

ИНДУЦИРОВАННОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ ПОГЛОЩЕНИЕ В СУЛЬФИДЕ КАДМИЯ

С. В. Богданов, В. Г. Лысенко

Обнаружено, что при интенсивном оптическом возбуждении CdS ниже энергии A -экситона дополнительное поглощение, вызванное сдвигом и уширением экситонного резонанса и уширением, обусловленным разогревом носителей в электрическом поле, инициирует значительный рост коэффициента поглощения за счет внутренней обратной связи.

Образование в кристалле CdS при интенсивном оптическом возбуждении электронно-дырочной плазмы (ЭДП) большой плотности позволяет реализовать два устойчивых состояния электронной подсистемы кристалла [1, 2]. При облучении CdS светом с энергией кванта, немного мень-

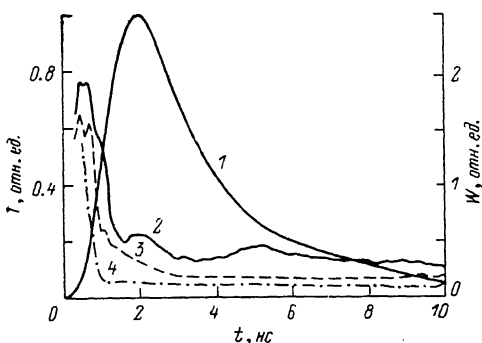


Рис. 1. Временная форма возбуждающего импульса (I); временная зависимость коэффициента пропускания T в электрическом поле: 2 — 0 В/см, 3 — 1.3 кВ/см, 4 — 2.0 кВ/см, $W=1$ МВт/см², $\lambda=487$ нм.

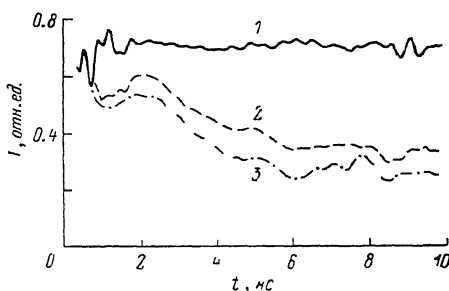


Рис. 2. Временная зависимость коэффициента пропускания в электрическом поле.

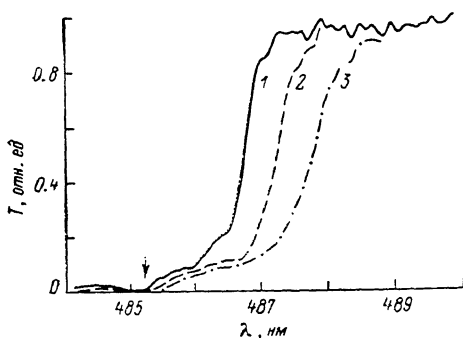
1 — 0 В/см, 2 — 1.3 кВ/см, 3 — 2.0 кВ/см, $W=10$ кВт/см², $\lambda=487$ нм.

шей энергии экситона E_0 , генерация носителей обусловлена длинноволновым поглощением Урбаха и двухфотонным поглощением. Плотность неравновесных носителей невелика — образец находится в устойчивом прозрачном состоянии. С увеличением интенсивности возбуждения растет плотность носителей, что вызывает уменьшение ширины запрещенной зоны E_g и обусловленную экранированием кулоновского взаимодействия ионизацию экситонов. Это приводит к росту коэффициента поглощения на длине волны возбуждения — включается внутренняя обратная связь. При некоторой пороговой плотности носителей уменьшение E_g столь велико, что начинается сильное однофотонное поглощение, плотность носителей резко возрастает, образуется ЭДП высокой плотности — образец переключается в непрозрачное состояние. Нами обнаружено, что приложенное к кристаллу электрическое поле приводит к увеличению коэффициента поглощения и значительному росту плотности фотовозбужденных носителей благодаря внутренней положительной обратной связи.

Эксперимент проведен на кристаллах CdS толщиной около 20 мкм с напыленными планарными контактами, направление электрического поля перпендикулярно оси C . Возбуждение осуществлялось лазером на красителе (ширина линии 0.1 нм) с накачкой от азотного импульсного лазера в геометрии $E \perp C$. Все эксперименты проведены при температуре 5 К. Пропускание вычислялось из анализа временной формы падающего на кристалл и прошедшего через кристалл светового импульса.

На рис. 1 кривая I показывает зависимость мощности возбуждающего лазерного импульса от времени, кривая 2 — временную зависимость

коэффициента пропускания T в отсутствие электрического поля. Приложенное к кристаллу электрическое поле, недостаточное для прямой ионизации экситона, вызывает уширение и сдвиг экситонного резонанса [3] и уширение, вызванное ударной ионизацией носителей [4], причем наведенное полем поглощение может превосходить фоновое и двухфотонное. Это дополнительное поглощение вызывает рост плотности фотовозбужденных носителей, что в свою очередь приводит к уменьшению E_G , уширению линии поглощения и росту коэффициента поглощения на длине волны возбуждения. Таким образом, электрическое поле незначительным



увеличением коэффициента поглощения инициирует лавинообразный рост плотности носителей, обусловленный внутренней положительной обратной связью из-за уширения линии экситонного резонанса и уменьшения E_G с ростом плот-

Рис. 3. Спектры пропускания T в электрическом поле.

1 — 0 В/см, 2 — 0.8 кВ/см, 3 — 1.6 кВ/см, $W=30$ кВт/см². Стрелка указывает энергию экситона E_G .

ности носителей. Из рис. 1 видно, что в электрическом поле образование плотной ЭДП происходит при меньших, зависящих от величины приложенного поля уровнях возбуждения. В наших экспериментах образование плотной ЭДП, сопровождающееся затемнением кристалла, получено при $W=30$ кВт/см², что соответствует основанной на данных [1] оценке. На рис. 2 приведена временная зависимость пропускания T при плотности возбуждения 10 кВт/см², когда образование ЭДП высокой плотности не происходит: в отсутствие поля (кривая 1) T неизменно; в поле наблюдается сначала быстрое изменение T ($t=200$ пс обусловлено временным разрешением эксперимента), связанное с перестройкой электронного спектра, затем происходит медленное затемнение, обусловленное изменением константы затухания экситонного резонанса из-за разогрева носителей. На рис. 3 приведены спектры пропускания при интенсивности возбуждения 30 кВт/см². Отсутствие сдвига минимума в спектре пропускания, соответствующего энергии A -экситона, говорит о неизменности решеточной температуры кристалла. В длинноволновой области электрическое поле вызывает незначительное изменение пропускания, затем с увеличением энергии фотона наведенное полем поглощение растет, и при достижении критической для данной величины поля плотности носителей внутренняя положительная обратная связь вызывает резкий рост плотности носителей и затемнение кристалла.

Таким образом, приложенное электрическое поле относительно небольшим изменением поглощения вызывает за счет внутренней обратной связи значительный рост плотности фотовозбужденных носителей, вплоть до образования ЭДП большой плотности.

Л и т е р а т у р а

- [1] Majumder F. A., Swoboda H. E., Kempf K., Klingshirn C. Phys. Rev. B, 1985, vol. 32, N 4, p. 2407—2418.
 [2] Rossman H., Henneberger F., Voight I. Phys. St. Sol. B, 1983, vol. 115, N 1, p. K63—K67.
 [3] Dow J. D., Redfield D. Phys. Rev. B, 1970, vol. 1, N 8, p. 3358—3369.
 [4] Лебедев М. В., Лысенко В. Г. ФТТ, 1982, т. 24, № 10, с. 3040—3044.

Институт проблем технологии
 микроэлектроники
 и особо чистых материалов АН СССР
 Черноголовка
 Московская область

Поступило в Редакцию
 18 января 1988 г.