

## Фотоэлектрические свойства дисульфида олова

© Г.Б. Дубровский, А.И. Шелых

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук,  
194021 Санкт-Петербург, Россия

(Поступила в Редакцию 3 февраля 1998 г.)

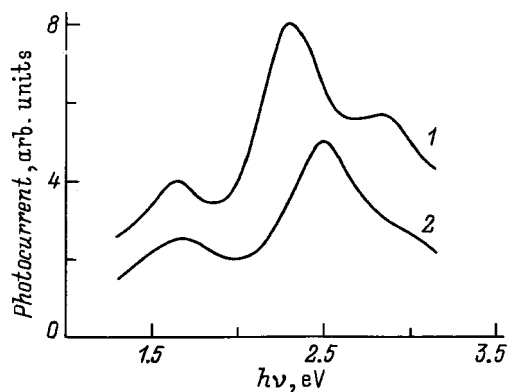
В последние годы значительно возрос интерес к изучению кристаллической структуры, электрических и оптических свойств слоистых соединений типа  $\text{MX}_2$  (M — металл, X — халькоген), многие из которых обладают политипизмом, благодаря которому при одном химическом составе имеется целый набор кристаллических модификаций с различающимися свойствами. Одним из таких соединений является широкозонный полупроводник  $\text{SnS}_2$ . В настоящее время известно более десятка политипных форм этого соединения, причем в зависимости от структуры политипа ширина запрещенной зоны меняется в широких пределах — от 0.81 до 3.38 eV [1]. Самая распространенная политипная модификация  $\text{SnS}_2$  имеет порядок чередования слоев  $(A\gamma B)(A\gamma B)$  и обозначается обычно, по слоям серы —  $2H$ . Однако, поскольку ее элементарная ячейка содержит всего одну молекулу, она является простейшей структурой в этом соединении и должна обозначаться  $1H$ . Ширина запрещенной зоны этой модификации, по данным оптических измерений, составляет 2.18 eV [2].

Кристаллы  $\text{SnS}_2$  обладают довольно сильной фоточувствительностью, что представляет большой интерес, поскольку она приходится на видимую область спектра, однако изучению фотопроводимости в этих кристаллах посвящено очень мало работ [3–5], а фотоэдс, насколько нам известно, до сих пор не исследовалась. Для восполнения этого пробела нами выполнены измерения фотопроводимости и фотоэдс на кристаллах  $1H$ - $\text{SnS}_2$ , легированных в процессе роста примесями Cu, Au, Zn, Cd, In, Ga, и P. Измерения проводились в режиме постоянного тока с монохроматором в качестве источника света в диапазоне энергий фотонов от 1 до 4 eV. Контакты изготавливались с помощью серебряной пасты. Для измерений фотопроводимости контакты наносились на одну поверхность и прикрывались от света, а для измерений фотоэдс — на противоположные стороны образца, причем сфокусированным пучком от монохроматора освещалась непосредственно область контакта.

Полученные результаты представлены на рисунке. Как видно из этих данных, в спектре фотопроводимости наблюдаются отчетливый сильный максимум при энергии около 2.3 eV, практически одинаковый во всех образцах, более слабый пик при энергии 2.85 eV, в некоторых образцах имеющий вид перегиба, и максимум в области 1.65 eV, проявляющийся не во всех образцах. Первая особенность, очевидно, связана с краем основной полосы поглощения и соответствует непрямым оптическим переходам в абсолютный минимум зоны про-

водимости. Пик при энергии 2.85 eV, вероятно, связан с прямыми переходами в вышерасположенный минимум, что согласуется с данными оптических измерений [6], указывающих на существование прямого минимума при энергии 2.88 eV. Ранее особенность при энергии 2.8 eV, проявляющаяся в спектре фотопроводимости как плечо, отмечалась в работе [5].

В области энергий, меньших ширины запрещенной зоны, в работе [3] отмечался максимум с энергией 1.45 eV при температуре жидкого азота, который пропадал при комнатной температуре. В работе [4] наблюдались слабые пики фоточувствительности в диапазоне энергий от 1.4 до 1.9 eV, которые исчезали во влажной атмосфере, что свидетельствует, по-видимому, о их связи с поверхностью. Никаких предположений о природе фоточувствительности в этой области не выдвигалось. Фотопроводимость в области 1.65 eV в наших экспериментах наблюдалась на образцах с разным составом примесей, однако среди образцов с одной и той же примесью не все имели фоточувствительность в этой области. Это позволяет сделать вывод о том, что этот эффект не связан с примесным механизмом. По нашему мнению, наиболее вероятной причиной его появления является наличие в образцах прослоек с другой политипной структурой. Рентгеноструктурные исследования, проводившиеся нами ранее [7], показали, что большинство кристаллов  $\text{SnS}_2$  представляет собой сростки двух и более политипов. Следующими по распространенности после  $1H$  являются политипы, обозначаемые по слоям серы  $4H$  и  $6H$ , ширины запрещенных зон которых равны соответственно 1.89 и 1.59 eV [1]. Наличие в некоторых образцах тонких прослоек этих политипов может привести к появле-



Спектральные зависимости фотопроводимости (1) и фотоэдс (2) в кристаллах  $1H$ - $\text{SnS}_2$  при комнатной температуре.

нию фоточувствительности в длинноволновой области. В спектрах фотоэдс также наблюдается широкий максимум в этой области, положение которого почти такое же, как в спектрах фотопроводимости.

Как видно из рисунка, главный максимум в спектре фотоэдс располагается при энергии 2.5 eV, и его природа, несомненно, та же, что и у максимума при энергии 2.3 eV в фотопроводимости, т.е. не прямые переходы электронов из валентной зоны в абсолютный минимум зоны проводимости. Некоторый сдвиг этого максимума в коротковолновую область, очевидно, связан с тем, что фотоэдс образуется за счет разделения электронно-дырочных пар в области, имеющей протяженность порядка диффузионной длины от металлического контакта. Если диффузионные длины много меньше размеров образца, то максимум фотоэдс придется на область сильного поглощения в глубине фундаментальной полосы, т.е. сместится в коротковолновую область спектра.

Отметим одну интересную особенность спектральной зависимости фотоэдс, которая может найти практическое применение. На некоторых образцах в области главного максимума наблюдалось изменение знака фотоэдс с изменением длины волны падающего света. Для объяснения этого эффекта требуются дополнительные исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 97-02-18300).

## Список литературы

- [1] S. Acharya, O.N. Srivastava. *Phys. Stat. Sol. (a)* **65**, 2, 717 (1981).
- [2] Г.Б. Дубровский, Н.С. Жданович. *ФТТ* **38**, 1, 272 (1996).
- [3] S.G. Patil, R.N. Tredgold. *J. Phys.* **D4**, 5, 718 (1971).
- [4] R. Nakata, M. Yamaguchi, S. Zembutsu, M. Sumita. *J. Phys. Soc. Jap.* **32**, 4, 1153 (1972).
- [5] T. Shibata, Y. Mukanushi, T. Miura, T. Kishi. *J. Phys. Chem. Sol.* **51**, 11, 1297 (1990).
- [6] G. Domingo, R.S. Itoga, C.R. Kannewurf. *Phys. Rev.* **143**, 2, 536 (1966).
- [7] А.В. Голубков, Г.Б. Дубровский, А.В. Прокофьев. *ФТТ* **36**, 9, 2666 (1994).