

СПЕКТРЫ ОТРАЖЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ GaAs И ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ Ga_{1-x}In_xAs И Ga_{1-x}Al_xAs

М.И. АЛИЕВ, Ш.Ш. РАШИДОВА, И.М. АЛИЕВ

Институт Физики АН Азербайджана

370143, Баку, пр. Г. Джавида, 33

В работе приводятся результаты измерений отражательной способности в Ga_{0,47}In_{0,53}As, Ga_{0,7}Al_{0,3}As, GaAs, GaP, и InAs. Определена эффективная масса в твердых растворах. Результаты контролировались значениями, которые совпадают с экспериментальными данными.

Полупроводниковые соединения типа A³B⁵ и твердые растворы на их основе широко используются в оптоэлектронных преобразователях [1,2]. Поэтому исследование оптических свойств этих соединений представляет большой интерес.

В настоящей работе приводятся результаты исследования спектров отражений некоторых соединений A³B⁵ как чистых, так и легированных, а также твердых растворов на основе GaAs.

Спектры отражения измерялись на спектрофотометрах "Specord/75-IR", "Specord M-40" в интервале длин волн (0,2 ÷ 25) мкм при комнатной температуре.

На рис.1 представлены спектры отражения образцов: Ga_{0,7}Al_{0,3}As ($n=2,58 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$); Ga_{0,47}In_{0,53}As ($n=1,2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$), GaAs<Sn> ($n = 3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$). GaAs<Te> ($n = 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$). Характерным является наличие глубокого плазменного минимума.

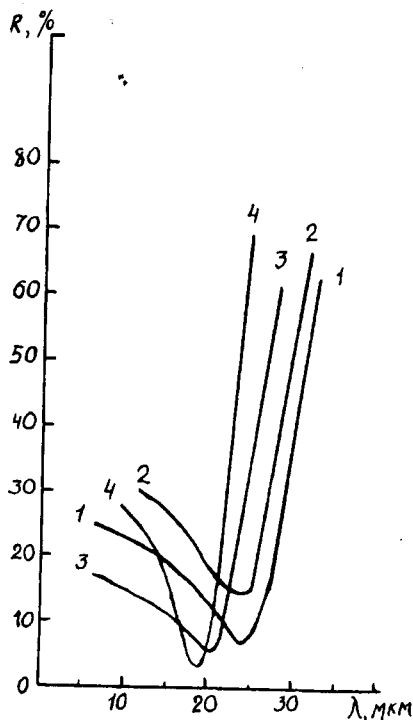


Рис.1. Кривые отражения при 300 К для образцов:

- 1) Ga_{0,7}Al_{0,3}As ($n = 2,58 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$),
- 2) Ga_{0,47}In_{0,53}As ($n = 2,58 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$),
- 3) GaAs<Sn> ($n = 3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$) и
- 4) GaAs<Te> ($n = 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$).

Известно, что в легированных полупроводниках эффективная масса и положение минимума в спектрах от-

ражения связаны соотношением

$$\frac{m^*}{m_0} = \frac{eN\lambda_{min}^2}{\pi c^2 m_0 (\epsilon_2 - 1)}, \quad (1)$$

где N - концентрация носителей заряда, λ_{min} - длина волны, соответствующая плазменному минимуму, e - заряд электрона, c - скорость света, ϵ_2 - диэлектрическая постоянная, m_0 - масса свободного электрона.

Результаты вычислений эффективной массы в кристаллах по формуле (1) следующие: $m^* = 0,083m_0$ (Ga_{0,7}Al_{0,3}As), $m^* = 0,031m_0$ (Ga_{0,47}In_{0,53}As), $m^* = 0,06m_0$ (GaAs<Sn>).

Экспериментальные результаты по формуле (1) для твердых растворов Ga_{1-x}In_xAs и Ga_{1-x}Al_xAs контролировались формулой (2) из работы [4].

$$\frac{m^*}{m_0} = \left(\frac{x}{0,14} + \frac{1-x}{0,067} \right)^{-1} \text{ и } \frac{m^*}{m_0} = \left(\frac{1-x}{0,065} + \frac{1-x}{0,025} \right)^{-1}, \quad (2)$$

соответственно.

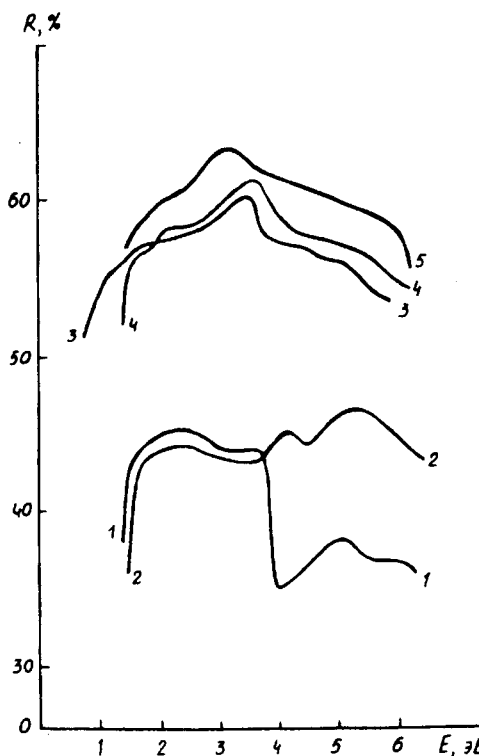


Рис.2. Спектры отражения кристаллов 1) Ga_{0,47}In_{0,53}As; 2) InAs; 3) GaAs; 4) GaP и 5) Ga_{0,7}Al_{0,3}As при 300 К.

Результаты вычислений для твердых растворов Ga_{0,7}Al_{0,3}As $m^* = 0,083m_0$ и Ga_{0,47}In_{0,53}As $m^* = 0,031m_0$ хорошо согласуются с литературными данными [4,5].

На рис.2 представлены спектры отражения кристаллов Ga_{0,47}In_{0,53}As (1), InAs (2), GaAs (3), GaP (4) и Ga_{0,7}Al_{0,3}As (5) в области длин волн (0,2÷1,3) мкм.

В спектрах отражения GaP, Ga_{0,7}Al_{0,3}As и Ga_{0,47}In_{0,53}As (рис.2) наблюдается дополнительная структура при энергиях 1,8 эВ, 2,2 эВ и 2,75 эВ, соответственно. Эта структура, по-видимому, обусловлена переходами в точке между зонами 1,8 эВ и 2,2 эВ. В спектрах отражения соединений A³B⁵ эти максимумы известны и объясняются d-переходами в зону проводимости. Эти переходы рассмотрены в работах Филиппа и Эренрейха [1].

Фотоэлектрическим методом установлены экситонно-примесные комплексы в кристаллах GaP в области энергии 2- 4,5 эВ [6].

В спектрах фотолуминесценции слоев GaP/GaP при 2,3 эВ были обнаружены экситоны, связанные на нейтральном доноре [7].

В кристаллах GaP обнаружены два пика. при энергиях 2,3 и 3,65 эВ экситонного и примесного характера, соответственно.

Как видно из рис. 2, на спектре отражения GaAs ширина запрещенной зоны E_0 (1,4 эВ), спин орбитальное расщепление Δ_0 (0,33 эВ) и величина $E_0 + \Delta_0$ (1,75 эВ) соответствуют литературным данным [8]. Соответствующие результаты по спектрам отражения, как видно из рисунка, наблюдаются и для InAs, в частности переходы с энергиями $E = 2,6$ эВ, $E = 2,85$ эВ. Эти переходы наблюдаются также в кристаллах Ga_{0,47}In_{0,53}As в спектрах отражения при энергиях 4,2 эВ и 5,1 эВ. В пленках Ga_{0,7}Al_{0,3}As также наблюдаются особенности $E_0 = 1,9$ эВ, $E_0 + \Delta_0 = 2,5$ эВ и переходы с энергией $E_{-2} = 3,2$ эВ и $E_{L_3} = 5,6$ эВ. Как видно из рисунка 2, переходы $\Gamma_{15v} - \Gamma_{15c}$ проявляются в спектрах отражения кристаллов InAs (3,75 эВ), Ga_{0,7}Al_{0,3}As (4,2 эВ), GaAs (4,2 эВ), GaP (3,7 эВ) и Ga_{0,7}Al_{0,3}As (3,4 эВ).

[1] T.Hayakawa, K.Matsumoto, H.Horie, M.Nagai, M. Morishima, Y. Ishigame J. Appl. Phys., 1993, v.74, №8, p. 5285.
 [2] X. Филипп, X. Эренрайх. В кн. «Оптические свойства полупроводников», Москва, Изд-во «МИР», 1970, с.103-135.
 [3] Э.Е.Матяс, А.Г. Карова, Б.В. Улащик. Физика и техника полупроводников АН БССР, 1978, №5, с. 114 -116.

[4] Amitabh Chandra and Lester F. Estman. J. Appl. Phys., 1980, 51 (5), pp. 2669-2677.
 [5] D.K. Gaskill, N. Bottka, L. Aina and M. Mattingly. Appl. Phys. Lett., 1990, v. 56, № 13, pp. 1269-1271.
 [6] М. Кардона. В кн «Оптические свойства полупроводников A³B⁵», Москва, 1970. с. 136 - 165.
 [7] Ю.В. Жилев. ФТП, 1990, т. 24, вып. 7, с.1303-1305.
 [8] В.В. Соболев, В.И. Донецких. Неорганические материалы, 1971. том VII, № 4. с. 565 - 559.

M.İ. Əliyev, Ş.Ş. Rəşidova, İ.M. Əliyev

Ga_{1-x}In_xAs VƏ Ga_{1-x}Al_xAs KRİSTALLARINDA ƏKSOLUNMA SPEKTRLƏRİ

Məqalədə, Ga_{0,47}In_{0,53}As, Ga_{0,7}Al_{0,3}As, GaAs, GaP və InAs kristallarında əksolunma qabiliyyətinin ölçmələri nəticələri göstərilmiş, bərk məhlullarda effektiv kütlə təyin olunmuşdur.

Nəticələr eksperimentin göstəricilərinə uyğun gələn hesablanmış qiymətləri ilə yoxlanılmışdır.

M.I. Aliev, Sh.Sh. Rashidova, I.M. Aliev

REFLECTION SPECTRA IN GaAs AND Ga_{1-x}In_xAs, Ga_{1-x}Al_xAs CRYSTALS

In that paper the results of measurements of reflection power in Ga_{0,47}In_{0,53}As, Ga_{0,7}Al_{0,3}As, GaAs, GaP and InAs are given. The effective mass in the solid solutions is determined. The results are controlled by theoretical values that agree with test data.