

СОЗДАНИЕ 150 НМ Т-ОБРАЗНОГО ЗАТВОРА НА ОСНОВЕ Ti/Mo/Cu ДЛЯ p-HEMT

Анищенко Е. В.¹, Ерофеев Е. В.¹, Ишуткин С. В.², Кагадей В. А.¹, Носаева К. С.¹

¹ ЗАО «НПФ «Микран»

634045, Россия, г. Томск, ул. Вершинина, 47

² ТУСУР

634005, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40

тел.: 89234826802, e-mail: ishsv@sibmail.com

Аннотация — В работе описана технология создания 150 нм Т-образного затвора Ti/Mo/Cu, предназначенного для использования в транзисторах с высокой подвижностью электронов (p-HEMT), а также в СВЧ монолитных интегральных схемах на их основе. Затвор формировался методами электронно-лучевой литографии с использованием трехслойной резистивной маски, жидкостного селективного травления двойного подзатворного заглабления, а также электронно-лучевого осаждения трёхслойной металлизации.

I. Введение

Формирование субмикронного затвора является ключевой операцией технологического маршрута изготовления транзисторов с высокой подвижностью электронов (p-HEMT) и СВЧ монолитных интегральных схем (МИС) на их основе. С целью достижения наилучших характеристик транзисторов используют затворы Т-образной и Y-образной формы [1]. Традиционно для создания субмикронных затворов p-HEMT применяют методы электронно-лучевой литографии с использованием многослойных резистивных масок, селективного жидкостного травления подзатворного заглабления и напыления многослойных композиций металлов [2, 3]. В качестве металлизации затвора традиционно используется композиция Ti/Pt/Au. Отказ от драгоценных металлов и переход на бездрагметальные композиции на основе Cu, обладающей более высокими электро- и теплопроводностью, позволит сохранить или улучшить параметры транзисторов, а также снизить себестоимость производства СВЧ МИС. Настоящая работа посвящена разработке технологического блока изготовления 150 нм Т-образного затвора на основе трёхслойной композиции Ti/Mo/Cu для p-HEMT.

II. Методика эксперимента

В работе использовалась гетероструктура типа GaAs/AlGaAs/InGaAs с двумя стоп-слоями AlAs, предназначенными для осуществления контролируемого травления двойного заглабления под затвор.

После химической обработки на пластине были сформированы омические контакты AuGeNi и выполнена межэлементная изоляция. Для создания субмикронного Т-образного затвора использовалась трехслойная резистивная маска 950PMMA/LOR5B/495PMMA. Резисты наносились на пластину методом центрифугирования с последовательной термообработкой каждого слоя. Экспонирование резистов проводилось на установке электронно-лучевой литографии Raith 150^{two}. Топология экспонирования резиста состояла из трех областей. Центральная часть определяла длину «ножки» затвора, а боковые части – размер «шляпки» затвора. Проявление резистов на основе PMMA проводилось в смеси растворителей метилизобутилкетона и изопропилового спирта в различных соотношениях, для проявления LOR5B

использовался проявитель на основе гидроксида тетраметиламмония. После проявления проводилось травление двойного подзатворного заглабления. Для травления использовался селективный травитель на основе лимонной кислоты. Стоп-слой AlAs удалялся в растворе HCl:H₂O (1:10). Затем проводилось травление гетероструктуры до второго стоп-слоя. Процесс травления контролировался по токам насыщения тестовых транзисторов. Линейные размеры маски резиста, а также профиля травления измерялись методом сканирующей электронной микроскопии на установке Raith 150^{two}. Многослойная композиция металлов Ti/Mo/Cu осаждалась методом электронно-лучевого испарения с последующим удалением резистивной маски.

III. Результаты эксперимента и их обсуждение

На рис. 1 представлены зависимости размера окна в нижнем слое резистивной маски от дозы экспонирования и времени проявления. Доза экспонирования боковых областей была постоянной и равнялась 140 мкКл/см².

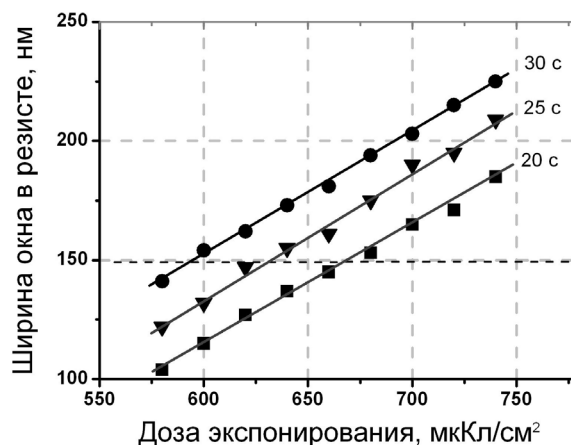


Рис. 1. Зависимости ширины окна в нижнем слое резистивной маски от дозы экспонирования центральной области и времени проявления.

Fig. 1. Dependence of width in bottom layer on exposure dose of central area for different development time

Видно, что зависимости размера окна в нижнем слое маски от дозы экспонирования центральной области носят линейный характер, а размером окна в нижнем слое резистивной маски можно управлять изменением дозы экспонирования центральной области и изменением времени проявления резиста.

На основании полученных данных были выбраны оптимальные режимы процессов экспонирования и проявления. Профиль резистивной маски полученной при оптимальных параметрах показан на рис. 2.

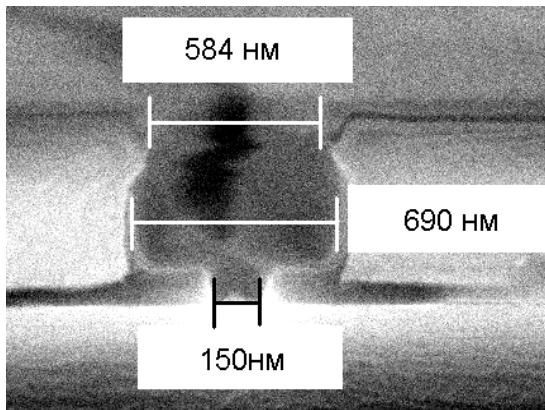


Рис. 2. Профиль резистивной маски при дозах экспонирования центральной и боковых областей 140 и 630 мкКл/см² соответственно.

Fig. 2. SEM view of resist profile after exposure of central and side areas with dose 630 and 140 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ respectively

Травление подзатворного заглиблення контролировалось измерением тока насыщения I_{ds} от времени травления (рис. 3). Величина бокового растрва первого заглиблення определялась выбором времени травления.

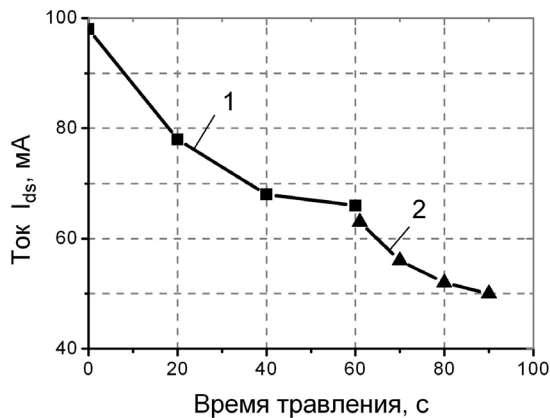


Рис. 3. Зависимость тока насыщения I_{ds} от времени травления подзатворной области.

Fig. 3. Dependence of saturation current I_{ds} on time of etching of recess

На рис. 4 приведено изображение поперечного сечения Т-образного затвора на основе многослойной композиции Ti/Mo/Cu.

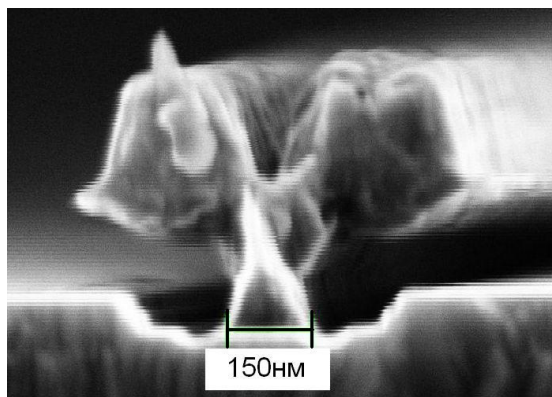


Рис. 4. SEM изображение поперечного сечения 150 нм Т-образного затвора Ti/Mo/Cu.

Fig. 4. Image of SEM cross-section of fabricated 150 nm T-gate Ti/Mo/Cu

IV. Заключение

Разработана технология изготовления 150 нм Т-образного затвора Ti/Mo/Cu для р-HEMT с использованием методов электронно-лучевой литографии по трехслойной резистивной маске PMMA/LOR5B/PMMA, селективного травления двойного заглиблення подзатворной области и электронно-лучевого напыления. Разработанная технология пригодна для создания качественных СВЧ МИС на основе рHEMT.

V. Список литературы

- [1] H. Brech. Influence of T-gate Shape and Footprint Length on PHEMT High Frequency Performance // IEEE GaAs IC Symp. Tech. 1997. P. 66-69.
- [2] D. Xu. Simple simulation of electron-beam lithography for fabricating sub-0.2 μm T-shaped gates based on a two-layer resist system // Microelectronic Engineering. 1998. Vol. 40. P.77-83.
- [3] R. Grundbacher and etc. Single step lithography for double-recessed gate pseudomorphic high electron mobility transistors // J. Vac. Sci. Technol. B. 1997. Vol. 15. №1. P. 49-52.

PRODUCTION OF 150 NM T-GATE ON BASIS OF Ti/Mo/Cu FOR p-HEMT

Anichenko E. V.¹, Erofeev E. V.¹, Ishutkin S. V.², Kagadei V. A.¹, Nosaeva K. S.¹

¹ Research and production company "Micran" 634034, Vershinina st., 47., Tomsk, Russia

² TUSUR

634005, Lenina St., 40, Tomsk, Russia

Ph.: 89234826802, e-mail: ishsv@sibmail.com

Abstract — A technology of manufacturing of 0,15 μm T-gate Ti/Mo/Cu on heterostructure GaAs/AlGaAs/InGaAs using the electron-beam lithography in the tri-layer resist mask 950PMMA/ LOR 5B/ 495PMMA is described in the work.

I. Introduction

The manufacturing process of the submicron gate is the main operation of operation-routing sequence of production of the transistors with high electron mobility p-HEMT and the monolithic integrated circuits. To achieve the best transistor performance T-gates are used. Ti/Pt/Au composition is traditionally used in the process of the gate metallization. The replacement of Au by Cu which has higher electro- and thermal conductivity allows improving of parameters of the transistor and decreasing of production cost. This work describes the development of manufacturing method of 150 nm T-gate using tri-layer composition Ti/Mo/Cu for p-HEMT.

II, III. Main Part

Heterostructure GaAs/AlGaAs/InGaAs with two stop layers was used in the work to control the recessing etching of the gate. Tri-layer resist mask PMMA 950/LOR 5B/PMMA 495 was spun on the substrate. Exposure was made on basis of the system of the electron-beam lithography (EBL) Raith 150^{W0}. After the resist exposure the etching of recess was done. To etch the recess the selective etchant based on the citric acid was prepared. The stop-layer was expelled by the dipping into HCl:H₂O (1:10) solution.

IV. Conclusion

The technology of formation of T-gate Ti/Mo/Cu with the length of the gate $L_g=0,15 \mu\text{m}$ for GaAs pHEMT by means of the electron-beam lithography using tri-layer resist mask PMMA/ LOR 5B/ PMMA and selective etching of double recess were shown. This technique might be used in production of microwave monolithic integrated circuits on p-HEMT.