

РЕЛАКСАЦИЯ ФОТОПРОВОДИМОСТИ ХИМИЧЕСКИ ОСАЖДЕННЫХ ПЛЕНОК $CdSe_{1-x}Te_x$

А.Ш.АБДИНОВ, М.А.ДЖАФАРОВ, С.А.МАМЕДОВА

Бакинский Государственный Университет

A3 1148, Баку ул. З.Халилова 23

При изучении кинетики фотопроводимости (ФП) пленок $CdSe_{1-x}Te_x$, полученных методом химического осаждения из раствора, наблюдались зависимость знака ФП от длины волны и интенсивности света, а также самогашение ФП. Установлено, что при выключении света в этих пленках имеет место остаточная проводимость. Полученные результаты объясняются наличием двух компонентов ФП - положительной, связанной с генерацией фотоносителей в объеме пленки, и отрицательной, связанной с генерацией фотоносителей в приповерхностной области пленок, и их последующим захватом на медленные поверхностные состояния.

ВВЕДЕНИЕ

Твердые растворы $CdSe_{1-x}Te_x$ уже известны [1,2] как перспективные фотопроводящие материалы, пригодные для видимой и ближней ИК областей спектра. Это обуславливает интенсивное исследование их различных физических свойств. Ранее нами сообщалось о некоторых фотоэлектрических свойствах тонких пленок $CdSe_{1-x}Te_x$, полученных химическим осаждением из водного раствора [3]. Было показано, что в отличие от большинства полупроводников эти пленки при определенных условиях обладают свойствами отрицательной фотопроводимости не в примесной области, а в коротковолновой части собственного поглощения. Изучению особенностей кинетики фотопроводимости указанных материалов в этой области и посвящена данная работа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве объектов исследований брались химически осажденные пленки $CdSe_{0,8}Te_{0,20}$. Измерения проводились при 300К в области длины волны и интенсивности света $0,30 \leq \lambda \leq 1,50 \mu\text{м}$ и $0 \leq \Phi \leq 200 \text{Лк}$, соответственно. Установлено, что при рассмотренных условиях пленки $CdSe_{0,8}Te_{0,2}$ непосредственно после осаждения обладают фоточувствительностью в области $0,40 \leq \lambda \leq 1,20 \mu\text{м}$ с максимумом при $\lambda_m \approx 0,95 \mu\text{м}$, наблюдается положительная фотопроводимость. Интегральная фоточувствительность, определяемая отношением I_Φ/I_Γ , где I_Φ и I_Γ – значения фото- и темнового тока, соответственно, линейно зависит от интенсивности падающего на образец света (Φ). При относительно слабых Φ под действием света с $\lambda_m \approx 0,95 \mu\text{м}$ проявляется отчетливо выраженное самогашение фотопроводимости, а процесс релаксации проводимости в них после выключения падающего на образец света состоит из двух этапов: первого резкспадающего и последующего долговременно-релаксирующего. При этом наблюдается значительная остаточная проводимость (ОП). В состоянии ОП квазиустановившееся значение проводимости ($\sigma_{оп}$) значительно меньше, чем исходной темновой (σ_0), т.е. наблюдается отрицательная ОП. Причем отношение $\sigma_{оп}/\sigma_0$ в рассмотренных условиях не зависит от интенсивности падающего на образец света (Φ). При повторном включении подсветки начальный резковозрастающий участок фотопроводимости не наблюдается, хотя при последующем выключении света предыдущий характер кинетики проводимости почти полностью сохраняется (Рис.1,а).

В отличие от этого случая при воздействии света с $\lambda=0,65\text{мкм}$ знак фотопроводимости (ФП) пленок $\text{CdSe}_{0,8}\text{Te}_{0,2}$ зависит от Φ . При этом в области относительно малых Φ наблюдается отрицательная, а при более высоких Φ - положительная ФП с ярковыраженным самогашением (Рис.1,б). В этом случае тоже при выключении света, независимо от его интенсивности, наблюдается остаточная проводимость. Квазиустановившееся при этом значение остаточной проводимости ($\sigma_{\text{оп}}$), как и в случае освещения светом с $\lambda\approx\lambda\approx 0,95\text{мкм}$ тоже оказывается меньше, чем σ_0 .

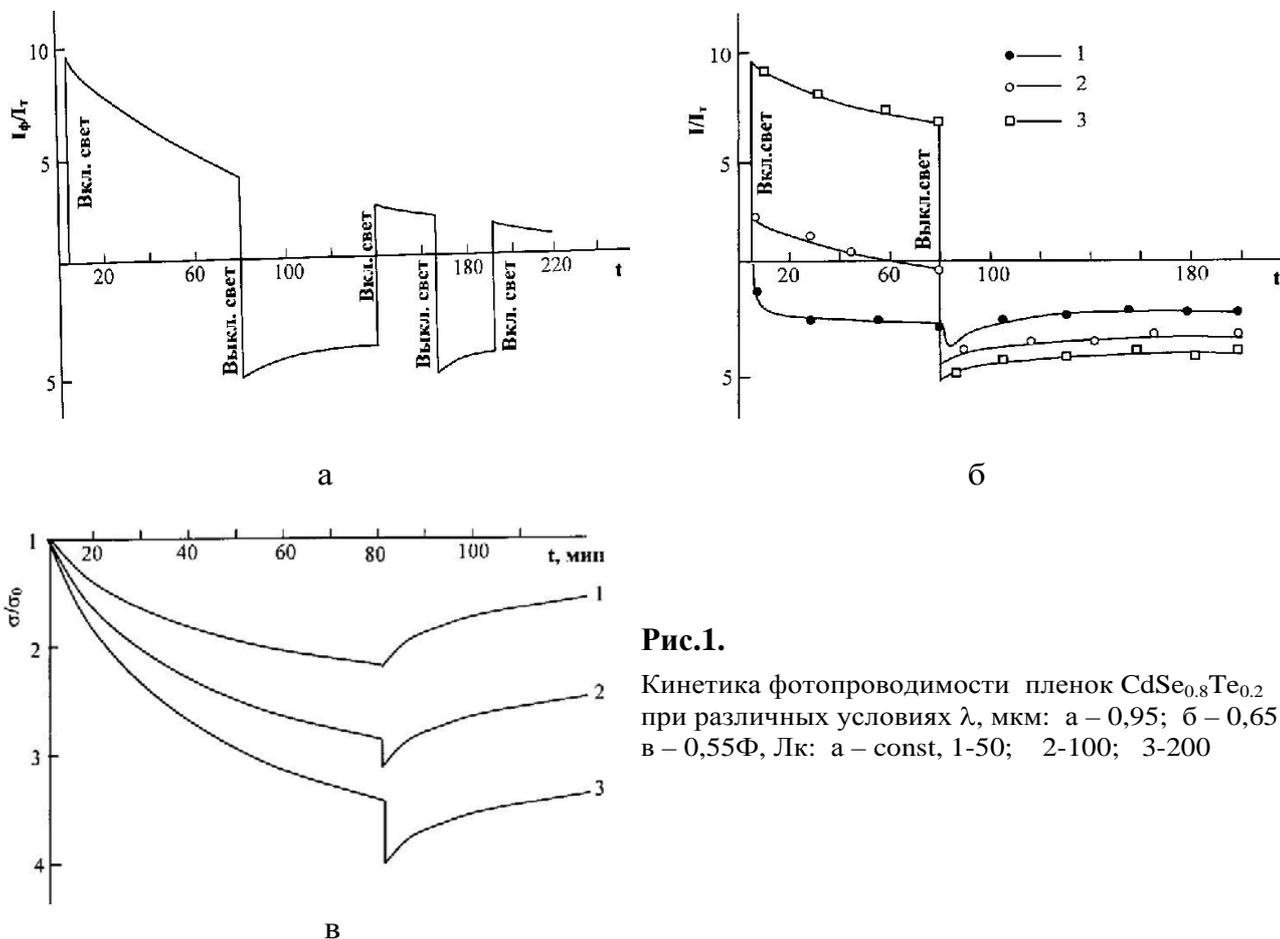


Рис.1.

Кинетика фотопроводимости пленок $\text{CdSe}_{0,8}\text{Te}_{0,2}$ при различных условиях λ , мкм: а – 0,95; б – 0,65; в – 0,55Ф, Лк: а – const, 1-50; 2-100; 3-200

На Рис.1,в приведены характерные кривые кинетики фотопроводимости тех же образцов, полученных под воздействием еще более коротковолнового собственного света ($\lambda=0,55\text{мкм}$). Как видно из этого рисунка, в этом случае во всем рассмотренном интервале Φ наблюдается ОФП, а после выключения света – отрицательная ОП.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мы считаем, что вся совокупность полученных результатов может объясняться в рамках двух компонентной модели фотопроводимости. В частности предполагается, что фотопроводимость изучаемых пленок в целом состоит из положительного компонента, обусловленного генерацией фотоносителей в объеме пленки, и отрицательного компонента, который связан генерацией фотоносителей в приповерхностной области, которые далее сильно захватываются на медленных поверхностных состояниях (МПС). В зависимости от соотношения величин этих двух компонент преобладают положительная и отрицательная ФП.

Зависимость величины и характера ФП от режимов осаждения пленок и их термообработки, которая нами обнаружена в экспериментах, тоже может удовлетворительно объясняться на основе предложенной модели. В частности, можно предполагать, что при термообработке на открытом воздухе атомы кислорода, адсорбируясь на поверхности изучаемых пленок, ведут себя как акцепторы и захватывают электроны. В результате чего при поверхностном слое изучаемых пленок образуется наноразмерная область, обедненная основными носителями заряда, т.е. область пространственного заряда (ОПЗ). Под действием света с $h\nu > \varepsilon_g$ происходит генерация фотоносителей как в объеме пленки, так и в ОПЗ. При этом часть генерированных фотоэлектронов захватывается на поверхностные состояния, что приводит к дальнейшему обеднению приповерхностной области пленок основными носителями, а также расширению ОПЗ, что проявляется в постепенном самогашении ФП. При выключении света фотоносители, находящиеся в объеме пленки, рекомбинируют полностью, а захваченные на поверхностные состояния – частично. Значительная часть последних оказывается захваченной на медленные поверхностные состояния с очень большим временем захвата, благодаря чему и возникает отрицательная ОП.

В рамках этой модели независимость $\sigma_{оп}/\sigma_0$ от интенсивности света может объясняться заполнением конечного количества МПС.

По-видимому, основной вклад в процессе захвата фотоэлектронов на МПС вносит поглощение света в приповерхностном слое изучаемых пленок. Поэтому при уменьшении длины волны света и глубины его проникновения в пленки наблюдается уменьшение положительной ФП и преобладание ОФП.

С целью непосредственного доказательства правильности предложенной модели нами проведены также дополнительные эксперименты по исследованию влияния термической обработки поверхности пленок на кинетику ФП при освещении светом с $\lambda=0.55\mu\text{м}$, для которого ОФП ярко выражена. Установлено, что термическая обработка (ТО) на открытом воздухе при 200°C приводит к увеличению амплитуды ОФП (Рис.2, кр.2).

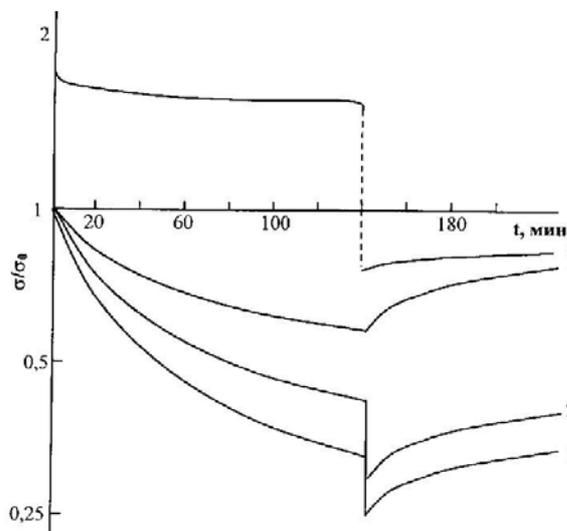


Рис.2.

Кинетика ФП пленок $CdSe_{0.8}Te_{0.2}$ до (1) и после термической обработки (2-4) на открытом воздухе (2,4) и в вакууме (3), $T=300\text{K}$; $\lambda=0,55\mu\text{м}$; $\Phi=150\text{Лк}$.

Дальнейшая термическая обработка поверхности пленок в вакууме приводит к изменению знака ФП. Сохранение незначительной ОП при этом может быть объяснено наличием остатков кислорода в пленке (Рис.2, кр.3). Оказалось, что после дополнительной термообработки на открытом воздухе термоциклированных в вакууме образцов вновь наблюдается ОФП, а характер ОП постепенно возвращается к исходному. При этом с увеличением продолжительности термообработки (ТО) на открытом воздухе эффект усиливается. До ТО поверхности пленок в начальный момент включения света наблюдается узкий положительный пик ФП, который быстро исчезает в результате самогашения. После ТО этот положительный пик ФП отсутствует. Этот факт можно объяснить увеличением толщины ОПЗ или плотности поверхностных состояний. В результате

последнего уже до воздействия освещения обеспечивается достаточная для экранирования объема пленки от действия излучения ширина ОПЗ. Обнаруженная при этом ОФП может быть объяснена захватом фотоэлектронов, генерируемых светом только в ОПЗ, что подтверждается отсутствием резкого падения проводимости в момент выключения света. Следует отметить, что положительный пик ФП появляется лишь после хранения изучаемых пленок на открытом воздухе в течении 3÷4 суток.

Таким образом, по своему характеру релаксация фотопроводимости (ФП) пленок $CdSe_{1-x}Te_x$, осажденных из раствора, заметно отличается от релаксации фотопроводимости в массивных образцах этого полупроводника, и в значительной степени определяется режимом осаждения и термической обработки, а также длиной волны и интенсивностью создающего ФП света.

1. М.К.Шейнкман, Н.Е.Корсунская, И.В.Маркевич, Т.В.Торчинская, *Тр.Межд.конф. по радиационной физике полупроводников и родственных материалов, Киев, (1982) 676.*
2. Н.Е.Корсунская, И.В.Маркевич, И.Ю.Шаблий, М.К.Шейнкман, *ФТП, 15* 1(1981) 179.
3. М.А.Джафаров, Э.Ф.Насиров, *XVIII Международная конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения, Москва, (2004) 202.*
4. М.А.Джафаров, *Неорганические материалы, 35* №3 (1999) 300.

KİMYƏVİ ÇÖKDÜRMƏ ÜSULU İLƏ ALINMIŞ $CdSe_{1-x}Te_x$ TƏBƏQƏLƏRİNDƏ FOTOKEÇİRİJİLİYİN RELAKSSİYASI

Ə.Ş.ABDİNOV, M.Ə.CƏFƏROV, S.A.MƏMMƏDOVA

İşdə məhluldan çökdürülmüş $CdSe_{1-x}Te_x$ nazik təbəqələrində fotokeçiriciliyin kinetikasi tədqiq olunmuşdur. Fotokeçiriciliyin işarəsinin işıq dalğa uzunluğundan və intensivliyindən asılılığı, fotokeçiriciliyin öz-özünə sönməsi, işıq söndürülməsi zamanı isə – fotokeçiriciliyin uzun müddətli relaksasiyası və qalıq keçiriciliyi müşahidə olunmuşdur. Eksperimental nəticələr fotokeçiriciliyin iki komponentinin olması ilə izah olunmuşdur. Müsbət fotokeçiriciliyin nümunələrin həcmində fotoyükdaşıyuların generasiyası ilə, mənfi fotokeçiriciliyin isə nümunələrin səthyanı oblastında yükdaşıyuların generasiyası və onların yavaş səth hallarında tutulması ilə bağlı olduğu müəyyənləşdirilmişdir.

RELAXATION OF PHOTOCONDUCTIVITY IN FILMS $CdSe_{1-x}Te_x$ CHEMICALLY DEPOSITED FROM SOLUTION

A.Sh.ABDINOV, M.A.JAFAROV, S.A.MAMEDOVA

The kinetics of photoconductivity of the chemically deposited $CdSe_{1-x}Te_x$ films has been investigated. The dependence of a photoconductivity signs on the wavelength and intensity of light, self-clearing of photoconductivity, and at reenergizing light - long-term relaxation of photoconductivity and also residual conductivity have been observed. The experimental results have been explained by presence of two components of photoconductivity: positive, which due to generation of photocarriers in volume of a film and negative, which due to generation of photocarriers at surface of films and their capture on slow surface states.

Редактор: А.Халилова