

ИНФРАКРАСНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ БОЛЬШОЙ ЭЛЕКТРОН-ДЫРОЧНОЙ КАПЛИ В ГЕРМАНИИ

Я.Е.Покровский, К.И.Свистунова

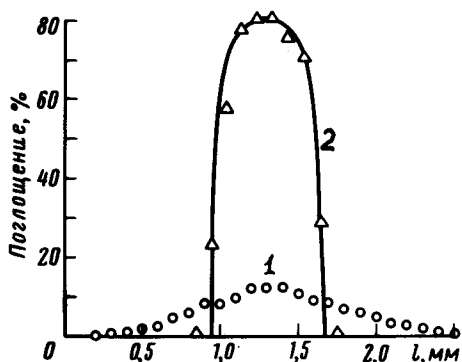
Обнаружено, что при 2К и импульсном фотовозбуждении неоднородно деформированных германиевых дисков, поглощение излучения с $\lambda = 3,39 \text{ мкм}$ в дисках соответствует единственной электрон-дырочной капле размером $\sim 1 \text{ мкм}$, а рассеяние излучения, характерное для облака мелких капель, исчезает.

Недавно появились сообщения (см., например, [1]) о возможности создания в неоднородно деформированном германии электрон-дырочной капли (ЭДК) макроскопических ($\sim 1 \text{ мкм}$) размеров с временем жизни, достигающим 500 мксек . Подтверждением того, что светящаяся область, сфотографированная в [1], соответствует единственной капле, а не облаку мелких капель, локализованному в потенциальной яме, созданной деформацией, авторы считают приблизительное совпадение размера этой области с размером капли, определенном в аналогичных условиях из СВЧ размерного (альфвеновского) магнетопоглощения. В настоящей работе приведены новые доказательства существования в деформированном германии больших ЭДК с высоким временем жизни.

Исследовались образцы бездислокационного германия с остаточной концентрацией примесей 10^{11} и 10^{14} см^{-3} и временем жизни экситонов при 4,2К около 10 мксек . Образцы, как и в [1], имели форму дисков толщиной 2 мм и диаметром 4 мм с основаниями, лежащими в плоскости (100). Химически полированные диски в капроновом держателе помещались в гелиевую ванну при 2К. Давление на образующую диска в направлении (110) создавалось капроновым штифтом диаметром $1,6 \text{ мм}$ и регулировалось рычажным механизмом, находившимся вне криостата. Источником фотовозбуждения служил азотный лазер с $\lambda = 0,337 \text{ мкм}$, энергией в импульсе $5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$ и длительностью импульсов 40 нсек . Излучение лазера фокусировалось в виде пятна размером $\sim 50 \text{ мкм}$ на одно из оснований германиевого диска. Пространственное распределение неравновесных носителей заряда и ЭДК определялось по поглощению и рассеянию луча гелий-неонового лазера с $\lambda = 3,39 \text{ мкм}$ [2]. Зондирующий луч диаметром $\sim 50 \text{ мкм}$ проходил через диск параллельно его образующей и мог прецизионно перемещаться независимо от возбуждающего луча. Поглощение зондирующего излучения, а также интенсивность излучения, рассеянного в конус, ограниченный углами $10 - 20^\circ$, регистрировались фотодиодом из антимолида индия. Одновременно регистрировалось рекомбинационное излучение ЭДК. Временная зависимость сигналов поглощения, рассеяния и излучения осциллографировалась и регистрировалась строб-интегратором.

В отсутствие давления время релаксации излучения ЭДК имело обычное при 2К значение около 40 мксек . Времена релаксации поглощения и рассеяния зондирующего излучения были приблизительно такими же,

При этом величина поглощения не превышала 12%, а интенсивность рассеянного света составляла около 1% от интенсивности поглощенного. Пространственное распределение поглощения зондирующего излучения в отсутствие давления приведено на рисунке. Оно хорошо соответствует пространственному распределению рекомбинационного излучения мелких капель при больших уровнях стационарного фотовозбуждения [3].



Пространственное распределение поглощения зондирующего излучения с $\lambda = 3,39 \text{ мкм}$ в германиевом диске при 2К и импульсном фотовозбуждении: 1 – в отсутствие деформирующего усилия с задержкой относительно импульса возбуждения 30 мксек; 2 – при деформирующем усилии 18 кГ с задержкой 40 мксек. Сплошная линия соответствует рассчитанному поглощению однородной сферой радиуса 0,4 мм с коэффициентом поглощения 16 см^{-1} .

Деформация германиевых дисков приводила к увеличению времени релаксации рекомбинационного излучения конденсированной фазы, которое достигало 350 мксек при приложении усилий 15 – 30 кГ. Сигнал рассеянного излучения исчезал при таких давлениях, а поглощение резко возрастало. Величина поглощения приближалась к 80% в том случае, когда возбуждающий и зондирующий лучи совмещались и фокусировались на германиевый диск непосредственно под штифтом, вызывавшим деформацию. Поглощение достигало максимальной величины с задержкой 40 – 80 мксек после импульса возбуждения, далее медленно уменьшалось в течение 400 – 500 мксек и затем резко падало.

Пространственное распределение поглощения зондирующего излучения при приложении усилия 18 кГ, также приведено на рисунке. Из рисунка видно, что в этом случае поглощение локализовано в резко ограниченной области протяженностью около 1 мм. Распределение поглощения и его абсолютная величина соответствуют поглощению однородной сферой радиуса 0,4 мм с коэффициентом поглощения 16 см^{-1} . Известно, что в германии сечение поглощения дырками излучения с $\lambda = 3,39 \text{ мкм}$ близко к $1,5 \cdot 10^{-16} \text{ см}^2$ [4], откуда следует, что концентрация носителей заряда в поглощающей сфере $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Учитывая, что это соответствует концентрации носителей в конденсированной фазе деформированного германия [1], можно заключить, что в условиях эксперимента создается единственная большая ЭДК. Об этом же свидетельствует исчезновение характерного для облака мелких ЭДК рассеяния света под большими углами.

Возрастание времени жизни больших ЭДК может быть вызвано уменьшением равновесной концентрации носителей заряда в конденсированной

фазе вследствие деформации [1]. В этом случае сильное возрастание времени жизни не может быть специфичным для больших ЭДК, возникающих при неоднородной деформации. Действительно, мы обнаружили, что однородное сжатие германия [5] в направлении (111) при 2К также вызывает увеличение времени релаксации рекомбинационного излучения ЭДК с 40 мксек в отсутствие давления до 200 мксек при давлении 280 кг/см².

Авторы благодарны К. Джеффрису за ознакомление с результатами исследований до их публикации, и Л.А. Гончарову и Ю. Халлеру за предоставление образцов германия.

Институт радиотехники
и электроники
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
12 декабря 1975 г.

Литература

- [1] J. P. Wolfe, W. L. Hansen, E. E. Haller, R. S. Markiewicz, C. Kittel, C. D. Jeffries. Phys. Rev. Lett., **34**, 1292, 1975.
 - [2] Я.Е. Покровский, К.И. Свистунова. Письма в ЖЭТФ, **13**, 297, 1971.
 - [3] Я.Е. Покровский, К.И. Свистунова. ФТТ, **16**, 3399, 1974.
 - [4] M. N. Gurnee, M. Glicksmann, Ph. W. Yu. Sol. State Comm., **11**, 11, 1972.
 - [5] Я.Е. Покровский, К.И. Свистунова. ЖЭТФ, **68**, 2323, 1975.
-