

рами  $3,8 \times 1,5 \times 0,05$  мм создан монолитный балансный диодный смеситель диапазона частот 80—150 ГГц (в режиме однополосного измерения на частоте 80—110 ГГц потери преобразования 8—9 дБ, на частоте 140—150 ГГц — не более 10 дБ).

Монолитный диодный смеситель состоит из двух активных элементов (диодов с барьером Шоттки), фильтров частот входной, выходной и гетеродина, элементов подачи смещения на диоды, микрополосковых линий передачи. Все эти элементы создаются в едином технологическом цикле на арсенидгаллиевых  $i-n^+$ - $n$ -структурах с использованием технологии изготовления диодов с балочными выводами с высокой предельной частотой.

Очевидно, что, опираясь на те же конструктивные и технологические принципы, используя современ-

ный уровень развития арсенидгаллиевой технологии, можно создавать и другие монолитные модули — детекторы, переключатели, усилители, смесители мм- и суб-мм-диапазонов длин волн, проблема создания которых стоит особенно остро [2, 3].

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Божков В. Г., Вилисова В. В., Куркан К. И. и др. Смесительные и детекторные диоды миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн // Электронная промышленность.— 1993.— Вып. 9.— С. 82—87.
2. Bozhkov V. G., Ghennenberg V. A., Rourkan K. I., Perfiliev V. I. Monolithic and quasimonolithic mm-wave modules and devices / MSMW'2001 Symposium Proceedings.— Kharkov, Ukraine, June 4—9, 2001.— P. 126—131.
3. Монолитные СВЧ ИС: главная роль в военной РЭА // Экспресс-информация.— 1990.— Вып. 96/97.

К. ф.-м. н. К. В. КОЛЕЖУК, д. ф.-м. н. В. Н. КОМАЩЕНКО,  
Г. И. ШЕРЕМЕТОВА, Ф. И. КОРЖИНСКИЙ, к. т. н. В. М. ЧМИЛЬ

Украина, г. Киев, Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарёва,  
Научно-производственное предприятие «Сатурн»  
E-mail: komas@isp.kiev.ua

Дата поступления в редакцию  
21.03 2003 г.

Оппоненты к. ф.-м. н. В. А. БОРЩАК  
(ОНУ им. И. И. Мечникова, г. Одесса),  
д. ф.-м. н. Г. А. СУКАЧ  
(ИФП им. В. Е. Лашкарёва, г. Киев)

## НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ФОТОПРИЕМНИКОВ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Разработаны новые типы фотоприемников ультрафиолетового излучения на основе слоистых гетероструктур в системе широкозонных полупроводников  $A^2B^6$ .*

В последние годы возрастает интерес к фотоприемникам ультрафиолетового (УФ) излучения. При этом одной из актуальных и нерешенных задач УФ-техники является детектирование радиации УФ-А (320—400 нм), УФ-В (280—320 нм) и УФ-С (200—280 нм) диапазонов полупроводниковыми сенсорами, работающими без применения дополнительных оптических фильтров [1, 2]. Такие сенсоры излучения нужны для медицины, биологии, мониторинга окружающей среды (экология, контроль озонового слоя атмосферы, пожарные охраняющие устройства) и т. д.

К перспективным полупроводниковым материалам для их изготовления относятся широкозонные полупроводники типа  $A^2B^6$ . Ранее [4] нами было показано, что использование слоистых гетероструктур (ГС) открывает дополнительные возможности для разработки фотоэлектрических приборов на основе широкозонных полупроводников, выращенных на буферной подложке более узкозонного материала. Целью настоящей работы является конструирование новых типов селективных и широкополосных УФ-фотоприемников.

Методика изготовления образцов для исследования описана в [3]. В качестве фоточувствительного

широкозонного компонента ГС применялись сульфид цинка и гомогенные твердые растворы (ТР)  $n$ - $ZnS_{0,7}Se_{0,3}$  или  $n$ - $Zn_{0,8}Cd_{0,2}S$  с шириной запрещенной зоны  $E_g = 3,3$  эВ, что соответствует длинноволновой границе УФ-А-диапазона.

На рис. 1 приведена энергетическая зонная диаграмма слоистой ГС  $p$ - $Cu_{1,8}S/i$ - $ZnS_{0,7}Se_{0,3}/n$ - $CdSe$ . Она содержит высокоомный  $i$ -слой, который ограничен низкоомной, более узкозонной подложкой. Основная часть носителей заряда генерируется светом непосредственно в области потенциального барьера, где действует сильное электрическое поле. На межфазной поверхности гетероперехода  $ZnS_{0,7}Se_{0,3}/CdSe$  из-за разных значений энергии электронного сродства и ширины запрещенной зоны контактирующих материалов образуется дополнительный потенциальный барьер  $\Delta E_v$ . Его наличие существенно уменьшает (около двух порядков величины) вклад узкозонного компонента ГС в общий фототок.

Типичные спектральные характеристики фоточувствительности селективных и широкополосных сенсоров представлены на рис. 2. Сенсоры СУФ-3 (УФ-А+В+С), СУФ-4 (УФ-А+В) и СУФ-5 (УФ-А) изготовлены на основе ГС  $p$ - $Cu_{1,8}S/i$ - $ZnS_{0,7}Se_{0,3}/n$ - $CdSe$ . Сенсоры СУФ-1 (УФ-В+С) и СУФ-2 (УФ-В) — на основе ГС  $p$ - $Cu_{1,8}S/i$ - $ZnS/n$ - $CdSe$ . Подчеркнем, что указанные сенсоры изготовлены без применения интерференционных или окрашенных стеклянных фильтров.

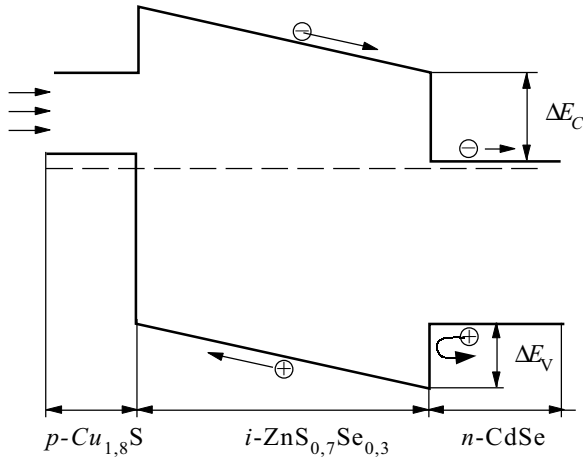


Рис. 1. Энергетическая зонная диаграмма слоистой гетероструктуры  $p\text{-Cu}_{1,8}\text{S}/i\text{-ZnS}_{0,7}\text{Se}_{0,3}/n\text{-CdSe}$  (промежуточные решеточно-согласующие прослойки не показаны)

Характерные параметры разработанных сенсоров приведены в **таблице**.

Технические параметры разработанных УФ-сенсоров

Тип	Диапазон	Активная площадь, мм <sup>2</sup>	Область спектральной чувствительности, λ, нм	Максимум чувствительности, λ <sub>p</sub> , нм	Фоточувствительность, мА/Вт	
					λ <sub>p</sub>	Hg-линия (254 нм)
СУФ-1	УФ-В+С	4,5	200 — 350	310	65	40
СУФ-2	УФ-В	4,5	260 — 350	320	60	2
СУФ-3	УФ-А+В+С	4,5	200 — 400	350	90	45
СУФ-4	УФ-А+В	4,5	260 — 400	340	80	2
СУФ-5	УФ-А	4,5	310 — 400	350	60	—

Таким образом, путем использования физических особенностей, присущих гетеропереходам, создано новое поколение фотоприемников ультрафиолетового излучения на основе слоистых гетероструктур в системе широкозонных полупроводников  $A^2B^6$  и их твердых растворов.

Разработанные сенсоры:

- не чувствительны к видимому свету (в отличие от известных полупроводниковых фотоприемников);
- не имеют специальных оптических фильтров для корректирования УФ-чувствительности;
- имеют большую активную поверхность;

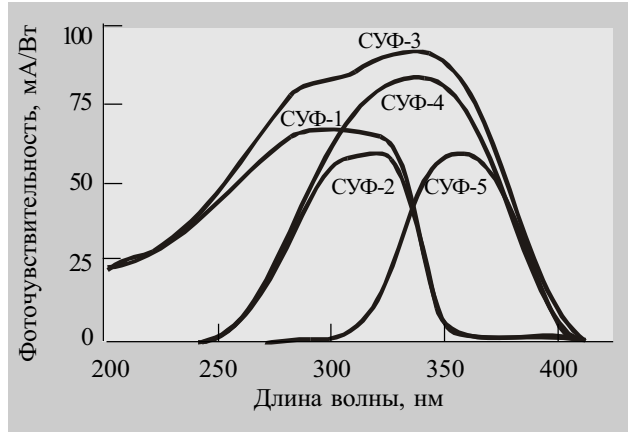


Рис. 2. Абсолютная спектральная чувствительность разработанных УФ-сенсоров ( $T=300\text{ K}$ , эффективная активная поверхность сенсоров  $4,5\text{ мм}^2$ )

— совмещают высокие параметры и умеренную цену;

— не имеют промышленных аналогов в мире.

Эти сенсоры могут найти применение при контроле окружающей среды (озоновый мониторинг и анализ загрязнений), измерениях солнечной УФ-радиации (например, персональная УФ-В-дозиметрия для обнаружения потенциально опасных уровней УФ-экспозиции), в биологии и медицине, космических исследованиях и при наблюдении объектов на фоне голубого неба, в промышленности (например, в детекторах пламени газовых горелок, в системах пожарного извещения), а также в других областях, где необходим мониторинг УФ-излучения.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Yang W., Vispute R. D., Choopun S. et al. Ultraviolet photoconductive detector based on epitaxial  $\text{Mg}_{0,34}\text{Zn}_{0,66}\text{O}$  thin films // Appl. Phys. Lett.— 2001.— Vol. 78, N 18.— P. 2787—2789.
2. Ando K., Ishikura H., Fukunaga Y. et al. Highly efficient blue-ultraviolet photodetectors based on II-VI wide-bandgap compound semiconductors // Phys. Stat. Sol. (b).— 2002.— Vol. 229, N 2.— P. 1065—1071.
3. Колежук К. В., Комащенко А. В., Горбик П. П. и др. Высокоэффективные фотопреобразователи на основе поликристаллических гетероструктур  $A^IVB^VI$  // Письма в ЖТФ.—2000.— Т. 26, вып. 5.— С. 1—6.
4. Колежук К. В., Венгер Е. Ф., Комащенко В. Н. и др. Селективные и широкополосные ультрафиолетовые сенсоры // Письма в ЖТФ.— 2002.— Т. 28, вып. 19.— С. 32—36.



МАЛОШУМЯЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ СВЧ ЕТП038300

Усилитель ЕТП038300 предназначен для модернизации радиорелейной станции «Курс-4». Устанавливается взамен ферритового развязывающего прибора. Улучшает чувствительность станции на 6 дБ за счет малошумящего усиления информационных сигналов в приемном тракте радиорелейной станции.