

05;06

Электропроводность монокристаллов MnGa_2S_4 на переменном токе

© Н.Н. Нифтиев, О.Б. Тагиев, М.Б. Мурадов,
Ф.М. Мамедов, Ф.А. Казымова

Азербайджанский государственный педагогический университет,
Az-1000, Баку

Филиал Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова, Баку

Институт физики НАН Азербайджана, Az-1143, Баку

E-mail: Oktay58@mail.ru

Бакинский государственный университет, Az-1148, Баку

В окончательной редакции 8 июня 2009 г.

Приводятся результаты исследования частотных и температурных зависимостей электропроводности монокристаллов MnGa_2S_4 на переменном токе. С ростом частоты электропроводность увеличивается, и в интервале частот 435–500 kHz наблюдается резонансное явление. Определены энергии активации носителей тока. Наблюдается частотная зависимость энергии активации, которая связана с уменьшением времени релаксации запирающих слоев при увеличении частоты.

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

Монокристаллы MnGa_2S_4 относятся к классу тройных соединений типа AB_2X_4 (где А — Mn, Fe, Co, Ni; В — Ga, In; X — S, Se, Te), ряд из которых получен, но изучен недостаточно [1–12]. Эти соединения перспективны для создания на их основе лазеров, модуляторов света, фотодетекторов и других функциональных устройств, управляемых магнитным полем.

Соединение MnGa_2S_4 существует в двух различных модификациях: низкотемпературная фаза $\alpha\text{-MnGa}_2\text{S}_4$, кристаллизующаяся в моноклинной решетке с параметрами $a = 12.746$, $b = 22.609$, $c = 6.394$ Å, $\beta = 108.78^\circ$, пространственная группа (пр.гр.) C_2/c , $z = 12$; высокотемпературная ромбическая модификация $\beta\text{-MnGa}_2\text{S}_4$ с параметрами решетки $a = 12.90$, $\beta = 7.45$, $c = 6.13$ Å, пр.гр. Pna_{21} [2–5]. Кроме того, получена новая фаза соединения MnGa_2S_4 с параметрами ре-

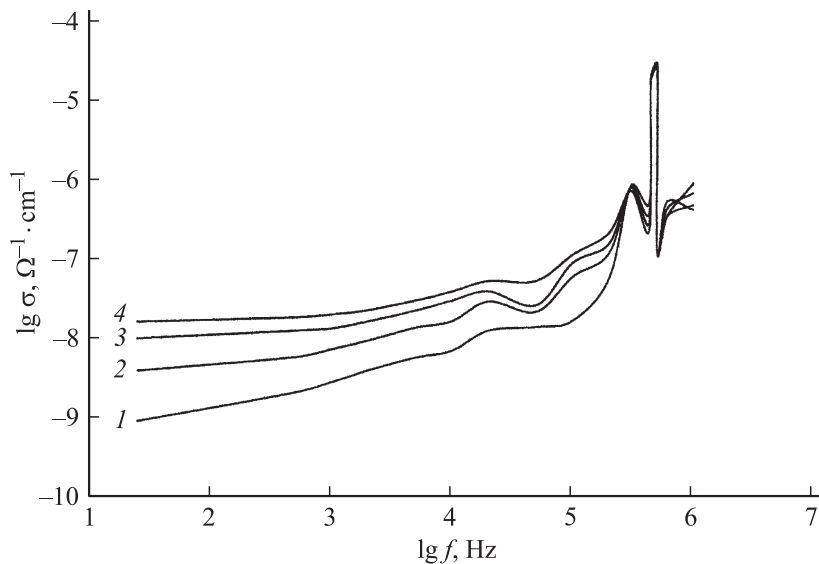


Рис. 1. Зависимость электропроводности от частоты при различных температурах T , К: 1 — 294, 2 — 324, 3 — 354, 4 — 374.

шетки $a = 5.46$, $c = 10.50 \text{ \AA}$, $c/a = 1.92$, пр. гр. I_4 и исследованы ее электрические и оптические свойства [9–11]. В настоящей работе были получены монокристаллы высокотемпературной фазы $\beta\text{-MnGa}_2\text{S}_4$ методом Бриджмена и приводятся результаты экспериментальных исследований их электрической проводимости на переменном токе. Для измерения электрических свойств из образцов монокристаллов MnGa_2S_4 изготавливались пластинки толщиной $\sim 0.5 \text{ mm}$, на которые нанесением серебряной пасты были приготовлены конденсаторы. Они помещались в криостат с измеряемыми температурами 293–400 К. Точность измерения температуры составляла $\pm 0.5 \text{ K}$. Измерения сопротивления проводились с помощью цифровых измерителей импеданса E7-20 (частоты 25– 10^6 Hz). На образец подавалось измерительное напряжение 1 В.

На рис. 1 показана зависимость электропроводности от частоты при различных температурах. Видно, что вначале с ростом частоты

электропроводность медленно увеличивается. Потом в интервале частот $5 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^5$ Hz электропроводность более быстро растет. Это можно объяснить так, что 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 [13]. Далее в интервале частот 435–500 kHz наблюдается резонансное явление. Это явление можно объяснить на основе барьерной модели [14] тем, что в дефектном монокристалле кроме высокоомных прослоек между зернами локальных барьеров могут быть запирающие низкоомные слои, локализованные на различных неоднородностях типа дислокаций, электрических доменов и т. д. Запирающие слои являются активными элементами, ибо их толщина и степень обеднения зависят от напряженности и частоты электрического поля. Если частота ν (ν — частота колебаний носителей заряда в волне концентрации) определяется толщиной слоя d и дрейфовой скоростью v_{dr} , то, согласно [14], имеем:

$$2d = \mu U / \nu = v_{dr} / \nu, \quad (1)$$

где μ — подвижность носителей заряда, U — напряжение.

Например, при $d \sim 10^{-4}$ см и $v_{dr} \sim 10^2$ см/с получим $\nu \sim 5 \cdot 10^5$ Hz. В нашем случае в переменном внешнем электрическом поле его частота f близка к величине ν и наблюдается явление резонанса.

На рис. 2 приведены температурные зависимости электропроводности монокристаллов $MnGa_2S_4$ на переменном токе при различных значениях частоты. В исследуемой температурной области электропроводность обусловлена активационным механизмом, при этом проводимость определяется по формуле [15]:

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta E / kT), \quad (2)$$

где ΔE — энергия активации, k — постоянная Больцмана. При исследуемых частотах зависимость $\lg \sigma \sim 10^3 / T$ состоит из одной прямой с различными наклонами. По наклонам этих зависимостей определены энергии активации (ΔE). При частотах 25–10⁵ Hz значение ΔE изменяется в интервале 0.16–0.36 eV (кривая 1–4). Видно, что величина энергии активации есть функция частоты. Такую зависимость можно

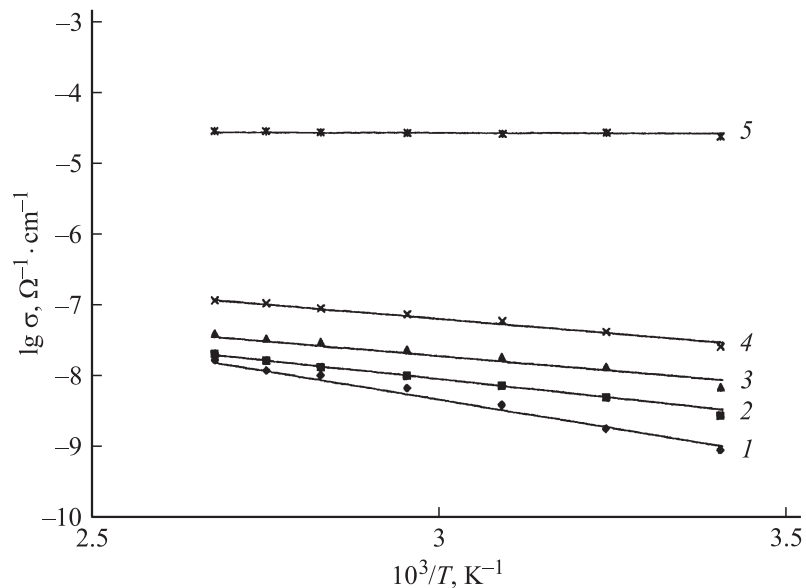


Рис. 2. Температурные зависимости электропроводности монокристаллов MnGa_2S_4 на переменном токе при различных значениях частоты f , Hz: 1 — 25, 2 — 10^3 , 3 — 10^4 , 4 — 10^5 , 5 — $5 \cdot 10^5$.

объяснить выше отмеченной на основе барьерной модели. Релаксационные явления в барьерном слое состоят, в частности, в процессе перезарядки медленных поверхностных состояний, т.е. перезарядки „обкладок“ барьерного слоя [14]. В монокристаллах при существующих запирающих слоях время релаксации (τ) может различно зависеть от частоты. Если эта зависимость сильная, тогда энергия активации проводимости зависит от частоты. По формуле [13] из

$$\tau = \frac{1}{2f} \exp(\Delta E/kT) \quad (3)$$

рассчитано время релаксации. Мы видим, что ΔE и f зависят от времени релаксации. С ростом частоты 25– 10^5 Hz время релаксации уменьшается в интервале 10^3 – 10^{-3} s, и происходит уменьшение ΔE . В резонансной области при частоте $5 \cdot 10^5$ Hz найденная проводимость

монокристаллов $MnGa_2S_4$ почти в 2 раза выше, чем при низких частотах. А с ростом температуры σ не изменяется (рис. 1, кривая 5). По-видимому, с увеличением температуры концентрация носителей тока не изменяется и все они участвуют в проводимости.

Таким образом, исследованы частотные и температурные зависимости электропроводности монокристаллов $MnGa_2S_4$ на переменном токе. С ростом частоты электропроводность увеличивается и в интервале частот 435–500 kHz наблюдается резонансное явление. Определены энергии активации носителей тока. Наблюдается частотная зависимость энергии активации, что связано с уменьшением времени релаксации запирающих слоев при увеличении частоты.

Список литературы

- [1] Kanomato T, Ido H, Kaneko T // J. Phys. Japan. 1973. V. 34. N 2. P. 554.
- [2] Viswanadham P, Edwarch J // Mat. Res. Bull. 1973. N 8. P. 1079.
- [3] Бабаева Б.К. // Тройные полупроводники и их применение. Кишинев, 1976. С. 96.
- [4] Rimet R, Buder R, Schlenker C, Roqus R, Zanchetta T // Sol. St. Common. 1981. V. 37.
- [5] Paule P, Maudd J, Sylvil J, Jean P // R. Acad. Sci. 1973. N 20. P. 1021.
- [6] Бекимбетов Р.Н., Медведкин Г.А., Прочухан В.Д., Рудь Ю.В., Таиров М.А. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 13. В. 17. С. 1040.
- [7] Бекимбетов Р.Н., Константинова Н.Н., Рудь Ю.В., Таиров М.А. // Неорганические материалы. 1988. Т. 24. № 12. С. 1963.
- [8] Rimet R, Schlenker C // J. Phys. 1982. V. 43. N 12. P. 1759.
- [9] Нифтиев Н.Н., Тагиев О.Б., Рустамов А.Г. // ФТП. 1990. Т. 24. В. 4. С. 758.
- [10] Niftiev N.N. // Intermetallics. 2003. V. 11. P. 975
- [11] Нифтиев Н.Н., Тагиев О.Б. // ФТП. 2004. Т. 38. В. 2. С. 164.
- [12] Нифтиев Н.Н., Тагиев О.Б. // Письма в ЖТФ. 2005. Т. 31. В. 19. С. 72.
- [13] Поплавко Ю.М. Физика диэлектриков. М.: Высшая школа, 1980. С. 400.
- [14] Орешкин П.Г. Физика полупроводников и диэлектриков. Высшая школа, 1977. С. 448.
- [15] Мотт Н., Девис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: Мир, 1982. Т. 1. С. 368.