

06

Катодная локализация металлических покрытий на кристаллах карбида кремния

© В.А. Карачинов

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого

Поступило в Редакцию 14 января 2002 г.

Описано экспериментальное исследование электрофизических свойств медных контактов, полученных осаждением меди из пористого электрода на поверхность карбида кремния.

1. Для ряда технических применений карбида кремния необходимы слоистые структуры, содержащие металлические покрытия, которые выполняют функции электродов, омических контактов, барьеров Шоттки, а также защиты [1–5]. Известно, что в планарной технологии на SiC создание таких структур заданной формы и размеров осуществляется, как правило, через процессы, сочетающие различные методы нанесения металлов в вакууме и фотолитографии. В то же время определенный интерес представляют электрохимические способы обработки поверхности SiC, позволяющие в условиях комнатных температур и отсутствия вакуума не только формировать, например, окисные и пористые слои, но и обеспечить локальность осаждения целого ряда металлов без использования гальванической ванны [6,7].

В настоящем сообщении приводятся результаты экспериментального изучения морфологии и электрофизических свойств структур металл–SiC, сформированных в условиях осаждения меди из пористого электрода (ПЭ).

2. Локальное осаждение меди изучалось на экспериментальной установке, состоящей из управляемого генератора тока и пористого электрода (анод). Выходное напряжение можно было изменять в интервале $U = 0 \div 12$ V. В экспериментах использовались пористые электроды цилиндрической формы, изготовленные из волокнистых материалов и насыщенные медным электролитом стандартного состава [8].

Исходными материалами для исследований служили: пластинчатые и объемные монокристаллы SiC политипа 6H как с естественными

гранями, так и с поверхностями, подвергнутыми механической полировке и травлению в расплаве КОН, и поликристаллические спеки. Концентрация нескомпенсированных доноров в монокристаллах SiC составляла $N_d - N_a \approx 5 \cdot 10^{17} \div 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, плотность дислокаций $N_D \cong 1 \cdot 10^4 \div 5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$.

Морфологические особенности осаждаемых слоев меди анализировались оптическими методами (металлографический телевизионный микроскоп с компьютерной обработкой изображения, оптический интерферометр), а также методами растровой электронной микроскопии (РЭМ, BS-340 в режиме вторичных электронов). Электрофизические свойства системы Cu-SiC изучались на тестовых резистивных структурах (площадь контакта $S \approx 500 \mu\text{m}^2$) и терморезисторах различной формы, изготовленных методом эрозионной репликации [9]. Измерялись ВАХ, температурные характеристики. Оптические исследования показали, что медные покрытия можно наносить на поверхность SiC любой кристаллографической ориентации. При этом локальность процесса обеспечивает получение не только протяженных элементов рисунка, но и отдельных островков, например с центральным утолщением как в виде гладкого перехода, так и с террасчатой морфологией. Средняя скорость осаждения меди составляла $\sim 0.8 \mu\text{m}/\text{min}$ и определялась известными параметрами: плотностью тока, концентрацией электролита, а также интенсивностью перемещения ПЭ. Последний параметр связан с восполнением убыли разряжающихся ионов меди из глиссирующего слоя электролита. Кроме того, перемещение ПЭ способствует освобождению поверхности SiC от пузырьков газа.

Исходное состояние поверхности кристаллов и способ ее подготовки отражались на начальной стадии гальванического процесса. Так, по данным РЭМ образование зародышей меди происходило преимущественно на активных центрах поверхности SiC (царапины, выколы, микрошероховатость и т.п.). Односторонний характер движения ПЭ в ряде случаев приводил к формированию текстуры [10].

3. Свежеосажденные слои меди были блестящими, обладали хорошей адгезией. Их электрическое удельное сопротивление составляло $\sim 1.64 \dots 1.78 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, что незначительно отличается от результатов, получаемых в гальванической ванне [11].

Известно, что медь, за редким исключением, не применяется как самостоятельное покрытие [12]. Однако в качестве технологического подслоя, устойчивого к углероду и его соединениям при высоких тем-

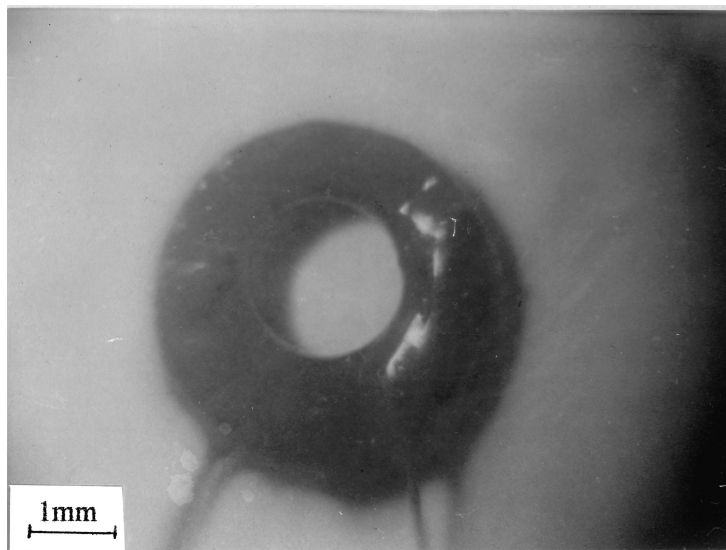


Рис. 1. Кольцевой терморезистор — 6H-SiC(N) (фото).

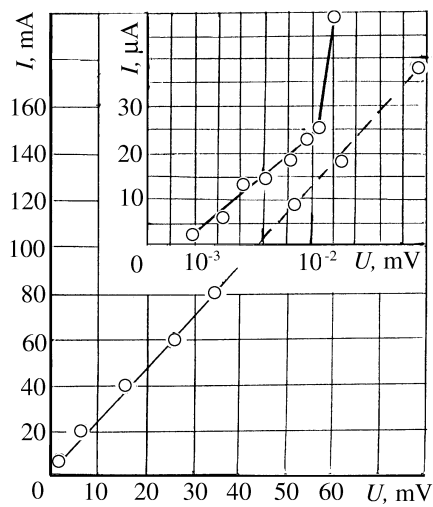


Рис. 2. Экспериментальная ВАХ тестовой структуры In-Cu-SiC.

пературах, а также для обеспечения хорошего сцепления практически со всеми металлами представляет интерес для SiC.

На рис. 1, 2 приведен пример использования слоев меди, осажденных из ПЭ, в качестве контактов к SiC. При этом внешним защитным покрытием служил слой индия.

Исследования показали, что структуры In-Cu-SiC обладали температурной чувствительностью, а их электрофизические характеристики не обнаруживали аномалий. Контактная разность потенциалов, определенная из экспериментальных ВАХ и температурных зависимостей сопротивления, составляла ~ 0.01 mV. ВАХ текстовых структур обладали линейностью и были симметричны.

4. В заключение приведем основные результаты работы.

А. Гальванический процесс в системе ПЭ-SiC обеспечивает локальность осаждения меди на поверхность любой кристаллографической ориентации в условиях комнатных температур.

Б. Характер движения ПЭ наряду с другими факторами определяет структуру растущего слоя меди.

В. Показана возможность использования слоев меди, осажденных из ПЭ в качестве контактов к SiC-элементам.

Список литературы

- [1] Водаков Ю.А., Константинов А.О., Литвин Д.П., Санкин В.И. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. В. 12. С. 705–708.
- [2] Suzuki Akira, Mateno Kazunobu, Furai Nobuyuki, Matsuma mi Hiroyuki // Appl. Phys. Lett. 1981. V. 39. N 1. P. 89–90.
- [3] Crofton J., Barnes P.A., Williams J.P. // Appl. Phys. Lett. 1993. V. 62. N 4. P. 25–27.
- [4] Андреев А.Н., Лебедев А.И., Растегаева М.Г., Снегов Ф.М., Сыркин А.Л., Челноков В.Е., Шестопалова Л.Н. // ФТП. 1995. Т. 29. В. 10. С. 1833–1843.
- [5] Афанасьев А.В., Ильин В.А., Петров А.А. // Сб. докл. III Международного семинара "Карбид кремния и родственные материалы". Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 24–26 мая, 2000. С. 202–205.
- [6] Милешко Л.П., Сорокин И.Н., Чистяков Ю.Д. Активируемые процессы технологии микроэлектроники. М.: Наука, 1980. С. 29–40.
- [7] Савкина Н.С., Ратников В.В., Шуман В.Б., Волкова А.А. // Сб. докл. III Международного семинара „Карбид кремния и родственные материалы“. Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 24–26 мая, 2000. С. 159–165.

- [8] Ямпольский А.Н., Ильин Л.А. Краткий справочник гальванотехника. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. 269 с.
- [9] Баженов О.Г., Карачинов В.А. // Письма в ЖТФ. 1996. Т. 22. В. 21. С. 26-29.
- [10] Кочергин С.Н., Леонтьев А.В. Образование текстур при электрокристаллизации металлов. М.: Металлургия, 1974. 184 с.
- [11] Груев И.Д., Матвеев Н.И., Сергеева Н.Г. Электрохимические покрытия изделий радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1988. 304 с.
- [12] Амиров И.К., Жохов А.В. // ЖТФ. 1995. Т. 65. В. 10. С. 187-190.