

- [5] Воробьев В.С., Максименко С.В. // Квантовая электроника. 1988. Т. 15. № 12. С. 2537-2546.
- [6] Ursu I., Apostol I., Dinescu M., Hening A., Michalescu N., Prokhorov A.M., Chapliev N.I., Konov V.I. // J. Appl. Phys. 1985. V. 58. N 5. P. 1765-1771.
- [7] Бабаева Н.А., Белоусов С.К., Васковский Ю.М., Конов В.И., Прохоров А.М., Ровинский Р.Е., Чаплиев Н.И. // Квантовая электроника. 1986. Т. 13. № 3. С. 493-496.

Институт высоких температур  
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию  
26 января 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 6

26 марта 1990 г.

06.2; 06.3

© 1990

## УЗКОПОЛОСНЫЕ СЕЛЕКТИВНЫЕ ФОТОПРИЕМНИКИ НА ОСНОВЕ СТРУКТУР ШОТТКИ

Л.В. Беляков, Д.Н. Горячев,  
Б.Д. Румянцев, О.М. Сресели,  
И.Д. Ярошецкий

Структуры Шоттки с периодически профилированной поверхностью (рельефной дифракционной решеткой — ДР) обладают фоточувствительностью, селективной по отношению к длине волны, поляризации и углу падения света [1, 2]. На их основе возможно создание узкополосных селективных фотоприемников, поляризационно-чувствительных детекторов, датчиков угловых перемещений источника излучения и других аналогичных устройств.

В большинстве применений требуется достаточно высокая селективность фотосоответа и превышение сигнала в максимуме  $I_{\text{макс}}$  над сигналом вдали от резонанса  $I_0$  по крайней мере в несколько десятков раз.

Нами проведен теоретический анализ работы указанных структур и обнаружено, что их селективные свойства могут быть улучшены за счет оптимизации параметров — глубины рельефа и толщины слоя металла. В настоящем сообщении представлены результаты исследования фотосоответа структур  $Ag-n-GaAs$  с профилированной поверхностью, обладающих высокой селективностью в видимой области спектра (полуширина пика фотосоответа  $\Delta\theta$  на длине

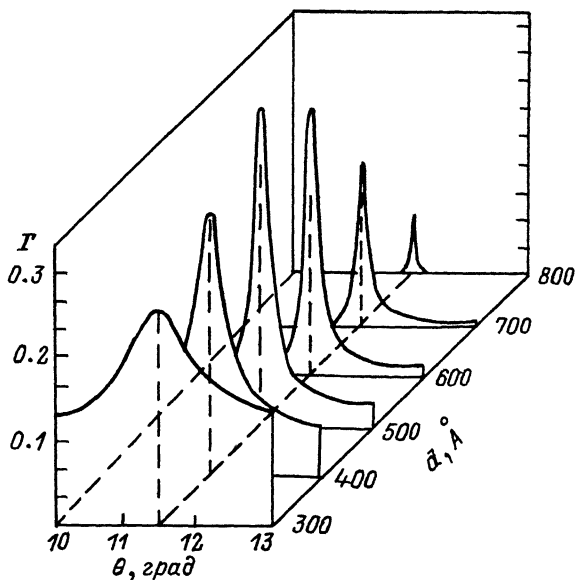


Рис. 1. Угловые зависимости величины  $\Gamma$ . Параметры расчета: шаг ДР - 0.762 мкм, глубина ДР - 200 Å,  $\lambda = 0.6328$  мкм, диэлектрические проницаемости  $\epsilon - \epsilon(Ag) = -18.3 + i0.45$ ,  $\epsilon(GaAs) = 14.8 + i1.6$ .

волны 0.6328 мкм составляет менее 30 угловых минут, что соответствует спектральной полуширине  $\Delta\lambda$  (около 4 нм) и отношением  $I_{\text{макс}} / I_0 = 25$ .

Пик фототовета связан с резонансным туннелированием света сквозь металлическую пленку через состояние ПЭВ (поверхностной электромагнитной волны) на границе металл - воздух. Спектральная ширина резонансного пика определяется радиационными и нерadiационными потерями. Нерadiационные потери вызываются, главным образом, диссипацией ПЭВ в металлической пленке. Наименьшие потери на диссипацию наблюдаются в структурах с серебряными пленками, затем - с золотыми. Радиационные потери связаны с переизлучением ПЭВ на ДР и нерегулярных шероховатостях, а также с переизлучением в полупроводник.

Для оценки возможностей таких структур в качестве селективных фотоприемников был выполнен численный расчет распределения электромагнитных полей в системе воздух -  $Ag-n-GaAs$  при возбуждении ПЭВ на границе воздух - металл с использованием релейевского разложения [3-5]. Вычислялась величина  $\Gamma$  - отношение интенсивности прошедшего в полупроводник света к интенсивности падающего света.

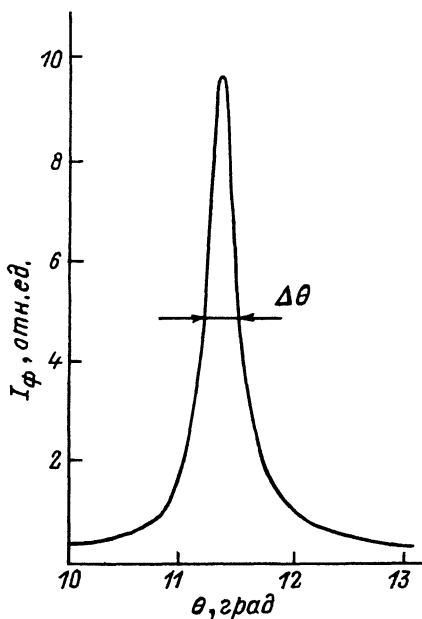


Рис. 2. Зависимость фотоответа  $I_{\varphi}$  структуры  $Ag-n-GaAs$  от угла падения  $\theta$   $p$ -поляризованного света с  $\lambda = 0.6328$  мкм.

Величина резонансного поля в полупроводнике немонотонно зависит от глубины ДР и от толщины металлического слоя. На обеих зависимостях существуют максимумы, при этом оптимальная глубина синусоидального профиля ДР, при которой максимальная доля падающей волны превращается в ПЭВ, в свою очередь, зависит от толщины слоя металла  $d$ . На рис. 1 представлены угловые зависимости  $\Gamma$  при разных  $d$ , причем глубина ДР выбрана оптимальной для  $d = 500 \text{ \AA}$ . Остальные параметры расчета выбирались соответствующими условиям эксперимента. Расчетные значения усиления и полуширины пика (угловой и спектральной) приведены в таблице.

Из этих данных видно, что результаты, полученные ранее, например, [2], могут быть существенно улучшены за счет оптимизации структур. Надо отметить также, что увеличение диэлектрической проницаемости металла (по абсолютной величине), например, за счет сдвига рабочей длины волны в ИК область спектра, приводит к соответствующему улучшению всех параметров резонанса.

Были изготовлены структуры Шоттки на основе  $n-GaAs$  с концентрацией электронов около  $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ . На поверхности полупроводника методом фотохимического травления [6] создавалась ДР с шагом  $0.762$  мкм и глубиной  $190 \text{ \AA}$ , а затем напы-

$d(\text{Å})$	$\Gamma$	$I_{\text{макс}}/I_0$	$\Delta\theta$ (град)	$\Delta\lambda$ (нм)
300	26.7	2	0.90	12.0
400	32.2	6	0.48	6.3
500	37.7	16	0.30	4.0
600	32.9	32	0.21	2.7
700	20.9	48	0.18	2.4
1000	2.2	64	0.16	2.2

лялся слой толщиной 700 Å. Угловая характеристика фотоответа структуры изображена на рис. 2. Полуширина пика составляет 0.29 град., что соответствует спектральной полуширине 3.8 нм, усиление достигает 25. Полученные результаты в 1.5–2 раза хуже расчетных. По-видимому, это связано с тем, что расчет не учитывает радиационные потери, вызываемые случайной шероховатостью поверхности.

Таким образом, эксперимент подтверждает правильность выбранной модели и возможность улучшения селективных свойств фотоприемников на структурах Шоттки при оптимизации их параметров.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Беляков Л.В., Горячев Д.Н., Сресели О.М., Ярошецкий И.Д. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. В. 19. С. 1162–1165.
- [2] Jestl M., Kosk A., Beinsteiner W., Gornik E. // J. Opt. Soc. Am. A. 1988. V. 5. N 9. P. 1581–1584.
- [3] Toiso F., Marvin A., Celli V., Hill N.R. // Phys. Rev. B. - Solid State. 1977. V. 15. P. 5618–5620.
- [4] Elson J.M., De Sandre L.F., Stanford J.L. // J. Opt. Soc. Am. A. 1988. V. 5. N 1. P. 74.
- [5] Беляков Л.В., Горячев Д.Н., Макарова Т.Л., Румянцев Б.Л., Сресели О.М., Ярошецкий И.Д. // ФТП. 1989. Т. 23. В. 11. С. 1196–1199.
- [6] Беляков Л.В., Горячев Д.Н., Парицкий Л.Г., Сресели О.М. // ФТП. 1976. Т. 10. В. 8. С. 1603.

Поступило в Редакцию  
6 декабря 1989 г.