

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОМИЧЕСКОГО КОНТАКТА НА ОСНОВЕ Hf/Al К ГЕТЕРОПЕРЕХОДАМ AlGaN/GaN

Заречнев А. Д., Чиняков А. А., студенты каф. ФЭ

Научный руководитель А. И. Казимиров, аспирант каф. ФЭ

г. Томск, ТУСУР

Проект ГПО ФЭ-1405-«Зависимость электрофизических свойств тонких пленок, полученных магнетронным распылением, от параметров процесса»

Аннотация

Разработана технология формирования низкотемпературных омических контактов на основе пленок Hf/Al с верхними пассивирующими слоями Mo , Ti , TiN и Ti/TiN , осаждаемыми методами электронно-лучевого напыления и магнетронного распыления, к гетероструктуре $AlGaN/GaN$, выращенной на кремниевой подложке. Установлена зависимость контактного сопротивления омических контактов $Hf/Al/Mo$, $Hf/Al/Ti$, $Hf/Al/TiN$ и $Hf/Al/Ti/TiN$ от температуры отжига слоев металлизации.

Введение

В настоящее время гетероструктуры $AlGaN/GaN$ нашли широко применение в промышленности при изготовлении транзисторов с высокой подвижностью электронов ($HEMT GaN$), а также высокочастотных, высокотемпературных и высокоомощных электронных устройств. Транзисторы на основе $AlGaN/GaN$ обладают высокими значениями пробивных напряжений и токов [1]. Одним из ключевых вопросов на сегодняшний день в ходе процесса изготовления $HEMT GaN$ транзисторов является вопрос формирования омических контактов к $AlGaN/GaN$, при этом омические контакты должны обладать гладкой морфологией поверхности, ровным краем контактной площадки и высокой стабильностью параметров [2]. Чаще всего омические контакты к $AlGaN/GaN$ изготавливают на основе пленок Ti/Al с верхними пассивирующими слоями Ti/Au , Ni/Au , Pt/Au или Mo/Au , необходимыми для предотвращения или уменьшения окисления Al во время высокотемпературного отжига, а также для достижения низкого контактного сопротивления. Однако подобные слои часто обладают очень неровной морфологией поверхности [3-4]. На Теоретически, любой металл с работой выхода, близкой к энергии сродства GaN (~2,9-3,5 эВ) может образовать омический контакт к $AlGaN/GaN$ [5]. В связи с этим привлекательным является металл Hf , поскольку он обладает работой выхода ~ 3,9 эВ, которая близка к энергии сродства GaN [6]. Также перспектива формирования омических контактов на основе Hf/Al заключается в температуре отжига слоев металлизации ~ 600 °С, в то время как для омических контактов на основе Ti/Al температура отжига составляет ~ 800 °С, что с теоретической точки зрения, может обеспечивать более ровный край контактной площадки и гладкую морфологию поверхности [7-8]. В данной работе рассматриваются электрофизические свойства омических контактов на основе пленок Hf/Al с верхними пассивирующими слоями Mo , Ti , TiN и Ti/TiN к гетероструктуре $AlGaN/GaN$, в частности определение наиболее перспективного омического контакта с точки зрения контактного сопротивления.

Техника и методика эксперимента

В данной работе использовались двенадцать образцов $AlGaN/GaN$ гетероструктур, выращенных методом газофазной эпитаксии на подложке Si (111). На первом этапе формирования омических контактов на основе пленок Hf/Al с верхними пассивирующими слоями Mo , Ti , TiN и Ti/TiN происходит формирование фоторезистивной маски для активных областей тестовых структур моделей линий передач (TLM), а также для образования

изоляции между ними. Вторым этапом является травление образцов в плазме при помощи установки *YES-G500*, вследствие чего на образцах формируются активные области тестовых структур – мезы, разделенные между собой изоляцией – мезаизоляцией. В следующем этапе происходит формирование фоторезистивной маски для слоев омических контактов. После формирования масок на все образцы происходит осаждение первых двух слоев *Hf/Al* методом электронно-лучевого испарения в вакууме при помощи установки *ORION-B*. Далее на каждые три образца происходит осаждение одного из четырех верхних пассивирующих слоев при условии, что слой *TiN* осаждается методом магнетронного распыления в атмосфере смеси газов *Ar* и *N₂*, а слои *Mo* и *Ti* осаждается так же, как и *TiN*, методом магнетронного распыления, но в атмосфере газа *Ar*, магнетронное распыление осуществляется в установке *ORION-B*. Завершающим этапом является процесс отжига четырех групп образцов при условии, что в каждую группу входит образец с различным пассивирующим слоем. Процесс отжига осуществляется при температурах 550, 600 и 650 °С, а также при пониженном давлении в атмосфере азота в установке быстрого термического отжига. Измерения контактного сопротивления полученных омических контактов производится четырехзондовым методом TLM.

Результаты эксперимента

В соответствии с вышеуказанной технологией были сформированы тестовые структуры исследуемых омических контактов к *AlGaIn/GaN*, типовой вид структуры представлен на рис.1.

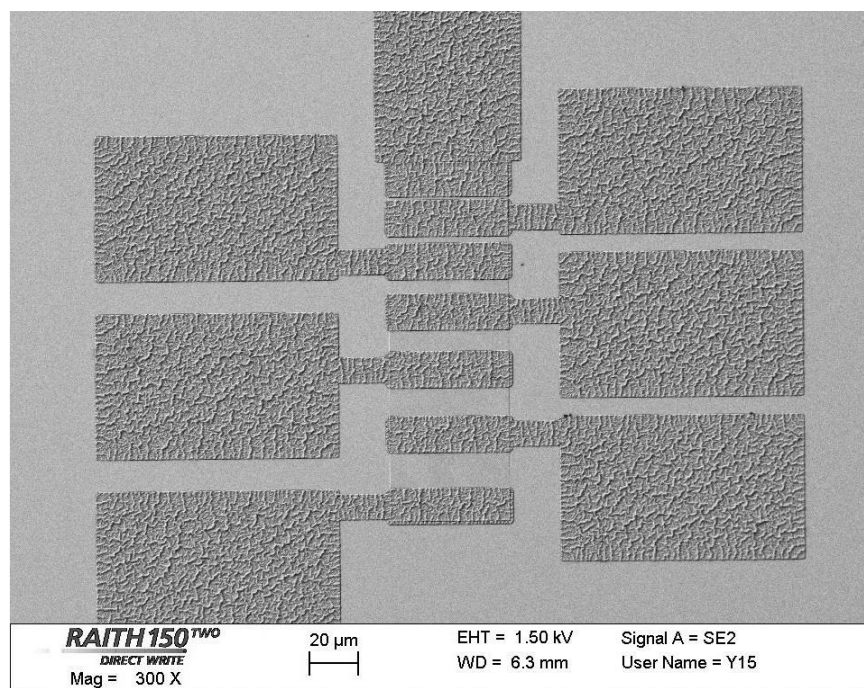


Рисунок 1 – Микрофотографии тестовой структуры омического контакта к *AlGaIn/GaN* после их термического отжига

После термического отжига метода линии передач были измерены значения контактных сопротивлений (ρ_c) исследуемых омических контактов, результаты измерений приведены на рис.2.

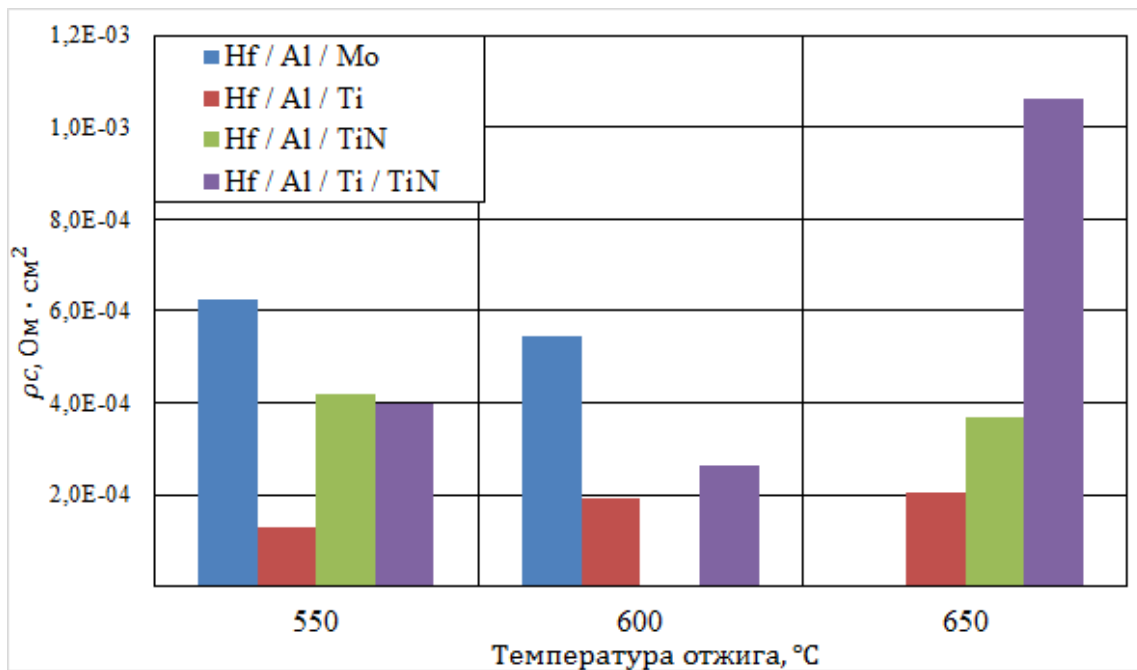


Рисунок 2 – График зависимости контактного сопротивления омических контактов *Hf/Al/Mo*, *Hf/Al/Ti*, *Hf/Al/TiN* и *Hf/Al/Ti/TiN* от температуры отжига

Из рис. 2 следует, что минимальное значение контактного сопротивления, равное $\rho_c = 1,27 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$, имеет контакт *Hf/Al/Ti* после термического отжига при температуре $T=550^\circ\text{C}$.

Заключение

В работе исследованы электрофизические параметры омических контактов *Hf/Al* с верхними пассивирующими слоями *Mo*, *Ti*, *TiN* и *Ti/TiN*, осаждаемые методом электронно-лучевого испарения и методом магнетронного распыления, к гетероструктуре *AlGaIn/GaN*, выращенной на подложке *Si*. Из анализа графика зависимости контактного сопротивления омических контактов от температуры отжига слоев образцов, наибольшей термостабильностью параметров обладает омический контакт *Hf/Al/Ti*.

Список используемых источников

1. Camarchia V, Guerrieri SD. Fabrication and nonlinear characterization of *GaN HEMTs* on *SiC* and sapphire for high-power applications // *Int J RF Microwave Comput Aided Eng*, 2006.
2. Lau WS, Tan JBH. Formation of ohmic contact in *AlGaIn/GaN HEMT* structure at 500°C by ohmic contact recess etching // *Microelectron Reliab*, 2009.
3. Chen J, Liu Y. Microstructural analysis of *Ti/Al/Ti/Au* ohmic contacts to *n-AlGaIn/GaN* // *J Vac Sci Technol Part A Vac Surf Films*, 2002.
4. Papanicolaou NA, Rao MV. Reliable *Ti/Al* and *Ti/Al/Ni/Au* ohmic contacts to *n-type GaN* formed by vacuum annealing // *J Vac Sci Technol B Microelectron Nanometer Struct*, 2001.
5. McGill T. C., Mead C. A. Fundamental transition in the electronic nature of solids // *Physical Review Letters*, vol. 22, 1969.
6. Lide D. R. *CRC handbook of chemistry and physics* // CRC Pr I Llc, 2012.
7. Cong W, Nam-Young K. Electrical characterization and nanoscale surface morphology of optimized *Ti/Al/Ta/Au* ohmic contact for *AlGaIn/GaN HEMT* // *Nanoscale Research Letters*, 2012.
8. Liu Y., Bera M. K. Low resistivity *Hf/Al/Ni/Au* Ohmic Contact Scheme to *n-Type GaN* // *World Academy of Science, Engineering and Technology Vol: 6*, 2012.