



ИССЛЕДОВАНИЕ БАРЬЕРОВ ШОТТКИ НА ОСНОВЕ NI/AU, MO/AU И RE/AU К ALGAN/GAN ГЕТЕРОСТРУКТУРАМ

STUDYING NI/AU, MO/AU AND RE/AU SCHOTTKY BARRIERS ON ALGAN/GAN HETEROSTRUCTURES

УДК 621.382.032.27

СЛЕПЦОВ ЕВГЕНИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ^{1,2}
evgeniy.v.sleptsov@gmail.com

SLEPTSOV EVGENIY V.^{1,2}
evgeniy.v.sleptsov@gmail.com

ЧЕРНЫХ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ^{1,2}

CHERNYKH ALEXEY V.^{1,2}

ЧЕРНЫХ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ^{1,2}

CHERNYKH SERGEY V.^{1,2}

СЛЕПЦОВА АНАСТАСИЯ АЛЕКСЕЕВНА^{1,2}

SLEPTSOVA ANASTASIA A.^{1,2}

КОНДРАТЬЕВ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ¹

KONDRATIEV EVGENIY S.¹

ГЛАДЫШЕВА НАДЕЖДА БОРИСОВНА¹

GLADYSHEVA NADEZHDA B.¹

ДОРОФЕЕВ АЛЕКСЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ¹

DOROFYEV ALEXEY A.¹

ДИДЕНКО СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ²

DIDENKO SERGEY I.²

¹ АО «Научно-производственное предприятие «Пульсар»
105187, Москва, Окружной проезд, 27

¹ "Pulsar" Scientific and Production Enterprise JSC
27 Okruzhnoy Lane, Moscow, 105187, Russia

² Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС»
119991, Москва, Ленинский проспект, 4

² National University of Science and Technology MISIS
4 Leninskiy Ave., 119991, Moscow

В настоящей работе проведено исследование влияния отжига в диапазоне температур от 300 до 650 °С на параметры барьера Шоттки и тока утечки контактов Шоттки Ni/Au, Mo/Au и Re/Au к гетероструктурам AlGaIn/GaN.

Ключевые слова: барьер Шоттки; гетероструктура AlGaIn/GaN; транзистор с высокой подвижностью электронов; тугоплавкие металлы; термический отжиг; токи утечки.

The present work investigates the influence of annealing at temperatures ranging from 300 to 650 °C on Schottky barrier parameters and leakage current of Ni/Au, Mo/Au and Re/Au Schottky barriers on AlGaIn/GaN heterostructures.

Keywords: reliability; MOS transistor; fault; IC metallization; hot carriers; defectiveness; test structures.

Наиболее распространенными системами металлизации барьеров Шоттки являются системы на основе Ni (преимущественно Ni/Au), температурная стабильность которых ограничена 500 °С, о чем свидетельствуют различные исследования [1, 2]. Известно, что Au в составе металлизации ухудшает стабильность контакта, поэтому предпринимаются попытки использования других металлов в качестве контакта или исключения влияния Au. Для решения этой проблемы возможно использование промежуточного металла, как, например, в системах металлизации Ni/Mo/Au, Ni/Pt/Au и Ni/Ir/Au [3], или применение тугоплавких металлов, например, Mo [4] или Re [5].

Эпитаксиальные слои AlGaIn/GaN выращивались на подложках сапфира толщиной 430 мкм методом МОГФЭ. Гетероструктура состояла из 25 нм слоя Al_{0,27}Ga_{0,73}N, 0,6 нм промежуточного слоя AlN и 2,5 мкм нелегированного буферного слоя GaN. Слоевое сопротивление, определенное вихретоковым методом, составило 295 Ом на квадрат. Слоевая концентрация электронов в двумерном электронном газе и подвижность

электронов измерялись методом Холла при комнатной температуре и составили $1,13 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ и $1890 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ соответственно.

Омические контакты на основе системы металлизации Mo/Al/Mo/Au [6] и исследуемые в работе барьеры Шоттки формировались методом электронно-лучевого распыления. Толщины слоев рассмотренных систем металлизации составляли

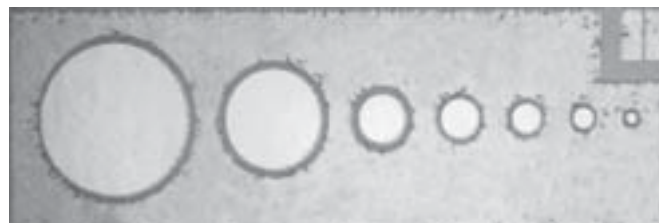


Рис. 1. Изготовленные тестовые барьеры Шоттки разных диаметров (300, 200, 100, 80, 60, 40, 20 мкм)

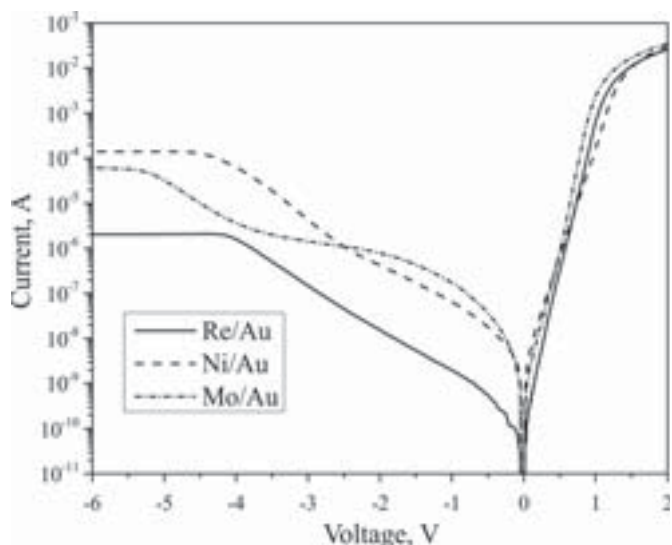


Рис. 2. Прямая и обратная ВАХ барьеров Шоттки диаметром 100 мкм непосредственно после напыления

50 нм/300 нм. Отжиг проводился в атмосфере азота в течение 10 минут при различных температурах от 300 до 650 °С с шагом 50 °С. На рис. 1 изображены изготовленные тестовые барьеры Шоттки.

В процессе работы измерялись температурные зависимости вольт-амперных характеристик (ВАХ) и вольт-фарадные характеристики (ВФХ) изготовленных барьеров Шоттки до и после отжига. Методами тока насыщения и энергии активации определялись коэффициент неидеальности, высота потенциального барьера и эффективная постоянная Ричардсона. Из величин напряжения отсечки и емкости в области неполного обеднения двумерного электронного газа определялись слоевая концентрация и толщина барьерного слоя для контроля однородности эпитаксиальных слоев.

В результате работы показано улучшение параметров барьеров Шоттки на основе рассмотренных систем металлизации после проведения отжига. Проведение отжига при температурах выше 550 °С приводит к потере выпрямляющих свойств Ni/Au барьеров Шоттки, в то время как контакты на основе систем металлизации Re/Au и Mo/Au демонстрируют высокую температурную стойкость, причем первый контакт обладает лучшими параметрами при всех температурах отжига по сравнению с Mo и Ni. Следует отметить, что барьер Шоттки на основе Re показал лучшие параметры по сравнению с другими системами уже непосредственно после напыления. На рис. 2 показаны прямая и обратная ВАХ исследуемых контактов после напыления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ni and Ni Silicide Schottky Contacts on *n*-GaN / Liu Q. Z., Yu L. S., Deng F. *et al.* // Journal of Applied Physics. — 1998, Vol. 84, № 2, pp. 881–886.
2. Effects of Rapid Thermal Annealing on the Electrical Properties and the Strain of the AlGaIn/AlN/GaN Heterostructure Field-effect Transistors with Ni/Au Gate Electrodes / Zhao J., Lin Z., Chen Q. *et al.* // Applied Physics A. — 2015, Vol. 121. — I. 3, pp. 1271–1276.
3. Thermal Annealing Effects on Ni/Au Based Schottky Contacts on *n*-GaIn and AlGaIn/GaN with Insertion of High Work Function Metal / Miura N., Nanjo T., Suita M. *et al.* // Solid-State Electronics. — 2004, Vol. 48. — I. 5, pp. 689–695.
4. Ramesh C. K., Reddy V. R., Choi C.-J. Electrical Characteristics of Molybdenum Schottky Contacts on *n*-type GaN // Materials Science & Engineering B. — 2004, Vol. 112. — I. 1, pp. 30–33.
5. Thermal Stability of Rhenium Schottky Contacts on *n*-type Al_xGa_{1-x}N / Zhou L., Khan F. A., Cueva G. *et al.* // Applied Physics Letters. — 2002, Vol. 81. — № 9, pp. 1624–1626.
6. Омические контакты на основе системы металлизации Mo/Al/Mo/Au к гетероструктурам AlGaIn/GaN / Кондаков М. Н., Черных С. В., Черных А. В. и др. // Микроэлектроника. — 2016. — Т. 45. — № 6.

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



ГЕНЕРАЦИЯ ХАОСА

А. С. Дмитриев, Е. В. Ефремова,
Н. А. Максимов, А. И. Панас

под общ. ред. А. С. Дмитриева

М: ТЕХНОСФЕРА, 2012. — 424 с.

+ 8 с. цв. вкл.

ISBN 978-5-94836-321-9

Цена 920 руб.

Явление динамического хаоса, открытое в последней трети двадцатого века, широко распространено в природе и искусственных системах. Его необычные свойства буквально перевернули обычные представления о том, что малые возмущения или события могут приводить лишь к незначительным изменениям в будущем. Оказалось, что все может быть с точностью до наоборот («эффект бабочки»).

Подобно тому как лазеры являются эффективными источниками узкополосного света, генераторы хаотических колебаний являются эффективными источниками широкополосных аналоговых шумоподобных колебаний.

Излагаются теория генерации динамического хаоса в радио- и микроволновом диапазонах частот, принципы построения источников хаоса и их реализация в виде твердотельных устройств с сосредоточенными параметрами.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 (495) 234-0110; ☎ +7 (495) 956-3346; ✉ knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru