

©1994 г.

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛОВ $MnIn_2S_4$

Н.Н.Нифтиев, А.Г.Рустамов, О.Б.Тагиев

Азербайджанский государственный педагогический институт им. Н.Туси,
Баку, Азербайджан
(Получена 9 апреля 1993 г. Принята к печати 24 ноября 1993 г.)

Исследованы спектральное распределение и температурное гашение фотопроводимости, люкс-амперные характеристики при различных температурах и интенсивностях света, в результате чего определено энергетическое положение и концентрация центров рекомбинации.

Тройные соединения типа $AV_2^{III}X_4^{VI}$ (где А — Mn, Fe, Co, Ni; В — Ga, In; X — S, Se, Te) представляют собой один из классов магнитных полупроводников, интерес к которым в последние годы непрерывно возрастает в связи с возможностью расширения функционального диапазона полупроводниковых приборов в $[1-5]$. Эти соединения перспективны для создания на их основе лазеров, модуляторов света, фотодетекторов и других устройств, управляемых магнитным полем.

Монокристаллы $MnIn_2S_4$ относятся к классу соединений типа $AV_2^{III}X_4^{VI}$, и их физические свойства изучались лишь в нескольких работах $[5-7]$. В $[5-6]$ исследованы структурные и магнитные свойства $MnIn_2S_4$. Установлено, что ниже температуры Нееля $T_N = 4.9$ К эти кристаллы являются антиферромагнитными. Работа $[7]$ посвящена изучению инжекторных и термостимулированных токов в монокристаллах $MnIn_2S_4$. Однако фотоэлектрические свойства этих монокристаллов в широком температурном интервале и при разных интенсивностях света почти не исследованы.

В настоящей работе приводятся результаты исследований спектрального распределения фотопроводимости (ФП), температурного гашения фотопроводимости и люкс-амперных характеристик (ЛАХ) в монокристаллах $MnIn_2S_4$.

Монокристаллы $MnIn_2S_4$ были получены методом химических транспортных реакций. Рентгенографическим методом установлено, что монокристаллы обладают шпинельной структурой с параметром кристаллической решетки $a = 10.71 \text{ \AA}$ $[5,7]$. Контакты к образцам создавались сплавлением индия на противоположных поверхностях (сэндвич-структура).

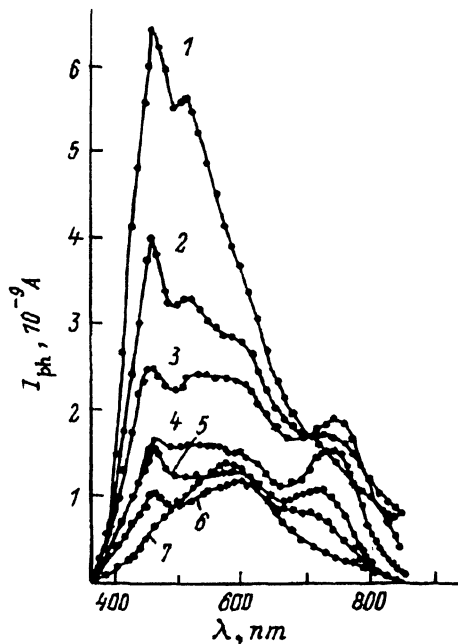


Рис. 1. Спектральное распределение фототока I_{ph} в монокристаллах $MnIn_2S_4$ при различных температурах. T , К: 1 — 116, 2 — 133, 3 — 155, 4 — 175, 5 — 194, 6 — 210, 7 — 293.

Для исследования спектров ФП, температурного гашения ФП и ЛАХ в монокристаллах $MnIn_2S_4$ использовались монохроматор МДР-12 и нейтральные фильтры. В качестве источника света использовалась лампа накаливания марки ПЖ-220. Разрешающая способность установки при исследовании спектров во всем диапазоне была на уровне 1 нмВ.

Типичное спектральное распределение фототока в монокристаллах $MnIn_2S_4$ при различных температурах (116÷293 К) приведено на рис. 1. Спектры охватывают область длин волн 369 ÷ 900 нм и состоят из трех отдельных полос. При низких температурах особенно выделяется максимум при энергии 2.69 эВ (460 нм). Энергетическое положение этого максимума с ростом температуры не меняется, а интенсивность пика уменьшается. По-видимому, этот пик связан с внутрицентровым переходом ионов Mn^{2+} (${}^6A_1 \rightarrow {}^4A_1$) [8,9]. С ростом температуры энергетическое положение второго коротковолнового максимума смещается в сторону длинных волн и фоточувствительность уменьшается. Смещение этого максимума с ростом температуры свидетельствует о том, что он связан с собственной ФП. При температуре 293 К максимум собственной фотопроводимости для $MnIn_2S_4$ соответствует 2.14 эВ. Коэффициент температурного смещения ширины запрещенной зоны равен: $dE_g/dT = -4.6 \cdot 10^{-4}$ эВ/К. В спектре фотопроводимости образцов $MnIn_2S_4$ наблюдается также длинноволновый максимум (680÷790 нм). С ростом температуры амплитуда длинноволнового максимума уменьшается и он смещается в сторону коротких волн, а при температуре 293 К максимум исчезает. Исчезновение длинноволнового максимума ФП дает нам основание предположить, что ФП в области длинных волн носит примесный характер.

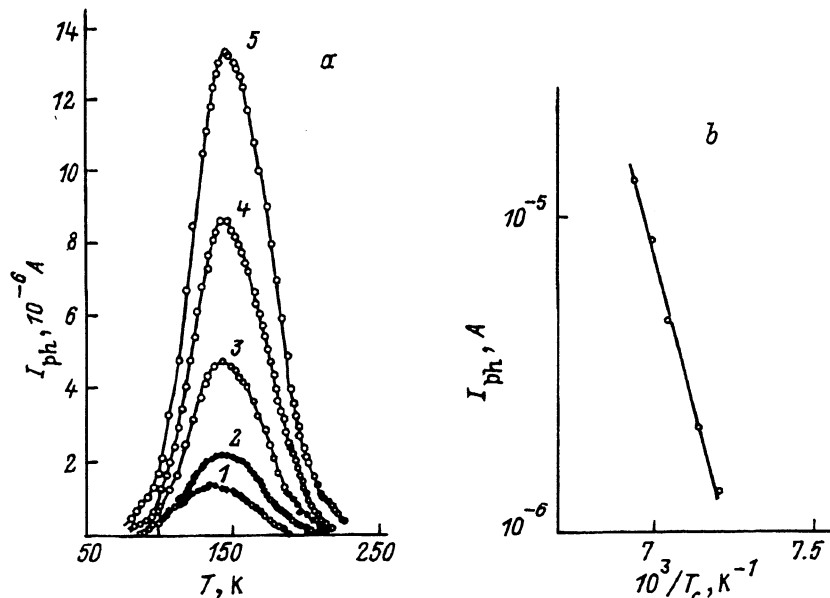


Рис. 2. а — температурные зависимости фототока $MnIn_2S_4$ при различных интенсивностях света. L , лк: 1 — $1.8 \cdot 10^2$, 2 — $4.6 \cdot 10^2$, 3 — $1 \cdot 10^3$, 4 — $2 \cdot 10^3$, 5 — $3.5 \cdot 10^3$. б — зависимость фототока монокристаллов $MnIn_2S_4$ от температуры T_c , соответствующей точке перехода от высокой чувствительности к меньшей.

На рис. 2,а приведены температурные зависимости фототока $MnIn_2S_4$ при различных освещенностях L в области собственного поглощения. Начиная с 80 К, фототок увеличивается с ростом температуры до 145 К, затем при температурах выше 145 К фототок уменьшается и наблюдается температурное гашение фотопроводимости. Температурное гашение ФП в исследуемых монокристаллах $MnIn_2S_4$ объясняется на основе феноменологической теории ФП [10-12]. Резкий рост фототока в интервале температур 80÷140 К связан с термическим опустошением уровней прилипания.

Согласно условию перехода от высокой чувствительности к меньшей [11] и на основании данных рис. 2,а, построена зависимость фототока от температур, соответствующих точкам перехода (рис. 2,б). По наклону прямых определено энергетическое положение центров рекомбинации (τ -центров), равное 0.66 ± 0.02 эВ.

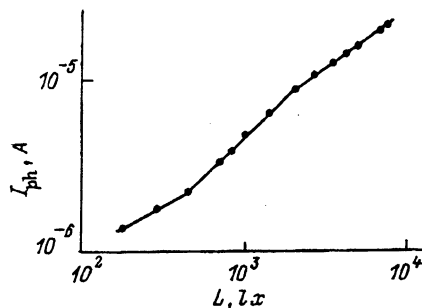


Рис. 3. Люкс-амперная характеристика $MnIn_2S_4$ при 293 К.

На рис. 3 представлена ЛАХ в монокристаллах $MnIn_2S_4$. Видно, что на ЛАХ наблюдаются следующие участки: при малых интенсивностях $I_{ph} \sim L^{0.4}$, затем линейный, $I_{ph} \sim L$, и сублинейный, $I_{ph} \sim L^{0.5}$. По значению фототока в области квазинасыщения ЛАХ была определена концентрация r -центров: $N_r = 3 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$.

Итак, в результате исследования спектрального распределения, а также температурного гашения фотопроводимости, люкс-амперных характеристик при различных температурах и интенсивностях света определено энергетическое положение и концентрация r -центров рекомбинации.

Список литературы

- [1] З. Метфессель, Д. Миттис. Магнитные полупроводники. М.: Мир (1972).
- [2] Р.Н. Бекимбетов, Ю.В. Рудь, М.А. Таиров. ФТП, **21**, 1051 (1987).
- [3] Р.Н. Бекимбетов, Г.А. Медведкин, В.Д. Прочухан, Рудь Ю.В., Таиров М.А. Письма ЖТФ, **13**, 1040 (1987).
- [4] С. Марцинкявичюс, Г. Амбразявичюс, Р.Н. Бекимбетов, Г.А. Медведкин. ФТП, **22**, 1919 (1988).
- [5] T. Kanomata, H. Ido, T. Kaneko. J. Phys. Soc. Japan, **34**, 554 (1973).
- [6] Ching-I Hsu, J.J. Steger, E.A. DeMeo, A. Wold, G.S. Heller. J. Sol. St. Chem., **13**, 304 (1975).
- [7] N.N. Niftiev, O.B. Tagiev. Sol. St. Commun., **81**, 693 (1992).
- [8] O. Gocde, W. Heimbrod. Phys. St. Sol. (b), **146**, 11 (1988).
- [9] Н.Н. Ништиев, О.Б. Тагиев, А.Г. Рустамов. ФТП, **24**, 758 (1990).
- [10] А. Роуз. Основы теории фотопроводимости. М.: Мир (1966).
- [11] Р. Бьюб. Фотопроводимость твердых тел. М.: Мир (1962).
- [12] С.Г. Калашников, Р.Г. Маев, В.И. Пустовойт. ФТП, **5**, 522 (1971).

Редактор Л.В. Шаронова