

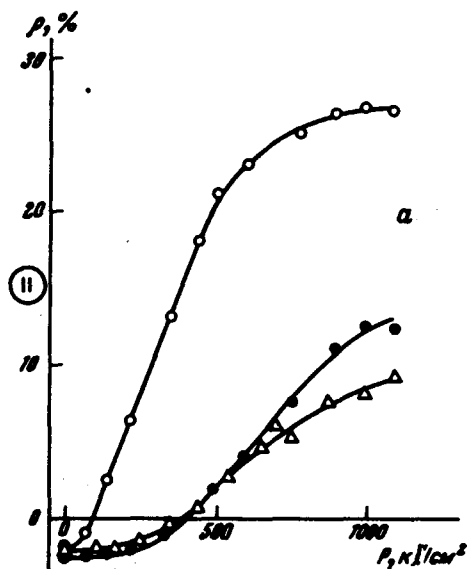
ПОЛЯРИЗАЦИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ГЕРМАНИЯ, ИНДУЦИРОВАННАЯ ДЕФОРМАЦИЕЙ

А.С.Алексеев, Т.И.Галкина, Н.А.Пенки

Исследована поляризация рекомбинационного излучения свободных экситонов и электронно-дырочных капель (ЭДК) в германии при 1,8 – 5°К в условиях одноосного сжатия. Обнаружено, что зависимости от давления степени поляризации излучения свободных экситонов и конденсированной фазы экситонов различны.

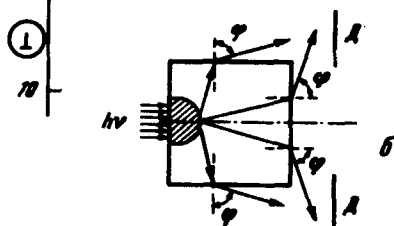
Поляризационные эффекты при изучении оптических свойств полупроводников являются мощным средством исследования структуры энергетических зон, симметрии локальных состояний и широкого круга вопросов, связанных со спинрешеточной релаксацией носителей заряда. Определенная зависимость поляризации рекомбинационного излучения при приложении одноосного сжатия, как отмечено в [1], позволяет также ответить на вопрос о природе излучательных переходов в полупроводниках.

В работе [2] сообщалось об исследовании индуцированной упругой деформацией поляризации линии излучения низкотемпературной фотолюминесценции германия с энергией кванта 708,5 мэв (линия К), приписываемой разными авторами либо излучению конденсированной фазы электронов и дырок [3 - 5], либо излучательной аннигиляции биэкситона [6]. Достижение большой степени поляризации $\sim 50\%$ в линии К уже при малых давлениях (100 - 150 кГ/см²) привело авторов работы [2] к заключению о принадлежности этой линии излучению биэкситона.



а - Зависимость степени поляризации ρ излучения свободных экситонов и конденсированной фазы электронов и дырок от величины одноосного давления:

○ - для свободных экситонов, $T = 5^\circ\text{K}$; Δ , ● - для конденсата, $T = 1,8^\circ\text{K}$ (травление образцов в $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH}$ и СР-4А соответственно).



б - Выход фотолюминесценции из образца Ge в направлении цели монохроматора. Вид сверху по оси сжатия. Заштрихованная часть - область возбуждения. ϕ - угол Брюстера для Ge $\approx 76^\circ$. Д - диафрагма

Известно [4, 5], что поведение линии К в деформированном германии меняется существенным образом в зависимости от однородности приложенного давления. В работе [2] не было указано, контролировалась ли однородность деформации. Отсутствие такого контроля могло привести к неопределенностям при измерении степени поляризации.

Нами была исследована поляризация излучения чистого германия при температурах 1,8 - 5°К при возбуждении носителей заряда светом гелий-неонового лазера мощностью 40 мвт. Поляризация измерялась пленочным поляридом обычным способом [7]. При этом были учтены искажения, вносимые оптической системой, монохроматором и фотоприемником. Образцы размерами $2 \times 2 \times 3 \text{ мм}^3$ вырезались так, что ось $\langle 111 \rangle$ совпадала с направлением сжатия. Перед измерениями образца

полировались и протравливались либо в травителе СР-4А, либо в кипящей смеси перекиси водорода со щелочью.

Однородность давления контролировалась по предварительному измерению спектров излучения в функции давления как для линии К, так и для линии свободного экситона [4, 5].

Было получено, что заметная поляризация (плоскость поляризации параллельна оси сжатия) линии К обнаруживается при давлениях, больших $300 - 400 \text{ кг/см}^2$ и достигает $15 - 20\%$ при давлениях около 1000 кг/см^2 . При использовании травителя $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH}$ обнаруживались те же зависимости $\rho(P)$ с той лишь разницей, что достигаемая при 1000 кг/см^2 степень поляризации ρ была несколько ниже ($\sim 10 - 12\%$), что связано с деполяризующим влиянием поверхности германия в том случае, когда не применяется полирующий травитель (глубина рельефа соизмерима с длиной волны излучения $\lambda = 1,7 \text{ мкм}$).

На рисунке видно, что тенденция к насыщению зависимости $\rho(P)$ обнаруживается лишь при давлениях $\sim 1000 \text{ кг/см}^2$, когда расщепление $\delta E_{1,2}$ между подзонами легких и тяжелых дырок достигает $\sim 3,2 \text{ мэв}$ [8] и становится сравнимым с энергией Ферми дырок в конденсированной фазе [4]. При малых величинах давления (до 300 кг/см^2) степень поляризации ρ была ничтожно мала, как и следовало ожидать для излучения конденсированной фазы [2].

Вместе с тем, поляризация для линии свободных экситонов нарастает практически при самых малых давлениях ($\Delta\rho/\rho = 5\% \text{ при } 100 \text{ кг/см}^2$) и достигает насыщения при $500 - 600 \text{ кг/см}^2$, когда расщепление основного состояния (точнее компонент a_1 и a_2 в линиях поглощения свободного экситона [8]) намного превышает kT и заселенность нижнего состояния становится преимущественной.

Интересно, что слабая температурная зависимость степени поляризации при давлениях $500 - 600 \text{ кг/см}^2$ наблюдается лишь при переходе гелия через λ -точку, когда возникающее кипение гелия деполяризует выходящее излучение.

Нами было замечено также, что большая величина начальной степени поляризации (направление плоскости поляризации перпендикулярно оси сжатия) была связана с "краевыми" эффектами, возникающими при выходе рекомбинационного излучения из боковых поверхностей образца под малым углом $90^\circ - \phi$, где ϕ — угол Брюстера, равный 76° для германия. При обычно применяющихся апертурах фокусирующей системы и малых размерах образцов, это "краевое", сильно поляризованное излучение попадает на входную щель монохроматора. При малых смещениях образца относительно оптической оси системы степень поляризации без сжатия достигала $40 - 50\%$. Применение диафрагм или использование образцов в виде сферы Вейерштрасса, когда падение лучей внутри образца было нормальным и не приводило к поляризации при преломлении на границе полупроводник — вакуум, позволило снизить начальную степень поляризации до ошибок эксперимента — $2 + 3\%$.

Возможно с этим обстоятельством связаны расхождения в результатах нашей работы и работы [2]. Отметим, также, что различный характер зависимостей $\rho(P)$ для двух линий (экситонов и конденсированной фазы) позволяет исключить возможность объяснения полученных результатов с помощью теории фотоупругости.

Авторы благодарны В.С.Багаеву и Н.Д.Жевандрову за полезные советы и обсуждение работы и Л.В.Келдышу за интерес к работе.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
21 февраля 1974 г.

Литература

- [1] Г.Е.Пикус, Г.Л.Бир. Письма в ЖЭТФ, **18**, 245, 1973.
 - [2] В.М.Аснин, Ю.Н.Ломасов, А.А.Рогачев. Письма в ЖЭТФ, **18**, 242, 1973.
 - [3] Я.Е.Покровский, К.И.Свистунова. Письма в ЖЭТФ, **9**, 435, 1969.
 - [4] В.С.Багаев, Т.И.Галкина, О.В.Гоголин, Л.В.Келдыш. Письма в ЖЭТФ, **10**, 309, 1969.
 - [5] А.С.Алексеев, В.С.Багаев, Т.И.Галкина. ЖЭТФ, **63**, 1020, 1972.
 - [6] В.М.Аснин, А.А.Рогачев, Н.И.Саблина. ФТП, **5**, 1846, 1971.
 - [7] П.П.Феофилов. "Поляризованная люминесценция атомов, молекул и кристаллов", М., изд. Физ.-мат.лит., 1959.
 - [8] I .Balslev. Phys. Rev., **143**, 636, 1966.
-