

Электрические свойства слоистых монокристаллов FeIn_2Se_4 на переменном токе

© Н.Н. Нифтиев, О.Б. Тагиев*, М.Б. Мурадов⁺

Азербайджанский государственный педагогический университет,
Az-1000 Баку, Азербайджан

* Институт физики Национальной академии наук Азербайджана,
Az-0143 Баку, Азербайджан

⁺ Бакинский государственный университет,
Az-1148 Баку, Азербайджан

(Получена 30 мая 2007 г. Принята к печати 18 июня 2007 г.)

Представлены результаты исследований температурных и частотных зависимостей диэлектрической проницаемости и проводимости слоистых монокристаллов FeIn_2Se_4 на переменном токе. Определены диэлектрическая проницаемость монокристаллов и энергии активации носителей тока. В исследуемой температурной области электропроводность обусловлена активационным механизмом проводимости.

PACS: 72.20.Fr, 72.80.Jc, 73.61.Le

Тройные соединений типа AB_2X_4 ($A = \text{Mn, Fe, Co, Ni}$; $B = \text{Ga, In}$; $X = \text{S, Se, Te}$) представляют собой один из классов магнитных полупроводников, интерес к которым в последние годы непрерывно возрастает в связи с возможностью расширения функционального диапазона полупроводниковых приборов [1–6]. Эти соединения перспективны для создания на их основе лазеров, модуляторов света, фотодетекторов и других функциональных устройств, управляемых магнитным полем. FeIn_2Se_4 относится к классу соединений типа AB_2X_4 , физические свойства которых мало изучены [7,8]. В работе [8] изучены статические электрические свойства этого соединения и найдены концентрация носителей заряда, положение уровней в запрещенной зоне и механизм прохождения тока в сильном электрическом поле.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований электрических свойств слоистых монокристаллов FeIn_2Se_4 на переменном токе.

Монокристаллы FeIn_2Se_4 были получены методом Бриджмена. Рентгенографические исследования показали, что FeIn_2Se_4 кристаллизуется в гексагональной решетке с параметрами: $a = 4.18 \text{ \AA}$, $c = 19.47 \text{ \AA}$, $c/a = 4.65$ [7]. Для измерения электрических характеристик из пластинок монокристаллов толщиной $\sim 0.1 \text{ мм}$ нанесением серебряной пасты были изготовлены конденсаторы. Измерения емкости и сопротивления проводились с помощью цифровых измерителей иммитанса E7-20 (частоты $25\text{--}10^6 \text{ Гц}$).

На рис. 1 приведены температурные зависимости диэлектрической проницаемости ε монокристаллов FeIn_2Se_4 . Видно, что с ростом температуры T наблюдается возрастание ε . При низких частотах (данные 1 и 2) на зависимости $\lg \varepsilon$ от $1/T$ выявляется один линейный участок. При более высоких частотах (данные 3 и 4) зависимость состоит из двух прямых с различными наклонами. Наклон высокотемпературного участка меньше, чем низкотемпературного. В температурном интервале $295\text{--}375 \text{ К}$ на частотах $f = 5 \cdot 10^4\text{--}10^6 \text{ Гц}$ значение диэлектрической проницаемости изменяется в пределах

$180\text{--}1500$. Известно, что в тройных соединениях дефекты могут возникать в процессе выращивания [9]. Возрастание диэлектрической проницаемости связано с увеличением концентрации дефектов с ростом температуры.

На рис. 2 приведены температурные зависимости электропроводности монокристаллов FeIn_2Se_4 на переменном токе. В исследуемой температурной области электропроводность обусловлена активационным механизмом, при этом проводимость описывается соотношением [10]

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta E/kT),$$

где ΔE — энергия активации, k — постоянная Больцмана. Зависимости $\sigma(1/T)$ в логарифмических координатах

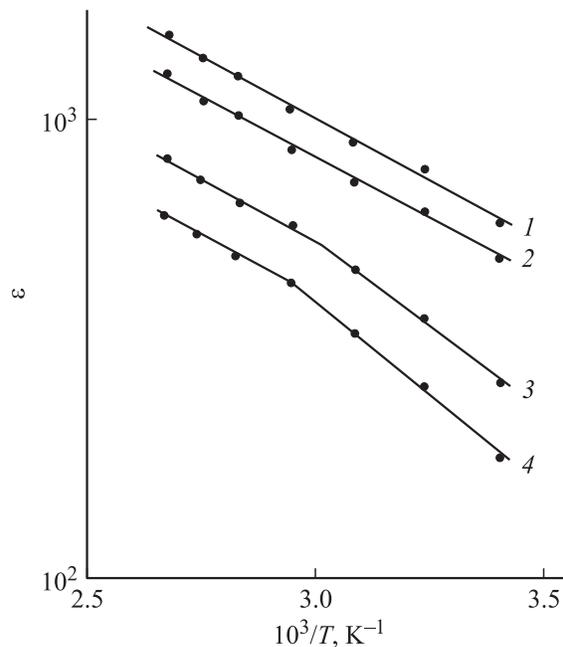


Рис. 1. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости монокристаллов FeIn_2Se_4 для частот измерений $5 \cdot 10^4$ (1), 10^5 (2), $5 \cdot 10^5$ (3), 10^6 Гц (4).

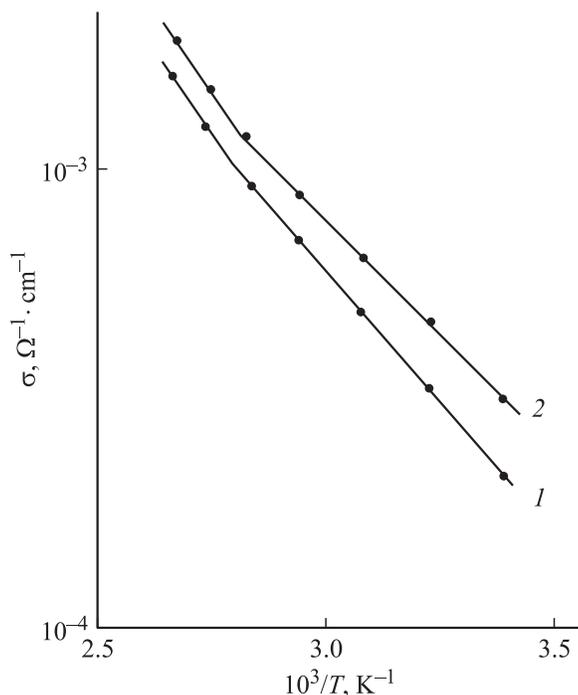


Рис. 2. Температурные зависимости электропроводности монокристаллов FeIn_2Se_4 на переменном токе при различных значениях частоты f , Гц: 1 — 10^4 , 2 — 10^6 .

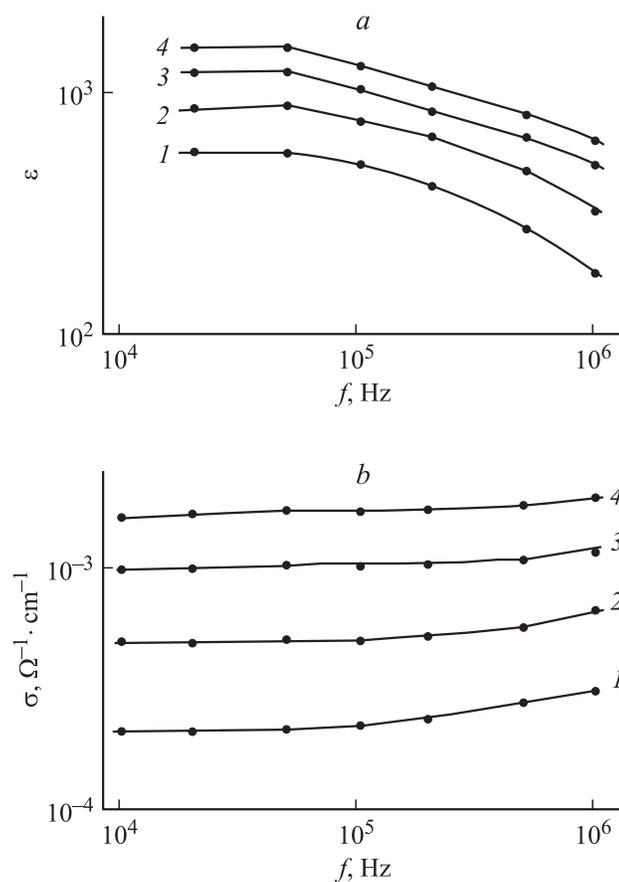


Рис. 3. Зависимости диэлектрической проницаемости (a) и электропроводности (b) от частоты измерений при различных температурах T , К: 1 — 295, 2 — 325, 3 — 355, 4 — 375.

тах состоят из двух прямых с различными наклонами. Энергии активации носителей тока в монокристаллах FeIn_2Se_4 , определенные по этим двум наклонам, соответственно равны: 0.23, 0.28 эВ (кривая 1) и 0.20, 0.28 эВ (кривая 2). Видно, что наклоны прямых в высокотемпературной области для двух частот одинаковые. В низкотемпературной области наклон прямолинейного участка с ростом частоты уменьшается, энергия активации лежит в интервале 0.23–0.20 эВ. В исследуемой температурной области значения σ и энергии активации носителей тока ΔE почти совпадают с теми значениями, которые найдены при исследовании статических электрических свойств монокристаллов FeIn_2Se_4 [8].

На рис. 3 приведены зависимости диэлектрической проницаемости и проводимости от частоты для монокристаллов FeIn_2Se_4 при различных температурах. Видно, что диэлектрическая проницаемость при исследуемых температурах в области низких частот сначала остается постоянной, затем с ростом частоты медленно уменьшается (рис. 3, a). Вместе с тем из приведенных на рис. 3, b зависимостей $\sigma(f)$ видно, что вначале с ростом частоты электропроводность остается постоянной, далее в интервале частот 10^5 – 10^6 Гц электропроводность медленно увеличивается. С повышением частоты сначала одни, а затем другие заряженные частицы не успевают за время четверти периода приложенного напряжения достигнуть мест локализации и, непрерывно следуя за изменением электрического поля, дают вклад уже в проводимость [11].

Таким образом, исследованы температурные и частотные зависимости диэлектрической проницаемости и проводимости слоистых монокристаллов FeIn_2Se_4 на переменном токе. Определены диэлектрические проницаемости монокристаллов и энергии активации проводимости. В исследуемой температурной области электропроводность обусловлена активационным механизмом проводимости.

Список литературы

- [1] *Магнитные полупроводники*. Тр. ФИАН (М., Наука) **139**, 172 (1982).
- [2] Р.Н. Бекимбетов, Ю.В. Рудь, М.А. Таиров. *ФТП*, **21**, 1051 (1987).
- [3] Г.А. Медведкин, В.Д. Пручухан, Ю.В. Рудь, М.А. Таиров. Препринт № 1273 (Л., ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 1988).
- [4] Р.Н. Бекимбетов. *Неорг. матер.*, **38**, 953 (2002).
- [5] Н.Н. Нифтиев, О.Б. Тагиев. *ФТП*, **38**, 164 (2004).
- [6] Н.Н. Нифтиев, О.Б. Тагиев. *Письма ЖТФ*, **31**, 72 (2005).
- [7] Б.К. Бабаева, П.Г. Рустамов. В кн.: *Исследования в области неорганической и физической химии* (Баку, Наука, 1997).
- [8] Н.Н. Нифтиев, М.А. Алиджанов, О.Б. Тагиев, М.Б. Мурадов. *ФТП*, **37**, 173 (2003).
- [9] С.А. Медведов, С.Н. Максимовский, Ю.В. Клебков, П.В. Шапкин. *Теллурид кадмия* (М., Наука, 1968).

- [10] Н. Мотт, Э. Дэвис. *Электронные процессы в некристаллических веществах* (М., Мир, 1982) т. 1.
- [11] Ю.М. Поплавко. *Физика диэлектриков* (Высш. шк., 1980).

Редактор Л.В. Шаронова

Electrical properties of FeIn_2Se_4 layer single crystals at alternating current

N.N. Niftiev, O.B. Tagiev, M.B. Muradov⁺*

Azerbaijani State Pedagogical University,
Az-1000 Baku, Azerbaijan

* Institute for Physics,
National Academy of Sciences of Azerbaijan,
Az-0143 Baku, Azerbaijan

⁺ Baku State University,
Az-1148 Baku, Azerbaijan