

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МДПМ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ СЕЛЕНИДА ГАЛЛИЯ

И.М. АЛИЕВ

Институт Физики АН Азербайджана
370143, Баку, пр. Г. Джавида, 33

Изучено электропоглощение и фотоэлектрические свойства структуры металл - тонкая пленка GaSe-GaSe-металл, а также фото-вольтаический эффект в структуре металл-монокристалл GaSe-металл. Наблюдалось уширение спектра электропоглощения, что свидетельствует о существовании сильного внутреннего электрического поля на границе монокристалл-пленка. Установлено просветление структуры в областях максимума фототока.

Как известно, влияя на граничные состояния в МДПМ-структуре, можно управлять оптическими свойствами полупроводников [1]. В неоднородных полупроводниках, в которых проявляется остаточная или замороженная проводимость, существуют внутренние поля. При освещении полупроводника из-за экранирования свободными носителями высота рекомбинационных и дрейфовых барьеров изменяется. Это изменение сохраняется длительное время. Следовательно, возможно существование "долгоживущих" изменений электрических полей в слоях пространственного заряда. Эффектом поля можно достичь сильной модуляции экситонного поглощения в режиме неравновесного длительно сохраняющегося обеднения поверхности полупроводника на границе раздела с диэлектриком [2].

С целью обнаружения влияния сильного поля пограничных пространственных зарядов на экситонное поглощение в настоящей работе изучено электропоглощение в созданной нами структуре металл - тонкая пленка GaSe - GaSe - металл.

На поверхность монокристаллического образца селенида галлия толщиной $d=8$ мкм была напылена тонкая пленка селенида галлия с высоким удельным сопротивлением. Затем на структуру с обеих сторон были нанесены полупрозрачные электроды из алюминия. Электрическое поле $E=E_0+E_0\cos\omega t$ прикладывалось вдоль направления прохождения поляризованного света.

Спектр электропоглощения для одной из структур приведен на рис.1. Как видно, спектр такой структуры при 77 К состоит из одного широкого отрицательного и двух положительных пиков в области длин волн 0.570-0.610 мкм. Данный спектр резко отличается от обычного спектра монокристалла селенида галлия, который при 77 К содержит отрицательный основной пик при $\lambda=0.59$ мкм, второй отрицательный пик при $\lambda=585$ мкм и три положительных пика.

Как видно из рис.1, уширенный отрицательный пик от структуры, в отличие от монокристалла, имеет особенность при $\lambda=0.598$ мкм. Кроме того, положительный длинноволновый пик сдвинут в сторону меньших энергий, и наблюдается при 0.608 мкм. Это, по-видимому, связано с уширением экситонного края поглощения внутренним полем. Результаты исследований полевой зависимости отрицательного пика (рис.2) показывают, что она имеет степенной характер $\Delta\alpha \sim E^n$ и $n=1.6$ до полей

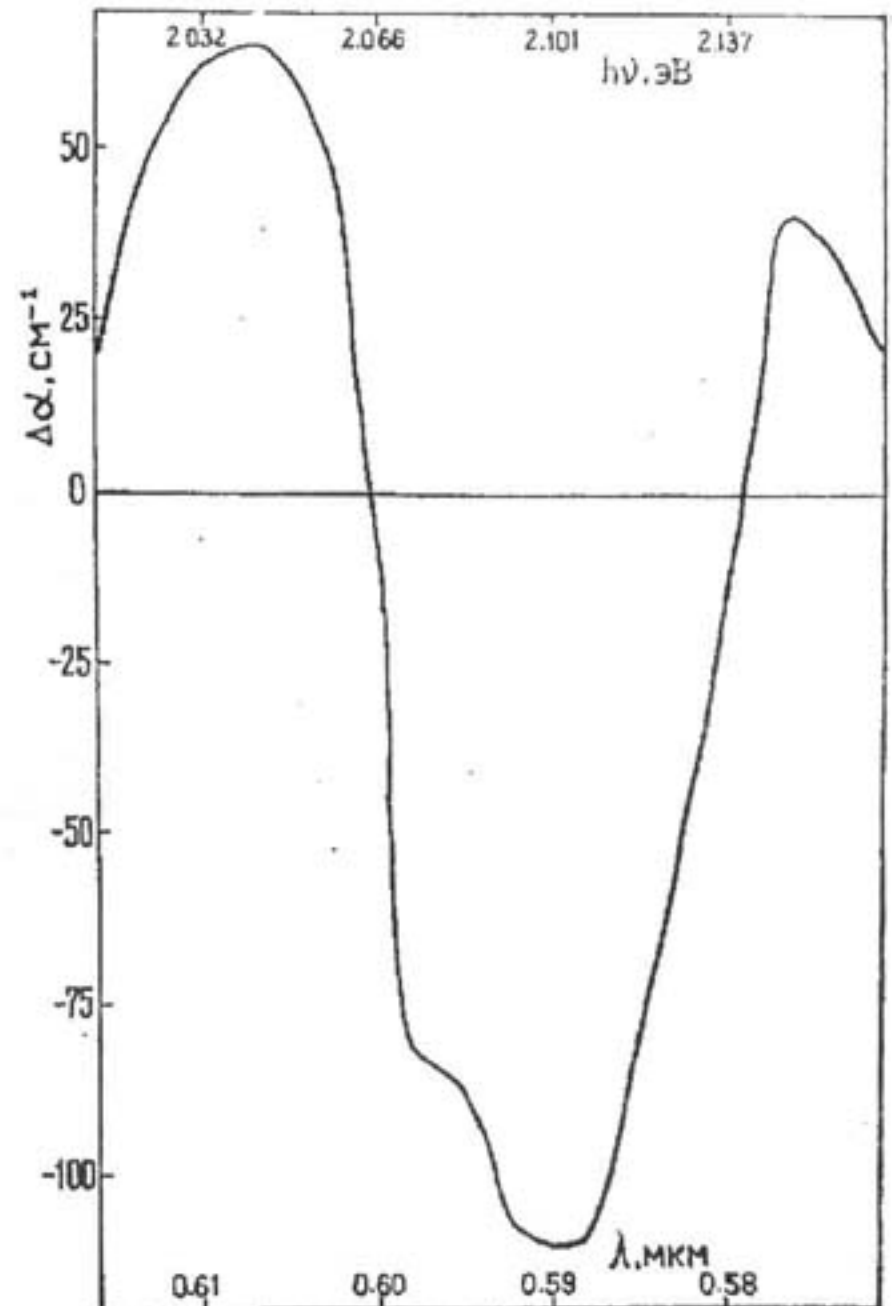


Рис.1. Спектр электропоглощения структуры Al-тонкая пленка GaSe - GaSe - Al при 77 К.

$E=2 \cdot 10^4$ В/см. Аналогичный спектр с меньшей амплитудой получен на первой гармонике при приложении к структуре только переменного электрического поля. Отметим, что наблюдаемое изменение наклона полевой зависимости сигнала электропоглощения может происходить при равных значениях внешнего и внутреннего электрических полей [3].

Таким образом, уширение спектра электропоглощения, характер его полевой зависимости и наличие сигнала на первой гармонике свидетельствуют о существовании сильного внутреннего электрического поля на границе монокристалл - тонкая пленка.

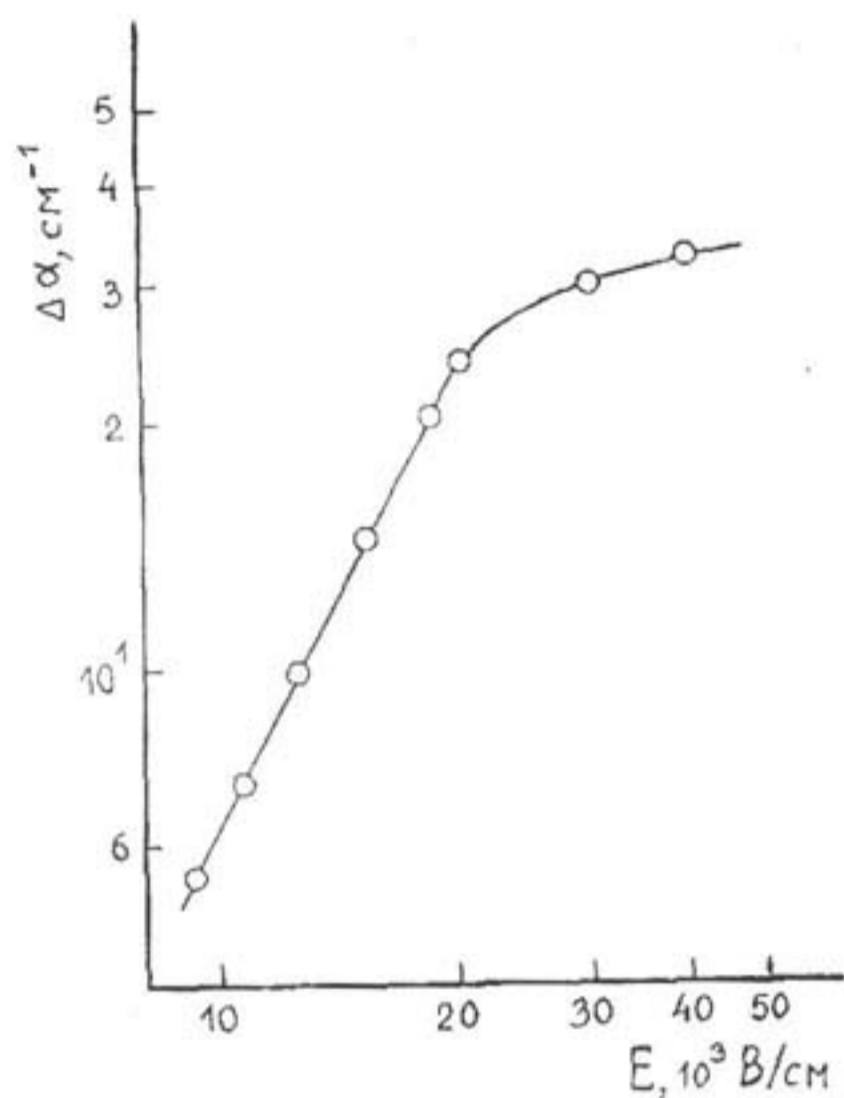


Рис. 2. Полевая зависимость отрицательного пика электропоглощения структуры Al-тонкая пленка GaSe - GaSe - Al.

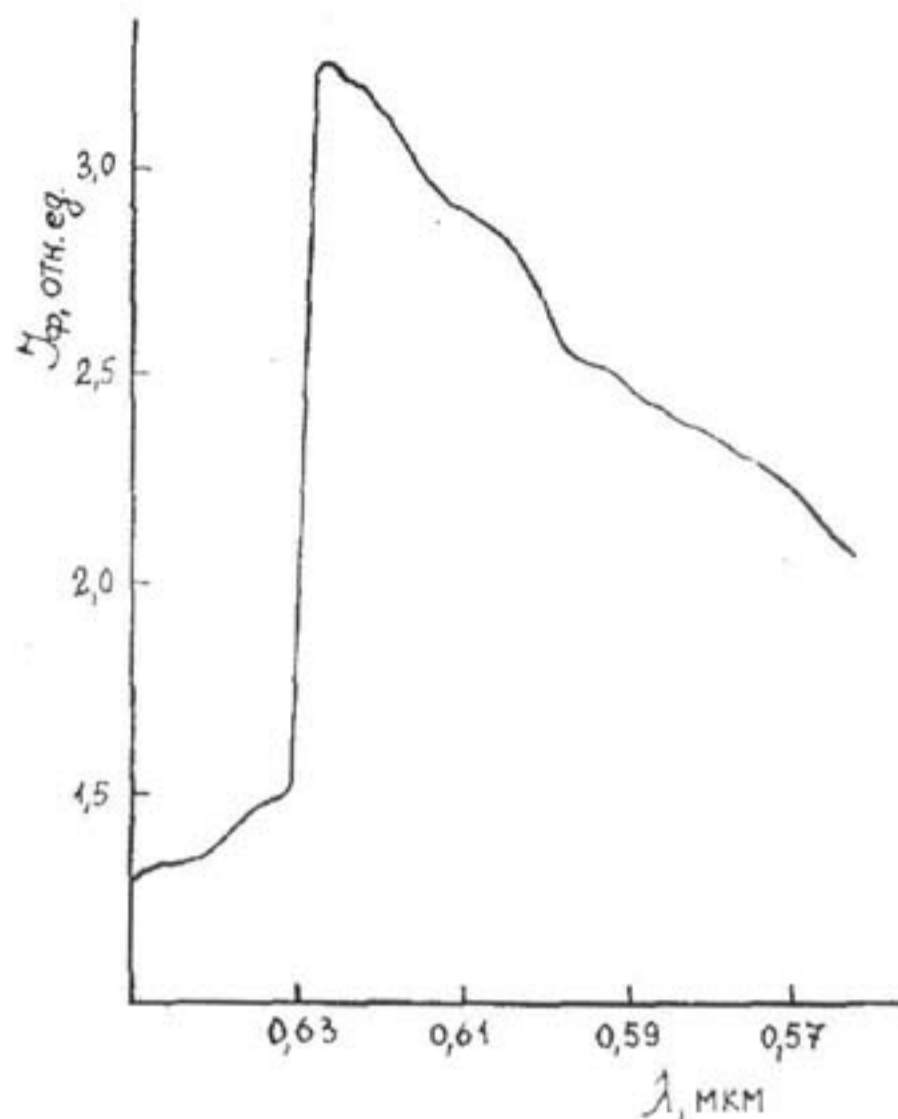


Рис. 3. Спектр фотопроводимости структуры Al-тонкая пленка GaSe - GaSe - Al при напылении пленки (300К)

Известно, что полупроводниковые пленки селенида галлия фоточувствительны, причем $R_T/R_C \sim 10^2$ [4]. Эти пленки имеют аморфную структуру, большое удельное сопротивление ($\rho \geq 10^{13}$ Ом·см), могут играть роль диэлектрика при создании МДПМ структур [5]. Исследование фотоэлектрических свойств в этих структурах представляет определенный интерес, так как наличие плоскопараллельных слоев в GaSe может привести к осцилляциям в спектрах фотопроводимости. Поэтому в работе рассматривались фотоэлектрические свойства МДПМ структуры на основе GaSe.

МДПМ структуры были изготовлены путем напыления на монокристаллическую пластинку селенида галлия аморфной пленки этого же материала с дальнейшим нанесением на эту структуру с обеих сторон полупрозрачных электродов из алюминия.

Спектр фотопроводимости одной из МДПМ структур приведен на рис. 3. Как видно из рисунка, в спектре фототока наблюдаются чередующиеся пики. Максимум при $\lambda = 0.620$ мкм связан с экситонной фотопроводимостью самой подложки, т.е. селенида галлия. Другие особенности в спектре, по-видимому, связаны с интерференционным эффектом.

При прохождении монохроматического света через плоскопараллельный слой многократно отраженные лучи интерферируют, и в результате происходит модуляция света внутри структуры, что приводит к осцилляциям в спектральной зависимости фототока. Поскольку напыление производилось на холодную подложку, то полученный слой являлся аморфным. Близкие значения показателей преломления пленки и подложки обуславливают

небольшую глубину интерференционной модуляции, то есть просветление. Яркий эффект просветления наблюдается при наложении тонкого плоскопараллельного монокристаллического слоя селенида галлия на поверхность фоточувствительного образца.

Спектр фотопроводимости такой структуры приведен на рис. 4. Как видно, наблюдается достаточное просветление структуры в областях максимума фототока. Эту структуру можно представить как двухслойное просветляющее покрытие с показателем преломления пленки селенида галлия $n_1 \approx 3$ и воздуха $n_2 \approx 1$. При этом из-за $n_1 > n_2$ происходит просветление в областях длин волн $\lambda/2 = 2nd$, где d - толщина пленки.

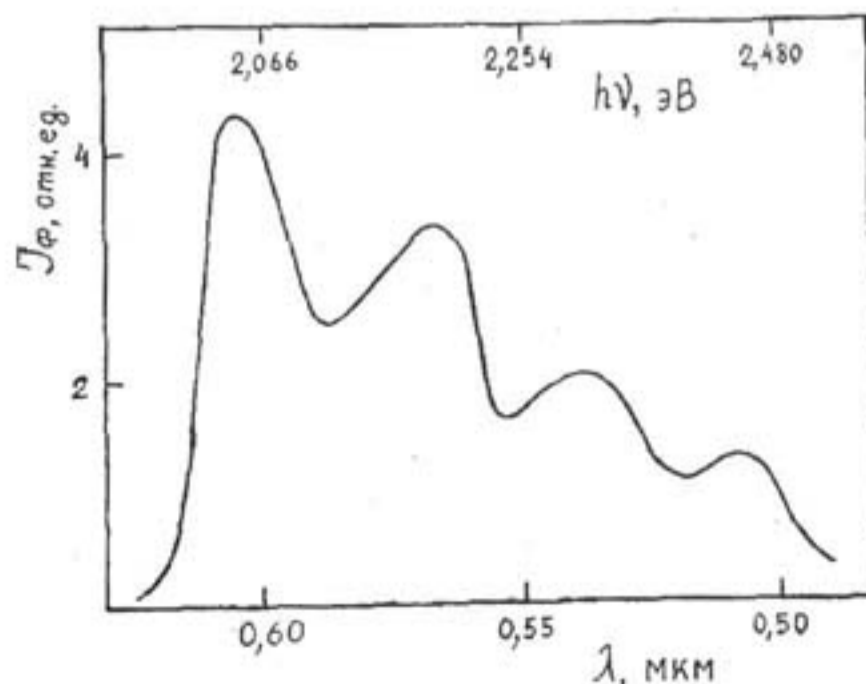


Рис. 4. Спектр фотопроводимости структуры Al-тонкая пленка GaSe - GaSe - Al при наложении пленки (300 К).

Отметим, что коэффициент поглощения в тонких пленках селенида галлия в области прозрачности составлял $\sim 10 \text{ см}^{-1}$, что указывает на перспективность их применения в прикладной оптике.

В структуре алюминий-монокристалл селенида галлия - алюминий исследован также и фотовольтаический эффект. Спектр фотоэдс приведен на рис.5.

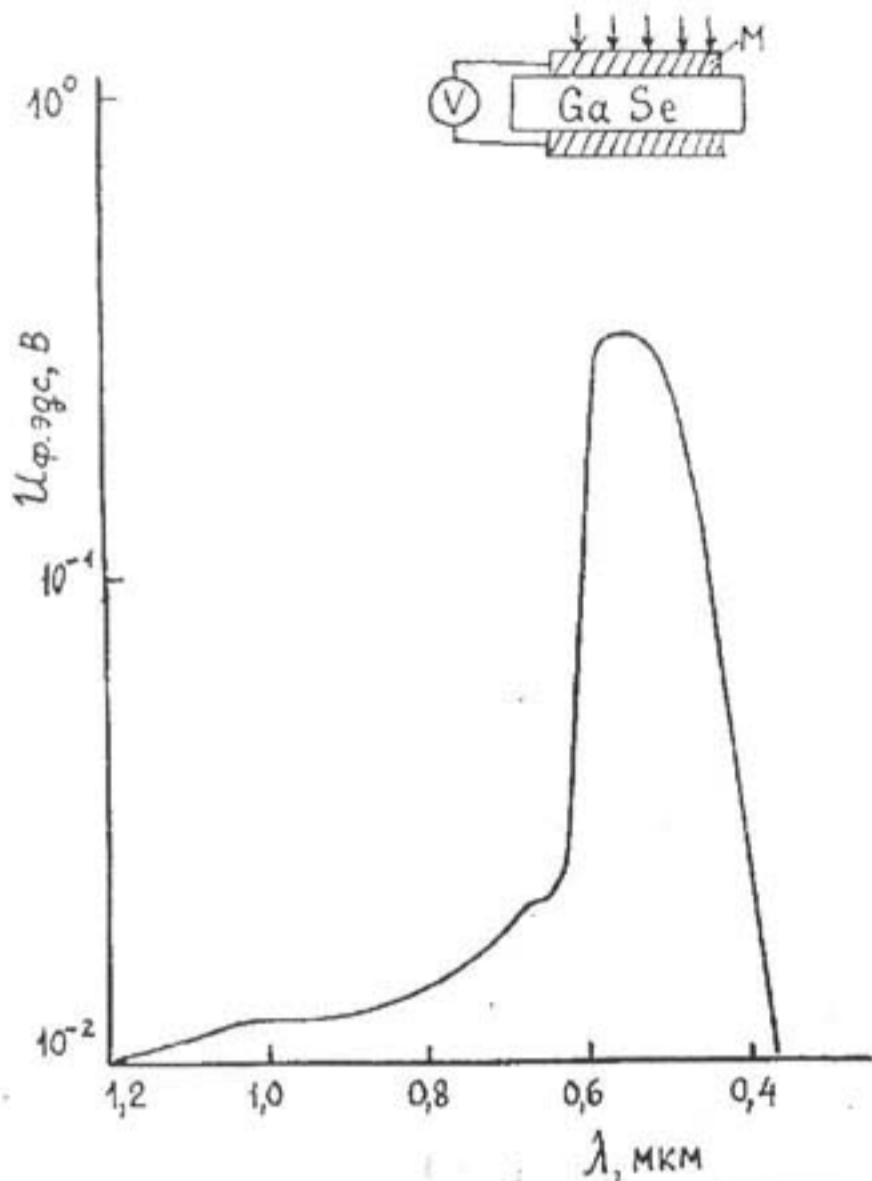


Рис. 5. Спектр фотоэдс структуры Al-GaSe-Al (300 К).

Из рис.5 видно, что данная структура преобразует световую энергию в области спектра 0.3-1.2 мкм в электрическую, причем при обычных интенсивностях наблюдается $\sim 0.7 \text{ В}$ фотоэдс.

На рис.6 приведена вольт-амперная характеристика структуры. Анализ показал, что несимметричность ВАХ связана с барьером Шоттки на границе GaSe-Al. Резкий

рост величины фотоэдс в области длин волн $0.65 \geq \lambda \geq 0.62 \text{ мкм}$, по-видимому, связан с поглощением света на экситонах, которые в сильных полях барьера распадаются на свободные электроны и дырки. Как следует из рис.5, фотоэдс имеет максимальное значение в области $0.622 \geq \lambda \geq 0.450 \text{ мкм}$, где имеет место переход электронов в экситонные состояния и в зону проводимости. Разделение носителей происходит полем барьера $< 10^5 \text{ В/см}$, так как в спектрах поглощения и фотопроводимости, в этом случае, всегда наблюдается структура связанная с экситонами Ванье-Мотта с энергией связи $\sim 24 \text{ мэВ}$. При $\lambda = 0.620 \text{ мкм}$ свободные носители образуются в результате термополевой диссоциации экситонов на свободные носители.

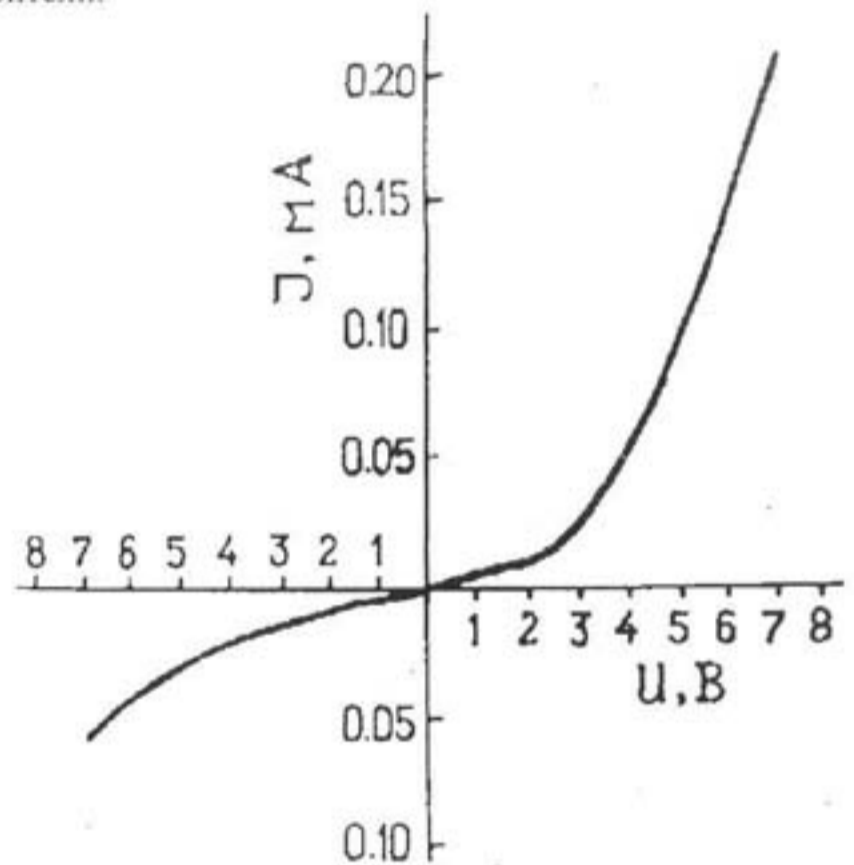


Рис.6. Вольтамперная характеристика структуры Al-GaSe-Al.

Таким образом, в вышеуказанной структуре фотоэдс при энергиях более 2 эВ связана с разделением свободных носителей электрическим полем объемного заряда. Отметим, что большая концентрация экситонов, и, следовательно, свободных носителей обуславливают и достаточную фотоэдс на краю поглощения данной структуры.

- [1] А.Н. Архипов, М.И. Елинсон, А.Г. Ждан, В.Б. Сандомирский, А.А. Сигарев. ФТП, 1977, т.11, № 1, с. 51-54.
- [2] Л.А.Авдеева, П.И.Петров, В.И. Поляков, М.И. Елинсон, С.А. Айтхожин. Микроэлектроника, 1973, т. 2, № 4, с.359-361.
- [3] Д.И. Блецкан, В.И. Будянский, И.Ф. Котинец, М.Ю. Сичка. Укр. Физ. Журн. 1975, т.20, № 10,

с.1648-1651.

- [4] Г.Б.Абдуллаев, Б.Г.Тагиев, С.Н.Мустафаев, Г.М. Мамедов. Изв. АН Азерб. ССР, сер. физ.-техн. и мат. наук, 1978, № 1, с.36-39.
- [5] Н.А. Алиев, Б.Г. Тагиев, Г.М. Мамедов. Изв. АН Азерб. ССР, сер. физ.-техн. и мат. наук, 1980, № 4, с. 74-76.

İ.M. Əliyev

QALLIUM SELEN ƏSASINDA MDJM STRUKTURUNUN ELEKTRİK VƏ FOTOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Metal-GaSe nazik təbəqəsi-GaSe-metal strukturunda elektrikudulma və fotoelektrik xassələri, metal-GaSe monokristal-metal strukturunda fotovoltaiik effekt öyrənilmişdir. Elektrikudulma spektrində genişlənmə müşahidə olunur və o monokristal-nazik təbəqə sərhəddində güclü daxili elektrik sahəsinin mövcudluğuna dəlalət edir. Fotocərəyanın maksimumu oblastlarında strukturun şəffaflanması göstərilmişdir.

I.M. Aliyev

ELECTRIC AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF MDSM STRUCTURE ON GALLIUM SELENIDE BASE

An electroabsorption and photoelectric property of metal-thin film GaSe – monocrystal GaSe – metal and photovoltaic effect of metal – monocrystal GaSe – metal structures was studied. It was observed the widening of electroabsorption spectra, which witness about existence of the strong internal electric fields on the boundary monocrystal – film. It was determined the brightness of structures in the field of maximum photocurrent.

Дата поступления: 05.05.98

Редактор: Б.Г. Тагеев