

УДК 621.382.323

В.С. Арыков, А.М. Гаврилова

## Разработка мощных полевых транзисторов с субмикронным Т-образным затвором Шотки, полученным методом оптической литографии

Представлены результаты разработки мощных полевых транзисторов с использованием технологии получения оптической литографией Т-образного затвора Шотки длиной 0,2 мкм. Основной технологией является получение узкой щели в диэлектрике, определяющей размер затвора.

**Ключевые слова:** полевой транзистор с затвором Шотки, оптическая литография.

### Введение

Полевой транзистор с затвором Шотки является одним из основных активных элементов СВЧ интегральных схем. На сегодняшний момент известны приборы с предельными частотами в несколько сотен гигагерц [1–3]. Получение транзисторов с такими характеристиками стало возможным благодаря использованию наногетероструктур и технологий формирования Т-образных затворов с длиной менее 0,2 мкм. Для получения таких затворов обычно используют многослойные резистивные маски и экспонирование электронным лучом. Основным недостатком применения электронно-лучевой литографии является значительное время формирования рисунка, что сказывается на объемах производства и цене конечной продукции. Альтернативно существуют промышленные технологии получения субмикронных затворов с помощью оптической литографии, позволяющие уменьшить время экспонирования пластин в сотни раз в сравнении с электронным лучом. Например, фирма TriQuint обладает коммерчески успешной технологией формирования затворов длиной 0,13 мкм оптическим методом [4].

### Цель работы

Целью данной работы была разработка мощного полевого транзистора с Т-образным субмикронным затвором, полученным с помощью оптической литографии. Формирование затвора является ключевой операцией технологического маршрута изготовления СВЧ-транзисторов и основано на двух технологических блоках, включающих в себя плазмохимическое травление диэлектрика по фоторезистивной маске и формирование затворной металлизации методом обратной литографии.

### Формирование затвора

В разработанной технологии длина затвора определяется щелью, сформированной в диэлектрике. Последовательность операций формирования Т-образного затвора с помощью оптической литографии представлена на рис. 1.

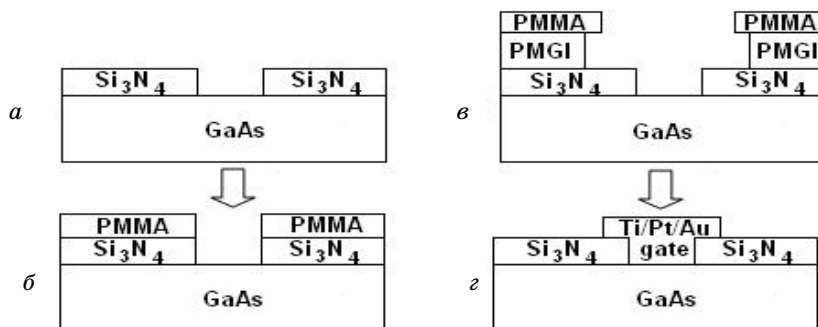


Рис. 1. Схема формирования Т-образного затвора

На пластину наносится Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> толщиной 0,2 мкм, затем формируется резистивная маска PMMA495 с размером окна в резисте 0,3 мкм (см. рис. 1, а). Далее проводится термообработка резиста, при которой происходит сужение окна до 0,2 мкм. Плазмохимическое травление Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> проводится в атмосфере SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>. SEM-изображения (Scan Electron Microscope) щели в Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, полученные травлением по маске резиста без термообработки и по маске резиста с термообработкой, представлены на рис. 2.

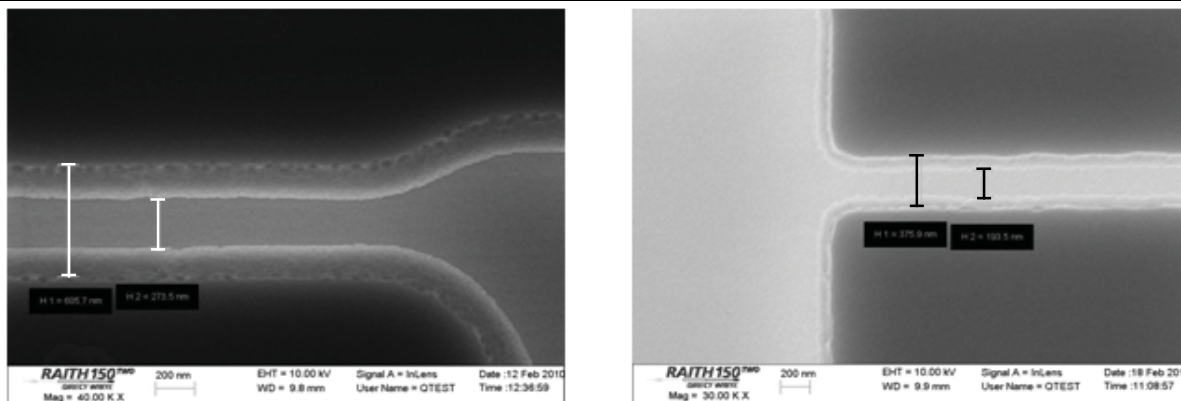


Рис. 2. SEM-изображение щели в Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, полученной травлением по маске резиста без термообработки (слева) и с термообработкой (справа)

Далее для получения Т-образного затвора формируется двухслойная резистивная маска PMGI/PMMA, определяющая размер и положение «шляпки» затвора, с последующим напылением системы металлов Ti/Pt/Au и удалением резистивной маски (см. рис 1, в, г). С помощью данной технологии, возможно получение и Г-образного затвора со смещением «шляпки» в сторону стока транзистора. Подобные затворы предпочтительней для мощных транзисторов, в то же время их достаточно сложно сделать методом электронной литографии. Фотографии затворов, полученных с помощью разработанной технологии, представлены на рис. 3.

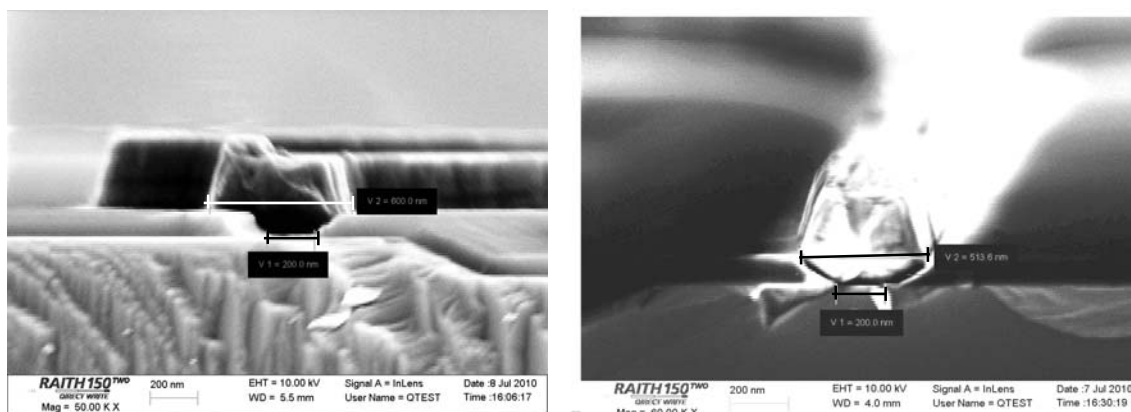


Рис. 3. SEM-изображение 0,2 мкм Г-образного (слева) и Т-образного (справа) затворов

### Изготовление транзистора

С целью разработки мощного транзистора с субмикронным Т-образным затвором были выполнены исследования, направленные на разработку технологических процессов формирования маски (режимы литографии, режимы термообработки) и плазмохимического травления пленки Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Также проведены исследования по разработке двухслойной резистивной маски для получения затвора методом обратной литографии. Полученный макет транзистора представлен на рис. 4.

### Заключение

В ходе выполнения данной работы разработана технология изготовления субмикронного Т- и Г-образного затвора для мощных транзисторов. По разработанной технологии получен макет транзистора с затвором длиной 0,2 мкм. Использование метода оптической литографии позволяет значительно уменьшить стоимость приборов.

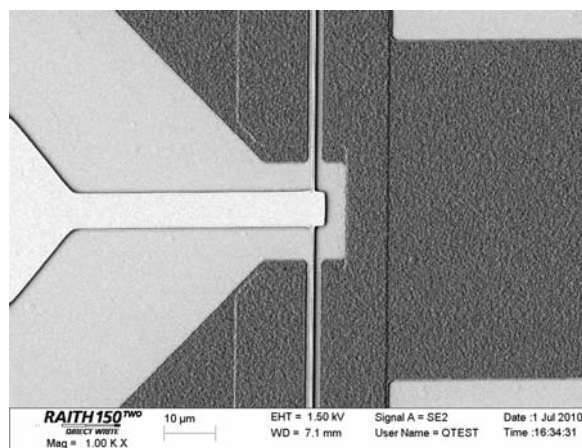


Рис. 4. Макет транзистора с 0,2 мкм Т-образным затвором

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в соответствии с договором 13.G25.31.0011 от 07 сентября 2010 г. в порядке реализации постановления № 218 Правительства РФ.

#### *Литература*

1. Jang B.J. Millimeter Wave MMIC Low Noise Amplifiers Using a 0.15 mm Commercial pHEMT Process / B.J. Jang, I.B. Yom, S.P. Lee // ETRI Journal. – 2002. – Vol. 24, № 3. – P. 190–196.
2. Schlechtweg M. Integrated Circuits Based on 300 GHz fT Metamorphic HEMT Technology for Millimeter-Wave and Mixed-Signal Applications / M. Schlechtweg, A. Tessmann, A. Leuther et al. // 11-th GaAs Symposium. – Munich, 2003. – P. 465–468.
3. Maher H. A 200-GHz True E-Mode Low-Noise MHEMT / H. Maher, I.E. Makoudi, P. Frijlink, D. Smith et al. // IEEE Transactions On Electron Devices. – 2007. – Vol. 54, № 7. – P. 1626–1632.
4. Технология 0,13 I. Официальный сайт фирмы TriQuint [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.triquint.com](http://www.triquint.com), свободный (последнее посещение: 12.07.2010).

---

#### **Арыков Вадим Станиславович**

Аспирант каф. ФЭ ТУСУРа  
Тел.: +7-903-953-10-37  
Эл. почта: [arykov@micran.ru](mailto:arykov@micran.ru)

#### **Гаврилова Анастасия Михайловна**

Инженер НИИ СЭС ТУСУРа  
Тел.: +7-909-538-21-87  
Эл. почта: [anastasiinka-gam@rambler.ru](mailto:anastasiinka-gam@rambler.ru)

Arykov V.S., Gavrilova A.M.

#### **Development of power field effect transistors with submicron T-shape Schottky gate obtained by optical lithography technique**

The results of power field effect transistors development with the use of optical lithography technique for obtaining 2  $\mu\text{m}$  length T-shape Schottky gate are presented. The technique is based on creation of a narrow gap in dielectrics, which defines the gate size.

**Keywords:** field-effect transistor with Schottky gate, optical lithography.

---