

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ.

ЕФИ-690(5)-84

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНФОРМАЦИИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО АТОМНОЙ НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Е.Ю.БРАЙЛОВСКИЙ, Н.Е.ГРИГОРЯН, Г.Н.ЕРИЦЯН

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭКСИТОННОЕ
ПОГЛОЩЕНИЕ В КРИСТАЛЛАХ GaP (N)

ЕРЕВАН-1984

ЕФМ-690(5)-84

E.YU.BRAYLOVSKII*, N.G.GRIGORYAN, G.N.ERITSYAN

INFLUENCE OF ELECTRON IRRADIATION
ON EXCITON ABSORPTION IN GaP(N) CRYSTALS

The exciton absorption studies in GaP(N) crystals have shown that the deformations of the crystal lattice and electrostatic fields due to the irradiation are localized in the vicinity of the radiation defects and the basic volume of the crystal remains undisturbed at doses of 50 MeV electrons up to 10^{17} el/cm². There has also been found two types of nitrogen atomic states producing bound excitons: rapid degrading and radiative stable excitons.

Yerevan Physics Institute
Yerevan 1984

* Institute of Nuclear Studies of Ukrainian Academy of Sciences

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФМ-690(5)-84

Е.Ю.БРАЙЛОВСКИЙ, Н.Е.ГРИГОРЯН, Г.Н.ЕРИЦЯН

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭКСИТОННОЕ
ПОГЛОЩЕНИЕ В КРИСТАЛЛАХ GaP (N)

Ереван 1984

Одной из важнейших примесей в кристаллах GaP является атом азота, замещающий фосфор. Поскольку атомы фосфора и азота имеют одну и ту же валентность, то образованный при замещении центр, с которым может быть связан экситон, является изоэлектронным. При излучательном распаде такого связанного экситона возникает зеленое свечение. Это явление лежит в основе работы светодиодов зеленого свечения из GaP. В спектре поглощения кристаллов GaP (N) отчетливо проявляется полоса поглощения при $h\nu = 2,313$ эВ, обусловленная экситоном, связанным с изоэлектронной ловушкой атома азота (А-полоса, рис.1). Эта полоса подробно изучена в работах [1-3].

Экситонное поглощение очень чувствительно к наличию деформаций и электрических полей в кристалле, последние приводят к сдвигу линий экситонов и их распаду. Следовательно, по исследованию формы, положения и интенсивности А-полосы поглощения в облученных кристаллах GaP можно судить о локальных электрических полях и о деформациях кристаллической решетки, образованных радиационными дефектами.

Изучению этих вопросов и посвящена настоящая работа.

Исследования проводились на эпитаксиальных слоях GaP, легированных азотом, выращенных на подложках нелегированного GaP. Легирование азотом осуществлялось путем добавления NH_3 в процессе эпитаксии. Толщина эпитаксиальных слоев составляла 168 мкм.

На рис. 1 приведены спектральные зависимости коэффициента поглощения в области А-полосы, измеренные при 80 К для образцов до и после облучения электронами с энергией 50 МэВ. Концентрация азота определялась по данным рис. 1 с использованием формулы Декстера из работы [1]:

$$Nf = 1,13 \cdot 10^{12} \pi f \alpha dk,$$

где N - концентрация атомов в $см^{-3}$, α - коэффициент поглощения в $см^{-1}$ и k - волновое число в $см^{-1}$. При этом использованы значения коэффициента преломления $n = 3,45$ и силы осциллятора $f = 0,01$, приведенные в указанной работе. Содержание азота в исходных кристаллах составляло $\sim 5 \cdot 10^{17} см^{-3}$. Как видно из рис. 1, при больших дозах облучения из-за сильного дополнительного поглощения наблюдение полосы затруднено.

На рис. 2 представлены дозовые зависимости концентрации атомов азота, ответственных за А-полосу поглощения. Как видно из рисунка, для некоторых образцов при начальных дозах облучения наблюдается уменьшение концентрации атомов азота, дающих А-полосу, а затем при дозах $(2-10) \cdot 10^{16}$ эл/см² она остается неизменной (кривые 1, 2). Для других образцов (кривая 3 на рис. 2) не наблюдалось изменений в интенсивности А-полосы при облучении вплоть до $\Phi = 10^{17}$ эл/см². Изменения положения макси-

мума и формы А-полосы в обоих случаях не наблюдается.

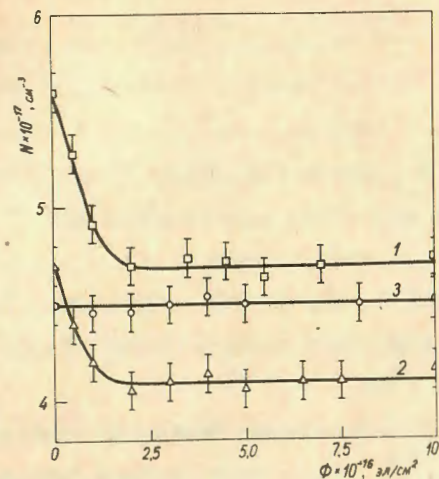
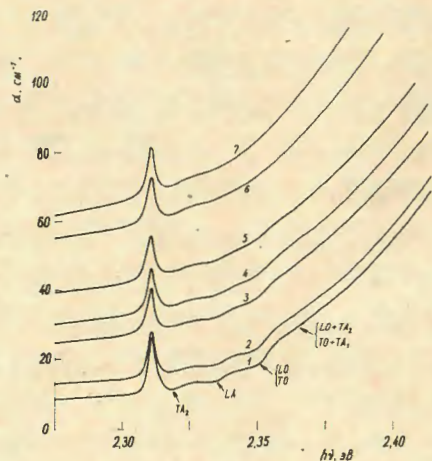
В работе [4] нами было показано, что облучение фосфида галлия высокоэнергетичными электронами приводит к образованию локальных электрических и деформационных полей, искривляющих края зоны проводимости и валентной зоны. Кроме того, для скорости удаления носителей получено значение 28-30 $см^{-1}$. Таким образом, с учетом $N_{геф} = \eta \Phi$, где η - число дефектов, создаваемых одним электроном, получаем, что общая концентрация радиационных дефектов составляет $\sim 3 \cdot 10^{18} см^{-3}$ при дозе облучения $\Phi = 10^{17}$ эл/см², и среднее расстояние между радиационным дефектом и атомом азота составляет ~ 15 постоянных решетки. На таком расстоянии деформация и электростатическое поле от отдельных радиационных дефектов, как следует из рис. 2, не вызывают ощутимых изменений в экситонном состоянии на изоэлектронных ловушках. Из этого следует, что поля радиационных дефектов, которые могут быть порядка 10^5 В/см [5], сильно локализованы.

Наблюдаемое некоторое уменьшение (15%) интенсивности А-полосы поглощения при начальных дозах облучения, таким образом, не является прямым следствием влияния внутренних полей радиационных дефектов. Предполагается участие в этом процессе неконтролируемых примесей или дефектов, которые, находясь вблизи небольшой части атомов азота, в результате облучения изменяются так, что разрушают экситонное состояние.

Интересно отметить, что экситонная люминесценция, обусловленная А-полосой, резко уменьшается при гораздо меньших интегральных потоках облучения. Так, по данным работы [3], уже при $\Phi = 10^{15}$ эл/см² интенсивность А-полосы уменьшается на по-

рядок. Различия в дозовых зависимостях фотолуминесценции и поглощения обусловлены тем, что при поглощении происходит возбуждение экситона, а фотолуминесценция наблюдается в результате аннигиляции экситона. Интенсивность второго процесса уменьшается как вследствие разрушения экситонных комплексов полем радиационных нарушений, так и вследствие введения центров безызлучательной рекомбинации при облучении. Однако, как следует из наших результатов, экситонные комплексы, в основном, сохраняются вплоть до дозы $\Phi = 10^{17}$ эл/см². Это позволяет утверждать, что уменьшение интенсивности фотолуминесценции в облученных кристаллах GaP (N) является результатом влияния радиационных дефектов как конкурирующего канала безызлучательной рекомбинации.

Обнаруженная нами быстрая деградация части экситонов, связанных на атомах азота в GaP, может быть частично ответственной за радиационную деградацию светодиодов, а также за деградацию излучения в процессе их работы.



ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Спектральные зависимости коэффициента поглощения в области А-полосы, измеренные при 80 К для образцов GaP(N) до и после облучения электронами с энергией 50 МэВ:
 1 - до облучения; 2 - $1 \cdot 10^{16}$ эл/см²; 3 - $3 \cdot 10^{16}$ эл/см²;
 4 - $4 \cdot 10^{16}$ эл/см²; 5 - $5 \cdot 10^{16}$ эл/см²; 6 - $6,5 \cdot 10^{16}$ эл/см²;
 7 - $7,5 \cdot 10^{16}$ эл/см².

Стрелками указаны пороговые энергии образования экситонов с эмиссией фононов.

Рис.2 Дозовые зависимости концентрации атомов азота, ответственных за А-полосу поглощения, для GaP (N).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cuthbert J.D., Thomas D.G. Fluorescent Decay Times of Excitons Bound to Isoelectronic Traps in GaP and ZnTe.- Phys. Rev., 1967, vol.154, N.3, p.763.
2. Глинский Г.Ф., Пихтин А.Н. Эффект Штарка и распад связанного экситона во внешнем электрическом поле (А-линия в GaP). ФТП, 1975, т.9, № II, с.2139.
3. Брайловский Е.Ю., Марчук Н.Д., Тартачник В.П. Изучение радиационных дефектов в фосфиде галлия. Препринт КИЯИ-77-1, Киев, 1977, с.23.
4. Григорян Н.Е. Исследование оптических свойств широкозонных соединений $A^{III}B^V$, облученных быстрыми электронами. Автореф. канд. дис. Аштарак, ИРФЭ, 1982, с.16.
5. Панков Ж. Оптические процессы в полупроводниках. М.: Мир, 1973, с.456.

Рукопись поступила 20 июня 1983 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 468

ВФ-05336

Тираж 299

Препринт ВФИ
Подписано к печати 13/II-84г.

Формат издания 60x84/16
0,5 уч.-изд.л.П. 8 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркаряна 2