

Электрические свойства слоистых монокристаллов FeGaInS_4

© Н.Н. Нифтиев

Азербайджанский государственный педагогический университет,
370000 Баку, Азербайджан

(Получена 24 сентября 2003 г. Принята к печати 6 октября 2003 г.)

В слоистом монокристалле FeGaInS_4 исследованы температурная зависимость электропроводности и вольт-амперные характеристики в различных условиях. Установлено, что причиной нелинейности вольт-амперной характеристики является ток, ограниченный пространственным зарядом. Определены энергии активации примесных уровней в монокристаллах FeGaInS_4 .

В последние годы значительное внимание уделяется изучению полумагнитных полупроводников типа $\text{AB}_2^{\text{III}}\text{X}_4^{\text{VI}}$, где А — Mn, Fe, Ni, Co; B^{III} — Ga, In; X^{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 работе [5] при соотношении 1:1 материалов шпинельной структуры CoIn_2S_4 (пространственная группа $Fd\bar{3}m$) и тетрагональной структуры CoGa_2S_4 (пространственная группа $I\bar{4}$) получены новые слоистые полумагнитные полупроводники состава CoGaInS_4 и исследованы их структурные и магнитные свойства. Факт образования слоистых соединений при взаимодействии полумагнитных полупроводниковых соединений побудил нас попытаться получить слоистые полумагнитные полупроводники на основе других переходных элементов. Подобно результатам работы [5], нами получены новые слоистые полумагнитные полупроводники состава MnGaInS_4 и исследованы их оптические свойства и фотопроводимость [6,7]. При изучении диаграммы состояния системы $\text{FeGa}_2\text{S}_4\text{--FeIn}_2\text{S}_4$ нами впервые обнаружено слоистое соединение FeGaInS_4 .

В данной работе приводятся результаты исследования температурной зависимости электропроводности $\sigma(T)$ и вольт-амперных характеристик (ВАХ) в монокристаллах FeGaInS_4 .

Монокристаллы FeGaInS_4 были получены методом Бриджмена. Рентгенографические исследования показали, что FeGaInS_4 кристаллизуется в структуре однопакетного политапа ZnIn_2S_4 [8] с параметрами кристаллической решетки $a = 3.81$, $c = 12.17 \text{ \AA}$, $z = 1$, пространственная группа $P\bar{3}m1$. Для измерения ВАХ контакты к образцам создавались сплавлением индия к противоположным поверхностям пластин (сэндвич-структура). Расстояние между электродами изменялось в пределах 15–200 мкм.

На рис. 1 представлены ВАХ структур $\text{In--FeGaInS}_4\text{--In}$ при различных температурах. На ВАХ выявляются два участка: омический ($I \propto U$) и область более резкого роста тока ($I \propto U^n$, $n > 1$).

На рис. 2 показана температурная зависимость электропроводности при напряженности электрического поля 77 В/см. Видно, что зависимость $\lg \sigma = f(10^3/T)$ состоит из двух прямых с различными наклонами.

Энергии активации примесных уровней, определенные по этим наклонам, соответственно равны: $E_1 = 0.14 \text{ эВ}$, $E_2 = 0.25 \text{ эВ}$.

Для того чтобы выяснить механизм прохождения тока в области нелинейности, были исследованы ВАХ с различными межэлектродными расстояниями L . Установлено, что для исследованных слоев выполняются зависимости

$$\ln \frac{j}{U} \propto U \quad \text{и} \quad \ln \frac{j}{U} \propto \frac{1}{L^2}$$

(рис. 3, кривые 1 и 2 соответственно), свидетельствующие о том, что причиной нелинейности ВАХ является ток, ограниченный пространственным зарядом (ТОПЗ) [9]. Здесь j — плотность тока, U — напряжение смещения.

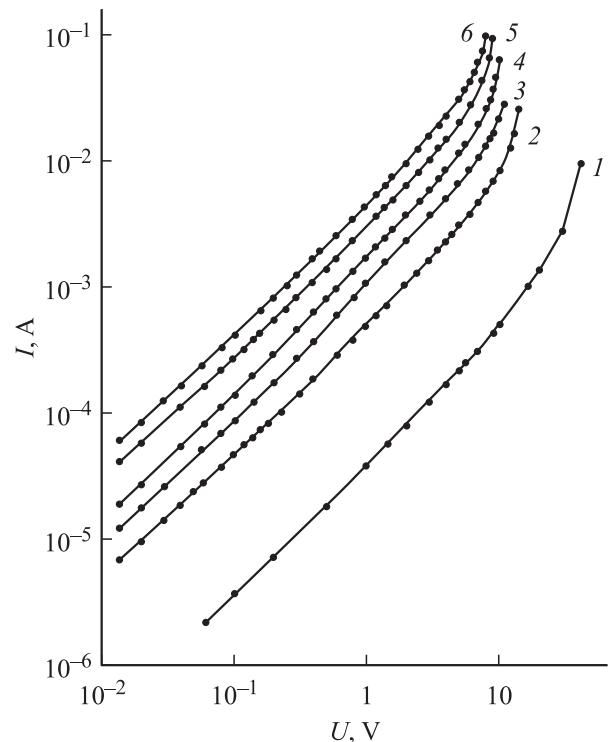


Рис. 1. Темновые вольт-амперные характеристики структур $\text{In--FeGaInS}_4\text{--In}$ при температурах $T, \text{ К}$: 1 — 193, 2 — 290, 3 — 315, 4 — 340, 5 — 365, 6 — 385.

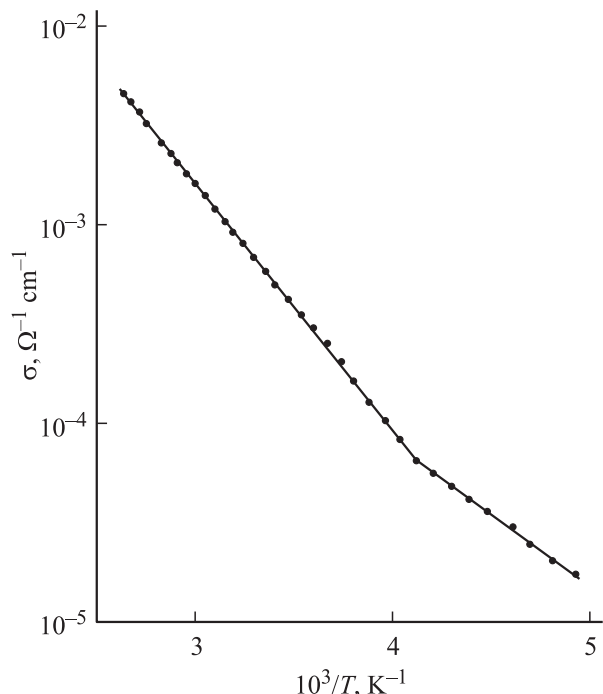


Рис. 2. Температурная зависимость электропроводности монокристалла FeGaInS₄ при напряженности электрического поля 77 В/см.

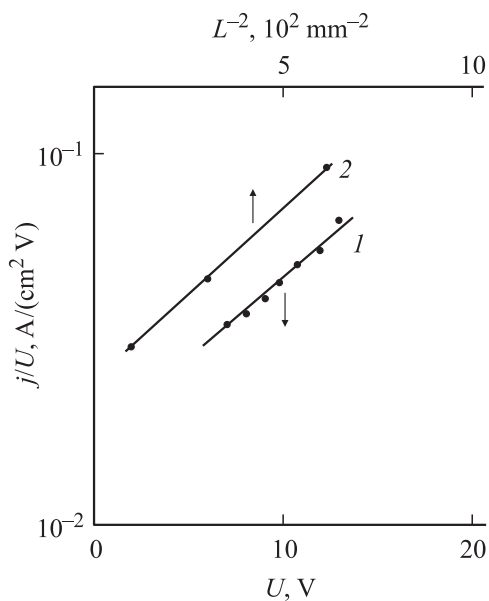


Рис. 3. Зависимости величин j/U : 1 — от напряжения U при $T = 290$ К; 2 — от L^{-2} при напряжении 10 В.

Согласно [10], если значение напряжения перехода от омического участка к нелинейному не зависит от температуры, то в этих кристаллах имеет место слабая компенсация. Анализ данных показывает, что напряжение перехода от омической проводимости к режиму ТОПЗ с уменьшением температуры сдвигается в область больших напряжений, т. е. в кристаллах FeGaInS₄ имеет место сильная компенсация.

Таким образом, на основе исследований вольт-амперных характеристик и зависимостей $\sigma(T)$ показано, что ток в нелинейной области ВАХ обусловлен монополярной инжекцией. Определены энергии активации примесных уровней в монокристаллах FeGaInS₄.

Список литературы

- [1] T. Kanomata, H. Ido, T. Kaneko. J. Phys. Soc. Japan, **34**, 554 (1973).
- [2] Р.Н. Бекимбетов, Ю.В. Рудь, М.А. Таиров. ФТП, **21**, 1051 (1987).
- [3] G.A. Medvedkin, Yu. Rud, M.A. Tairov. Phys. St. Sol. (a), **3**, 289 (1989).
- [4] N.N. Niftiev. Sol. St. Commun., **92**, 9, 781 (1994).
- [5] C. Battistoni, L. Gastaldi, G. Mattogno et al. Sol. St. Commun., **61** (1), 43 (1987).
- [6] Н.Н. Нифтиев, А.Г. Рустамов, О.Б. Тагиев, Г.М. Нифтиев. Опт. и спектр., **75** (2), 351 (1993).
- [7] Н.Н. Нифтиев, О.Б. Тагиев, Г.М. Нифтиев. Неорг. матер., **32** (3), 291 (1996).
- [8] A. Hulliger. *Structural Chemistry of Layer-Type Phases* (1976).
- [9] J.A. Rose. *Concepts Photoconductivity. a. Lied Problems* (N. Y.-London, 1963).
- [10] А.В. Маловичко, В.Г. Чалая, Е.П. Шульга. УФЖ, **20** (2), 209 (1975).

Редактор Т.А. Полянская

Electrical properties of FeGaInS₄ layer single crystals

N.N. Niftiev

The State Pedagogical University of Azerbaijan,
370000 Baku, Azerbaijan