

[4] Аскеров Б. М., Гашизмаде Н. Ф., Панахов М. М. — ФТП, 1987, т. 29, в. 3, с. 818—824.

[5] Lyo S. K. — Phys. Rev. B, 1984, в. 30, N 6, p. 3257—3260.

[6] Луцкий В. Н., Каганов М. И., Шик А. Я. — ЖЭТФ, 1987, т. 92, в. 2, с. 721—729.

Азербайджанский государственный университет им. С. М. Кирова
Баку

Получено 20.07.1987
Принято к печати 25.11.1987

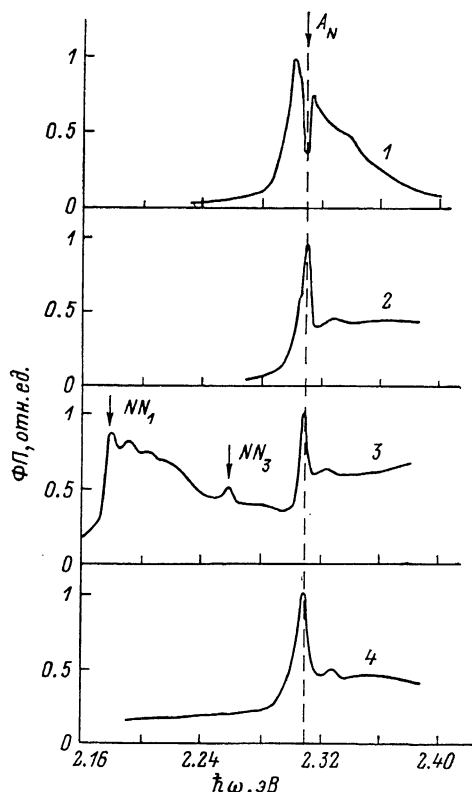
ФТП, том 22, вып. 6, 1988

ФОТОЭФФЕКТ, ИНДУЦИРОВАННЫЙ ЭФФЕКТОМ ШТАРКА НА СВЯЗАННОМ ЭКСИТОНЕ В GaP : N

Пихтин А. Н., Попов В. А., Юнис М.

В [1, 2] сообщалось о наблюдении «аномального» фотоэффекта на связанных на изоэлектронных ловушках экситонах в GaP(N)—*p-n*-переходах. Эти результаты указывали на эффективную передачу возбуждения связанными экситонами на расстояние более 10 мкм, что впоследствии было подтверждено в [3]. В настоящей работе, являющейся продолжением [1, 2], впервые сообщается об экспериментальном наблюдении в полупроводниках фотоэффекта, вызванного распадом экситона, связанного на изоэлектронной ловушке, в поле заряженных примесей.

Измерения фотопроводимости, выполненные нами при $T=40\div 80$ К на эпитаксиальных слоях фосфида галлия, полученных химическим осаждением из газовой фазы, показали следующее. В образцах *n*-типа, легированных теллуром или серой до $N_D=(0.6\div 6)\cdot 10^{17}$ см⁻³ и азотом до $N_N=4\cdot 10^{18}$ см⁻³ на фоне



Спектры фотопроводимости при $T=77$ К эпитаксиальных слоев фосфида галлия, легированных азотом ($N_N=4\cdot 10^{18}$ см⁻³).

1, 4 — некомпенсированные образцы до диффузии меди; 2 — слабо компенсированные ($T_{\text{дифф}}=513$ °С), 3 — сильно компенсированные ($T_{\text{дифф}}=675$ °С) медью образцы. Толщина эпитаксиальных слоев, мкм: 1—3 — 40; 4 — 5. A_N — бесфоновая линия экситона, связанного на одиночных атомах азота; NN_1 , NN_2 — линии экситонов, связанных на парах атомов азота.

примесной фотопроводимости в области хорошо известной A_N -линии экситона, связанного на одиночном атоме азота в GaP, наблюдался узкий «провал» (см. рисунок, кривая 1). Это однозначно указывало на наличие нефотоактивного поглощения в области A_N -линии. В то же время на некоторых образцах в этой области был обнаружен сильный фотоответ. Анализ этого явления показал, что оно может быть вызвано распадом связанного на азоте экситона в поле заряженных примесей. Для проверки этого предположения была проведена серия измерений на образцах, компенсированных медью путем диффузии.

По мере увеличения степени компенсации «провал» уменьшался, а в сильно легированном компенсированном материале в области A_N -линии наблюдался максимум фототовета, как это показано (см. рисунок, кривая 2). Изменение концентрации заряженных центров проводилось следующим образом. В материал n -типа проводимости, легированный теллуrom до $(0.6 \div 6) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, при разных температурах осуществлялась диффузия меди, предварительно напыленной на поверхность образца. После удаления остатков меди с поверхности образца проводилась ее «разгонка» в течение 1 ч при 800 °С. Режимы диффузии указаны в подписи к рисунку.

Во всех компенсированных медью образцах провал в области A_N -линии отсутствовал, а в образце с наибольшей концентрацией заряженных примесей ($T_{\text{дифф}} = 675^\circ \text{C}$), кроме фотоэффекта в области A_N -линии, отчетливо проявлялся фотоэффект на NN_1 - и NN_3 -линиях, энергия связи экситона для которых на порядок выше, чем для A_N -линии. Для слабо компенсированных образцов фотоэффект в этой линии отсутствовал.

На спектр фототовета в области A_N -линии связанного экситона существенное влияние оказывала толщина эпитаксиального слоя: с ее уменьшением от $d=40$ мкм величина провала уменьшалась, а при $d=5$ мкм он практически отсутствовал, как это показано кривой 4 на рисунке. Это явление можно объяснить наличием в образце границы раздела между легированным азотом эпитаксиальным слоем и подложкой, который может играть существенную роль в механизме образования свободных носителей заряда. Качество поверхности не оказывало существенного влияния на спектры фотопроводимости в области A_N -линии.

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных можно подтвердить высказанные в [1] предположения об эффективной миграции экситонов, связанных на изоэлектронных ловушках в полупроводниках, что указывает на их распад в хаотическом поле примесей или на различного рода неоднородностях, создающих сильные электрические поля (p - n -переход, поверхность и т. п.).

Л и т е р а т у р а

- [1] Пихтин А. Н., Попов В. А. — Письма ЖЭТФ, 1980, т. 31, в. 12, с. 723—726.
- [2] Пихтин А. Н., Попов В. А. — В кн.: Тез. докл. Всес. конф. по физике полупроводников. Баку, 1982, с. 173—174.
- [3] Collet J. H., Kash J. A., Wolford D. J., Thomson J. — J. Phys. C, 1983, v. 16, N 7, p. 1283—1290.

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

Получено 1.12.1987
Принято к печати 12.12.1987

ФТП, том 22, вып. 6, 1988

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПАРОВ МЫШЬЯКА НА СВОЙСТВА НЕЛЕГИРОВАННОГО ПОЛУИЗОЛИРУЮЩЕГО GaAs ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ

Показной И. И., Шишняну Ф. С., Тигиняну И. М.,
Никифоров В. П., Шонтя В. П.

Нелегированный полуизолирующий (ПИ) GaAs все больше используется в производстве высокочастотных СВИС и СВЧ приборов [1]. Существенная роль в формировании свойств и повышении термостабильности этого материала отведена собственным точечным дефектам, вводимым в кристалл во время охлаждения слитка после выращивания [2-4]. Авторами [5, 6] показано, что при термообработке (ТО) при $T=1100^\circ \text{C}$ эпитаксиальных слоев [6] и стехиометри-