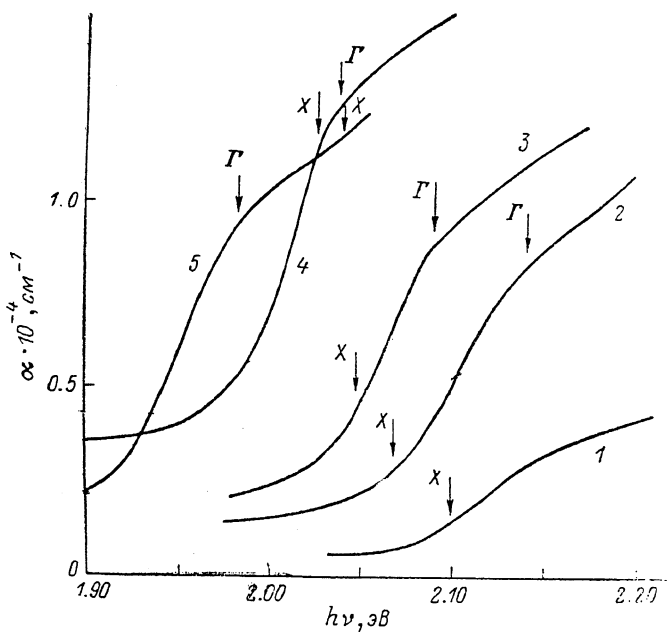


ФТП, том 23, вып. 5, 1989

КРАЙ СОБСТВЕННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$

Кузнецов В. В., Разбегаев В. Н., Саид Эль-Гизри

Многокомпонентные полупроводниковые твердые растворы являются в настоящее время основными материалами оптоэлектроники благодаря возможности управления сразу несколькими параметрами кристалла. Однако широкозонные многокомпонентные системы с непрямой структурой зон практически не исследованы. Например, влияние параметров зонной структуры



Спектры собственного поглощения $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ при 300 К.

x : 1 — 0.44, 2 — 0.14, 3 — 0.26, 4 — 0.185, 5 — 0.21; y : 1 — 0.39, 2 — 0.42, 3 — 0.24, 4 — 0.3, 5 — 0.31.

на непрямые оптические переходы, достаточно полно изученное в трехкомпонентных системах [1, 2], в четырехкомпонентных рассматривалось только в люминесценции для $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ [3]. Сведений об оптическом поглощении $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ нам найти не удалось. Вместе с тем в этом материале имеется неизученная возможность независимого управления как энергетическим положением, так и интенсивностью непрямых межзонных переходов.

Матричный элемент вероятности непрямых оптических переходов обратно пропорционален энергетическому расстоянию Δ между конечным и виртуальным состояниями, в качестве которого для бесфононной и LA-компонент поглощения в соединениях $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ выступает ближайший Г-минимум зоны проводимости [2, 4].

Интенсивность бесфоновой компоненты зависит также и от степени разупорядочения, которая для трехкомпонентных систем пропорциональна $x(1-x)$ [2]. В тройных растворах изменение состава осуществляется замещением атомов по одной подрешетке, интенсивность и пороговые энергии непрямых межзонных переходов определяются одним параметром. В четырехкомпонентных системах и степень разупорядочения, и вероятность переходов зависят уже от двух параметров x и y , что дает возможность управлять формой края собственного поглощения по двум характеристикам.

Монокристаллические слои $Al_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y$, исследованные в настоящей работе, выращивались методом релаксационной жидкофазной эпитаксии на неизопериодической подложке фосфида галлия [5]. Рентгеноструктурные исследования показали высокую степень однородности состава по толщине пленок, составляющей, как правило, несколько микрометров. Поскольку данные по зависимости от состава ширины запрещенной зоны для этого материала отсутствуют, они были нами рассчитаны для Γ - и X -минимумов по методике [6]. Состав выбирался таким образом, чтобы получить серию образцов с различным содержанием компонентов раствора, но с одинаковой шириной запрещенной зоны. В качестве примера на рисунке представлены спектры поглощения при комнатной температуре ряда образцов $Al_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y$ различного состава. В большинстве образцов, как видно из рисунка, наблюдаются одновременно как непрямые (X), обусловленные, вероятно, образованием непрямого экситона с эмиссией LA -фонона, так и прямые (Γ) переходы. Отметим, что детальный анализ тонкой структуры, обусловленной бесфоновой и LA_A -компонентами, затруднен из-за погрешности измерения небольших коэффициентов поглощения вследствие малой толщины пленок. Для образцов с непрямой структурой зон (кривые 1—3) при приблизительно одинаковой пороговой энергии крутизна спектральной зависимости, определяемая интенсивностью непрямых переходов, растет в соответствии с изменением параметров зонной структуры и при малых Δ становится соизмеримой с интенсивностью прямых переходов. Это отчетливо видно на спектре образца 4, где оба типа переходов находятся при примерно одинаковой энергии, что и определяет большую величину коэффициента поглощения этого образца по сравнению с другими. Спектр поглощения пленок с прямой структурой зон (кривая 5) отличается от соответствующего спектра бинарных и тройных систем только большим уширением, что обусловлено технологическими причинами. В этой области составов, как и следовало ожидать, изменение как x , так и y приводит только к смещению края поглощения без изменения его формы.

Представленные результаты являются непосредственным экспериментальным подтверждением возможности изменения как энергетического положения, так и интенсивности непрямых оптических переходов в четырехкомпонентных полупроводниковых твердых растворах путем изменения состава по двум подрешеткам, что открывает дополнительные перспективы управления формой края поглощения таких систем.

Список литературы

- [1] Pikhin A. N., Razbegaev N. V., Yaskov D. A. // Phys. St. Sol. (b). 1972. V. 50. P. 717—725.
- [2] Пихтин А. Н. // ФТП. 1977. Т. 11. В. 3. С. 425—455.
- [3] Ермаков О. Н. // ФТП. 1985. Т. 19. В. 2. С. 317—320.
- [4] Пихтин А. Н., Разбегаев В. Н., Яськов Д. А. // ФТП. 1973. Т. 7. В. 3. С. 471—479.
- [5] Kuznetsov V. V., Moskvina P. P., Sorokin V. S. // J. Cryst. Growth. 1988. V. 88. N 2. P. 241—264.
- [6] Гореленок А. Т., Дзигасов А. Г., Москвин П. П., Сорокин В. С., Тарасов И. С. // ФТП. 1981. Т. 15. В. 12. С. 2410—2415.

Ленинградский электротехнический институт
им. В. И. Ульянова (Ленина)

Получено 12.07.1988
Принято к печати 20.12.1988