

06.3; 07; 12

© 1993

ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ  $GaAs$   $p-n$ -СТРУКТУРЫ  
НА  $Si$  ПОДЛОЖКАХ, ПОЛУЧЕННЫЕ ГАЗОФАЗНОЙ  
ЭПИТАКСИЕЙ В ОТКРЫТОЙ ХЛОРИДНОЙ СИСТЕМЕЮ.В. Ж и л я е в, А.Л. Л и п к о,  
М.Г. М ы н б а е в а, Н. Н а з а р о в,  
Л.М. Ф е д о р о в

В последние годы заметно активизировались работы по эпитаксиальному выращиванию гетерослоев  $A^{3}B^{5}$  на  $Si$  подложках и приборных структур на их основе [1-11]. Это в основном связано с возможностью совмещения в таких структурах арсенида галлия с уникальными электрическими, фотоэлектрическими и электролюминесцентными свойствами и высококачественных кремниевых подложек большего размера. Следует отметить, что использование дешевых высококачественных кремниевых подложек может привести к существенному снижению стоимости полупроводниковых приборов, полученных на основе эпитаксиальных слоев  $GaAs$  на  $Si$  подложках.

Имеются сообщения о получении светоизлучающих [3] и фотопреобразовательных [6]  $GaAs$  структур на  $Si$  подложках с использованием молекулярно-лучевой и металлоорганической эпитаксии.

В настоящей работе впервые сообщается о получении эпитаксиальной  $GaAs$   $p-n$ -структуры на  $Si$  подложке с  $GaP$  буферным слоем простым технологическим методом газофазной эпитаксии в открытой хлоридной системе  $Ga(GaP)-PCl_3-H_2$  и  $Ga(GaAs)-AsCl_3-H_2$  [8, 12]. Определены электрические характеристики  $GaAs$   $p-n$ -структуры на  $Si$  подложке с  $GaP$  буферным слоем и спектр фоточувствительности.

1. Создание эпитаксиальных  $p-n^0-GaAs-n-GaP/n-Si$  структур.

Для получения  $p-n^0-GaAs-n-GaP/n-Si$  структур сначала на  $n-Si$  подложке выращивался гетероэпитаксиальный буферный слой  $n-GaP$ , а затем на него наращивался слой  $n^0-GaAs$  и  $p-GaAs$ . Буферные слои  $n-GaP$  легировались теллуром и серой до концентраций  $n \approx (1 \dots 3) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  и имели толщину  $\sim (6 \dots 8)$  мкм. Эпитаксиальный слой  $n^0-GaAs$  выращивался на буферном фосфид галлиевом эпитаксиальном слое ( $n-GaP/n-Si$ ), специально не легировался ( $n_0 \approx (1 \dots 3) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ) и имел толщину  $\sim (18 \dots 20)$  мкм. Затем выращивался слой  $p-GaAs$  толщиной  $\sim 6$  мкм, легированный цинком до концентраций дырок  $p \approx (1 \dots 2) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ .

Подложками для получения  $p-n^0-GaAs-n-GaP/n-Si$  структур служили двухсторонне полированные пластины  $Si$ -КЭФ-001 толщиной  $\sim 400$  мкм, ориентированные в плоскости (100) с разориента-

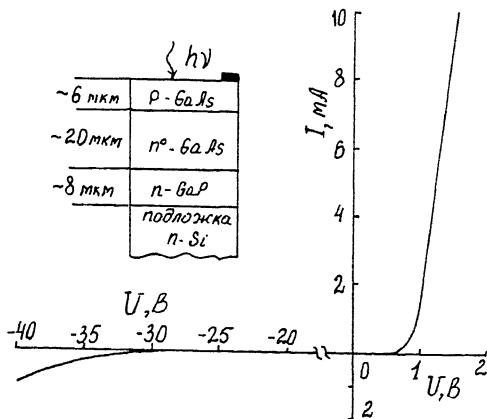


Рис. 1. Типичная вольт ( $U$ )-амперная ( $I$ ) характеристика  $p-n^0-GaAs-n-GaP/n-Si$  структуры (300 K). На вставке - схематическое изображение  $p-n^0-GaAs-n-GaP/n-Si$  структуры.

цией  $4...6^\circ$  в направлении  $[110]$ . Площадь исследованных структур составляла  $S \approx (3...5) \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$ .

Омические контакты создавались сплавлением в атмосфере очищенного водорода при температуре  $520...550^\circ\text{C}$ , для эпитаксиального слоя  $p-GaAs$  использовался сплав  $In + 2.5\% Zn$  для  $n-Si$  подложки -  $In + 2\% Te$ .

Схематическое изображение полученных  $p-n^0-GaAs-n-GaP/n-Si$  структур и расположение омического контакта к  $p-GaAs$  слою показаны на рис. 1 (вставка).

2. Характеристика ток ( $I$ )-напряжение ( $U$ ) при 300 K.

Прямая  $I-U$  характеристика исследованных  $p-n^0-GaAs-n-GaP/n-Si$  структур линейна при больших плотностях тока  $\sim (5...15) \text{ A/см}^2$ , токовое напряжение отсечки -  $(1.2...1.3) \text{ В}$ , дифференциальное сопротивление  $\sim 20 \text{ Ом}$ . Типичная прямая и обратная ветви  $I-U$  характеристики исследованной структуры при плотностях тока  $(0.1...1) \text{ A/см}^2$  приведены на рис. 1. Напряжение пробоя для исследованных структур составляло  $U_{проб.} \approx (30...40) \text{ В}$ . Такое напряжение пробоя, а также увеличенное значение дифференциального сопротивления ( $\sim 20 \text{ Ом}$ ), видимо, связаны с присутствием нелегированного  $n^0-GaAs$  слоя в исследуемой структуре.

3. Спектр фоточувствительности (300 K).

Спектры фоточувствительности  $p-n^0-GaAs-n-GaP/n-Si$  структур получены при освещении  $p-GaAs$  слоя (рис. 2). Спектр фоточувствительности узкополосный (полуширина спектра  $\sim 20 \text{ мэВ}$ ) с максимумом фоточувствительности при значениях энергии фотона  $h\nu_{max} \approx 1.405 \text{ эВ}$ .

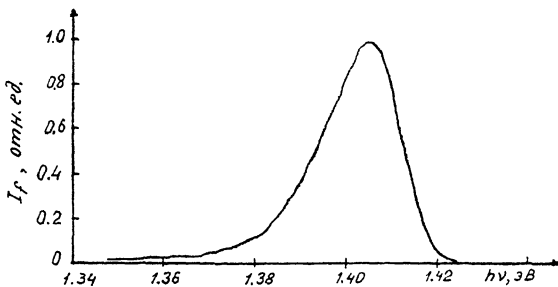


Рис. 2. Спектр фоточувствительности  $p-n^0\text{-GaAs-n-GaP/n-Si}$  структуры (300 К).

Красная граница фоточувствительности соответствует спектру поглощения арсенида галлия. Резкий спад фоточувствительности в коротковолновом крыле спектра, видимо, обусловлен глубинным расположением  $p-n$ -перехода в исследованной нами структуре ( $d_{p\text{-GaAs}} \approx 6$  мкм). Действительно, толщина освещаемого  $p\text{-GaAs}$  слоя значительно больше эффективной длины поглощения фотонов в арсениде галлия с энергией  $h\nu \geq E_g(\text{GaAs})$ .

Таким образом, методом газофазной эпитаксии в открытой хлоридной системе получены  $\text{GaAs } p-n$ -структуры на  $\text{Si}$  подложках с  $\text{GaP}$  буферным слоем и определены их электрические ( $I-U$ ) характеристики и спектры фоточувствительности.

Авторы выражают благодарность В.В. Евстропову за полезное обсуждение результатов работы.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] G o n d a S., M a t s u s h i m a Y., M u - k a i S., M a k i t a Y., I g a r a s h i O. // Jap. J. Appl. Phys. 1978. V. 17. N 6. P. 1043-1048.
- [2] K a w a n a m i H., I s h i h a r a S., N a - g a i K., H a y a s h i Y. // Jap. J. Appl. Phys. 1986. V. 25. N 5. P. L419-L420.
- [3] K i m J.H., N o u h i A., R a d h a k r i s h n a n G. L i n J.K., L a n g J.R., K a t z J. // Appl. Phys. Lett. 1988. V. 53. N 14. P. 1248-1250.
- [4] P o g g e H.B., K e m l a g e B.M., B r o a - d i e R.W. // J. Cryst. Growth. 1977. N 37. P. 13-22.
- [5] L u m R.M., K l i n g e r t J.K., D a v i o l - s o n B.A., L a m o n t M.G. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. N 1. P. 36-38.

- [6] I t o h Y., N i s h i o k a T., Y a m a m o -  
t o A., Y a m a g u c h i M. // Appl. Phys. Lett.  
1988. V. 52. N 19. P. 1617-1618.
- [7] G e o r g a k i l a s A., P a n a y o t a -  
t o s P., S t o c m e n o s J., M o u r r a i n J.L.,  
C h r i s t o n A. // J. Appl. Phys. 1992. V. 71.  
N 6. P. 2679-2701.
- [8] Ж и л я е в Ю.В., К р и в о л а п ч у к В.В., Н а з а -  
р о в Н., Н и к и т и н а И.П., П о л е т а е в Н.К., С е р -  
г е е в Д.В., Т р а в н и к о в В.В., Ф е д о р о в Л.М. //  
ФТП. 1990. Т. 24. В. 7. С. 1303-1305.
- [9] А н д р е е в В.М., М и н т а и р о в А.М., Н а з а -  
м о в А.К., С у л и м а О.В., Ф а л е е в Н.Н., Я к и -  
м о в А.Ю. // Письма в ЖТФ. Т. 17. В. 3. С. 1-3.
- [10] М е д в е д е в Б.К., Г а р а н и н В.П., К о п ы л о в В.Б.  
М о к е р о в В.Г., С л е п н е в Ю.В., К у з н е ц о в А.Л. /  
Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. В. 11. С. 48-52.
- [11] В и н о к у р о в Д.А., Л а н т р а т о в В.М., С и н и -  
ц ы н М.А., У л и н В.П., Ф а л е е в Н.Н., Ф е д о р о -  
в а О.М., Ш а й о в и ч Я.Л., Я в и ч Б.С. // ФТП. 1991.  
1991. Т. 25. В. 6. С. 1022-1029.
- [12] A l j e r o v J.I., G a r b u z o v D.Z., T r u -  
k a n M.K., Z h i l j a e v Jn.V. // J. Kris. <sup>1</sup>a.  
Techn. 1967. N 4. P. 541-545.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию  
11 марта 1993 г.