

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию  
4 августа 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 19

12 октября 1988 г.

## БАРЬЕРЫ ШТТКИ И ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ НА ОСНОВЕ $InGaAs/InP$

Ж.И. Алферов, В.И. Босый,  
А.Т. Гореленок, А.В. Иващук,  
Н.Д. Ильинская, М.Н. Мизеров,  
И.А. Мокина, Д.Н. Рехвиашвили,  
Н.М. Шмидт

Интерес к полевым транзисторам (ПТ) на основе  $InP$  и изо-  
периодических твердых растворов  $InGaAsP$  обусловлен более вы-  
сокими значениями подвижности и дрейфовой скорости электронов в  
этих материалах, чем в  $GaAs$  [1, 2], а также низкой скоростью  
поверхностной рекомбинации и более высокой теплопроводностью.  
Перечисленные достоинства этих материалов не реализованы в пол-  
ной мере, а разработанные ПТ на их основе по основным характе-  
ристикам уступают ПТ на основе  $GaAs$  [3] из-за малой высоты  
барьера ( $\varphi_B$ ) Шоттки затвора и больших значений токов утечки.

В одной из последних работ [4] с туннельнопрозрачным собст-  
венным окислом толщиной 20 Å получены следующие параметры  
барьеров Шоттки:  $\varphi_B = 0.76$  эВ для  $Au-InP$  и  $\varphi_B = 0.65$  эВ  
для  $Au-InGaAs$  с  $n \sim 10^{16}$  см<sup>-3</sup>. Коэффициент идеальности  $n$   
составлял 1.1 для  $InGaAs$  и 1.48 для  $InP$ , а токи утечки при  
обратном смещении 1 В имели значения  $2 \cdot 10^{-7}$  и  $1 \cdot 10^{-7}$  А со-  
ответственно. ПТ с таким барьером Шоттки на основе  $n-InGaAs$  с  
 $n \sim 10^{17}$  см<sup>-3</sup> и подвижностью 7000 см<sup>2</sup>/В·с при 300 К имели  
крутизну 100 мСм/мм при затворе 140 x 1 мкм<sup>2</sup>.

В данной работе приведены результаты исследования барьеров  
Шоттки на основе  $n-InGaAs$  и  $n-InP$  и рассмотрены ПТ с затво-  
ром Шоттки (ПТШ) на основе  $n-InGaAs$ .

Для улучшения параметров барьера Шоттки нами была использо-  
вана многослойная металлизация  $YB-Ni-Au$  [5]. Барьеры создава-  
ли термическим напылением металлов в вакууме  $\sim 10^{-6}$  мм рт. ст.  
на подложках  $n-InP$  (100)-ориентации в окнах маски  $SiO_2$  и  
на эпитаксиальных слоях  $n-InGaAs$ , полученных жидкофазной эпитак-  
сией [6] с  $n \sim 10^{16}$  см<sup>-3</sup> в окнах маски полимида. Омические кон-  
такты создавались термическим напылением в вакууме эвтектическо-

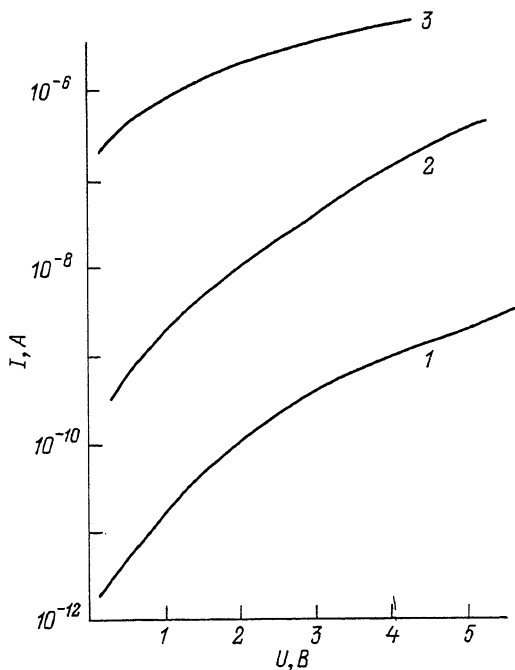


Рис. 1. ВАХ барьеров Шоттки площадью  $9 \cdot 10^{-4}$  см<sup>2</sup> при 300 К.  
 1 - *InP*-*Yb*-*Ni*-*Au*, 2 - *InGaAs*-*Yb*-*Ni*-*Au*, 3 - *InP*-*Au*.

го сплава *Au-Ge* (88/12) толщиной 500 Å и *Au* толщиной 300 Å с последующим вжиганием в атмосфере водорода при 470 °С в течение 40 с.

В прямом направлении вольт-амперные характеристики (ВАХ) барьеров Шоттки были близки к идеальным, коэффициент  $r_2 = 1.0 - 1.1$ . Высота барьера составляла 0.85 эВ для *InP* и 0.55 эВ для *InGaAs*. На рис. 1 приведены обратные ветви ВАХ таких барьеров на *InP* (кривая 1) и на *InGaAs* (кривая 2). Для сравнения на этом же рисунке приведена ВАХ барьеров на основе *Au-InP* (кривая 3). Видно, что токи утечки для барьеров на основе *InP*-*Yb*-*Ni*-*Au* (кривая 1) составляют  $10^{-11}$  А, а для *InGaAs*-*Yb*-*Ni*-*Au* (кривая 2) -  $10^{-9}$  А при обратном смещении 1 В, что существенно ниже, чем для *Au-InP* (кривая 3) и значений приведенных в [4]. Таким образом, использование многослойной металлизации позволяет на несколько порядков снизить токи утечки барьеров Шоттки.

Разработанная технология получения барьеров Шоттки была использована для создания затворов в ПТ на основе *InGaAs*. ПТШ создавались на слоях *n-InGaAs* толщиной 0.2-0.4 мкм с  $r_2 = (1-2) \cdot 10^{17}$  см<sup>-3</sup>, полученных жидкофазной эпитаксией при ле-

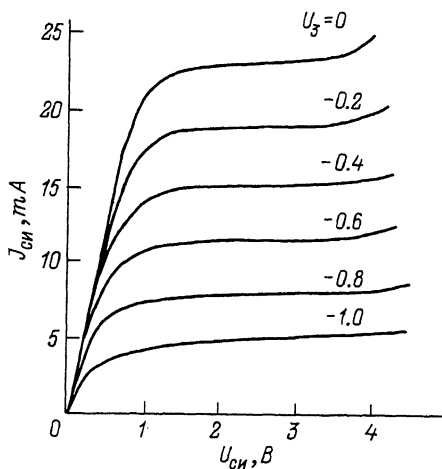
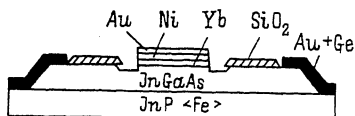


Рис. 2. Выходные ВАХ ПТШ на основе  $InGaAs/InP$  при 300 К и схема конструкции ПТШ.

гирования  $Sn$  на полуизолирующих подложках  $InP:Fe$  с  $\rho \sim 10^7$  Ом·см. Подвижность носителей заряда в этих слоях была  $6300$  см<sup>2</sup>/В·с. На вставке рис. 2 схематически показана конструкция ПТШ. Контактные площадки электродов были выведены на полуизолирующий  $InP$ . Исток и сток транзисторов формировали на расстоянии  $5$  мкм друг от друга посредством вакуумного напыления эвтектического сплава  $Au-Ge$  и последующего вжигания в атмосфере водорода. Сопротивление контактов составляло  $2 \cdot 10^{-6}$  Ом·см<sup>-2</sup>. Затвор имел следующие размеры:  $1.5 \times 290$  мкм<sup>2</sup>, который так же, как исток и сток, формировался взрывной литографией.

На рис. 2 приведены типичные выходные характеристики ПТШ на основе  $InGaAs/InP$ . Представленные ВАХ свидетельствуют о хорошем качестве эпитаксиальной структуры  $InGaAs$ . Наибольшее значение крутизны для таких ПТШ достигало  $120$  мСм/мм при  $300$  К.

Токи утечки затвора в ПТШ оказались существенно выше, чем на тестовых структурах  $InGaAs$  с барьерами Шоттки за счет поверхностной составляющей тока, из-за более высокой скорости по-

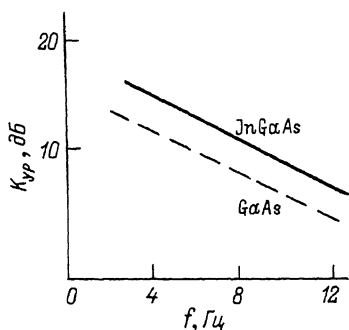


Рис. 3. Частотные зависимости коэффициента усиления по мощности ПТШ на основе разных материалов при 300 К. 1 —  $InGaAs$ , 2 —  $GaAs$ .

верхностной рекомбинации на границе  $SiO_2 - InGaAs$  по периферии затвора, чем на границе полиимид —  $InGaAs$ .

Частотная зависимость коэффициента усиления по мощности ( $K_{ур}$ ) ПТШ представлена на

рис. 3 (кривая 1), на этом же рисунке (кривая 2) для сравнения приведена частотная зависимость для ПТШ на основе  $GaAs$ , полученных в тех же условиях, с такой же топологией и с таким же размером затвора ( $Au - Ti - GaAs$ ). Значения  $K_{ур} = 17$  дБ на частоте 4 ГГц для ПТШ  $InGaAs$  с длиной затвора 1.5 мкм сопоставимо с параметрами ПТШ на основе  $GaAs$  с длиной затвора  $\sim 0.5$  мкм.

Таким образом, экспериментально показано, что использование  $InGaAs$  вместо  $GaAs$  при прочих равных условиях позволяет существенно улучшить частотную характеристику ПТШ.

Оценка граничной частоты полученных ПТШ на основе  $InGaAs$  с затвором  $1.5 \times 290$  мкм<sup>2</sup> показывает, что она находится в области 35–40 ГГц.

### Л и т е р а т у р а

- [1] Зи С. Физика полупроводниковых приборов, М.: Мир, 1984, т. 1.
- [2] Raulin J.Y., Thoringren E., Di Forte Possion M.A., Colomer G. — Appl. Phys., Lett., 1987, v. 50, p. 535.
- [3] Пожела Ю., Юдене В. Физика сверхбыстродействующих транзисторов. Вильнюс: Мокслас, 1985.
- [4] Loualiche S., L'Haridon H., Le Corre A. et al. — Appl. Phys. Lett., 1988, v. 57, N 7, p. 540.
- [5] Азарян В.А., Гореленок А.Т., Дубровская Н.С. и др. II Всесоюз. конф. „Физические основы надежности и деградации полупроводниковых приборов“, Кишинев, 1986, с. 37–39.
- [6] Баграев Н.Т., Власенко Л.С., Гореленок А.Т. и др. — ФТП, 1984, т. 18, № 1, с. 83–84.