

УДК 621.383

## Оптический кодовый датчик системы "код Грея" на диапазон длин волн 1—11 мкм

И. Ю. Ларцев, А. А. Комов, М. С. Никитин, Г. В. Чеканова  
ФГУП "Альфа", Москва, Россия

*Разработан и изготовлен оптический кодовый датчик — фотоэлектрический полупроводниковый приемник (ФЭПП) на основе фоторезисторов (ФР) из материала кадмий—ртуть—теллур (КРТ) с трехкаскадным термоэлектрическим охладителем (ТЭО). Топология фоточувствительного элемента (ФЧЭ) позволяет реализовать 4-разрядный код Грея. Широкая характеристика спектральной чувствительности от 1 до 11 мкм и достаточно высокие значения фотоэлектрических параметров делают возможным использование датчика для определения пространственных координат мощных источников когерентного инфракрасного излучения.*

Разработка теории и конструкции фотоэлектрических измерительных систем на основе оптических кодовых датчиков для определения пространственных координат источников излучения ведется уже много лет [1]. В основе измерительных систем, определяющих пространственные координаты источника излучения, лежит фотоприемник со специальной структурой чувствительной области — оптический кодовый датчик. Результатом работы такого датчика при регистрации излучения от идентифицируемого источника является последовательность электрических сигналов, которые формируют на выходе

датчика версию какого-либо стандартного кода, например кода Грея. Обычно оптические кодовые датчики работают в узком интервале длин волн или предназначены для регенерации излучения одного типа когерентного источника излучения. Фундаментальные свойства тройных твердых растворов теллуридов кадмия-ртути КРТ:  $(\text{HgTe})_{1-x} + (\text{CdTe})_x$  или  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ , где  $x$  — мольная доля бинарного соединения CdTe в твердом растворе позволяет изготавливать высокочувствительные фотоприемники в спектральном диапазоне от 1,0 до 25 мкм.

Ниже представлены результаты исследования фотоэлектрических параметров широкополосного оптического кодового датчика на основе КРТ фоторезисторов с термоэлектрическим охлаждением, разработанного и изготовленного ФГУП "Альфа". Оптический кодовый датчик предназначен для применения в фотоэлектрических системах определения пространственного положения мощных источников когерентного инфракрасного излучения.

### Конструкция фоточувствительного элемента и ФЭПП

Фоточувствительные элементы были изготовлены из объемного монокристаллического полупроводникового материала  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$   $n$ -типа проводимости.

Рабочая температура ФЧЭ обеспечивалась трехкаскадным ТЭО и составляла  $T_W \approx 205\text{--}210$  К при температуре теплоотводящего радиатора  $20\text{--}30$  °С.

Для изготовления ФЧЭ использовались пластины  $n\text{-Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  ( $x \approx 0,180\text{--}0,195$ ), концентрация и подвижность основных носителей заряда при  $T = 77$  К составляли  $n_{77} \approx (2 - 6) \cdot 10^{14}$  см $^{-3}$  и  $\mu_{77} \approx (3 - 5) \cdot 10^5$  см $^2$ /(В·с). Состав  $x$  выбирался таким, чтобы обеспечить требуемые параметры спектральной характеристики чувствительности ФЭПП при  $T_W \approx 205\text{--}210$  К. В соответствии с зависимостью ширины запрещенной зоны  $E_g(x, T)$  [2, 3] в указанных выше диапазонах составов и температур ширина запрещенной зоны ( $E_g$ ) изменяется от  $\approx 0,1$  до  $\approx 0,12$  эВ. Следовательно, ожидаемые значения граничной длины волны  $\lambda_{\text{co}}(50\%) = 1,24/E_g$  и длины волны в максимуме спектральной чувствительности  $\lambda_{\text{max}} \approx 0,85 \cdot \lambda_{\text{co}}(50\%)$  лежат в диапазонах:  $\lambda_{\text{co}}$  от  $\approx 10$  до  $\approx 12,5$  мкм и  $\lambda_{\text{max}}$  от  $\approx 0,85$  до  $\approx 10,6$  мкм.

Для изготовления ФЧЭ использовалась групповая межпланарная технология. Рабочий слой КРТ толщиной  $10\text{--}13$  мкм формировался на несущей подложке. Нижняя и фронтальная поверхности слоя КРТ были закрыты оптимальным защитно-пассивирующим покрытием. Покрытия обеспечивают достижение высоких значений ФЭП и долговременную стабильность парамет-

ров приборов в различных условиях работы и хранения. Формирование топологии и точных размеров ФЧЭ проводилась методом ионного профилирования слоя КРТ коллимированным пучком ионов аргона.

ФЧЭ имели специальную структуру чувствительной площади (рис. 1), которая обеспечивает формирование на выходе фотоприемника электрического сигнала в виде 4-разрядного кода Грея.

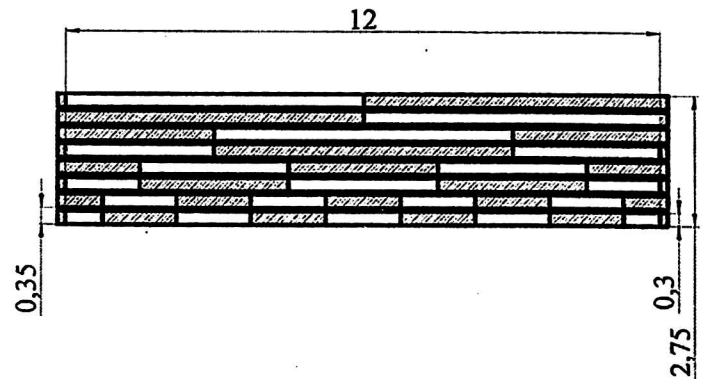


Рис. 1. Топология фоточувствительной структуры ФЧЭ — восемь длинных (12 мм) и узких (0,3 мм) полосок (заштрихованные области — металлические электроды/контакты; светлые области — фоточувствительные площадки)

Корпус датчика представляет собой миниатюрный герметичный металлокерамический узел, укомплектованный малогабаритным трехкаскадным ТЭО с датчиком температуры и оптическим окном из селенида цинка для инфракрасного излучения. Внутренняя полость полностью собранного ФЭПП заполнялась инертным газом с низкой теплопроводностью.

### Относительные характеристики спектральной чувствительности

Совокупность относительных характеристик спектральной чувствительности  $S_\lambda$  оптического кодового датчика с ФЧЭ, изготовленными из материала  $n\text{-Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  ( $x \approx 0,180\text{--}0,195$ ) представлена на рис. 2. Измерения проведены при температуре  $205\text{--}210$  К.

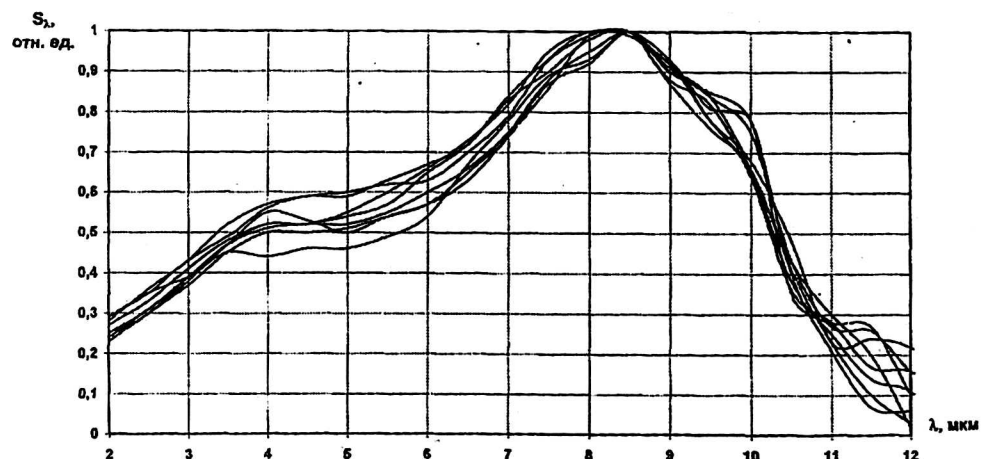


Рис. 2. Относительные характеристики спектральной чувствительности ФЭПП с ТЭО

Видно, что отдельные элементы ФЭПП имеют практически одинаковые относительные характеристики спектральной чувствительности, что подтверждает высокую однородность состава исходного полупроводникового материала.

### Фотоэлектрические параметры

Определение ФЭПП проводилось по стандартной методике с измерением сигнала от источника "абсолютно черное тело" с температурой 500 К. Частота модуляции тестового излучения составляла 1200 Гц.

На рис. 3 представлены типичные зависимости удельной обнаружительной способности  $D^*_{\lambda_{max}}$  ( $\lambda_{max}$ , 500 К, 1200 Гц, 1 Гц) и вольтовой чувствительности  $S_{U_{\lambda_{max}}}$  ( $\lambda_{max}$ , 500 К, 1200 Гц).

1200 Гц, 1 Гц) и вольтовой чувствительности  $S_{U_{\lambda_i}}(\lambda_i, 500 \text{ К}, 1200 \text{ Гц})$  могут быть получены на длинах волн  $\lambda_i = 1,06, 1,55, 3,35$  и  $10,6 \text{ мкм}$ , на которых излучают хорошо известные мощные источники когерентного инфракрасного излучения.

Разработан, изготовлен и исследован оптический кодовый датчик на диапазон длин волн 1–11 мкм. Датчик выполнен в виде миниатюрного ФЭПП на основе КРТ фоторезисторов с трехкаскадным ТЭО. Показано, что прибор обладает достаточно высокими значениями основных фотоэлектрических параметров. Датчик предлагается для применения в фотоэлектрических системах определения пространственного положения мощных источников когерентного инфракрасного излучения.

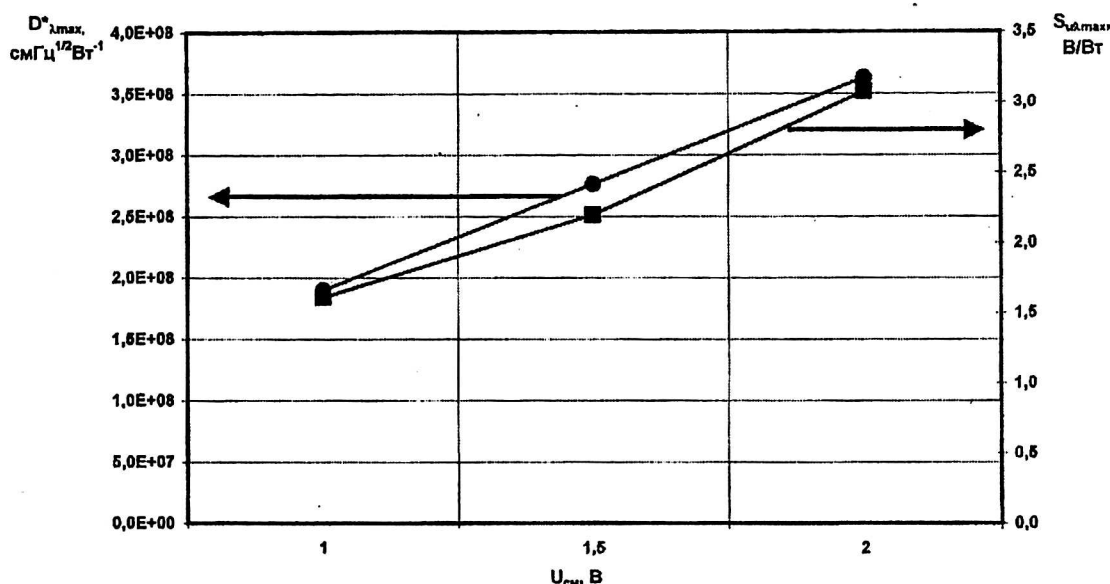


Рис. 3. Зависимости  $D^*_{\lambda_{max}}$  (10 мкм, 500 К, 1200 Гц, 1 Гц) и  $S_{U_{\lambda_{max}}}$  (10 мкм, 500 К, 1200 Гц) от смещения

Из приведенных зависимостей следует, что полученные значения удельной обнаружительной способности  $D^*_{\lambda_{max}}$  ( $\lambda_{max}$ , 500 К, 1200 Гц, 1 Гц) близки к предельным расчетным значениям для КРТ фоторезисторов при  $T_W \approx 205 \text{ К}$ . Также видно, что достаточно высокие значения обнаружительной способности  $D^*_{\lambda_i}(\lambda_i, 500 \text{ К},$

### Литература

1. Мироненко А. В. Фотоэлектрические измерительные системы. — М.: Энергия, 1969.
2. Hansen G. I., Schmit J. L., Casselman T. N. // J. Appl. Phys., 1982. V. 53. № 10. P. 7069.
3. Laurenti J. P., Camassel J., Buchemadou A. H., Toulouse B., Legros R., Lusson A. // Ibid, 1990. V. 67. № 10. P. 6454.

## 1–11 μm optical code sensor with Gray Code system

I. Yu. Lartev, A. A. Komov, M. S. Nikitine, G. V. Chekanova  
Federal State Unitary Enterprise ALPHA, Moscow, Russia

*1–11 μm optical code sensor with Gray Code system based on miniaturized Photoconductive Mercury-Cadmium Telluride (PC MCT) detector with three-stage thermoelectric cooler (TEC) has been developed and fabricated. Performance of PC MCT detector is presented evidencing good detectivity  $D^*$  and responsivity  $R_v$  values in spectral range from 1.0 to 10.6 μm. Sensitive area structure allows producing of four digits Gray Code. Sensor can be used in electro-optical systems for spatial recognition of powerful sources of coherent infrared radiation.*