

УГЛОВАЯ И ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СПЕКТРА ЭПР
МОНОКРИСТАЛЛОВ Ga_2S_3 , ЛЕГИРОВАННЫХ ЕВРОПИЕМ

И.М. АСКЕРОВ, М.А. НИЗАМЕТДИНОВА, Х.Ф. ГАДЖИЕВ

Азербайджанский Инженерно-Строительный Университет,

Баку, ул. А. Султановой 5

(Поступило 05.11.95)

В температурном диапазоне 3.7+300 К исследована угловая и температурная зависимость спектра ЭПР монокристаллов Ga_2S_3 , легированных европием. При взаимно перпендикулярной ориентации магнитного поля \vec{H} и кристаллографического $\langle 110 \rangle$, обнаружено расщепление сверхтонкой структуры (СТС). Интенсивность спектров подчиняется закону Кюри в диапазоне температур 3.7+10К. При дальнейшем повышении температуры наблюдается уменьшение относительной интенсивности спектров ЭПР, которая связана с действием спин-решеточной релаксации.

Электронная структура примесных атомов редкоземельных элементов (РЗЭ) в полупроводниках типа $A_2^{III}B_3^{VI}$ со структурой алмаза и цинковой обманки изучается свыше 10 лет. Известно, что в основном, в этих соединениях РЗЭ является примесью замещения [1]. Представляет интерес изучение состояния центров, образуемых РЗЭ в соединениях типа $A_2^{III}B_3^{VI}$, имеющих дефектную кристаллическую структуру. Высокая концентрация собственных дефектов-вакансий в этих соединениях позволяет предположить иное, по сравнению с исследованными ранее полупроводниками, поведение примеси РЗЭ [2].

Электронная конфигурация свободного атома европия $4f^7 6s^2$, т.е. его f -оболочка, заполнена наполовину и симметрична. По своей электронной структуре европий является аналогом марганца из $3d$ -ряда. Известно, что Mn сохраняет внутреннюю оболочку невозмущенной, отдавая на связь только два S -электрона. Такого же поведения можно ожидать и от европия в соединении $A_2^{III}B_3^{VI}$ [3].

Исследовались поли- и монокристаллические образцы соединений Ga_2S_3 , легированных европием. При этом европий предварительно растворялся в жидком галлии при $1100^\circ C$ в течение 8 ч. Содержание примеси контролировалось методами атомно-адсорбционного и рентгено-флуоресцентного анализа.

Измерение ЭПР проводилось на спектрометрах SE/X-2543 и ER-220Д фирмы "Bruker" в интервале температур 3.7+300 К.

Спектры ЭПР поликристаллических образцов $Ga_2S_3 \langle Eu \rangle$ наблюдались во всем использованном интервале температур и практически совпадали по форме.

В температурном диапазоне 3.8+300 К исследован ЭПР монокристаллов Ga_2S_3 , легированных европием. Концентрация европия при введении составляла 2.5 и 5%. Помимо ЭПР одиночных ионов Eu^{2+} и обменно-связанных пар европия, во всех исследованных кристаллах наблюдается переход с практически изотропным g -фактором, равным 4.18 ± 0.02 . Переход состоит из наложенных друг на друга серий переходов сверхтонкой структуры (СТС). СТС обладает аксиальной симметрией: расщепление СТС максимально при взаимно перпендикулярной ориентации магнитного поля и кристаллографического направления $\langle 110 \rangle$ и со-ставляет $(22 \pm 5) Gc$ (рис.1,б). При H параллельном оси $\langle 110 \rangle$ СТС не наблюдается (рис.1,а).

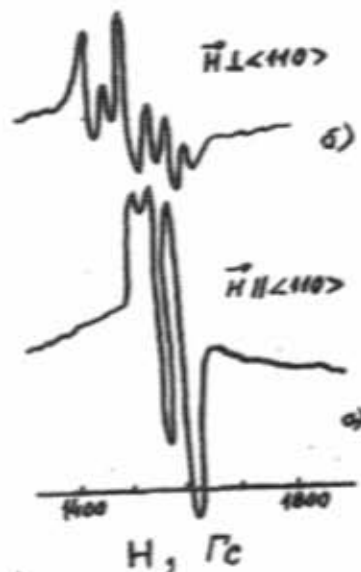


Рис.1. Спектр ЭПР в монокристаллах $Ga_2S_3 \langle Eu \rangle$ при $T=3.8 K$

Интенсивность сигнала подчиняется закону Кюри в диапазоне температур до 10 К. Уменьшение относительной интенсивности при дальнейшем повышении температуры образца может быть связано с действием спин-решеточной релаксации (уширение линии).

Угловая зависимость спектра ЭПР монокристалла Ga_2S_3 представлена на рис.2 при температуре 3,8К, где магнитное поле расположено в плоскости $\langle 110 \rangle$, а угол θ образуется направлением магнитного поля и осью, связывающей два ближайших центра Eu . Угловая зависимость $Ga_2S_3 \langle Eu \rangle$ может быть описана гамма-тоннаном:

$$\vec{H} = DS_z^2 + g_s \beta \vec{H} S_z \sin \theta$$

где g_s - значение g -фактора, определяемое вдоль направления, где переход ЭПР разрешен, β - магнетон Бора, DS_z^2 - симметричный тензор с компонентами S_z ; \vec{H} - напряженность магнитного поля. Расчет угловой зависимости проводился для пар, лежащих в различных плоскостях. Кроме пары, лежащей в плоскости вращения магнитного поля $\langle 110 \rangle$, существуют также

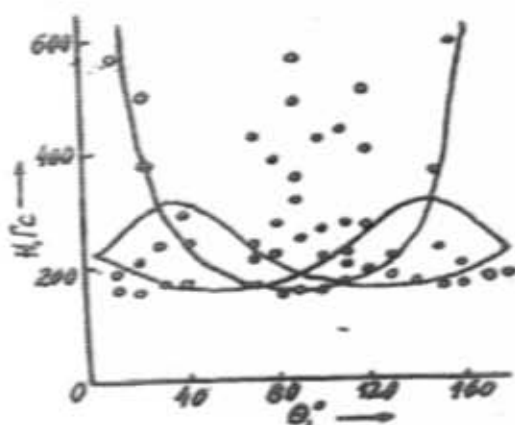


Рис.2. Угловая зависимость спектра ЭПР монокристалла $Ga_2S_3 <Eu>$, \circ - экспериментальные данные, сплошные кривые - теоретический расчет.

пары с осью, перпендикулярной плоскости $<110>$ и две пары плоскости $<110>$, повернутые на 90° относительно друг друга. Влияние температуры на спектр ЭПР проявляется в сдвиге линий g -фактора, равного 2, и их значительном уширении с повышением температуры. Для анализа зависимости смещения переходов магнитного поля от температуры величина магнитного поля представлялась в виде полинома по температуре:

$$\bar{H} = \bar{H}_0 + AT + BT^2 + CT^3$$

В этом случае постоянный член в разложении будет давать величину магнитного поля при $T=0$, которая позволяет вычислить g -фактор из условия резонанса:

$$h\nu = 2g\beta H_0$$

Экстраполируя экспериментальные данные для обменного уровня с $S_x=1$, $Ga_2S_3 <Eu>$, и найдя численные параметры полинома при $T=0$, находим величины $H_0=770$ и $g=4,20$. Температурная зависимость относительной интенсивности спектров монокристаллов Ga_2S_3 имеет колоколообразный вид (рис.3).

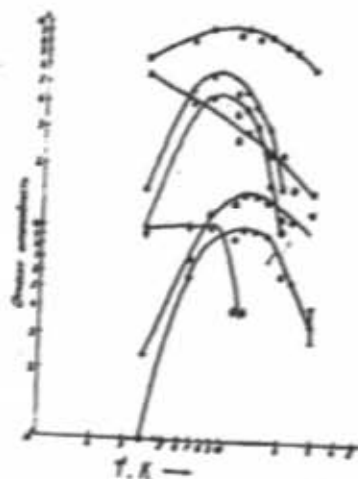


Рис.3. Температурная зависимость относительной интенсивности спектра ЭПР монокристаллов $Ga_2S_3 <Eu>$ при $\varphi=70^\circ$.

Экстремум функции для $S_x=1$ приходится на значение температуры $T=12,6$ для $g=2$ при $T=16,6$ К. Оценка g -фактора из температурной зависимости первого момента спектра ЭПР, влияние температуры на спектр ЭПР, его угловая зависимость позволяют утверждать, что в этом образце существуют обменно-связанные центры Eu^{2+} , характеристики которого, подобно характеристикам Gd^{3+} , приведены в [4].

[1] В.Ф. Мастеров, Л.Ф. Захарченя. ФТП, 1990, т.24, в.4, с.610-630.

[2] И.М. Аскеров, В.Ф. Кобелев, В.Ф. Мастеров, О.Б. Тагиев, К.Ф. Штильмах, Л.Ф. Лихолит. ФТП, 1989, т. 23, в. 7, с.1307.

[3] И.М. Аскеров, Ф.Ш. Айдаев, Г.К. Асланов, В.Ф. Мастеров, Б.Г. Тагиев. ФТП, 1991, т.25, в.11, с.2042-2046.

[4] Л.Ф. Захаренков, С.П. Марков, В.Ф. Мастеров, К.Ф. Штильмах. ФТП, 1985, т.19, в.10, с.1841.

İ.M. Əsgərov, M.Ə. Nizamatdinova, H.F. Hacıyev

YEVROPİUMLA AŞQARLANMIŞ Ga_2S_3 MONOKRİSTALININ EPR SPEKTRLƏRİNİN BUCAQ VƏ TEMPERATUR ASILILIĞI

3,7+300 K temperatur diapazonunda yevropiumla aşqarlanmış Ga_2S_3 monokristalının EPR spektrlərinin bucaq və temperatur asılılığı tədqiq edilmişdir.

$<110>$ kristalloqrafik istiqaməti ilə maqnit sahəsinin qarışıqlıq perpendikulyar orientasiyası zamanı spektrin incə ifrat quruluşu (İQ) məlik olması aşkar olunmuşdur. 10 K-ə qədər temperatur diapazonunda spektrin intensivliyi Kyūri qanununa tabe olur. Temperaturun sonrakı artımı zamanı spektrin nisbi intensivliyinin azalması müşahidə olunur ki, bu da spin-qəfos relaksasiyası ilə əlaqələndirilir.

I.M. Askerov, M.A. Nizametdinova, Kh.F. Gadjiev

ANGLE AND TEMPERATURE DEPENDENCE OF EPR SPECTRUM OF Ga_2S_3 MONOCRYSTAL
DOPED BY Eu

The angle and temperature dependence of EPR spectra of Ga_2S_3 monocrystals doped by Eu has been investigated in the temperature range 3.7+300 K. Splitting of superfine structure of spectrum (SSS) when magnetic field is perpendicular to $\langle 110 \rangle$ crystallographic direction has been found. The intensity of the spectra obeys Curie law in the temperature range 3.7+10 K. At further increasing of temperature the relative intensity of EPR spectra decreases, which is related to the effect of the spin-lattice relaxation.

Редактор: Б.Г. Тазиев