

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА ПАРАМЕТРЫ КОНТАКТОВ Ni/6H-SiC

О.А. АГЕЕВ, Н.А. КОВАЛЕВ, А.М. ВАСИЛЕНКО

*Таганрогский Государственный Радиотехнический Университет
347928, Таганрог ГСП-17А, пер. Некрасовский, 44*

Э.К. ГУСЕЙНОВ, С.А. ИСМАЙЛОВА

*Институт Фотоэлектроники АН Азербайджана
370141, Баку, Ф. Агаева кв.555*

Исследованы электрические характеристики никелевых контактов к кристаллам карбида кремния, подвергнутым электроэрозионной обработке. Показано, что в результате ЭЭО контакты Шоттки Ni-SiC трансформируются в омические.

Карбид кремния является одним из наиболее перспективных материалов для изготовления электронных приборов благодаря своим уникальным электрофизическим свойствам [1]. Технология изготовления приборов на SiC в последние годы интенсивно развивается [2], однако одной из наиболее актуальных проблем по-прежнему остается изготовление омических контактов к SiC. При изготовлении омических контактов применяют сложные многоступенчатые технологии очистки поверхности SiC для снижения плотности поверхностных состояний и устранения промежуточного слоя на границе раздела металл-SiC [3].

С другой стороны, существуют методы электроэрозионной обработки (ЭЭО) [4] поверхности полупроводниковых материалов, при которых происходят такие процессы, как удаление поверхностного слоя материала, формирование развитого рельефа поверхности, а также достаточно сложные и слабо изученные электрофизические процессы, связанные с поверхностным и объемным пробоем, насыщением приповерхностного слоя продуктами эрозии (углеродами, шлаками) и частичным расплавом поверхности, а также с возможным внесением дефектов донорного или акцепторного типа [5].

В этой связи представляет интерес изучение электрофизических параметров контактов к поверхности SiC, подвергнутой ЭЭО.

В работе исследовалось влияние ЭЭО на электрофизические параметры границы раздела SiC-Ni.

Исследовались Лели образцы 6H-SiC n-типа проводимости ($\rho=4$ Ом·см), толщиной 350 мкм. Кремниевая грань окислилась до толщины окисла 80 нм, и методом фотолитографии в окисле создавались окна площадью 0,26×0,02 см. С помощью ЭЭО в некоторых окнах создавались поверхностные нарушения кристаллической структуры SiC. Затем, путем вакуумного резистивного напыления Ni ($\alpha=100$ нм), создавались контакты ко всем скрытым окнам, а также контакт к обратной грани образца (рис.1).

Исследовались ВАХ как планарных контактов к неповрежденной поверхности (поз.1, рис.1), так и между обработанным и неповрежденным контактами (поз.2, рис.1). Помимо этого исследовались ВАХ структуры между нижним контактом и контактом к обработанной и неповрежденной поверхности (поз.3 и поз.4, рис.1, соответственно).

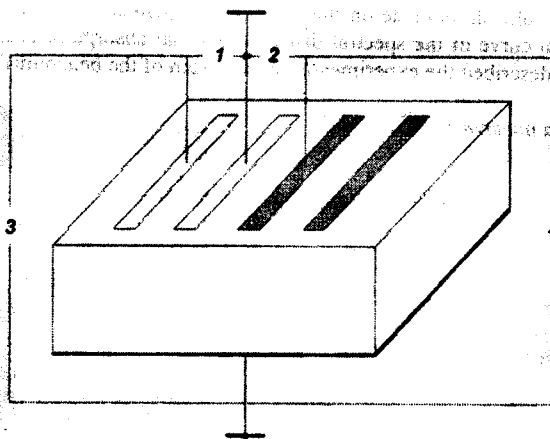


Рис.1. Структура контактной системы.

При измерении ВАХ необработанных контактов, как для поз.1 (рис.2,а), так и для поз.3 (рис.2,б) при обеих полярностях смещения наблюдаются зависимости, характерные для обратных токов барьеров Шоттки [6]. Это становится понятным, если учесть, что работа выхода Ni (4,50 эВ) больше работы выхода из SiC (4,25 эВ) и, следовательно, исследуемые образцы представляют собой два встречновключенных барьера Шоттки, причем при планарных измерениях эти барьеры практически идентичны, а при измерениях по поз.3 положительное смещение соответствует обратному току барьера Шоттки между никелем и углеродной гранью SiC, а отрицательное – между Ni и кремниевой гранью SiC.

Если учесть, что ширина запрещенной зоны SiC много больше высоты барьера Шоттки, то вкладом генерационно-рекомбинационных токов в обратный ток диода можно пренебречь, и тогда обратный ток диода Шоттки, обусловленный током эмиссии через барьер, можно, согласно [6], записать в виде:

$$J_s = A^{**} T^2 \exp\left(-\frac{q\Phi_0}{kT}\right) \cdot \exp\left(\frac{q\sqrt{qE/4\pi\epsilon_s}}{kT}\right), \quad (1)$$

где

$$E = \sqrt{\frac{2qN_d}{\epsilon_s} \left(U + V_{bi} - \frac{kT}{q} \right)}. \quad (2)$$

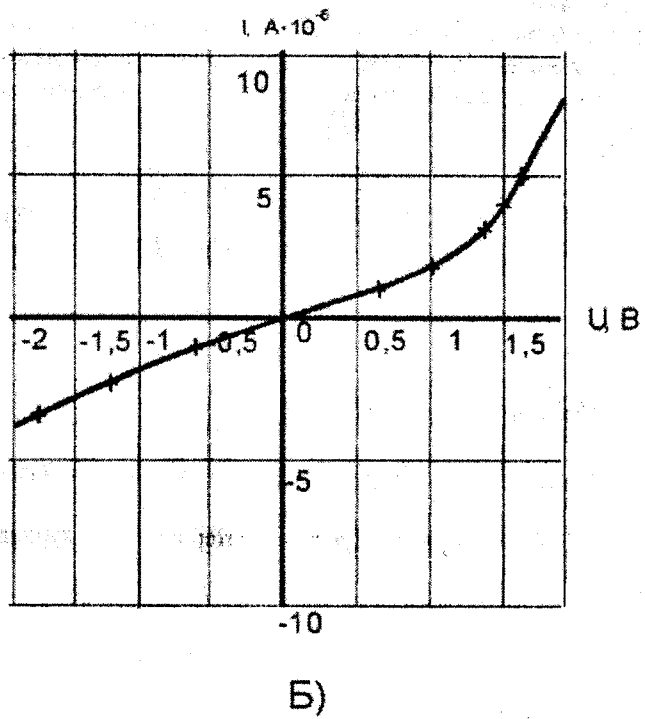
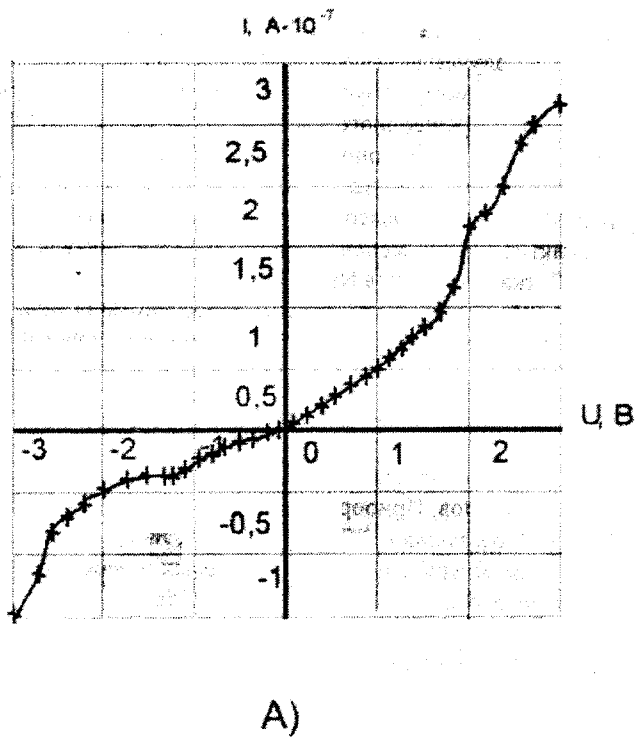


Рис.2. ВАХ необработанных контактов: а) при измерении по поз.1; б) при измерении по поз.3.

Отсюда, перестроив полученные графики в соответствующих координатах, и, используя малые значения смещений, позволяющие исключить вклад прямого тока встречноключенного диода, можно определить высоту потенциального барьера Φ_0 для каждого из рассматриваемых диодов Шоттки.

Проведенные расчеты показывают, что высота потенциального барьера Шоттки между Ni и кремниевой гра-

нью SiC составляет 1,04 эВ, а для контакта Ni-углеродная грань SiC - 0,78 эВ. Возрастание тока на два порядка при переходе от поз.1 (рис.2,а) к поз.3 (рис.2,б), по-видимому, связано с большой площадью нижнего контакта.

Результаты измерения ВАХ между обработанным и неповрежденным контактом (поз.2, рис.1) и неповрежденным контактом и нижней гранью (поз.4, рис.1) показаны на рис.3,а и рис.3,б, соответственно.

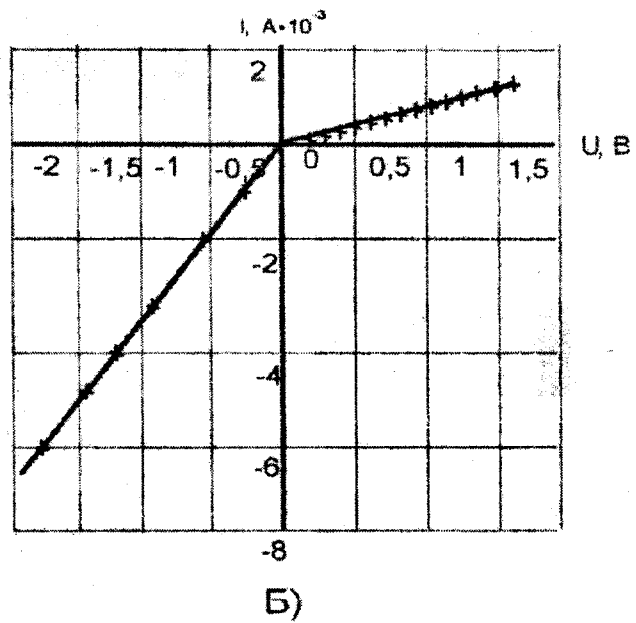
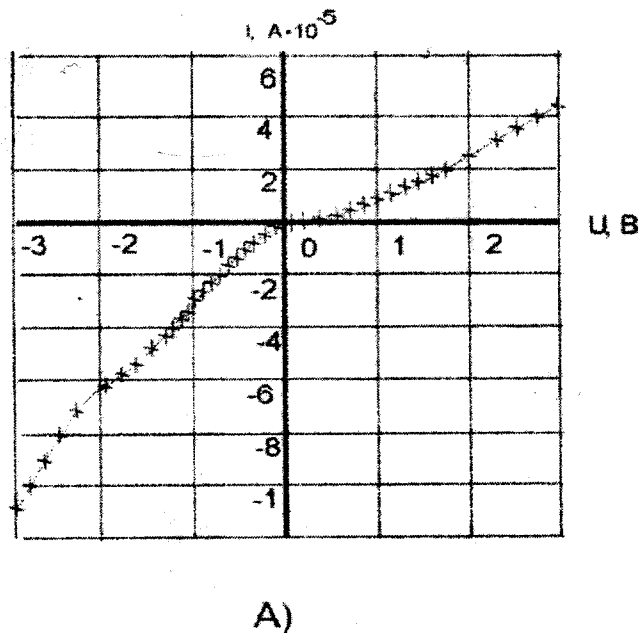


Рис.3. ВАХ обработанного контакта: а) при измерении по поз.2; б) при измерении по поз.4.

Как видно из сравнения рис.2 и рис.3, токи через образец в результате ЭЭО увеличиваются на два порядка.

Кроме того, ВАХ становится асимметричной относительно полярности смещения и имеет диодный вид, что оче-

видно связано с исчезновением или сильным снижением высоты барьера Шоттки на обработанном контакте. Высота потенциального барьера, определенная путем нахождения тока насыщения и дальнейших вычислений по формуле:

$$\Phi_b = \frac{kT}{q} \cdot \ln\left(\frac{A^{**}T^2}{J_s}\right), \quad (3)$$

оказалась равной 1,05 эВ для кремниевой грани и 0,79 эВ для углеродной грани, что достаточно хорошо согласуется с результатами, полученными ранее из обратных ветвей ВАХ (рис.2).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в результате ЭЭО кремниевой грани SiC создаются условия для получения омического контакта этой грани с Ni, что, по-видимому, обусловлено созданием на поверхности SiC поврежденного слоя с нарушенными связями Si-C, обладающего пониженной работой выхода.

Дальнейшая работа по оптимизации режимов ЭЭО позволит снизить высокочастотные шумы исследуемых контактов без применения технологии многоступенчатой обработки и вжигания Ni.

Авторы благодарят проф. Д.А. Сеченова за полезные дискуссии по результатам экспериментов и доцента А.М. Светличного за предоставленные образцы 6H-SiC.

- [1] В.В. Лучинин, Ю.М. Таиров. Известия ВУЗов, Электроника, 1997, № 1, с.10.
[2] В.В. Лучинин, А.В. Корляков. Петербургский журнал электроники, 1999, № 3, с. 20.
[3] M.J. Bozack. Phys. Stat. Sol. 1997, (b) 202, p.549.

- [4] Д.А. Сеченов, А.М. Светличный, А.Г. Захаров. Известия ВУЗов, Приборостроение, 1972, т. XV, с. 118.
[5] В.А. Карачинов. ЖТФ, 1998, т.68, № 7, с. 133.
[6] С.Зи. Физика полупроводниковых приборов, кн. 1, перев. с англ., М., Мир, 1984, с.456.

О.А. Ageyev, N.A. Kovalyov, A.M. Vasilenko, E.K. Hüseyinov, S.A. İsmaylova

NI/6H-SiC KONTAKTLARI PARAMETRLƏRİNƏ ELEKTROEROZİYA İŞLƏNMƏSİNİN TƏ'SİRİ

Elektroeroziya işlənməsinə məruz qalmış silisium karbid kristallarının nikel kontaktlarının elektrik xarakteristikaları tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, EEİ nəticəsində Ni/6H-SiC Şottki kontaktları omik kontaktlara çevrilirlər.

О.А. Ageev, N.A. Kovalyov, A.M. Vasilenko, E.K. Husseyinov, S.A. Ismailova

INFLUENCE OF ELECTRO-EROSION TREATMENT ON THE Ni/6H-SiC CONTACT PARAMETERS

Influence of electro-erosion treatment on the volt-ampere characteristics of Ni-SiC contacts was investigated. It was shown, that electro-erosion resulting Shottky contacts Ni-SiC transform in ohmic ones.