мембраны, которые выполняют функции датчиков давления, защитных оптически прозрачных слоев, масок и др. [1–8]. Известно, что создание тонкопленочных SiC структур определенной конфигурации осуществляется, как правило, методами фотолитографии и химического травления. А применение промежуточных („жертвенных“) слоев значительно расширяет возможности этих методов [9]. Так, использование различия в химической активности материалов подложки и слоя SiC позволяет получать самоподдерживающиеся мембраны, а также активные элементы объемной микромеханики [6,7,9]. В то же время локальное удаление „жертвенного“ слоя может сопровождаться релаксационными процессами, приводящими к деформации слоя SiC или его разрушению [9,10].

В настоящем сообщении приводятся результаты экспериментального изучения морфологии, электрофизических и защитных свойств покрытия из карбида кремния на стекле.

2. Пленки SiC толщиной $\sim 0.7\text{--}5\ \mu\text{m}$ наносились электронно-лучевым способом в вакууме на стеклянные подложки размером $48 \times 48 \times 2.5\ \text{mm}$. В качестве источников паров SiC использовался поликристаллический спек. Оптические свойства и морфологические особенности пленок SiC анализировались методами металлографии и фотометрии (металлографический телевизионный микроскоп с компьютерной обработкой изображения, фотомер на базе люксметра Ю116, интерферометр МИИ-4), а также методами растровой электронной микроскопии (РЭМ BS-340 в режиме вторичных электронов и электронографии) и рентгеновского структурного анализа.¹ Электрофизические свойства пленок SiC изучались на тестовых резистивных структурах.

Проводились испытания по определению химической и механической стойкости полученных слоев SiC.

По данным рентгеноструктурного анализа пленки SiC обладали однородностью, в них не было обнаружено поликристаллических зерен. Дополнительные электроно-

¹ Рентгеновские измерения выполнены в аналитическом центре АО „Акрон“.

графические исследования структуры пленок позволили классифицировать их как аморфные [11]. Они обладали высокими электроизоляционными свойствами. Численное значение удельного поверхностного сопротивления пленок существенно превышало $10\ \text{k}\Omega/\square$.

Оптические измерения выявили сильную зависимость интегрального коэффициента светопропускания в спектральном диапазоне видности человеческого глаза ($\lambda = 0.4\text{--}0.7\ \mu\text{m}$) от толщины пленки. Как следует из рис. 1, экспериментальная зависимость $\tau(d)$ носит резкий спадающий характер. Так, для пленок SiC толщиной $3\text{--}5\ \text{mim}$ коэффициент пропускания был менее 15%. Отмеченный характер изменения τ , по всей видимости, следует связывать с нестехеометричным составом образующихся слоев SiC [12].

3. Известно, что покрытия из моно и поликристаллического SiC обладают повышенными защитными свойствами в условиях действия абразивных частиц, кислот, растворов щелочей, расплавленных металлов [13]. Механические испытания полученных аморфных пленок SiC на стекле показали, что они относятся к самой прочной нулевой группе (ОСТ 3-1901-85). Слои SiC выдержали истирающую нагрузку резинового наконечника, обернутого батистом, при прижимающем усилии $220\ \text{g}\text{--}3500\ \text{rev}$

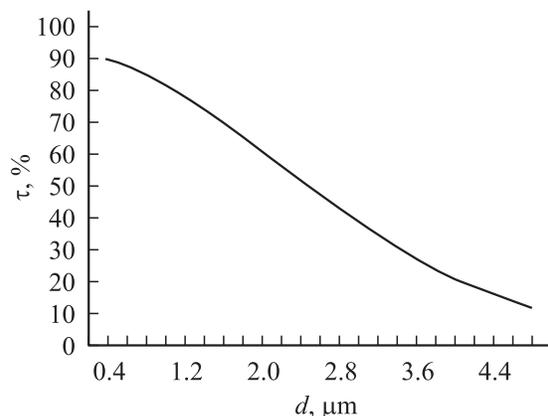


Рис. 1. Экспериментальная зависимость интегрального коэффициента светопропускания пленок SiC от их толщины.

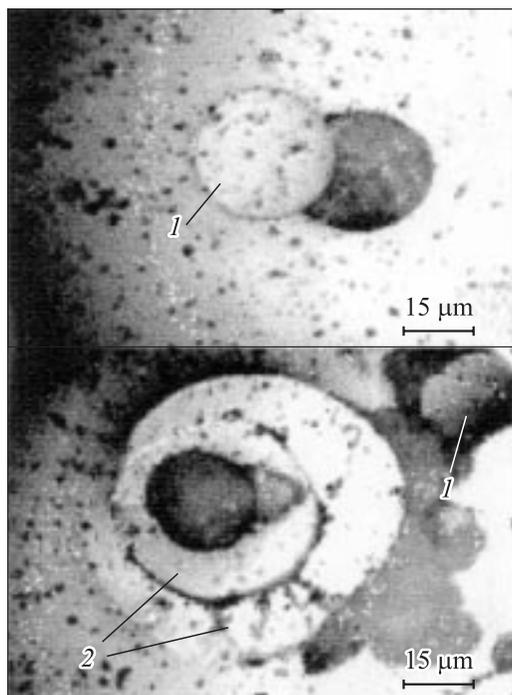


Рис. 2. Самоспряженная перфорация пленки SiC при травлении в плавиковой кислоте. 1 — диск, 2 — кольцо.

(при норме 3000 gev). Только сетка из нержавеющей стали начала оставлять царапины на покрытии после 150 оборотов истирающей нагрузки.

Согласно проведенным экспериментам, исследуемые пленки SiC обладали хорошей химической стойкостью по отношению к азотной, соляной кислотам и их комбинации, а также к водному раствору щелочи (KOH). В то же время при испытании плавиковой кислотой происходило чисто механическое разрушение слоя SiC (без растворения) через процесс вспучивания. Он возникал вследствие взаимодействия плавиковой кислоты со стеклом через поры в пленке SiC. Образующиеся локальные солевые столбики (H_2SiF_6 [14]) и другие продукты химической реакции создавали эффект перфорации пленки SiC (рис. 2). При этом „вырубались“ самоспряженные фигуры правильной формы: в начальный период травления — диски, а в предельном варианте — диск-кольцо-кольцо.

Необходимо отметить, что перфорированные области, а также поры, через которые поступал травитель, хорошо визуализировались в поляризованном свете.

Список литературы

- [1] Tawada Y., Tsuge K., Kondo M. // Appl. Phys. 1982. Vol. 53. N 7. P. 5273–5281.
- [2] Ваганов В.И. Интегральные тензопреобразователи. М.: Энергоатомиздат, 1983. 136 с.
- [3] Yonezawa Toshio, Ajima Takashi, Uchida Masato // Patent USA. N 4224636.

- [4] Долотов Н.И., Карачинов В.А., Таиров Ю.М., Тишер Х., Цветков В.Ф. // Кристаллография. 1987. Т. 32. № 2. С. 526–527.
- [5] Иванов П.А., Челноков В.Е. // ФТП. 1995. Т. 29. Вып. 11. С. 1921–1943.
- [6] Комов А.Н., Чепурнов В.И., Фридман Т.П. // Тез. докл. III Междунар. семинара „Карбид кремния и родственные материалы“ Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2000. С. 108–109.
- [7] Корляков А.В., Лучинин В.В., Никитин Н.В. // Там же. С. 111–112.
- [8] Корляков А.В., Костромин С.В., Косырева М.М., Лучинин В.В., Мезенов А.В., Нитикин Н.В., Сазанов А.П., Сак А.В. // Опт. журн. 2001. Т. 68. № 12. С. 109–114.
- [9] Корляков А.В., Лучинин В.В., Мальцев П.П. // Микроэлектроника. 1999. № 3. С. 201–202.
- [10] Тхорик Ю.А., Хазан Л.С. Пластическая деформация и дислокации несоответствия в гетероэпитаксиальных системах. Киев: Наукова думка, 1983. 304 с.
- [11] Виолин Э.Е., Демаков К.Д., Кальнин А.А., Нойберт Ф., Потанов Е.М. // ФТТ. 1984. Т. 26. Вып. 5. С. 1575–1581.
- [12] Sussman R.S., Ogden R. // Phil. Mag. 1981. Vol. B44. N 1. P. 137–158.
- [13] Самсонов Г.В., Виницкий И.М. Тугоплавкие соединения. М. Металлургия, 1976. 560 с.
- [14] Луфт Б.Д. Физико-химические методы обработки поверхности полупроводников. М.: Радио и связь, 1982. 136 с.