

ТЕХНОЛОГИЯ GaAs pHEMT С САМОСОВМЕЩЕННЫМИ ОМИЧЕСКИМИ КОНТАКТАМИ

Федосова М. А.¹, Гаврилова А. М.², Ерофеев Е. В.², Арыков В. С.²

¹Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

²ЗАО "НПФ "Микран"

ул. Вершинина, 47, г. Томск, 634034, Россия

тел.: +7-3822-413403, e-mail: fedosova@sibmail.com

Аннотация — В работе описаны результаты разработки технологии GaAs pHEMT с омическими контактами, самосовмещенными относительно T-образного затвора длиной $L_g = 250$ нм. Приведены основные требования к форме затвора, подобрана система металлизации омических контактов и режим отжига, обеспечивающие минимальное сопротивление. Проведено сравнение вольт-амперных характеристик и коэффициентов усиления по току h_{21} pHEMT, изготовленных по стандартной и самосовмещенной технологии. Использование самосовмещенной технологии привело к увеличению крутизны передаточной характеристики S и тока сток-исток I_{ds} транзисторов на 10...15% в сравнении со стандартным процессом, граничная частота усиления по току увеличилась на 15 ГГц и составила $F_T \sim 70$ ГГц.

I. Введение

Требования к высокочастотным характеристикам транзисторов и монокристаллических интегральных схем на их основе повышаются с каждым днем. Традиционным способом увеличения рабочих частот является уменьшение длины затвора транзистора, однако при этом возрастает влияние емкости и сопротивления паразитных элементов, что не позволяет достичь предельных параметров. Перспективным направлением, с точки зрения уменьшения паразитных сопротивлений за счет сокращения расстояния затвор-исток и затвор-сток, является использование самосовмещенной технологии [1–5].

В данной работе представлены результаты по разработке технологии изготовления GaAs pHEMT с длиной затвора $L_g = 0.25$ мкм и самосовмещенными омическими контактами.

II. Описание технологии

Описываемые в данной работе транзисторы были изготовлены на основе AlGaAs/InGaAs/AlGaAs псевдоморфной гетероструктуры с двойным д-легированием. Подвижность электронов в канале $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ толщиной 12 нм составляла $6200 \text{ см}^2/(\text{V}\cdot\text{с})$ при слоевой концентрации электронов $3 \times 10^{12} \text{ см}^{-2}$.

Стандартная технология изготовления GaAs pHEMT включала в себя межэлементную изоляцию травлением, создание омических контактов и меток совмещения (Ni/Ge/Au/Ni/Au толщиной 0.3 мкм, расстояние между омическими контактами $L_{sd} = 2.5$ мкм, удельное сопротивление омических контактов $\rho = 5 \times 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$), формирование маски T-образного затвора ($L_g = 0.25$ мкм, высота ножки не менее 200 нм и ширина шляпки 0.5...0.6 мкм), травление подзатворной области по маске затвора и напыление системы металлов Ti/Pt/Au толщиной 500 нм.

Отличие самосовмещенной технологии от стандартной заключается в том, что после межэлементной изоляции формируется T-образный затвор, а далее с использованием фоторезистивной маски напыляется металлизация омических контактов, причем шляпка затвора в данном случае служит маской, определяющей расстояние между стоком и истоком.

Для данной технологии к форме затвора предъявляются следующие требования: стенки шляпки затвора должны быть вертикальными и высота ножки транзистора должна быть больше толщины металлизации омических контактов. Выполнение данных требований необходимо для качественного разрыва напыляемой металлизации между затвором и формируемыми омическими контактами. T-образный затвор, разработанный для стандартной технологии изготовления pHEMT, имеет вертикальные стенки шляпки, однако толщина омического контакта не удовлетворяет требованиям самосовмещенной технологии. По этой причине был проведен ряд экспериментов по подбору систем металлов омических контактов, имеющих меньшую толщину, а также подбор режимов их отжига.

III. Результаты экспериментов и их обсуждение

В результате проведенных исследований в качестве базового для изготовления pHEMT по самосовмещенной технологии был выбран омический контакт состава Ni/Ge/Au толщиной 0,14 мкм, удельное сопротивление составило $\rho = 6 \times 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$.

SEM-изображение изготовленного pHEMT с самосовмещенными омическими контактами приведено на Рис. 1.

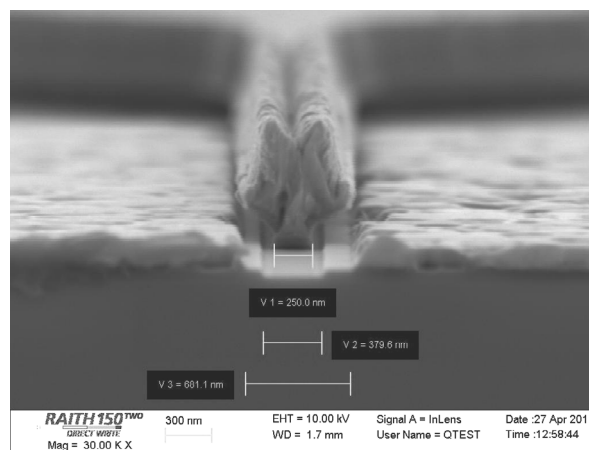


Рис. 1. SEM-изображение поперечного сечения структуры с T-образным затвором и самосовмещенными омическими контактами.

Fig. 1. SEM cross-section of self-aligned T-gate pHEMT

Зависимости тока сток-исток и крутизны передаточной характеристики от напряжения затвор-исток транзисторов обоих типов с шириной $W = 100$ мкм, полученных по самосовмещенной и стандартной технологиям, при $V_{ds} = 2$ В представлены на Рис. 2.

Напряжение пробоя затвор-сток в открытом состоянии для обоих типов pHEMT составило $BV_{gd} > 7$ В. Как видно из представленных зависимостей, использование самосовмещенной технологии позволя-

ет увеличить крутизну передаточной характеристики S и ток сток-исток I_{ds} транзистора на 10...15% по сравнению с рНЕМТ, изготовленными по стандартной технологии.

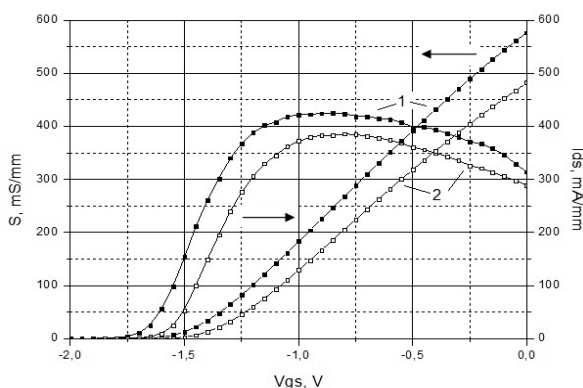


Рис. 2. Зависимости тока сток-исток и крутизны передаточной характеристики от напряжения затвор-исток рНЕМТ, изготовленных по самосовмещенной (1) и по стандартной (2) технологии.

Fig. 2. Drain-source current and transconductance vs. gate-source bias for self-aligned (1) and routine (2) devices

Зависимость коэффициента усиления по току h_{21} стандартных и самосовмещенных рНЕМТ представлены на Рис. 3. Измерение малосигнальных параметров проводили на транзисторах шириной $W = 200$ мкм при $V_{ds} = 2$ В и $I_{ds} \sim 1/2 I_{dss}$.

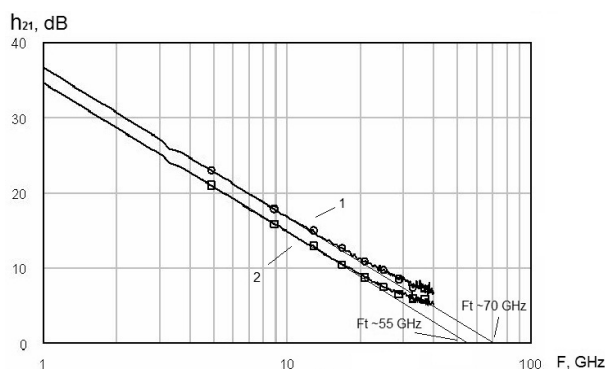


Рис. 3. Зависимость h_{21} рНЕМТ, изготовленных по самосовмещенной (1) и по стандартной (2) технологии, от частоты.

Fig. 3. Current gain h_{21} vs. frequencies for self-aligned (1) and standard (2) technology

С помощью аппроксимации зависимостей по линии -20 dB/dec были получены значения граничных частот F_t для рНЕМТ, изготовленных по самосовмещенной и по стандартной технологии, соответственно 70 ГГц и 55 ГГц.

IV. Заключение

В работе описаны результаты изготовления рНЕМТ с самосовмещенными омическими контактами. Сравнение характеристик приборов, изготовленных по самосовмещенной и стандартной технологии, показало, что использование технологии самосовмещения позволяет повысить значения тока сток-исток и крутизны передаточной характеристики рНЕМТ на 10...15%. Прирост граничной частоты составил 15 ГГц.

V. Список литературы

- [1] Moran D. A. J., Kalna K. Self-aligned 0.12 μm T-gate $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}/\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ HEMT technology utilising a non-annealed ohmic contact strategy // European Solid-State Device Research Conference (Sept. 16—18, 2003). P. 315—318.
- [2] Moran D., Boyd E. et al. Novel technologies for the realisation of GaAs pHEMTs with 120 nm self-aligned and nano-imprinted T-gates // Microelectronic Engineering. 2003. Vol. 67—68. P. 769—774.
- [3] Moran D. A. J., McLelland H. et al. 50-nm self-aligned and “standard” T-gate InP pHEMT comparison: the influence of parasitics on performance at the 50-nm node // IEEE Transactions On Electron Devices. 2006. Vol. 53. No. 12. P. 2920—2925.
- [4] Kim T.-W., Jo S. J. Sub-threshold characteristics of the 0.2 μm capless InP/ $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}/\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ p-HEMTs having a self-aligned gate // Indium Phosphide and Related Materials Conference Proceedings, 2006. P. 309—312.
- [5] Saeger T., Abshere T. A. et al. Gate Shorts: A Process Engineer's Nightmare // CS MANTECH Conference (Austin, May 14-17, 2007). Austin, Texas, USA, 2007. P. 279—281.

SELF-ALIGNED T-GATE pHEMT

Fedosova M. A.¹, Gavrilova A. M.², Erofeev E. V.², Arykov V. S.²

¹Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

²Research and Production Company “Micran”
47, Vershinina Str., Tomsk, 634034, Russia

Ph.: +7-3822-900040, e-mail: fedosova@sibmail.com

Abstract — Self-aligned 0.25 μm T-gate pHEMT technology is described in this paper. Basic requirements of self-aligned technology for gate profile are presented. Metallization system and annealing parameters providing low-resistance ohmic contacts are chosen. Current-voltage characteristics and current gain of routine and self-aligned pHEMT are compared. The self-aligned technology provides an increase in transconductance S and drive current I_{ds} of 10...15% comparing with routine process. Cutoff frequency increased by 15 GHz and reached $F_t \sim 70$ GHz.

I. Introduction

The traditional way to enhance pHEMT operation frequency is to reduce gate length, but device parasitics are found to impact on device performance, restricting the potential performance of the short gate length system. Self-aligned T-gate technology allows reducing the parasitic resistance by reducing of the distance between the metallized ohmic contacts and the gate region.

II, III. Main Part

Self-aligned pHEMT was developed and its parameters were compared with routine pHEMT's characteristics. Transconductance S and drive current I_{ds} of self-aligned device increased by 10...15% comparing with routine process, cutoff frequency increased by 15 GHz and reached $F_t \sim 70$ GHz. Both devices demonstrated a similar on-state breakdown voltage BV_{gd} exceeding 7 V.

IV. Conclusion

Self-aligned T-gate pHEMT technology was developed. Self-aligned and routine devices' characteristics were compared. Developed process allows improving pHEMT performance.