

3-27-2019

HEAT-RESISTANT AU-ZRBX–N-SIC 6H SCHOTTKY BARRIERS

Amangeldi Bazarbayevich Kamalov

dosent at the department of teaching physics at Namangan State Pedagogical Institute

Sultanbek Kallibekovich Abdijaliyev

Assistant at the department of teaching physics at Namangan State Pedagogical Institute

Sapura Ubbiniyazovna Ashirbekova

Senior teacher at the department of teaching physics at Namangan State Pedagogical Institute

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/buxdu>

Recommended Citation

Kamalov, Amangeldi Bazarbayevich; Abdijaliyev, Sultanbek Kallibekovich; and Ashirbekova, Sapura Ubbiniyazovna (2019) "HEAT-RESISTANT AU-ZRBX–N-SIC 6H SCHOTTKY BARRIERS," *Scientific reports of Bukhara State University*: Vol. 2 : Iss. 1 , Article 4. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/buxdu/vol2/iss1/4>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific reports of Bukhara State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact brownman91@mail.ru.

УДК: 621.382.2

**ЮҚОРИ ТЕМПЕРАТУРАЛИ ШОТТКИ БАРЬЕРЛИ AU-ZRB_x-N-SiC 6H ДИОД
ТЕРМОСТОЙКИЕ ДИОДЫ С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ AU-ZrB_x-n-SiC 6H
HEAT-RESISTANT AU-ZRB_x-N-SiC 6H SCHOTTKY BARRIERS**

Kamalov Amangeldi Bazarbayevich*dosent at the department of teaching physics at Namangan State Pedagogical Institute***Abdijaliyev Sultanbek Kallibekovich***Assistant at the department of teaching physics at Namangan State Pedagogical Institute***Ashirbekova Sapura Ubbiniyazovna***Senior teacher at the department of teaching physics at Namangan State Pedagogical Institute*

Таянч сўзлар: Шоттки барьер, қисқа муддатли куйдириш, интерфейс, гетероструктура.

Ключевые слова: барьер Шоттки, быстрый термический отжиг, интерфейс, гетероструктура.

Key words: Schottky barrier, rapid thermal annealing, interface, heterostructure.

Аннотация

Мақолада Шоттки барьерли ZrB_x-n-SiC 6H структураси тадқиқот натижалари келтирилган. Вакуумда 90 с давомида T=1000° C температурада қисқа муддатли куйдиришнинг (ҚМК) намуналарини қайта ишлашда қўллаш шунини кўрсатдики, ZrB_x-n-SiC 6H интерфейси диодли структуранинг барьерли хоссаларини сақлаган ҳолда ўзгариш-ларга деярли учрамайди. Бу структураларни юқори температурали электроника асбобларида қўллаш имконини беради.

Аннотация

В статье представлены результаты исследования термостойких диодных структур с барьером Шоттки Au-ZrB_x-n-SiC 6H. Быстрый термический отжиг при T=1000°C в течение 90 секунд в вакууме показал, что граница раздела ZrB_x-n-SiC 6H остается резкой при сохранении барьерных свойств диодных структур.

Abstract

The article presents the results of the study of heat-resistant diode structures with a Schottky barrier Au-ZrB_x-n-SiC 6H. Fast thermal annealing at T = 1000 ° C for 90 seconds in vacuum showed that the ZrB_x-n-SiC 6H interface remains sharp while retaining the barrier properties of the diode structures.

Введение. В последние годы в связи с развитием высокотемпературного материаловедения значительно увеличился интерес к элементной базе на основе карбида кремния (полевые транзисторы, светодиоды, лавинные диоды, диоды с барьером Шоттки) [1,5]. В то же время вместе с технологическими успехами самого карбида кремния наметились новые подходы в решении проблемы создания высоконадежных термостойких омических и барьерных контактов к SiC. Так, наряду с поликристаллическими пленками «чистых» металлов используются силициды, карбиды, вольфрамы и нитриды тугоплавких металлов [6,7], которые способны формировать непосредственно высоконадежные контактные структуры, либо буферные слои, предотвращающие нежелательное разрушение слоевой структуры

контактов. Наименее изученными в этом отношении являются бориды тугоплавких металлов, электрические и механические свойства которых указывают на весьма высокую перспективность их использования в технологии полупроводниковых приборов [8]. Особенно это касается параметров микроволновых приборов на основе карбида кремния, способных рассеивать высокие плотности мощности. В данной работе исследованы электрические характеристики диодных структур с барьером Шоттки Au-ZrB_x-n-SiC 6H.

Образцы и методы исследования

Исследовались два типа образцов: тестовые и приборные. Тестовые образцы представляли собой предварительно химически очищенные подложки монокристаллов SiC 6H-типа, выращенных методом Лели, с концентрацией некомпенсированных доноров $\approx 10^{18}$ см⁻³, на которые методом магнетронного напыления из прессованных мишеней стехиометрического состава наносились слои ZrB_x, толщиной 800 Å. Часть образцов подвергалась быстрому термическому образцу (БТО) в вакууме в течение 90 сек при T=1000°C.

До и после БТО на таких структурах методом электронной Оже-спектроскопии измерялись профили распределения компонентов в контакте и с помощью атомной силовой микроскопии исследовалась морфология поверхностей плёнок ZrB_x.

Приборные структуры создавались на аналогичных подложках карбида кремния. Барьеры Шоттки диаметром 150 мкм формировались в предварительно протравленных в слое SiO₂, осажденном на поверхность (0001) SiC 6H, окнах путем магнетронного напыления ZrB_x толщиной 800 Å с последующим золочением. Геометрия приборной структуры приведена на рис.1. Омические контакты создавались никелевой металлизацией с последующим её вжиганием в вакууме при T=1000°C и золочением. До и после БТО измерялись вольт-амперные характеристики диодных структур на пластинах.

Результаты и обсуждение. На рис. 2. приведены профили распределения компонентов в контакте ZrB_x-n-SiC 6H до и после БТО.

Видно, что БТО не влияет на усиление химического взаимодействия между пленкой ZrB_x и SiC. Протяженность переходного слоя (~200Å) и его состав сохраняются идентичными до и после БТО, что подтверждает выводы о термической стабильности барьерных свойств контакта, следующие из анализа ВАХ. Анализ профилей распределения компонентов в контакте ZrB_x-n-SiC 6H до и после БТО показал, что БТО привела к незначительному размытию границы раздела, а размеры диффузионной зоны и её атомный состав практически не изменились. При этом полностью сохранена слоистая структура, а плёнка ZrB_x как до и после БТО является однофазной с отношением атомных компонентов бора и циркония, близким к 2 по всей толщине плёнки.

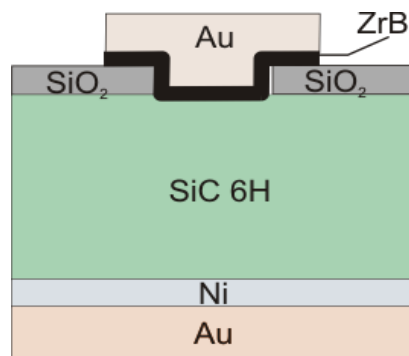


Рис.1. Геометрия приборной структуры

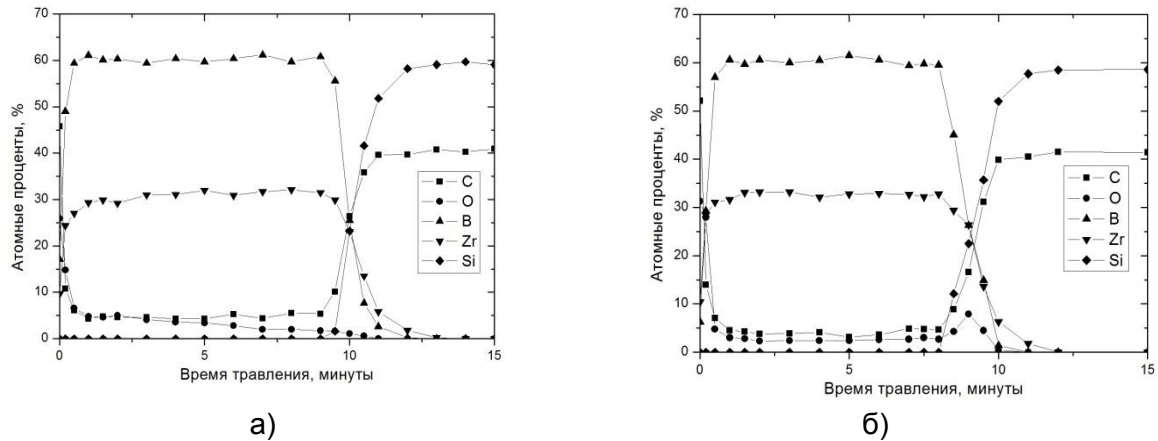


Рис.2. Профили распределения компонентов в контакте ZrB_x -n-SiC 6H до (а) и после БТО при $T=1000^\circ\text{C}$ (б) (скорость травления 10нм/мин)

Вольт-амперная характеристика диода Шоттки Au- ZrB_x -n-SiC 6H при прямом смещении описывается уравнением:

$$I = SA^*T^2 \exp\left(-\frac{\varphi_b}{kT}\right) \exp\left(\frac{qV}{nkT} - 1\right),$$

где S -площадь диодной структуры; A^* -194A $\text{cm}^{-2}\text{K}^{-2}$ - постоянная Ричардсона для n-SiC 6H; k -постоянная Больцмана; T – температура; q -заряд электрона; φ_b - высота барьера Шоттки; n -фактор идеальности; V -приложенное прямое напряжение.

Величины φ_b и n , вычисленные из ВАХ, составляли для исходных структур $\varphi_b = 0,69 \div 0,79$ эВ, $n=1,2 \div 1,26$ соответственно, а после БТО диапазон их изменений для исследуемой группы был $\varphi_b = 0,59 \div 0,70$ эВ, $n=1,5 \div 2,7$. Результаты измерений коррелируют с данными распределения компонентов до и после БТО.

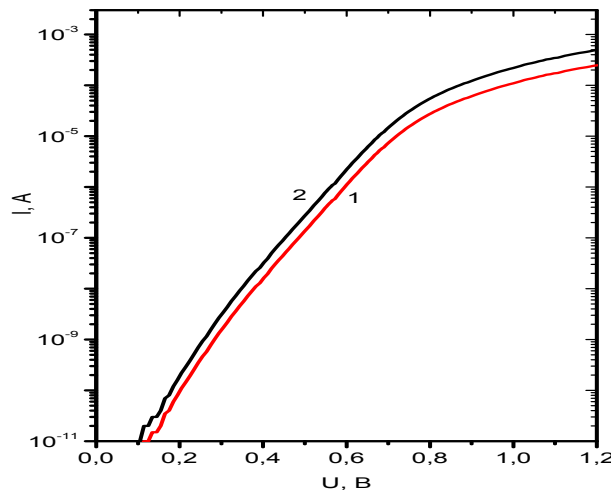


Рис.3. Типичные прямые ветви ВАХ диода Шоттки (1 - исходный образец, 2 - после БТО)

Типичные прямые ветви ВАХ диода Шоттки Au- ZrB_x -n-SiC 6H представлены на рис.3. (1-исходный образец, 2- после БТО при $T=1000^\circ\text{C}$ и 90 с.)

В отличие от барьеров Шоттки на карбиде кремния, сформированных чистыми металлами или их карбидами и силицидами, граница раздела ZrB_x -n-SiC 6H и параметры переходного слоя, как показывают данные Оже-спектрометрии, практически не изменяются после БТО при $T=1000^\circ\text{C}$. В то время, как известно, для

контакта Ni-SiC трансформация параметров границы раздела наблюдается при БТО при $T < 600^\circ\text{C}$, при этом контакт теряет барьерные свойства и становится омическим.

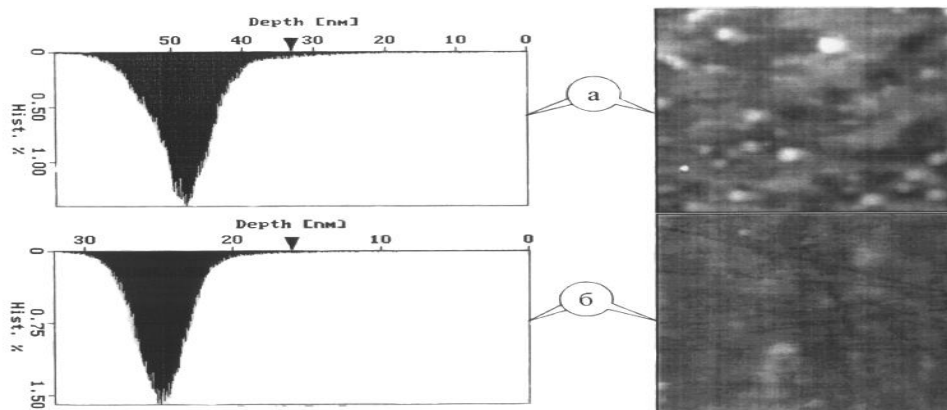


Рис.4. Морфология покрытия пленки ZrB_2 (а - исходный образец, б - после БТО)

Подтверждением слабого влияния БТО на характеристики барьерных структур являются также данные по морфологии плёночного покрытия ZrB_2 (рис. 4), из которых видно, что столь высокотемпературный отжиг улучшает морфологию пленки ZrB_2 , приводя к более однородному мелкозернистому распределению покрытия. Совершенно очевидно, что подобные незначительные морфологические трансформации металлизации не должны изменять характеристик протекания тока в барьерной структуре, что и подтверждают данные рис. 3.

Приведенные данные свидетельствуют о перспективности гетероструктуры ZrB_x -n-SiC 6H для создания на её основе термостойких приборов с барьером Шоттки, перспективных для использования в приборах высокотемпературной электроники. Полученные нами экспериментальные данные позволяют полагать, что, варьируя условиями изготовления покрытия ZrB_x (морфология, структура, состав), можно повысить температурный порог деградации параметров карбид-кремниевых диодов Шоттки.

REFERENCES

1. Chelnokov P.A., Chelnokov V.E. Poluprovodnikoviy karbid kremniya - texnologiya i pribori //FTP. - 1995. - №11. - S. 1921-1943.
2. Lebedev A.A., Chelnokov V.E. Shirokozonnii poluprovodniki dlya silovoy elektroniki //FTP. - 1993. - №9. - S.1096-1099.
3. Pecz B. Contact formation in SiC devices. //Appl. Surf. Sci., 2001. 153. - P. 1-8.
4. Sankin V.I., Lebedev A.A., Kuznetsov A.N., Lepneva A.A., Savkina N.S. Osobennosti vertikalnix karbid-kremnievix priborov //Trudi III Mejdunarodnogo seminaru «Kar-bid kremniya i rodstvennie materialy». - Velikiy Novgorod: NovGU, 2000. - S. 195-201.
5. Afanasev A.V., Ilin V.A., Petrov A.A. Bareri Shottki k karbidu kremniya. Teoreticheskie i eksperimentalnie issledovaniya v shirokom intervale temperatur //Trudi III Mejdunarodnogo seminaru «Karbid kremniya i rodstvennie materialy». - Velikiy Novgorod: Nov GU, 2000. - S. 202-205.
6. Poter L.M., Davis R.F. A critical review of ohmic and rectifying contacts for silicon carbide //Materials Science and Engineering, 1995. B 34. – P. 83-105.
7. Lee S.K., Zetterling C.M., Ostling M. Schottky diode formation and characterization of titanium tungsten to n-and p-type 4H silicon carbide //J.Appl. Phys., 2000. 87. – N11. – P. 8039-8044.

8. **Boltovets N.S. et al.** Microwave diodes with contact metallization systems based on silicides, nitrides, and borides of refractory metals //SPQEO, 2000. 3. - №3. – P. 359-370.
9. **Vassilevski K.V., Dmitriev V.A., Zorenko A.V.** Silicon carbide diode operating at avalanche breakdown current density of 60 kA/cm². //J. Appl. Phys, 1993. 74. - N12. – P. 77612-7614.
-