

ОПТИЧЕСКОЕ ГАШЕНИЕ ФОТОТОКА В СОЕДИНЕНИИ CdGa₂S₄

ЗАФАР КАДЫРОГЛЫ, Д.Т.ГУСЕЙНОВ, Р.А.ГУЛИЕВ

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

CdGa₂S₄ monokristallarında fotocərəyanın ortik söndürülməsi, ortik söndürmənin kinetikası və fotocərəyanın temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir. Yarımkeçiricinin qadagan olunmuş zonasında enerjisi 0,21 və 0,42 eV olan yarışma mərkəzləri, enerjisi 1,06 eV olan donor səviyyə, enerjisi ~0,6 və 0,89 eV olan fotohəssaslıq mərkəzləri olduğu aşkar edilmişdir.

Исследовано оптическое гашение собственного фототока, кинетика оптического гашения и температурная зависимость фототока в монокристаллах CdGa₂S₄. Обнаружены локальные уровни в запрещенной зоне: центры прилипания для электронов с энергией 0,21 и 0,42 эВ, донорный уровень 1,06 эВ под дном проводимости, центры фоточувствительности с энергией ~0,6 и 0,89 эВ над потолком валентной зоны.

There has been investigated optical quenching of photoconductivity as a function of the wavelength by secondary light, kinetics of the optical quenching and the temperature quenching of the photoconductivity in the ternary compound CdGa₂S₄. It was found electron trap levels laying at 0.21 and 0.42 eV below the conduction band, photoconductivity centers laying at ~ 0.6 and 0.89 eV from the top of the valence band and donor level at 1.06 eV below the conduction band.

Широкозонное полупроводниковое соединение CdGa₂S₄ относится к сложным алмазоподобным полупроводникам типа A²B₂³C₄⁶ и является перспективным материалом для полупроводникового приборостроения. Минимальный оптический переход между валентной зоной и зоной проводимости равен 2,96 эВ при 300К [1]. Сложный химический состав, наличие двух атомов в катионной подрешетке обуславливают богатый спектр локальных состояний в запрещенной зоне, высокую фоточувствительность и яркую люминесценцию [2,3]. Однако спектр локальных состояний и механизм генерационно-рекомбинационных процессов исследованы недостаточно.

Известно, что при примесном фотовозбуждении полупроводника могут одновременно реализоваться несколько типов электронных переходов (ν-зона - локальный центр и локальный центр - с зона), так что действие такого возбуждения не всегда является однозначным. Например, генерация основных носителей с центров в спектральном распределении фоточувствительности приводит к появлению нескольких перекрывающихся полос примесной фотопроводимости, генерация неосновных носителей - к отрицательной фотопроводимости, либо к оптическому гашению фототока (ОГФ) в присутствии собственного поглощения.

Целью настоящей работы является изучение оптической и температурной перезарядки примесных центров в CdGa₂S₄, которые позволяют получить информацию о спектре локальных состояний, механизме генерационно-рекомбинационных процессов. В настоящем сообщении приводятся результаты исследования ОГФ, температурной зависимости фототока, а также кинетика ОГФ в монокристаллах CdGa₂S₄.

Исследуемые монокристаллы были получены методом газотранспортных реакций и имели вид трехгранных призм с зеркальными поверхностями. Образцы имели n-тип проводимости и удельное сопротивление не менее 10⁹ Ом.см при 300 К. Для исследований были отобраны монокристаллы CdGa₂S₄ обладающие свойством медленного роста фотопроводимости при собственном и

примесном возбуждении [4,5]. При изучении ОГФ фоновое возбуждения осуществляли освещением светом из области собственного поглощения, примесную подсветку создавали монохроматическим светом. График построен по точкам в режиме последовательного возбуждения.

При комнатной температуре в CdGa₂S₄ обнаружено и исследовано ОГФ. На рис.1 представлен спектр ОГФ монокристаллов CdGa₂S₄. Как видно из рисунка спектр ОГФ является сложным, имеет два широких максимума при 0,6 и 1,8÷2,3 эВ. Наблюдаемые две области в спектре ОГФ связаны с тем, что в процессах рекомбинации фотоносителей CdGa₂S₄ участвуют два типа медленных центров. Красная граница высокоэнергетического максимума находится при энергии 0,89 эВ. Однако помимо ОГФ в диапазоне энергии 1,06 ÷ 1,6 эВ имеет место и отчетливо выраженная полоса примесной фотопроводимости с максимумом при 1,4 эВ искажающее спектральный ход ОГФ. Это указывает на то, что для интерпретации спектрального распределения ОГФ необходимо учитывать одновременную ионизацию нескольких типов локальных центров.

Изучение кинетики ОГФ показало, что скорость гашения зависит от длины волны и интенсивности дополнительного света. На рис.2 представлена кинетика (переходные характеристики) оптического гашения собственного фототока в CdGa₂S₄ при 300 К. Видно, что при возбуждении светом из области $h\nu < 1,06$ эВ наблюдается только гашение фототока (кривая А). Это означает, что при таких энергиях электроны переходят из валентной зоны на центры фоточувствительности. В результате дырки переходят в валентную зону освобождаясь из центров фоточувствительности. Это приводит к уменьшению времени жизни электронов в зоне проводимости.

В кристаллах CdGa₂S₄ обнаружили «вспышечное» изменение фототока под действием дополнительного света из широкой спектральной области.

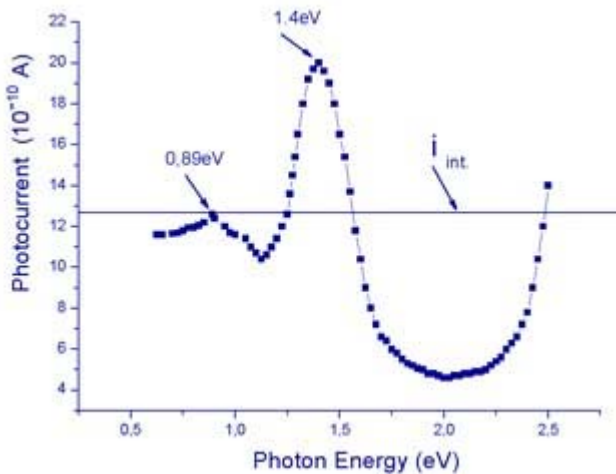


Рис.1. Спектр оптического гашения фототока в CdGa_2S_4 при 300К. i_{int} - фоновый ток возбуждаемый светом из области собственного поглощения.

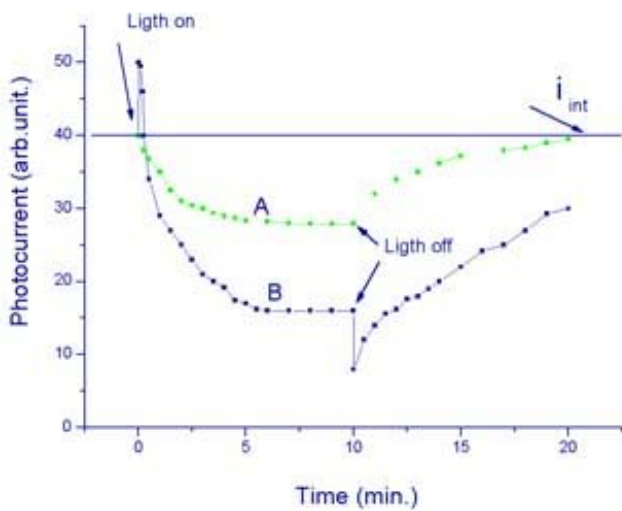


Рис.2. Кинетика оптического гашения фототока при возбуждении дополнительным светом: А - энергия дополнительного света меньше 1,06 эВ; В – энергия дополнительного света больше 1,06 эВ.

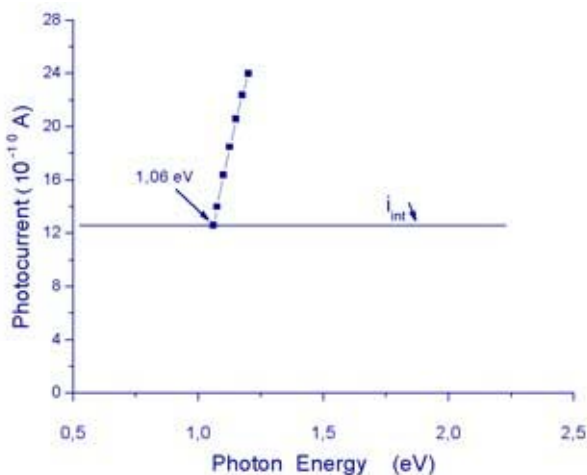


Рис.3. Зависимость значения максимума «вспышки» фототока от энергии дополнительного возбуждения.

При облучении монохроматическим светом из области энергий квантов $h\nu \geq 1,06\text{эВ}$ фототок сначала резко растет, проходя максимум, и уменьшается, достигая равновесного значения (рис.2, кривая В).

Увеличение фототока связано с его «стимуляцией», а уменьшение с гашением, т.е. при одной и той же длине волны наблюдается увеличение фототока, вследствие генерации носителей с уровня в с-зону, и к уменьшению фототока, переводя дырки из центров fotocувствительности в v-зону.

В некоторой области спектра возбуждение преобладает над гашением, вызванным теми же фотонами. В результате появляется максимум при 1,4эВ в спектре ОГФ. Поскольку спектры ОГФ простираются вплоть до 2,5эВ, не исключены двойные оптические переходы через центры fotocувствительности. В данном случае своеобразие кинетики фототока можно использовать для разделения эффектов гашения и стимуляции, поскольку соответствующие амплитуды пропорциональны спектральным зависимостям сечений захвата фотонов. Тем самым можно восстановить истинную форму полос возбуждения и длинноволновую границу возбуждения. На рис.3 представлено значение максимума «вспышки» от энергии кванта дополнительного излучения. Длинноволновой край, при котором наблюдается «вспышка» находится при энергии 1,06 эВ. С ростом энергии дополнительного излучения значение максимума «вспышки» увеличивается. Появление «вспышки» при энергиях квантов $h\nu \geq 1,06\text{эВ}$ позволяет предположить, что в запрещенной зоне ниже дне зоны проводимости находятся донорные уровни и наиболее близкий из них к с-зоне имеет энергию ионизации 1,06эВ. Эти центры играют активную роль в генерационно – рекомбинационных процессах.

Ценную информацию о локальных состояниях можно также получить при исследовании температурной зависимости фототока. Изучение температурной зависимости в области температур 110 ÷ 420 К показало, что при температуре 300 К фототок достигает своего максимального значения. Дальнейшее нагревание приводит к обнаружению температурного гашения фототока. При повышении интенсивности возбуждающего света положение максимума фототока сдвигается в сторону высоких температур. В области температур 150 ÷ 240К и 240 ÷ 300К фототок экспоненциально растет с ростом температуры, так как экспериментальные кривые хорошо ложатся на экспоненциальную кривую с двумя наклонами. В низкотемпературной области наблюдается более медленный рост, чем в высокотемпературной. Наличие двух наклонов свидетельствует о проявлении в температурной зависимости фототока двух наиболее эффективных уровней прилипания. Величины энергии активации, определенные по данной зависимости соответственно, двум участкам кривой, составляют 0,21 и 0,42 эВ.

Таким образом, в запрещенной зоне соединения CdGa_2S_4 существуют центры fotocувствительности ~ 0,6 и 0,89 эВ над потолком валентной зоны, центры прилипания 0,21 и 0,42 эВ и донорный уровень 1,06 эВ ниже дна зоны проводимости, которые играют очень активную роль в генерационно-рекомбинационных процессах.

ОПТИЧЕСКОЕ ГАШЕНИЕ ФОТОТОКА В СОЕДИНЕНИИ CdGa₂S₄

-
- [1]. *T.G.Kerimova, Sh.S.Mamedov, R.Kh.Nani* Phys. Stat. Sol. (b), 1981, v.105, k 39-k 41.
- [2]. *В.Ю.Рудь, Ю.В.Рудь, А.А.Вайполин, И.В.Боднарь, И.Фернелиус* ФТП, 2003, т.37, в.11, с.1321-1329.
- [3]. *A.N.Georgobiani, S.I.Radausan, I.M.Tiginyanu* Phys. Stat. Sol. (a), 1988, v.69, k 513 – k 520.
- [4]. *Т.Г.Керимова, З.Г.Мамедов, А.Г.Султанова* Fizika, 1999, N 4, с.18-19.
- [5]. *Т.Г.Керимова, З.Г.Мамедов, А.Г.Султанова* Fizika, 2000, N3, с.56-58.

Daxil olunub: 01.07.2007