

ИНДУЦИРОВАННАЯ ПРИМЕСНАЯ ФОТОПРОВОДИМОСТЬ В CdGa₂S₄

Т.Г. КЕРИМОВА, З.Г. МАМЕДОВ, А.Г. СУЛТАНОВА

Институт Физики АН Азербайджана

370143, Баку, пр.Джавида, 33.

Исследована индуцированная примесная фотопроводимость (ИПФ) в монокристаллах CdGa₂S₄ при различных временах предварительного экспонирования и выдержки в темноте, зависимость ИПФ от энергии возбуждающего света и температуры.

Анализ экспериментальных результатов позволил сделать вывод о том, что в процессах ИПФ участвует широкий спектр локальных центров. Процессом ИПФ в CdGa₂S₄ можно управлять заполнением и опустошением локальных центров в интервале 1,06±2,4 эВ.

Индукцированная примесная фотопроводимость (ИПФ) является одним из методов исследования спектра локальных состояний в полупроводниках. ИПФ наблюдалась в монокристаллах твердых растворов AgGaS_{2x}Se_{2(1-x)} [1]. Суть этого явления заключается в том, что нефоточувствительный материал после предварительной подсветки из области собственного поглощения становится фоточувствительным. Однако, в отличие от вышеуказанных соединений CdGa₂S₄ очувствляется во время предварительной подсветки.

Ранее нами была исследована фотопроводимость, зависящая от времени, в CdGa₂S₄ [2]. В настоящем сообщении приводятся результаты исследования ИПФ с целью установления корреляции в поведении медленного увеличения ФП и ИПФ в CdGa₂S₄.

жду электродами составляло $d \sim 1$ мм. Образцы монтировались в криостате и во время измерений поддерживались вакуум $\sim 10^{-3} \div 10^{-4}$ мм.рт.ст. В области температур 100-300К в исследуемых образцах темновой ток не зависит от температуры. В этой же области температур отсутствовала термостимулированная проводимость.

Экспериментальные результаты и обсуждение.

На рис.1 представлена зависимость тока, проходящего через образец, от времени $J=J(t)$ где $J=J_d+J_p$ (J_d - темновой ток, J_p - фототок).

Образец освещался монохроматическим светом постоянной интенсивности из области энергий 2,6±3,2 эВ (момент t_1). Как видно из рис.1 со временем фототок увеличивается и достигает значительной величины (ac). После снятия освещения (момент t_2) ток в цепи сначала резко, а затем медленно уменьшается (cd), причем значение темного тока оказалось меньше, чем до освещения (cd проходит ниже ah). Видно, что в процессе очувствления темновой ток уменьшается. Выдерживая образец некоторое время в темноте, а затем освещая монохроматическим светом из области энергий 1,06±2,4 эВ (момент t_3) мы видим, что ток в цепи сначала возрастает «вспышкой» (de), проходит через максимум и уменьшается (ef), т. е. обнаруживается индуцированная примесная фотопроводимость. Отметим, что после опустошения уровней светом образец возвращается в исходное нефоточувствительное состояние. Для очувствления образца требуется повторное длительное освещение из области энергий 2,6±3,2 эВ

Кинетика фотопроводимости в CdGa₂S₄ достаточно сложна. В настоящей работе не ставилась задача подробно исследовать характеристики кинетических процессов, которые определяются многими параметрами, в том числе степенью выведения системы из состояния равновесия, т.е. интенсивностью и длительностью предварительной подсветки. Однако, представлялось интересным сравнить кинетику медленного роста фотопроводимости CdGa₂S₄ при различных степенях заселенности уровней, обуславливающих ИПФ. С этой целью была исследована кинетика ИПФ ($\lambda=850$ нм) при различных временах предварительного экспонирования ($\lambda=440$ нм) (рис.2а) и при различных временах выдержки в темноте после экспонирования ($\lambda=440$ нм) (рис.2б). Видно, что с увеличением времени

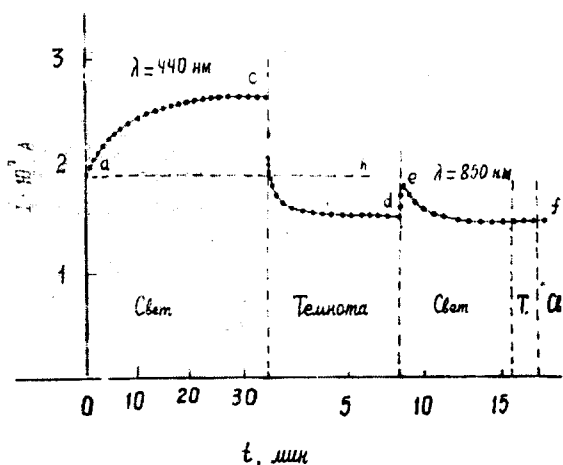


Рис.1. Кинетика фотопроводимости и индуцированной примесной фотопроводимости (ИПФ) в монокристаллах CdGa₂S₄ при 300К.

Монокристаллы CdGa₂S₄ были получены методом газотранспортных реакций. В качестве исходного материала использовался поликристаллический CdGa₂S₄. Выращенные монокристаллы имели вид трехгранных призм с зеркальными поверхностями [11̄2], [1̄12] и [001]. Образцы имели p-тип проводимости и удельное сопротивление не менее 10⁹ ом·см при 300К.

Для исследования образцам придавался вид плоскопараллельных пластин размерами 3x2x2 мм³. В качестве контактов использовался вплавленный индий. Расстояние ме-

предварительного экспонирования значение максимума ИПФ увеличивается. Последнее связано со степенью заполнения уровней, ответственных за ИПФ. С увеличением времени выдержки образца в темноте, значение максимума ИПФ уменьшается, что свидетельствует о том, что происходит обратный процесс, т.е. со временем уровни опустошаются. Состояние с ИПФ при комнатной температуре сохраняется в течении длительного времени (более 8 часов). Интересным моментом является то обстоятельство, что если в первом случае значение максимума ИПФ не изменяется, то во втором случае наблюдается его изменение. Можно сделать качественный вывод о том, что смещение максимума связано с процессом медленного опустошения локальных центров.

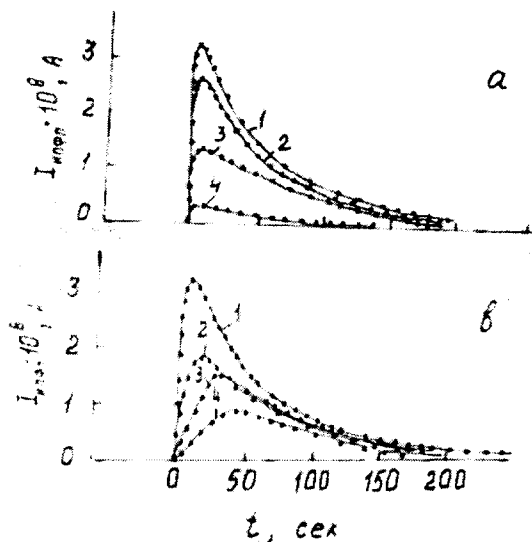


Рис.2. Кинетика индуцированной примесной фотопроводимости ($\lambda=850\text{nm}$):

- а) при различных временах предварительного экспонирования: 1) 30 мин.; 2) 20 мин.; 3) 10 мин.; 4) 2 мин.;
- б) при различных временах выдержки в темноте после экспонирования ($\lambda=440\text{nm}$) в течении 30 мин.: 1) 5 мин.; 2) 30 мин.; 3) 60 мин.; 4) 4 часа.

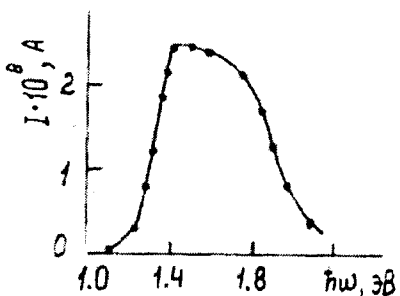


Рис.3. Зависимость тока, соответствующая максимуму ИПФ, от энергии возбуждающего света.

На рис.3 представлена зависимость тока, соответствующая максимуму ИПФ от энергии возбуждающего света. График построен в режиме последовательного возбуждения. Каждый раз после одночасового экспонирования с

$\lambda=440\text{nm}$, образец выдерживали в течении 1 минуты в темноте, а затем освещали монохроматическим светом из области примесного поглощения. Видно, что спектр ИПФ представляет собой широкую полосу в интервале $1,06\pm 2,2\text{эВ}$ с максимумом при $1,45\text{эВ}$. Последнее свидетельствует о том, что в процессах ИПФ участвуют уровни с энергиями $1,06\pm 2,2\text{эВ}$. Это согласуется с результатами по исследованию спектров фотопроводимости и примесного электропоглощения [3] и ТСП [4].

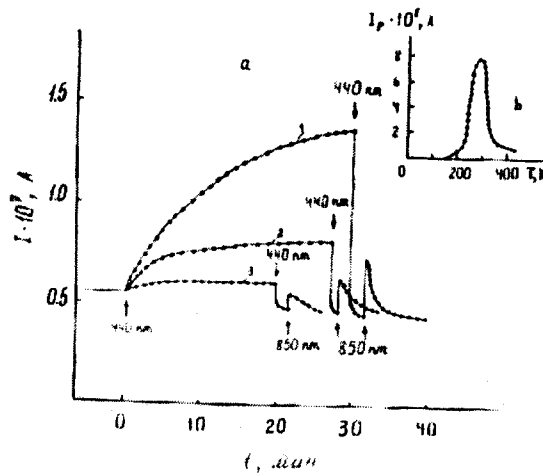


Рис.4. Кинетика фототока (ФП) и индуцированной примесной фотопроводимости (ИПФ) при различных температурах 1) 300К; 2) 330К; 3) 365.

На рис.4 представлена кинетика фототока и индуцированной примесной фотопроводимости при различных температурах. В области температур $150\pm 290\text{K}$ наблюдается активация фототока (вставка на рис.4). При комнатной температуре начинается температурное гашение фототока, которое продолжается до 450 К. Кинетику роста фототока и кинетику ИПФ исследовали при значениях температур из области спадающей ветви зависимости $J_p=J_p(T)$ (рис.4). Видно, что с ростом температуры время нарастания фототока уменьшается, одновременно уменьшается и максимум ИПФ.

Очувствление CdGa₂S₄ происходит при заполнении уровней, участвующих в процессах ИПФ т.е. имеет место корреляция между медленным ростом ФП и ИПФ.

Сложный химический состав, наличие двух типов атомов в катионной подрешетке CdGa₂S₄ обеспечивают богатый спектр локальных состояний в запрещенной зоне. Действительно, (рис.3) зависимость тока соответствующего максимуму ИПФ от энергии возбуждающего света свидетельствует о том, что в процессах ИПФ участвует целый спектр локальных состояний в интервале $1,06\pm 2,4\text{эВ}$ и подтверждает предыдущий вывод.

Подводя итог вышеизложенному можно сделать заключение, что основной вклад в величину индуцированного примесного фототока вносят энергетически близко расположенные локальные центры, заполнением которых можно управлять величиной ИПФ.

- [1] *Н.Э.Гасанов*. Канд. диссертация Электронные спектры монокристаллов $\text{AgGaS}_{2x}\text{Se}_{2(1-x)}$. Баку, 1987, 150с.
- [2] *Т.Г.Керимова, З.Г.Мамедов, А.Г.Султанова*. Фоточувствительность, зависящая от времени, в CdGa_2S_4 . *Fizika*, 1999, №4, с18.
- [3] *A.N.Georgobiani, S.J.Radautsan, j.M.Tiginyani* Electroabsorption and Non-Equilibrium Carrier Recombination in CdGa_2S_4 single crystals. *Phys. stat. Sol (a)* 1982, 69, 513
- [4] *P. Kivits, J. Reulen, J. Hendricx, F. Van Empel and J. Vankleef*. *J. of luminescence* 1978, 16, 145.

T.Q. Kərimova, Z.Q. Məmmədov, A.Q. Sultanova

CdGa_2S_4 - DƏ STİMULLAŞDIRILMIŞ AŞQAR FOTOKEÇİRİCİLİYİ

CdGa_2S_4 monokristallarında qabaqcadan müxtəlif müddətli eksponirə olunmanın və qaranlıqda saxlamanın təsiri ilə stimullaşmış aşqar fotokeçiriciliyinin (SAFK) düşən işığın enerjisindən və temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir. Təcrübi nəticələrin təhlilindən belə qənaətə gəlmək olur ki, SAFK prosesində lokal mərkəzlərin geniş spektri iştirak edir.

CdGa_2S_4 -də (SAFK) prosesini 1,06-2,4 eV intervalında lokal mərkəzləri doldurmaq və boşaltmaqla idarə etmək olar.

T.G.Kerimova, Z.G.Mamedov, A.G.Sultanova.

STIMULATED IMPURITY PHOTOCONDUCTIVITY IN CdGa_2S_4

Stimulated impurity photoconductivity (SIPC) in monocrystals CdGa_2S_4 different times of preliminary lighting and in keeping in darkness. energy and temperature dependence of (SIPC) were investigated. Analyses of experimental results help us to conclude that, in (SIPC) process it take place wide spectra of local centres. One can rule the (SIPC) process in CdGa_2S_4 by full up and ravage of local centres in 1,06+2,4 eV interval.