

# Вольт-амперные характеристики монокристаллов $\text{MnIn}_2\text{S}_4$ и $\text{MnGa}_2\text{S}_4$

© Н.Н. Нифтиев, О.Б. Тагиев

Азербайджанский государственный педагогический университет,  
370000 Баку, Азербайджан

(Получена 23 мая 2003 г. Принята к печати 2 июня 2003 г.)

Приводятся результаты исследования вольт-амперных характеристик  $I(U)$  монокристаллов  $\text{MnIn}_2\text{S}_4$  и  $\text{MnGa}_2\text{S}_4$  в темноте и под действием света. Вольт-амперная характеристика монокристалла  $\text{MnIn}_2\text{S}_4$  в темноте содержит участки  $I \propto U$ ,  $I \propto U^2$  и  $I \propto U^3$ , а под действием света —  $I \propto U$ ,  $I \propto U^{3/2}$  и  $I \propto U^{2.5}$ . Выявлено, что световой ток почти в  $10^4$  раза больше темнового. В монокристаллах  $\text{MnGa}_2\text{S}_4$  под действием света вольт-амперная характеристика имеет участки  $I \propto U$  и  $I \propto U^{3/2}$ . Дано объяснение этих зависимостей.

Интенсивное развитие оптоэлектроники ставит задачу разработки и исследования новых эффективных полупроводниковых материалов. В последние годы значительное внимание уделяется изучению полумагнитных полупроводников типа  $\text{A}^{\text{II}}\text{B}_2^{\text{III}}\text{X}_4^{\text{VI}}$  ( $\text{A}^{\text{II}}$  — Mn, Fe, Co, Ni;  $\text{B}^{\text{III}}$  — Ga, In;  $\text{X}^{\text{VI}}$  — S, Se, Te) [1–4]. Эти соединения перспективны для создания на их основе лазеров, модуляторов света, фотодетекторов и других функциональных устройств, управляемых магнитным полем.

В настоящей работе приводятся результаты исследования вольт-амперных характеристик (ВАХ) монокристаллов  $\text{MnIn}_2\text{S}_4$  и  $\text{MnGa}_2\text{S}_4$  в темноте и под действием света. Монокристаллические образцы  $\text{MnIn}_2\text{S}_4$  и  $\text{MnGa}_2\text{S}_4$  были получены методом химических транспортных реакций. Рентгеноструктурные исследования показали, что  $\text{MnGa}_2\text{S}_4$  кристаллизуется в пространственной группе  $I4$  (параметры решетки:  $a = 5.46 \text{ \AA}$ ,  $c = 10.50 \text{ \AA}$ ,  $c/a = 1.92$  [4]), а  $\text{MnIn}_2\text{S}_4$  обладает кубической структурой (пространственная группа  $Fd\bar{3}m$ ); параметр решетки  $a = 10.71 \text{ \AA}$  [5]. Контакты в образцах создавались сплавлением индия в сэндвич-исполнении. В качестве источника света использовалась лампа накаливания марки ПЖ-220. На рис. 1 представлены ВАХ  $I(U)$  структуры In– $\text{MnIn}_2\text{S}_4$ –In в темноте (кривая 1), в темноте после предварительной подсветки (кривая 2) и при воздействии белым светом (кривая 3) при температуре  $T = 293 \text{ K}$ . Видно, что в неосвещенных образцах ВАХ содержит следующие участки: линейный ( $I \propto U$ ), квадратичный ( $I \propto U^2$ ) и кубический ( $I \propto U^3$ ). Ток в квадратичной области обусловлен монополярной инжекцией, а кубический участок связан с двойной инжекцией [6,7]. Темновые ВАХ после предварительной подсветки имеют линейный участок ( $I \propto U$ ) и область зависимости  $I \propto U^{3/2}$ . Так как при освещении кристаллов белым светом ловушки заполняются электронами, тогда как дырки захватываются центрами рекомбинации и электроны переходят из валентных зон в зону проводимости, то появляются неравновесные носители. После окончания освещения и некоторой выдержки образца в темноте при измерении ВАХ видно, что темновой ток после предварительной подсветки почти в  $10^2$  раз больше темнового тока без подсветки. Неравновесные носители создают добавочную проводимость [8].

В освещенных образцах (кривая 3) ВАХ содержит следующие участки: линейный ( $I \propto U$ ), участок  $I \propto U^{3/2}$  и область зависимости  $I \propto U^{2.5}$ . При совместном действии электрического поля и освещения вероятность появления электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне увеличивается, что приводит к уве-

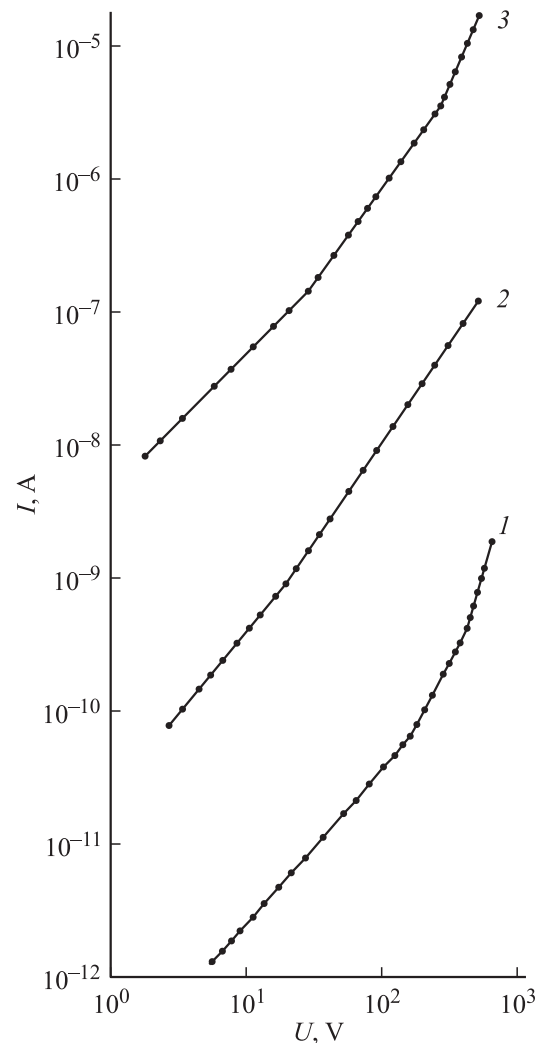
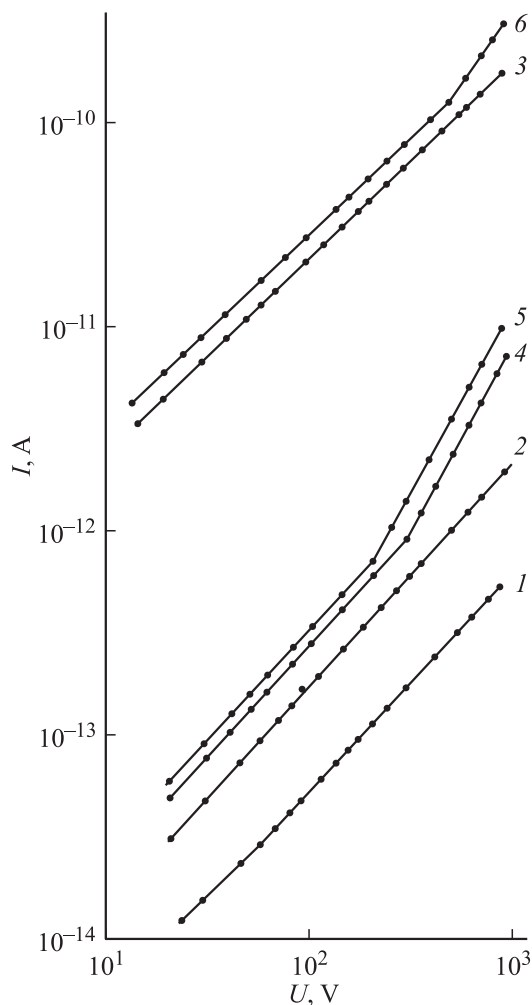


Рис. 1. ВАХ структур In– $\text{MnIn}_2\text{S}_4$ –In при температуре 293 К в темноте (1), в темноте после предварительной подсветки (2) и при воздействии белым светом с освещенностью 200 лк (3).



**Рис. 2.** ВАХ структур  $In-MnGa_2S_4-In$  в темноте (1–3) и при воздействии белым светом (4–6).  $T$ , К: (1, 4) — 293, (2, 5) — 340, (3, 6) — 409.

личению проводимости образца. Видно, что световой ток почти в  $10^4$  раз больше темнового тока. Когда в темновой ВАХ начинается квадратичная область, световая ВАХ содержит участок зависимости  $I \propto U^{2.5}$ . Освещение образца, в котором поддерживается ток монополярной инжекции, может привести к увеличению тока, ограниченного объемным зарядом, (ТООЗ) в том случае, когда часть объемного заряда захвачена и носители, находящиеся на ловушках, могут получить энергию от падающего света. Захваченный носитель может непосредственно поглотить фотон и при этом выброститься в одну из разрешенных зон [7].

На рис. 2 представлены ВАХ структуры  $In-MnGa_2S_4-In$  в темноте и при освещении белым светом при различных температурах. Видно, что в темноте ВАХ имеют только линейный участок, а в освещенных образцах ВАХ содержат следующие участки: линейный ( $I \propto U$ ) и описываемый зависимостью  $I \propto U^{3/2}$ . При повышении температуры световой ток незначительно отличается от темнового тока.

Итак, результаты исследования ВАХ монокристаллов  $MnIn_2S_4$  в темноте указывают на наличие участков  $I \propto U$ ,  $I \propto U^2$  и  $I \propto U^3$ , а под действием света  $I \propto U$ ,  $I \propto U^{3/2}$  и  $I \propto U^{2.5}$ . Выявлено, что световой ток в  $10^4$  раз больше темнового тока. Под действием света в монокристаллах  $MnGa_2S_4$  ВАХ имеет участки  $I \propto U$ ,  $I \propto U^{3/2}$ . При повышении температуры световой ток незначительно отличается от темнового тока.

## 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, Н.Н. Константинова, Ю.В. Рудь, М.А. Таиров. Изв. АН СССР. Неорг. матер. **24** (12), 1969 (1988).
- [4] Н.Н. Нифтиев, О.Б. Тагиев, А.Г. Рустамов. ФТП, **24**, 758 (1990).
- [5] Т. Kanomata, Н. Ido, Т. Kaneko. J. Phys. Soc. Japan, **34**, 554 (1973).
- [6] N.N. Niftiev, O.B. Tagiev. Sol. St. Commun., **81**, 693 (1992).
- [7] М. Ламперт, П. Марк. *Инжекционные токи в твердых телах* (М., Мир, 1973).
- [8] Р. Бьюб. *Фотопроводимость твердых тел* (М., Мир, 1966).

Редактор Л.В. Шаронова

## Current-voltage characteristics of $MnIn_2S_4$ and $MnGa_2S_4$

N.N. Niftiev, O.B. Tagiev

Azerbaijan State Pedagogical University,  
370000 Baku, Azerbaijan