

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРУКТУР $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}(0,2 \leq x \leq 0,3)$

И.С. ГАСАНОВ, Х.Д. ДЖАЛИЛОВА, Н.Д. ИСМАЙЛОВ, Ш.М. КУЛНОВ, С.Э. НАСИРОВ

Институт Фотозлектроники АН Азербайджана,
370141, Баку, ул. Ф. Агаева, 555 кв-л

Исследованы структуры $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}(0,2 \leq x \leq 0,3)$, полученные магнетронным распылением In_2O_3 на поверхность n - и p -типов $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$. Анализ результатов исследования фотопроводимости и фототок показывает, что пленки In_2O_3 , обладающие высокой оптической прозрачностью в широком диапазоне длин волн излучения, являются перспективным материалом для создания поверхностно-чувствительных структур на основе $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$.

Возросший интерес к твердым растворам $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ связан с их применением в различных областях оптоэлектроники. Совершенствование технологии получения указанного $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}(0,2 \leq x \leq 0,3)$ позволило разработать ряд новых приборов оптоэлектроники и микроэлектроники на их основе, наиболее перспективными из которых являются поверхностно-активные структуры [1]. Как правило, обязательным элементом в таких структурах является полупрозрачный металлический электрод с коэффициентом прозрачности не превышающим 50%. В настоящее время все большее распространение при создании фоточувствительных слоистых структур получают оксидные полупроводники In_2O_3 , SnO_2 , отличающиеся высокой прозрачностью в широком диапазоне длин волн и высокой удельной электропроводностью [2].

В данной статье сообщается о фотоэлектрических свойствах структур $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$. Структуры изготавливались на основе $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}(0,2 \leq x \leq 0,3)$, n -типа проводимости с $N_D = (1+4) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и подвижностью $\mu_n = (3+6) \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ и p -типа с $N_A = (3+5) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и $\mu_p = (450+550) \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$. Пластинам $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ придавалась прямоугольная форма размерами $(8 \times 1 \times 0,2) \text{ мм}^3$. Поверхность пластины обрабатывалась механической полировкой абразивами с размерами зерен 1 мкм с последующим травлением в 4% бромосодержащем травителе. Пленки In_2O_3 толщиной $\sim 0,1 \text{ мкм}$ наносились на поверхность полупроводника магнетронным распылением в плазме аргона на установке "Leybold-Heraeus". Омические контакты создавались путем электрохимического осаждения индия. При распылении In_2O_3 омические контакты покрывались маской для получения между омическими контактами и слоем In_2O_3 зазора шириной 100 мкм. Проводились измерения ВАХ на частоте 50 Гц и ВФХ на частоте 0,1+3 МГц. Поверхностные параметры определялись из измерений спектральной зависимости фотопроводимости и фототок. Величина поверхностного изгиба зон определялась методом насыщенной фототок. Объемное время жизни τ_v определялось по методу компенсации фотомангнитного эффекта фотопроводимостью [3]. Поверхностное время жизни τ_s определялось по кинетике релаксации фотопроводимости при импульсном освещении от GaAs светодиода. Все измерения проводились при $T=80 \text{ К}$. После осаждения пленок In_2O_3 на поверхность $p\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ наблюдается некоторое увеличение поверхностного времени жизни τ_s и фоточувствительности в коротковолновой области спектра (рис. 1). При малых уровнях фотовозбу-

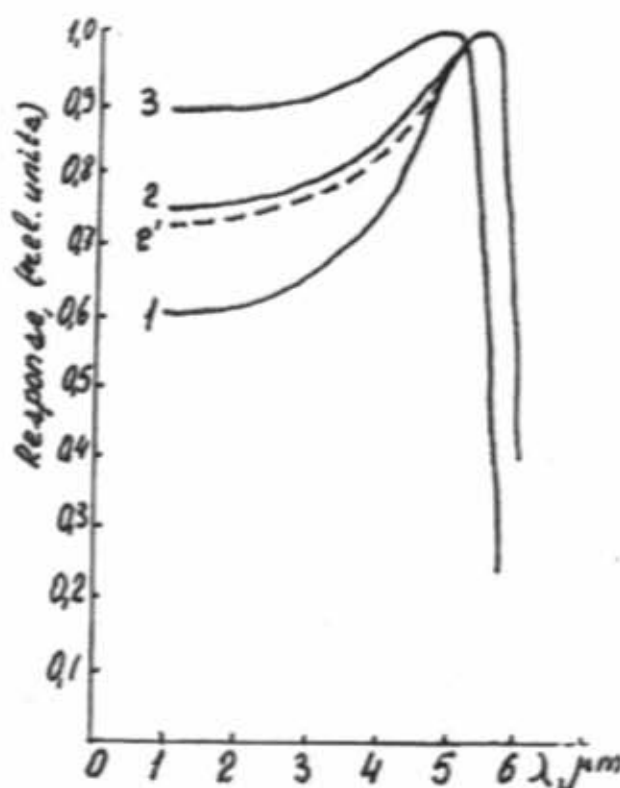


Рис. 1. Спектр фотопроводимости $p\text{-Cd}_{0,28}\text{Hg}_{0,72}\text{Te}$ до - 1 и после нанесения In_2O_3 - 2; 2' - при наличии постоянной подсветки, 3 - спектр фототока структуры $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Cd}_{0,28}\text{Hg}_{0,72}\text{Te}$.

ждения кинетика спада фоточувствительности характеризуется простым экспоненциальным законом, а при повышении уровня импульсной засветки появляется быстрая составляющая спада фототока с постоянной времени τ_s , приближающейся к τ_v (рис. 2). Дополнительная постоянная подсветка уменьшает фотопроводимость и увеличивает вклад быстрой компоненты фототока, но спектральное распределение фоточувствительности в коротковолновой области почти не изменяется (рис. 1, кр. 2'). На образцах $p\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ после осаждения пленок In_2O_3 поверхностное время жизни τ_s не изменялось относительно исходного значения, а фоточувствительность в КВ области спектра падала (рис. 3).

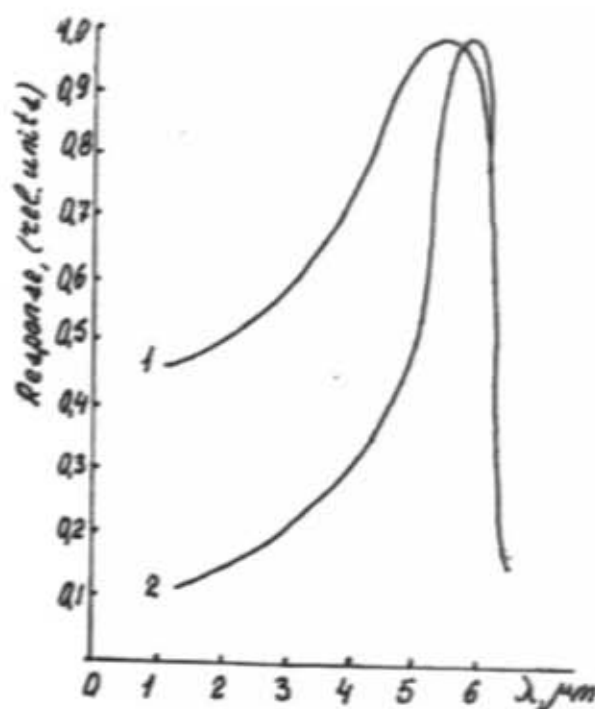


Рис. 2. Спектр фотопроводимости $p\text{-Cd}_{0.27}\text{Hg}_{0.73}\text{Te}$ до - 1 и после - 2 нанесения In_2O_3 .

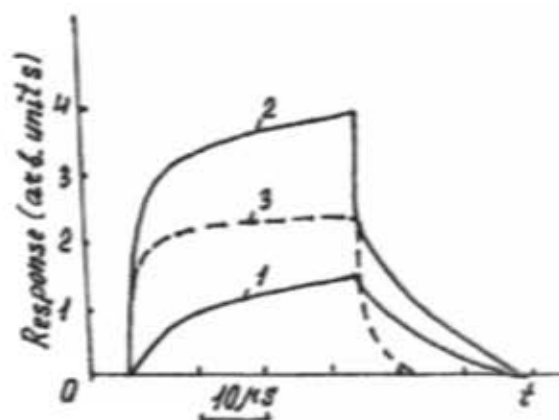


Рис. 3. Кинетика релаксации фотопроводимости $\text{Cd}_{0.27}\text{Hg}_{0.73}\text{Te}$, покрытого In_2O_3 :
1 - при малом уровне фотовозбуждения,
2 - при большом уровне фотовозбуждения,
3 - при наличии постоянной подсветки.

Исследования ВАХ структур $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ показывают, что диэлектрический зазор между In_2O_3 и $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ не является туннельно-прозрачным для носителей заряда даже при приложенном напряжении. На $C-V$ характеристиках при обратных напряжениях на частоте 0,3 МГц регистрируется емкость инверсного слоя. С увеличением частоты тестового сигнала низкочастотная $C-V$ характеристика переходит в высокочастотную. Анализ $C-V$ характеристик структур на основе p - и n -типов $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ указывает в обоих случаях на истощенный приповерхностный слой при $U=0$. Это позволяет считать,

что изгиб поверхностных зон определяется зарядом на поверхностных состояниях, а уровень Ферми на свободной поверхности фиксируется в области середины запрещенной зоны.

Анализ наблюдаемых особенностей фотопроводимости необходимо проводить с учетом фотопроводимости приповерхностной области пространственного заряда (ОПЗ) и рекомбинации в ОПЗ. Как нами было показано в [4], при истощающем изгибе зон, фотопроводимость $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ локализуется в ОПЗ и в области сильного поглощения выражается формулой:

$$\sigma_s = eI(1+b)\mu_{ps}\tau_s \quad (1)$$

где I - интенсивность генерации электронно-дырочных пар, μ_{ps} - поверхностная подвижность носителей заряда, $b = \mu_{ns}/\mu_{ps}$. Поверхностное время жизни определяется из выражения:

$$\tau_s^{-1} = \tau_v^{-1} \frac{1+L_c^2}{1+L_c} + \frac{S_{ef}}{(1+L_c)L_d} \quad (2)$$

где $L_c = \frac{1}{L_d} \int_0^l e^{-y(x)} dx$, при истощении $L_c = \frac{L_n}{L_d} \frac{e^{-y_s}}{\sqrt{-y_s - 1}}$

$$L_c^2 = \frac{1}{L_d} \int_0^l e^{-y(x)} \frac{\tau_v}{\tau(x)} dx$$

L_d - длина диффузии не основных носителей заряда, l - ширина ОПЗ, τ_v - объемное время жизни, S_{ef} - эффективная скорость поверхностной рекомбинации. После нанесения покрытия In_2O_3 , которое является вырожденным полупроводником n -типа проводимости на поверхность p -типа $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ изгиб поверхностных зон увеличивается. При этом, как видно из (2), при малых значениях скорости поверхностной рекомбинации $s < \frac{L_d}{\tau_v} (1+L_c)$

и рекомбинации в ОПЗ ($L_c^2 < L_c$) поверхностное время жизни τ_s увеличивается, приводя к увеличению фоточувствительности в КВ области спектра.

Для образцов n -типа $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ после нанесения In_2O_3 , по-видимому, изгиб поверхностных зон не увеличивается, поэтому поверхностное время жизни не изменяется. А спад фоточувствительности в КВ области спектра, как видно из формулы (1), обусловлен уменьшением поверхностной подвижности μ_{ps} по сравнению с исходным ее значением. Уменьшение μ_{ps} , как было показано в [5], обусловлено механическими перенапряжениями поверхности, возникающими из-за разницы температурных коэффициентов расширения пленки In_2O_3 и подложки $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$.

Таким образом, пленки In_2O_3 , обладающие высокой оптической прозрачностью и хорошей электропроводностью, при нанесении на поверхность $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ не увеличивают величину скорости поверхностной рекомбинации и структурно не изменяют приповерхностную область $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$, в отличие от ряда практически приме-

няемых металлов. Это позволяет считать данный материал перспективным при создании поверхностно-активных

фоточувствительных структур на основе $Cd_xHg_{1-x}Te$.

- [1] Н.Р. Ангин, В.А. Антонов, А.В. Войцеховский, М.Д. Пашковский. Зарубежная электронная техника, 1984, № 5.
 [2] В.А. Зуев, В.Г. Попов. Радио и связь, М., 1983, 160.
 [3] Ю.И. Равич. Советское радио, М., 1987, 92.

- [4] Э.К. Гусейнов, Н.Д. Исмаилов. ФТП, 1995, т. 28, в. 10, 1790-1795.
 [5] E.K. Gusejnov, N.D. Ismailov. Turk. Journ. of Phys., 1994, v. 18, № 7, 669-675.

İ.S. Nəzərov, X.D. Zalılova, N.D. İsmayılov, Ş.M. Kuliyev, S.E. Nəsirov

$In_2O_3-Cd_xHg_{1-x}Te$ ($0,2 \leq x \leq 0,3$) STRUKTURLARININ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

n- və p-tipli $Cd_xHg_{1-x}Te$ səthində In_2O_3 maqnetron tozlanma üsulu ilə alınan $In_2O_3-Cd_xHg_{1-x}Te$ strukturları tədqiq olunmuşdur. Fotokeçiricilik və foto-e.h.q. - in tədqiqatı nəticələrinin təhlili göstərir ki, şüalanmanın dalğa uzunluğu geniş diapazonda yüksək şəffaf olan In_2O_3 təbəqələr $Cd_xHg_{1-x}Te$ əsasında hazırlanmış səthi - həssas quruluşların yaranması üçün perspektivli materiallardır.

I.S. Gasanov, Ch.D. Zalilova, N.D. Ismailov, Sh.M. Kuliyeu, S.E. Nasirov

THE PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF $In_2O_3-Cd_xHg_{1-x}Te$ ($0,2 \leq x \leq 0,3$) STRUCTURES

The structures gotten by magnetron sputtering of In_2O_3 on the n, p - $Cd_xHg_{1-x}Te$ ($0,2 \leq x \leq 0,3$) surface have been studied. The analysis of results of photoconductivity and photocomotive force study shows, that the In_2O_3 films having the high transparency in wide excitation range of wave length are the perspective material for the creation of surface - sensitive structures on the $Cd_xHg_{1-x}Te$ basis.

Дата поступления: 19.11.96

Редактор: Б.Г. Тазиев