

## Фотоприемники на основе кремния, легированного осмием

© М.С. Юнусов, Р.А. Муминов, Г. Нуркузиев, Н. Гаппаров, А. Холбоев

Физико-технический институт им. С.В. Стародубцева,  
700084 Ташкент, Узбекистан

(Получена 6 августа 1998 г. Принята к печати 10 апреля 1999 г.)

В данной работе созданы фотоприемники с низким управляющим напряжением на кремнии, легированном осмием. В качестве исходного материала выбран *n*-Si. Легирование кремния осмием осуществлялось диффузионным методом. Исследованы характеристики структур при 300 К.

С развитием гелиематериаловедения важным становится измерение распределения светового потока в фокусе солнечных печей. Для контроля энергетических параметров потоков солнечного излучения необходимы фотодетекторы, способные обеспечить измерение светового потока в различных спектральных диапазонах, в отдельных случаях с хорошим быстродействием. Такие фотодетекторы нужны при измерении сильно концентрированных потоков солнечного излучения.

Фотодетекторы, предназначенные для таких целей, должны обладать высокой чувствительностью в рабочем диапазоне длин волн, высоким быстродействием и низким уровнем шумов. Кроме того, они должны иметь малые размеры, низкие управляющие напряжения и высокую надежность в работе.

Расширение спектрального диапазона излучения когерентных и некогерентных источников света в дальнюю инфракрасную область, с одной стороны, и в ультрафиолетовую — с другой, привело к росту потребности в быстродействующих чувствительных фотодетекторах, работающих в широком спектральном диапазоне.

Цель данной работы — создание фотоприемников из кремния, легированного осмием, с низким управляющим напряжением и низким током, а также с высокой надежностью при высокой концентрации солнечного излучения. В качестве исходного материала были использованы образцы *n*-Si с удельным сопротивлением  $\rho = 5.5 \div 75 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ , содержание кислорода в которых было на уровне  $5 \cdot 10^{16} \div 7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ , плотность дислокаций  $10^2 \div 10^4 \text{ см}^{-2}$ . Легирование кремния осмием осуществлялось диффузионным способом, описанным в [1]. После диффузионного отжига удельное сопротивление образцов возрастало до  $7 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$  и происходила конверсия типа проводимости  $n \rightarrow p$ . После легирования кремния осмием в объеме образца образуется квазипериодическая неоднородность [2]. Для измерений изготавливались вплавные контакты из сплава Au + Sb и Al площадью  $S = (1.5 \div 3.5) \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$  в вакууме при остаточном давлении  $P = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Торр}$ . Толщины образцов варьировались в интервале  $0.3 \div 1 \text{ мм}$ . Исследуемые образцы  $p^+ - p - n^+$ -структур конструктивно аналогичны рассматриваемым в работе [3]. При измерении зависимости фототока  $I_{ph}$  от напряжения (рис. 1) в качестве излучателя использован светодиод Al-107A с длиной волны излучения 0.95 мкм, что совпадает с одним из мак-

симумов спектральной чувствительности фотодетектора. Из рис. 1 видно, что если в структурах на основе арсенида галлия (кривая 2) имеет место суперлинейный рост фототока с увеличением напряжения, то в кремниевой структуре наблюдается более медленный рост фототока. Так, при  $V = 6 \text{ В}$  фототок  $p^+ - p - n^+$ -структуры на основе Si(Os) доходит до 27 мкА (рис. 1, кривая 1). Заметим, что при этом он более чем на три порядка больше по сравнению со структурами металл-полупроводник-металл (МППМ) на основе GaAs (0.009 мкА) (рис. 1, кривая 3). Сравнительно большой фототок в структуре на основе Si(Os) при таких напряжениях обусловлен близким расположением области разделения носителей к освещаемой поверхности. В этом случае оптические потери малы. Насыщение фототока с ростом поля связано с более быстрым увеличением темнового тока кремниевой структуры по сравнению с эпитаксиальным  $p - n$ -переходом на основе GaAs. Рассматриваемые кремниевые  $p^+ - p - n^+$ -структуры оптически хорошо согласуются с промышленными светодиодами типа Al-10A и могут работать в качестве фотоприемников в оптронах.

На рис. 2 приведены спектральные характеристики  $p^+ - p - n^+$ -структур на основе Si(Os) при комнатной температуре. Освещение структуры осуществлялось потоком излучения интенсивностью  $10^{-4} \text{ Вт/см}^2$  с использованием спектрометра ИКС-21. Видно, что фотоприемник на основе кремния, легированного осмием, работает в широком диапазоне длин волн. Исследование спектраль-

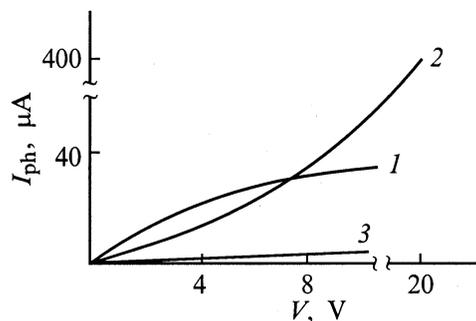


Рис. 1. Зависимости фототока от напряжения смещения при 300 К и возбуждении от светодиода Al-107A (ток 16 мкА). 1 —  $p^+ - p - n^+$ -структура на основе Si(Os), 2 —  $p - n$ -структура на основе GaAs, 3 — МППМ структура на основе GaAs.

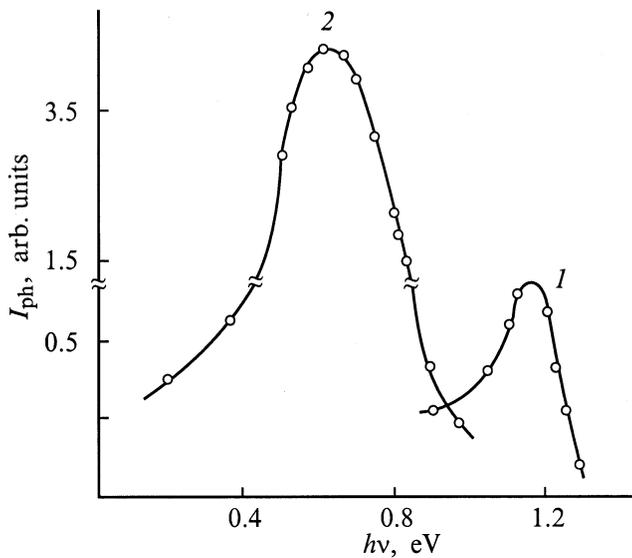
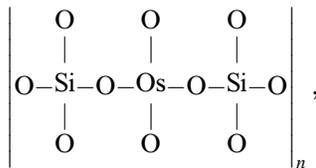


Рис. 2. Спектральные характеристики фототока  $p^+ - p - n^+$ -структур на основе Si(Os) при прямом смещении 3 В (1) и обратном смещении 3 В (2). Температура измерения 300 К.

ной характеристики показало, что длинноволновая граница фоточувствительности смещается с приложением обратного смещения (рис. 2, кривая 2). Этот эффект, по-видимому, обусловлен образованием под контактом диэлектрического слоя



приводящего к падению напряжения смещения. В кремнии имеется достаточное количество кислорода для образования такого слоя.

Таким образом, эксперименты показали, что при легировании кремния осмием можно создавать фотоприемники с малыми обратными напряжениями и с широким спектральным диапазоном.

Созданные нами фотоприемники целесообразно применять в томографии, в волоконной оптике, твердотельных детектирующих системах и других устройствах [4–9].

## Список литературы

- [1] С.А. Азимов, М.С. Юнусов, Г. Нуркузиев, Ф.Р. Каримов. ФТП, **12**, 1655 (1978).
- [2] А.В. Каримов, Г. Нуркузиев. ДАН РУз, № 6 (1993).
- [3] М. Балкански, П. Лалеман. Фотоника (М., Мир, 1978).
- [4] Техника оптической связи — фотоприемники, под ред. У. Тсанга (М., Мир, 1988).
- [5] С.А. Азимов, Р.А. Муминов, С.Х. Шамирзаев, А.Я. Яфасов. Кремний-литиевые детекторы ядерного излучения (Ташкент, Фан, 1981).

[6] Полупроводниковые формирователи сигналов изображения, под ред. П. Йесперса, Ф.Ванде, М. Хайта (М., Мир, 1979).

[7] Г.К. Полторапавлова, Н.П. Удалов. Фототиристоры (М., Энергия, 1971).

[8] С. Зи. Физика полупроводниковых приборов (М., Мир, 1984).

Редактор Л.В. Шаронова

## Injection photoreceivers on the base of osmium-doped silicon

M.S. Yunusov, R.A. Muminov, G. Nurkuziev, N. Gapparov, A. Kholboev

Research-Industrial Center "Physics-Sun", 700084 Tashkent, Uzbekistan

**Abstract** Low voltage and current photoreceivers have been constructed on the base of osmium-doped silicon. Doping of silicon with osmium was carried out by diffusion method. The investigated structures have been prepared by melting in vacuum,  $P = 5 \cdot 10^{-5}$  Topp. Output current-voltage and spectral characteristics of the structures have been studied at the temperature of 300 K.