

УДК 621.315.592

СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК CdSe

Т. М. МИРЗАМАХМУДОВ, М. АЙИБЖАНОВ, Л. З. ДАПКУС,
М. КАРИМОВ, В. В. ЯСУТИС, Х. Х. ХОЛИДДИНОВ

(Кафедра физики)

Исследование фоточувствительных пленок, функционирующих в продольном режиме фотопроводимости, имеет важное значение в связи с расширением использования их при разработке продольных фоторезисторов, применяемых в радиоэлектронике. Для этих резисторов в отличие от поперечных характерны более высокий коэффициент использования приемной поверхности, большая удельная чувствительность по отношению к току и др. [2]. Структурным особенностям оцувствленных в различных атмосферах пленок посвящены лишь немногие работы. Например, в [3] рассмотрена связь между структурными и фотолюминесцентными параметрами отожженных пленок.

Нами изучалось влияние термического отжига на воздухе оцувствленных в оптимальном режиме пленок CdSe в присутствии CdCl₂ (I группа) и CuCl₂ (II группа) на их продольную фоточувствительность, структуру и электрофизические свойства.

Исходные пленки изготавливали методом термического испарения в вакууме 5·10⁻⁵ мм рт. ст. Параметры субструктуры — размеры областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей ($D_{окр}$) и среднеквадратичные значения микроискажения кристаллической решетки (ε^2)^{1/2} — определяли методом четвертого момента по профилю Fe K_α компоненты дифракционной линии $\{(111) + (0002)\}$ [4].

На основании результатов электронно-графических и рентгеновских исследований установлено, что свежеприготовленные пленки полифазные, они представляют собой кубические и гексогональные модификации. Исходя из соотношения отдельных модификаций пленок, определенного методом [6], можно заключить, что на долю гексогональной модификации приходится 44%. Для кристаллитов характерна преобладающая ориентация на плоскости (111) и (0002), которые параллельны плоскости подложки.

Электронно-микроскопические исследования показали, что вершины кристаллитов на поверхности пленок четко разграничены. Диаметр кристаллитов на поверхности пленок в среднем составляет 2—3 мкм. На фрактограммах видно, что структура верхней (преобладающей) части пленки столбчатая. Такая структура у подложки нарушается и толщина наиболее мелкокристаллитного слоя не превышает 0,5—1 мкм. Согласно рентгеновским исследованиям субструктуры среднее значение $D_{окр}$ в кристаллографическом направлении (111) и (0002) составляет 970 Å, а микроискажения кристаллической решетки — 6,8·10⁻⁴.

В результате отжига пленок на воздухе в атмосфере CdCl₂ изменяется строение их поверхности и прежде всего межкристаллитных областей: исчезает правильная о-

ранка вершин, которые приобретают округленную форму; углубления межкристаллических границ заполняются более дисперсными кристаллитами; столбчатая структура распространяется на всю толщину пленки. Угол рассеяния оси текстуры, определенный рентгеновским методом, несколько увеличивается (~21°).

Отжиг пленок на воздухе в атмосфере CuCl₂ приводит к более значительным изменениям поверхности, чем их отжиг в атмосфере CdCl₂. При этом теряется регулярность вершин кристаллитов. Однако из рентгенограмм следует, что в пленках сохраняется исходная текстура, причем угол рассеяния уменьшается до 17°.

Исследования показали, что изменения структуры пленок CdSe, связанные с особенностями технологии их изготовления, в частности, с условиями термической обработки, соответственным образом отражаются на их электрофизических и фотоэлектрических свойствах. Наиболее значительно изменяются концентрация, холловская подвижность и, следовательно, проводимость пленок II группы.

Сопоставление полученных результатов изучения спектра захвата фотонов центрами при использовании теории Луковского [по 5] и результатов исследования температурной зависимости фототока позволило определить оптическую и термическую энергии ионизации рекомбинационных центров. В образцах I группы уровни г- и s-центров находятся на расстоянии 0,52 и 0,95 эВ от потока валентной зоны. Эти уровни обусловлены вакансиями кадмия, при образовании которых основную роль играют атомы хлора [5].

При исследовании этих пленок по методу [5] наблюдается еще два локальных уровня с энергией ионизации 1,33 и 1,52 эВ. Эти уровни, по-видимому, можно приписать к одно- и двухзарядным вакансиям селена, которые, будучи до отжига заряженными, в процессе температурного отжига компенсируются г-центрами.

В образцах II группы наблюдается два типа г-центров с энергией ионизации 0,4 и 0,75 эВ. При температурном отжиге образцов I группы время $t_{оч}$ больше, чем время оптимального оцувствления $t_{оч}$ образцов II группы, количество гексогональной модификации H доходит до 72%. В образцах II группы H почти не изменяется, $D_{окр}$ образцов I группы составляет 2500 Å, а образцов II группы — 1870 Å. Таким образом, можно считать, что в первом случае (CdCl₂) оптимальное время $t_{оч}$ достаточно для образования вакансий кадмия. И за это время происходит частичная рекристаллизация пленок. При температурном отжиге в атмосфере CuCl₂ не происходит рекристалли-

Электрофизические и фотоэлектрические свойства пленок CdSe

Тип образца (пленки)	$\eta_T, \text{см}^{-3}$	$\mu, \frac{\text{см}^2 \cdot \text{В}}{\text{с}}$	$\Delta E_{\mu_T}, \text{эВ}$	$E_T/E_g, \text{эВ}$	$E_T, \text{эВ}$	$H, \%$	$D_{\text{окр}}, \text{А}$	$(\bar{e}r)^{1/4}$	$t_{\text{от}}, \text{мин}$
Свежеприготовленные	10^{11}	85	0,024			44	970	$6,8 \cdot 10^{-4}$	
Отожженные:									
I группа	10^{10}	16	0,32	0,54; 0,95	1,52; 1,33	77	2500	$8,6 \cdot 10^{-4}$	10
II группа	10^9	1	0,35	0,4; 0,75; 0,91		46	1870	$6,8 \cdot 10^{-4}$	6

зации пленок CdSe, атомы Cu, коэффициент диффузии которых больше, чем коэффициенты диффузии атомов Cl в CdSe, за время $t_{\text{от}}$ быстро замещают вакансии кадмия и тем самым компенсируют проводимость пленок. Наблюдаемые в этих пленках два типа центра чувствительности являются, по всей вероятности, результатом образования комплекса $[(\text{Cu}_{\text{Cd}})^- + \nu_{\text{Se}}^+]$. В работе [6] показано, что фотопроводимость таких пленок нужно рассматривать с точки зрения барьерного и концентрационного механизмов, поэтому нельзя пренебрегать влиянием межкристаллических барьеров на темновую проводимость и фотопроводимость.

Действительно, как видно из таблицы, при температурном отжиге пленок существенно

изменяется величина холловской подвижности носителей. Высота межкристаллитных барьеров при температурном отжиге в образцах I группы увеличивается до 0,32 эВ, что связано с притягиванием носителей из области пространственных зарядов — ОПЗ (может быть, даже из поверхностных состояний) в объем кристаллитов при перезарядке r - и s -центров. В образцах, отожженных в атмосфере CuCl_2 , носители притягиваются из ОПЗ еще сильнее, что приводит к образованию более высоких межкристаллитных барьеров (0,35 эВ).

Таким образом, между структурными и фотоэлектрическими параметрами пленок имеется определенная связь, изучение которой позволяет выяснить наиболее оптимальные условия получения фоточувствительных пленок селенида кадмия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бубнас Р. В., Вайткус Ю. Ю., Сenuлис Ф. Лит. физ. сб., 1978, № 1. — 2. Вдовенков А. А. и др. Исследование продольного режима работы пленочных CdS — CdSe фоторезисторов. — В сб.: Микроэлектроника, вып. 5. М., 1978. — 3. Гордеева Г. В. и др. Влияние оджига на структуру и электрофизические свойства полупроводниковых пленок селенида кадмия. — Электронная техника. Сер.: Материалы, 1978, вып. 3, с. 70—73. — 4. Дапкус Л. З. и др. Комплексное исследование субструктуры кристаллитов гексагональной

модификации и некоторых свойств пленок CaTe. — Лит. физ. сб. 1976. Т. 16, № 3, с. 419—426. — 5. Каримов М., Айибжанов М. Исследование люкс-амперной характеристики и температурного гашения фотопроводимости продольных пленочных фоторезисторов из CdSe, CdS_x S_{1-x}. — Республ. шк. молодых ученых и спец. Тез. докл., Фергана, 1982, с. 96. — 6. Reschinger W. A. — J. Sci. Instr., 1948, vol. 25, p. 254—255.

Статья поступила 8 октября 1985 г.

SUMMARY

Influence of thermal roasting under the aerobic conditions in the presence of CaCl_2 (1st group) and CuCl_2 (2nd group) on anteroposterior photosensitivity, structure and electrophysical characteristics of films activated under optimal regime has been studied. Thermal treatment causes structural changes in films, which eventually affects their electrophysical and photoelectrical characteristics.