

## ИЗМЕНЕНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{AgGaSe}_{2-2x}\text{S}_{2x}$ ( $x=0,25$ ) В ПРОЦЕССЕ ОСВЕЩЕНИЯ

Д.Т.ГУСЕЙНОВ, ЗАФАР КАДЫРОГЛЫ, Т.Г.КЕРИМОВА

*Институт Физики НАН Азербайджана,  
г.Баку, AZ-1143, пр.Г.Джавида, 33.*

Н.Э.ГАСАНОВ

*Азербайджанский Государственный  
Экономический Университет,  
г.Баку, М.Мухтаров, 194.*

Исследована кинетика фотопроводимости в монокристаллах  $\text{AgGaSe}_{2-2x}\text{S}_{2x}$  ( $x=0,25$ ) в интервале температур (110÷400 К) и широком диапазоне энергии световых квантов (0,6÷3,0 эВ). Обнаружено уменьшение фоточувствительности образцов под действием света с интенсивностью больше некоторого граничного значения.

There has been investigated kinetics of photoconductivity of  $\text{AgGaSe}_{2-2x}\text{S}_{2x}$  ( $x=0,25$ ) single crystals in a wide range of temperature (110÷400 K) and exciting photon energies (0.6÷3.0 eV). It was found that by light with intensity more some boundary value the photosensitivity of samples decreases.

110÷400 K temperatur aralığında və işıq kvantlarının enerjisinin 0,6÷3,0 eV qiymətlərində  $\text{AgGaSe}_{2-2x}\text{S}_{2x}$  ( $x=0,25$ ) monokristallarında fotokeçiriciliyin kinetikasi tədqiq edilmişdir. Aşkar edilmişdir ki, işığın intensivliyinin müəyyən limit qiymətindən böyük qiymətlərində işığın təsiri ilə fəthəssaslıq azalır

Плавное изменение ширины запрещенной зоны и других параметров твердых растворов  $\text{AgGaSe}_2\text{-AgGaS}_2$  позволяют расширить возможности практического применения указанных соединений в оптоэлектронике. Нами выращены монокристаллы  $\text{AgGaSe}_{2-2x}\text{S}_{2x}$  с различными значениями  $x$ . Полученные кристаллы имеют халькопиритную структуру, а для твердых растворов концентрационные зависимости параметров “ $a$ ” и “ $c$ ” имеют линейный вид, который свидетельствует о полной взаимной растворимости в системе  $\text{AgGaSe}_2\text{-AgGaS}_2$ . Оптические, фотоэлектрические и излучательные свойства  $\text{AgGaSe}_{2-2x}\text{S}_{2x}$  исследовались в [1,2], в которых указывают на богатый спектр локальных центров в запрещенной зоне.

В настоящей работе приводятся результаты исследований влияния освещения на фоточувствительность (ФЧ)  $\text{AgGaSe}_{2-2x}\text{S}_{2x}$  ( $x=0,25$ ) в интервале температур (110÷400 К) и широком диапазоне энергии световых квантов (0,6÷3,0 эВ). В результате исследований обнаружено рост ФЧ со временем (фотоактивация) и фотоэлектрическая утомляемость (ФЭУ).

Изученные монокристаллы  $\text{AgGaSe}_{1,5}\text{S}_{0,5}$  ( $E_g=1,9$  эВ, при 300К) были получены газотранспортным методом и представляли собой трехгранные призмы почти черного цвета с максимальными размерами  $5 \times 2 \times 1$  мм<sup>3</sup> и зеркальными гранями. Образцы имели  $n$ -тип проводимости. Контакты наносились вплавлением In. При проведении измерений образцы помещались в криостат, имеющий оптическое окно. В криостате поддерживался вакуум  $10^{-3}$  Тор. Измерения проводились в области малых электрических полей  $E < 40$  В/см, что исключало наложение релаксации темновой проводимости в постоянном электрическом поле на релаксацию фотопроводимости (ФП). Перед началом засветки образец длительное время (не менее 3 ч) находился под измерительным напряжением.

В ходе экспериментов установлено, что изменение величины ФЧ в монокристаллах  $\text{AgGaSe}_{1,5}\text{S}_{0,5}$  со временем зависит от энергии и интенсивности возбуждающего света. Кинетика релаксации ФП имеет один и тот же характер при освещении как собственным, так и примесным светом. При переходе через край собственного поглощения картина качественно не меняется. Типичные кривые релаксации ФП при возбуждении монохроматическим излучением различной интенсивности приведены на рис. 1.

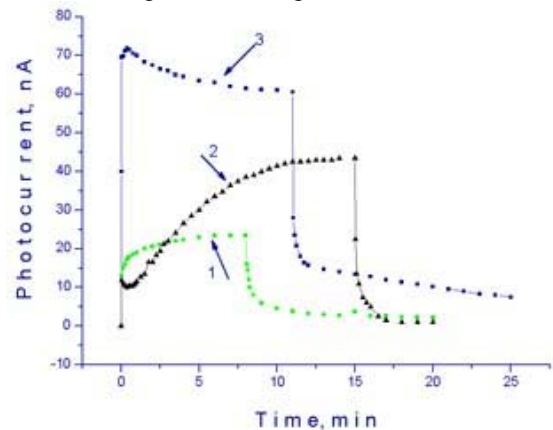
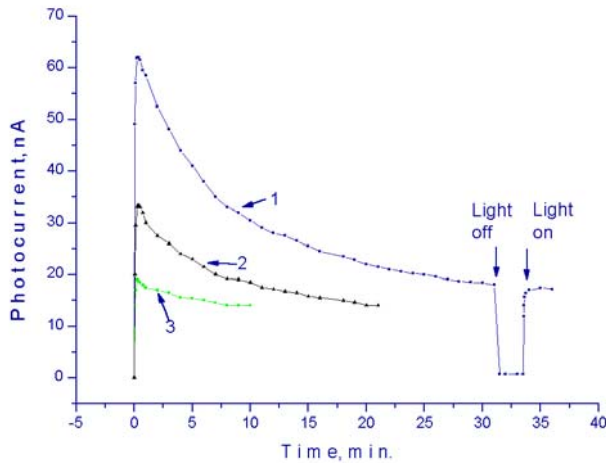


Рис.1. Кривые релаксации фотопроводимости при различных интенсивностях ( $L_1 < L_2 < L_3$ ) возбуждающего монохроматического света из области межзонного поглощения ( $\lambda = 540$  нм;  $T = 300$  К).

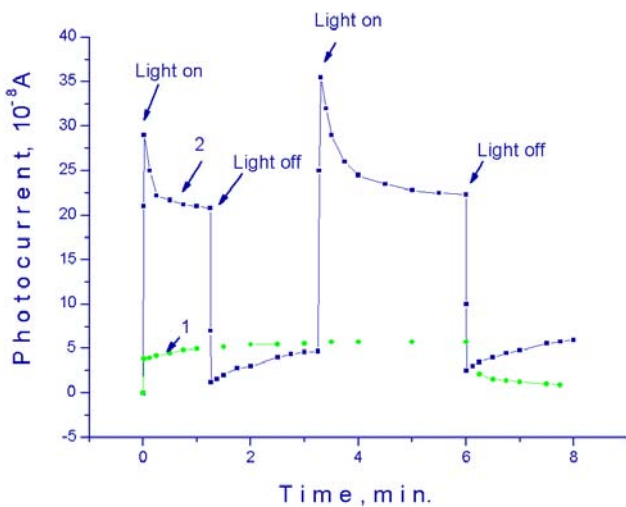
Видно, что при низких интенсивностях обнаруживается эффект фотоактивации – рост ФЧ со временем (рис.1, кр.1). При увеличении интенсивности возбуждающего света фототок после начального скачка сначала уменьшается (провал), а затем растет и достигает стационарного значения, т.е. фототок имеет

## ИЗМЕНЕНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{AgGaSe}_{2-x}\text{S}_{2x}$ ( $x=0,25$ ) В ПРОЦЕССЕ

«крючкообразную» форму (рис.1,кр.2). При дальнейшем увеличении интенсивности возбуждающего монохроматического света, больше некоторого граничного значения, за начальным всплеском фототока следует его медленнее уменьшение, т.е. обнаруживается ФЭУ (рис.1,кр.3). При интенсивном освещении проводимость в ходе релаксации может упасть близко к темновому значению тока. Таким образом, в образцах можно наблюдать фотоактивацию и ФЭУ, т.е. смешанную спектральную память. Отметим, что после протекания процесса ФЭУ обнаруживается индуцированная примесная ФП в длинноволновой области спектра ФП. При низких температурах ( $T=120\text{K}$ ) фотоактивация наблюдалась, а эффект ФЭУ отсутствовал.



a



b

Рис.2.а. Релаксация фотопроводности при возбуждении монохроматическим светом из области примесного поглощения ( $\lambda=800\text{nm}$ ;  $T=300\text{K}$ ). После прекращения освещения образец выдержан в темноте: 1) 60 час; 2) 3 час; 3) 0,5 час. На кривой 1 показан фотоотклик на повторное световое возбуждение с той же интенсивностью.  
 б Кривые релаксации фотопроводности при различных температурах кристалла ( $\lambda=520\text{nm}$ ): 1)  $T=300\text{K}$ ; 2)  $360\text{K}$ .

На рис.2.а приведена кинетика релаксации ФП монокристаллов  $\text{AgGaSe}_{1,5}\text{S}_{0,5}$  при возбуждении примесным светом ( $\lambda=800\text{nm}$ ) при  $T=300\text{K}$ . Видно, что в

результате освещения ФЧ уменьшается, устанавливается состояние с малой ФЧ. После выключения освещения ток релаксирует до темнового значения. Однако, повторное включение освещения той же интенсивности не вызывает долговременную релаксацию. Наблюдается небольшая малоинерционная ФП, т.е. имеет место своеобразная память (рис.2.а,кр.1). Свет значительно большей интенсивности вызывает новый процесс ФЭУ, приводящей к состоянию, «помнящему» об этой новой интенсивности. Следует отметить, что память связанная с ФЭУ является «скрытой». Темновая проводимость образцов с памятью и без нее одинакова. Для «проявления» памяти необходимо повторное освещение полупроводника. (Подобное явление обнаружено и в соединении  $\text{GaSb}<S>$  [3,4].) Для восстановления исходной ФЧ, необходимо было выдержать образец длительное время в темноте. Исходная ФЧ восстанавливается за значительно большее время, которое несколько раз превышает время установления ФЭУ. Об этом свидетельствуют кривые кинетики релаксации ФП при возбуждении монохроматическим светом  $\lambda=800\text{nm}$  образца выдержанного в темноте после прекращения освещения 0,5 час (рис.2.а,кр.3) и 3 час (рис.2.а,кр.2). Таким образом, характер нарастания ФП в кристаллах  $\text{AgGaSe}_{1,5}\text{S}_{0,5}$  сильно зависит от времени прошедшего с того момента, когда кристалл последний раз подвергался возбуждению.

Кривые релаксации ФП при одинаковой интенсивности возбуждающего монохроматического излучения для двух температур приведены на рис.2.б. При температуре образца  $T=300\text{K}$  за начальным всплеском фототока наблюдается медленный рост ФЧ. Увеличение температуры образца сильно меняет ход кривой релаксации ФП. Включение света приводит к резкому росту фототока и последующему ФЭУ. При выключении света ток сначала резко падает, проходит через минимум и медленно релаксирует к равновесному значению. Кроме того, при повторном световом возбуждении с той же интенсивностью величина фотоответа увеличивается.

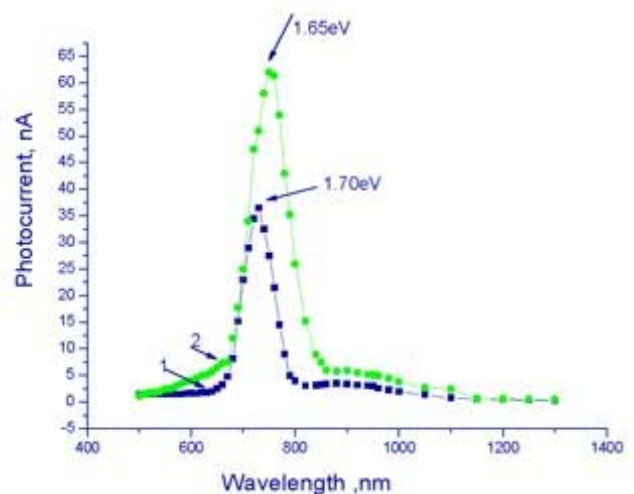


Рис.3. Спектральное распределение фотопроводности при температуре 300K: 1- при сканировании длины волны от длинных волн к коротким ; 2- при сканировании длины волны от коротких волн к длинным.

Исследовано также спектральное распределение ФП в зависимости от интенсивности света и времени. Амплитуды и положения максимумов на спектральных кривых ФП, сильно зависят от интенсивности света, времени облучения и направления изменения энергий квантов при снятии спектральных характеристик (от больших к меньшим и наоборот) (рис.3). По-видимому, в ходе релаксации фототока происходит перезарядка глубоких центров, которая приводит к изменению спектров ФП.

Механизм рассматриваемых процессов весьма сложен. Однако, уже полученные результаты имеют важное значение для выяснения механизма ФЭУ. Наблюдаемое влияние интенсивности освещения существенным образом сказывается на процессе установления стационарного фототока. Конкурирующие механизмы в зависимости от условий эксперимента проявляются по-разному, что обуславливает и сложный вид релаксационных кривых фототока. Полученные результаты можно объяснить, если предположить, что возбуждаемые светом носители в результате захвата на

ловушки сильно изменяют степень их заполнения, причем время захвата на ловушки больше времени жизни электронов. По мере заполнения ловушек все большая часть возбуждаемых в зону проводимости электронов может принять участие в проводимости. Ловушки должны быть довольно глубокими или быть окруженными потенциальным барьером [5,6]. В пользу барьерной модели говорят следующие экспериментальные факты: 1) сильное убывание эффекта с понижением и увеличение с ростом температуры; 2) медленный рост тока после выключения освещения при температурах выше комнатных (рис.2.б, кр.2); 3) наблюдение эффекта ФЭУ при высоких и отсутствие при низких интенсивностях. При интерпретации результатов следует учитывать и тот факт, что под действием зарядов, возникающих на примесях, образуются неоднородности электрического поля, которые влияют на ток во внешней цепи через управление инжекцией носителей и эффективностью их вылета из образца [7].

- 
- [1]. *J.C.Jr.Mikkelsen and H.Kidal.* –Appl.Phys., 49, 1, 1978.
- [2]. *Н.Э.Гасанов.*-Дисс. на соискание уч. степени канд. физ.-мат. наук, 1987, г. Баку, 157с.
- [3]. *А.Я.Вуль, Л.В. Голубев, Л.В.Шаронова, Ю.В.Шмарцев.* - ФТП, т.4, в.4, 2347, 1970.
- [4]. *А.Я.Вуль, Ш.И. Набиев, С.Г. Петросян, Л.В.Шаронова, А.Я.Шук.* - ФТП, т.11, в. 5, 914, 1977.
- [5]. *R.H.Bube, G.A.Dussel, Ching-Tao Ho, L.D.Miller.*- J.Appl.Phys., 37, 21, 1966.
- [6]. *Д.Т.Гусейнов, Т.Г.Керимова, Зафар Кадыроглы.* - ФТП, т.30, в.6, 974, 1996.
- [7]. *Л.А.Винокуров, Б.И.Фукс.* - ФТП, т.25, в11, 1991.

*Daxil olunub: 01.07.2007*