

ВОЗБУЖДЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ АКЦЕПТОРОВ В ФОСФИДЕ ГАЛЛИЯ

В. Беридт, А.А. Копылов, А.Н. Пухтин

Впервые наблюдалась тонкая структура спектров фотовозбуждения акцепторных центров в фосфиде галлия. Определены точные значения энергий ионизации Cd, Zn, Mg и Be. Полученные данные указывают на необходимость уточнения величины энергии ионизации непрямого экситона в GaP.

Сочетание физико-химических свойств фосфида галлия оказалось настолько благоприятным, что целый ряд наблюдавшихся в нем впервые интересных оптических эффектов, связанных прежде всего с примесными состояниями, удалось объяснить не только качественно, но и количественно (см., например, обзоры [1]). Энергетические состояния доноров определены из спектров фотовозбуждения [2]. Детальный анализ тонкой структуры спектров межпримесной излучательной рекомбинации дал возможность с точностью 0,2 мэв определить величины ($E_g - E_D - E_A$) более чем для 20 пар донор – акцептор. Только отсутствие непосредственных данных по состояниям акцепторов не позволяло получить законченной количественной картины об энергетическом спектре примесных центров в GaP.

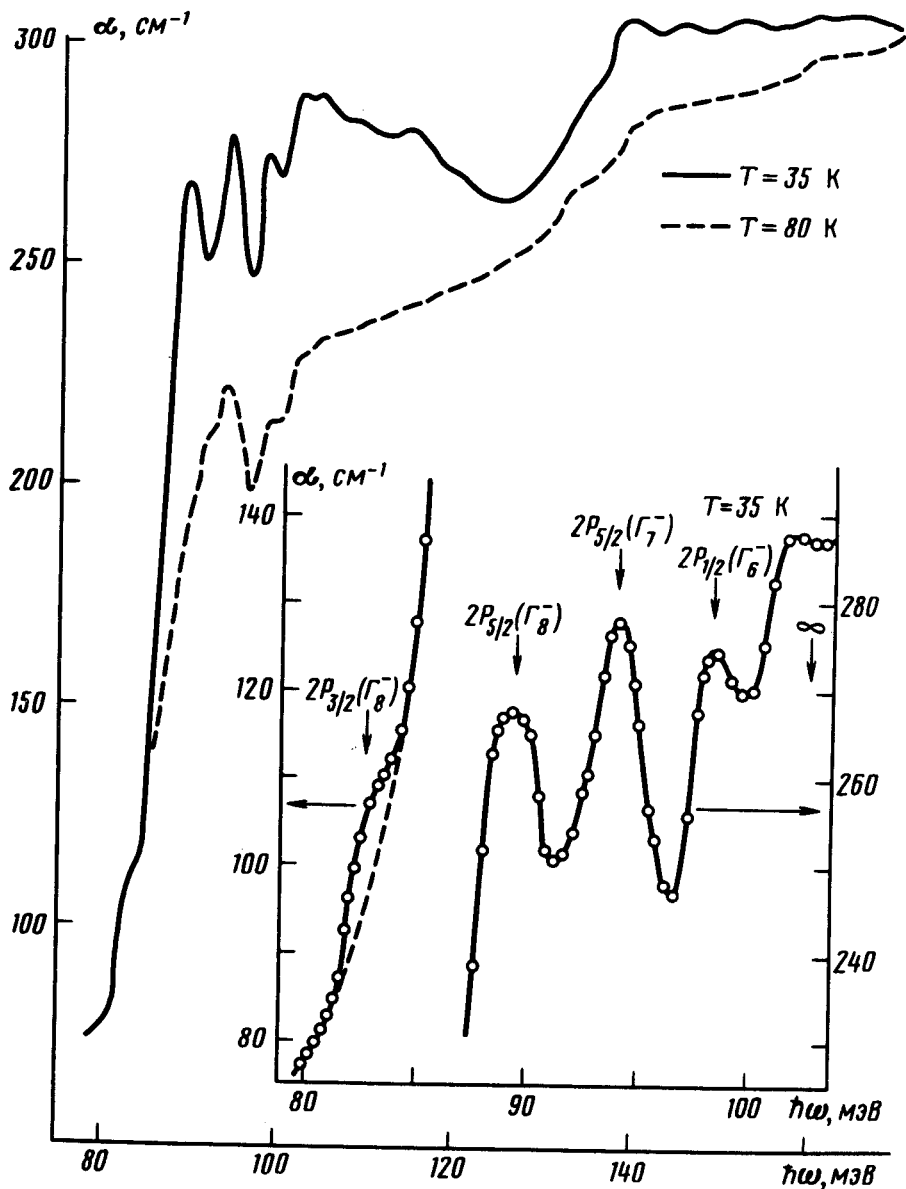
Наличие сильных двухфононных полос решеточного поглощения [3], осложняющих исследования, привело к необходимости применения сравнительно сильно легированных образцов. Но, поскольку боровские радиусы для примесных центров в GaP существенно меньше, чем в германии, то тонкая структура здесь должна сохраняться до сравнительно больших концентраций примесей. Нами были исследованы монокристаллы фосфида галлия, легированные Cd, Zn, Mg и Be до уровня 10^{18} см^{-3} в процессе бестигельной зонной плавки.

Энергии ионизации акцепторов в GaP

Акцептор	E_A , мэв	
	Настоящая работа	Анализ спектров межпримесной рекомбинации [8]
Cd	$102,7 \pm 0,7$	94,3
Zn	71 ± 2	61,7
Mg	60 ± 2	52,0
Be	56 ± 2	48,7

Лучше всего тонкая структура спектров фотовозбуждения проявлялась в образцах, легированных кадмием (см. рисунок). Три наиболее сильные линии соответствуют разрешенным переходам в $2P$ -состояния, расщепленные спин-орбитальным взаимодействием. Ступень вблизи

82 мэВ соответствует запрещенному переходу. Относительные положения всех наблюдающихся линий хорошо совпадают с результатами проведенного недавно теоретического расчета [4]. С увеличением температуры структура в спектре примесного поглощения исчезала. Отметим, что в эксперименте наблюдались все линии, обусловленные наиболее сильными переходами $1S \rightarrow 2P$.



Спектр примесного поглощения GaP:Cd. Все кривые приведены за вычетом поглощения на колебаниях решетки. На вставке в более крупном масштабе приведена тонкая структура спектра с интерпретацией соответствующих линий. Вертикальными стрелками показаны теоретические положения линий фотовозбуждения [4]. Горизонтальные стрелки указывают масштабы для соответствующих кривых

В таблице приведены полученные из анализа экспериментальных данных величины энергий ионизации всех исследованных акцепторов вместе с принятыми в настоящее время значениями E_A . Сравнение приведенных данных показывает, что полученные нами величины систематически на 8 ± 2 мэв превышают величины энергий ионизации, определенные из анализа спектров межпримесной рекомбинации. В последнем случае для расчета ($E_D + E_A$) необходимо знать точное значение ширины запрещенной зоны $E_g = E_{gx} + E_{ex}$. Экситонная ширина запрещенной зоны E_{gx} для GaP известна с высокой точностью [5, 6], в то время как энергия ионизации свободного экситона $E_{ex} = 10$ мэв определена косвенным путем только в одной работе [5]. Если предположить, что энергия связи экситона в GaP составляет 18 ± 2 мэв, то это объяснит всю совокупность экспериментальных данных. Отметим, что согласно теоретическому расчету [7] энергия связи непрямого экситона в GaP составляет 17,65 мэв.

Ленинградский
электротехнический институт связи
им. М.А.Бонч-Бруевича

Поступила в редакцию
30 октября 1975 г.

Литература

- [1] P. J. Dean. Progr. Sol. St. Chem. 8, 1, 1973; А.Э.Юнович. Сб. Издательная рекомбинация полупроводников, под ред. Я.Е.Покровского М., изд. Наука, 1972.
- [2] A. Onton, R. C. Taylor. Phys. Rev. B, 1, 2587, 1970.
- [3] В.И.Закржевский, А.Н.Пихтин, Д.А.Яськов. ФТТ, 13, 2635, 1971.
- [4] A. Baldereschi, N. O. Lipari. Phys. Rev. B, 9, 1525, 1974.
- [5] P. J. Dean, D. G. Thomas. Phys. Rev., 150, 690, 1966.
- [6] А.Н.Пихтин, Д.А.Яськов. ФТТ, 11, 561, 1969.
- [7] N. O. Lipari, A. Baldereschi. Phys. Rev. B., 3, 2497, 1971.
- [8] A. T. Vink, R. L. A. Van Der Heyden, J. A. W. Van Der Does De Bye. J. Luminesc., 8, 105, 1973.