

"ВОЗГОРАНИЕ" ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫХ КАПЕЛЬ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

А.С.Алексеев, Т.И.Галкина

Измерено рекомбинационное излучение электронно-дырочных капель (ЭДК) в Ge при температурах 1,8 - 2,4 К при введении в образец ультразвуковой волны мощностью до 15 Вт/см². Обнаружен эффект "возгорания" излучения ЭДК (в два - три раза).

Взаимодействие электронно-дырочных капель (ЭДК) с ультразвуком экспериментально и теоретически исследовалось в работах [1 - 8]. В работах [1,3] было обнаружено поглощение ультразвука каплями. Температурная зависимость коэффициента поглощения имела два резких максимума в области 2,4 и 3,2 К при частоте ультразвука $\omega = 10^9$ сек⁻¹.

В работе [3] нами было замечено небольшое увеличение интенсивности излучения ЭДК с ростом мощности ультразвука. Применение синхронизованного с генерацией носителей введения ультразвука в образец позволило в данной работе получить эффект "возгорания" (в два - три раза) излучения ЭДК.

Образцы из чистого Ge были ориентированы в направлении [100] и имели длину 10 мм. Ультразвук с частотой 10^9 сек⁻¹ возбуждался в образце посредством электроакустического преобразователя (CdS). Неравновесные носители генерировались в Ge с помощью газового лазера с длиной волны 1,52 мкм и мощностью до 12 мВт. Поглощение ультразвука в образце измерялось эхо-импульсным методом.

Представленные ниже результаты получены при длительности импульса ультразвука $\tau_{зв} = 0,6$ мксек, а время его задержки относительно начала импульса оптического возбуждения составляло $\tau_{зад} = 150$ мксек. Такие значения $\tau_{зв}$ и $\tau_{зад}$ были выбраны в результате анализа данных по измерению эффекта "возгорания" излучения ЭДК в зависимости от $\tau_{зв}$ и $\tau_{зад}$. Интересна связь между величиной эффекта I/I_0 и $\tau_{зв}$ (рис.1). Интенсивность излучения ЭДК оставалась максимально достижимой (при фиксированных $\tau_{зад}$ и мощности оптической накачки) до тех пор, пока $\tau_{зв}$ не превышало величину $2L/S = 4$ мксек, где L - длина образца и $S = 5 \cdot 10^5$ см/сек - скорость звука в Ge. Иными словами, эффект "возгорания" излучения был наибольшим, пока по всей длине образца не устанавливалась стоячая волна.

В условиях взаимодействия ЭДК с ультразвуком были измерены спектральные положения и формы LA, TA и TO повторений линии излучения ЭДК. Измерения показали, что ультразвуковая волна интенсивность до 15 Вт/см² не вносит заметных изменений в вышеназванные характеристики излучения ЭДК; таким образом такой важный параметр жидкой фазы, как ее плотность, оставался неизменным.

Было обнаружено, что наибольшей величины эффект "возгорания" излучения ЭДК достигал в случае генерации неравновесных электро-

нов и дырок вблизи границы образца, где происходило отражение ультразвуковой волны. По мере удаления области возбуждения неравновесных носителей от торцевой части образца (рис.2) величина эффекта резко уменьшалась и достигала минимального значения тогда, когда ЭДК генерировались в центральной части образца. Возбуждение неравновесных носителей вблизи противоположного торца образца, где находился электроакустический преобразователь, не производилось во избежание проявления светочувствительных эффектов в CdS. При одновременном измерении поглощения ультразвука ЭДК и эффекта "возгорания" было обнаружено, что при приближении области генерации неравновесных носителей к торцевой части образца, поглощение ультразвука в образце при $T < 2,4$ К уменьшалось.

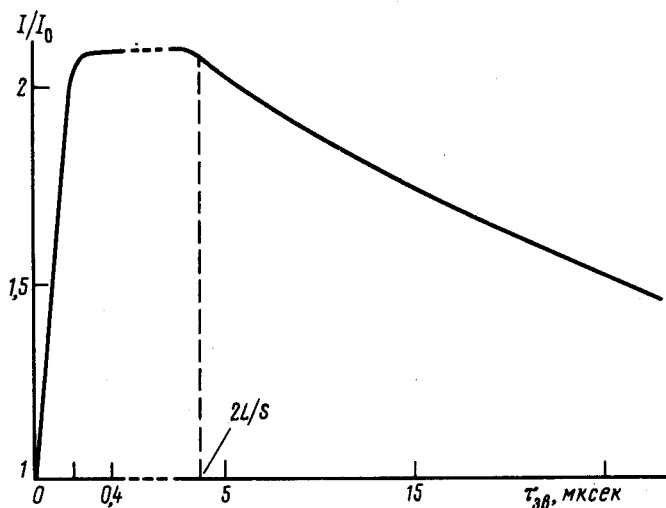


Рис. 1. Зависимость эффекта "возгорания" излучения ЭДК от длительности импульса звука ($\omega = 10^9$ сек $^{-1}$, $T = 2,1$ К): I — интенсивность излучения ЭДК при введении ультразвука мощностью ~ 10 Вт/см 2 ; I_0 — интенсивность излучения ЭДК в отсутствие ультразвука

Наиболее интересным результатом нам представляется температурная зависимость эффекта "возгорания", представленная на рис.3. Она также, как и температурная зависимость коэффициента поглощения ультразвука [1,3], имела резкий максимум по температуре.

Известно, что бегущая ультразвуковая волна способна переносить как ЭДК, так и экситоны в кристалле на макроскопические расстояния [2 — 4, 9]. Возрастание интенсивности излучения ЭДК под действием ультразвука по мере приближения области генерации носителей к торцам образца и вероятная симметрия этой картины относительно центра образца, а также уменьшение величины эффекта "возгорания" при $\tau_{3\delta} > \frac{2L}{S}$ указывают на то, что в условиях эксперимента происходило

увлечение свободных экситонов и ЭДК к торцам образца бегущей ультразвуковой волны. "Сжатие" экситонного газа прямой и отраженной волнами (наиболее эффективное у торцов) приводило к смещению равновесия между жидкой и газобразной фазами в сторону увеличения объема жидкости. В результате интенсивность излучения ЭДК возрастала.

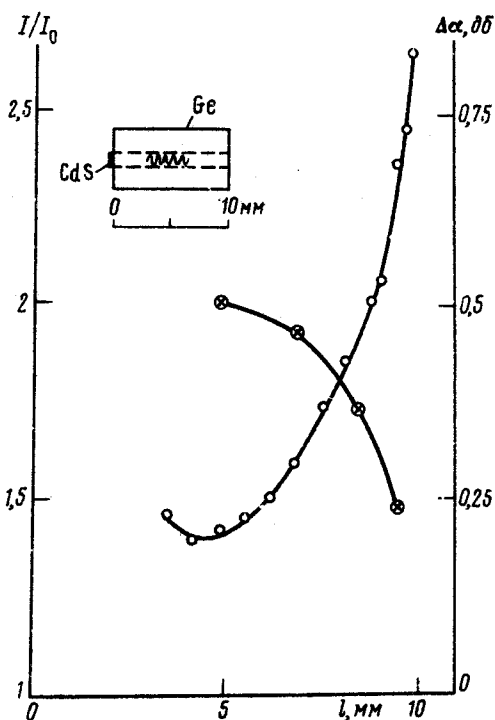


Рис. 2. Зависимость эффекта "возгорания" излучения ЭДК от положения области генерации неравновесных носителей на образце. По правой оси ординат отложена величина поглощения ультразвука (измерялось изменение поглощения для эхо-импульса с $N = 10$): ○ — поглощение ультразвука, ● — приращение интенсивности излучения ЭДК при введении ультразвука

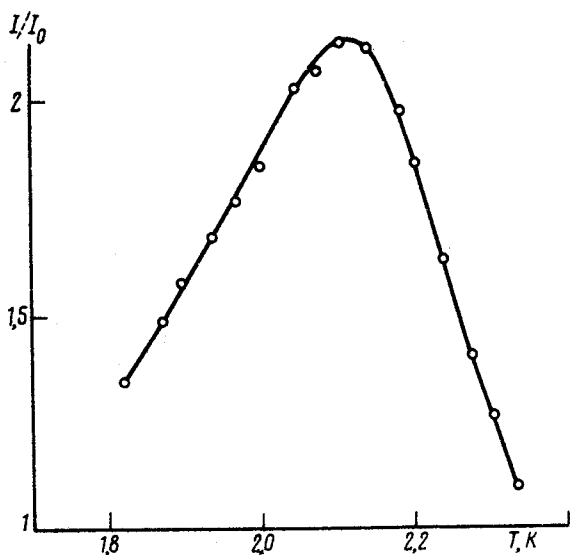


Рис. 3. Температурная зависимость эффекта "возгорания" излучения ЭДК

Существование температурной зависимости эффекта "возгорания" обусловлено, по-видимому, ростом диффузионного размытия экситонного облака и уменьшением его плотности [10] при понижении температуры и ростом трения экситонов и ЭДК о кристаллическую решетку при повышении температуры [4]. Оба эти фактора препятствуют "сжатию" двухфазной системы ультразвуковой волной, а их совместное действие приводит к появлению максимума в температурной зависимости наблюдаемого эффекта.

Уменьшение поглощения ультразвука ЭДК вблизи границы образца становится понятным, если учесть, что в этом случае ЭДК определенный промежуток времени находятся в области квазистоячей волны. В течение этого времени энергия ультразвука каплями не поглощается.

Авторы глубоко признательны Л.В.Келдышу, С.Г.Тиходееву и Н.Н.Сибельдину за обсуждение результатов работы.

Физический институт
им П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
9 августа 1978 г.

Литература

- [1] А.С.Алексеев, Т.И.Галкина, В.Н.Масленников, Р.Г.Хакимов, Е.П.Шебнев. Письма в ЖЭТФ, **21**, 578, 1975.
- [2] Л.В.Келдыш, С.Г.Тиходеев. Письма в ЖЭТФ, **21**, 582, 1975.
- [3] А.С.Алексеев, Т.И.Галкина. ФТТ, **18**, 2005, 1976.
- [4] Л.В.Келдыш, С.Г.Тиходеев. ФТТ, **19**, 111, 1977.
- [5] T.Ohyama, A.D.A.Hansen, J.L.Terney. Solid St. Com., **19**, 1083, 1976.
- [6] J.Y.Prieur, B.Etienne, L.M.Sander, C.Benoit á la Guilloume a M.Voos. Proc. 13-th Intern. Conf. Phys. Semicond, Rome, 1976, p.906.
- [7] D.S.Pan, D.L.Smith, a T.C. Mc Gill. Phys. Rev., B, **17**, 3284, 1978.
- [8] D .S.Pan, D.L.Smith et al. Phys. Rev., B, **17**, 3297, 1978.
- [9] A.Lipnik, M.Ruvinslii. Phys. St. Sol., **28**, 76, 1965.
- [10] T.Lo, B.J.Feldman a C.D.Jeffries. Phys. Rev. Lett., **31**, 224, 1973.