

ПИКОСЕКУНДНАЯ ДИНАМИКА ОБРАЗОВАНИЯ F-ЦЕНТРОВ В KBr-Tl И KBr-In ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ АКТИВАТОРА

В.В. Бочкарев, В.П. Данилов, Т.М. Мурина

Проведены измерения кинетики образования F-центров в KBr-Tl и KBr-In при интенсивном лазерном возбуждении активатора. Установлено, что тип примесного иона не влияет на время образования F-центров, которое в исследованных кристаллах не превышает 10 — 12 пс.

Интенсивное оптическое возбуждение в А-полосу поглощения ртутеподобных ионов (In^+ , Tl^+ и др.) в щелочно-галогидных кристаллах (ЩГК) приводит к образованию дырочных (A^{2+}) и электронных (A^0) примесных центров окраски /1, 2/, а также F-центров. Механизм образования F-центров в активированных ЩГК при оптическом возбуждении остается невыясненным. Можно было бы предположить, что после ступенчатой фотоионизации примесных ионов F-центры образуются при захвате зонных электронов равновесными анионными вакансиями. Однако имеются экспериментальные данные, которые противоречат такому предположению. Так, спектрально-кинетические исследования образования дефектов в KI-Tl и KCl-In /1, 2/, а также в KCl-Tl и NaCl-Tl /3/ показали, что при оптическом возбуждении кристаллов в полосы активаторного поглощения наведенное поглощение в F-полосе имеет фронты нарастания, не превышающие длительности импульсов эксимерного лазера (порядка 10^{-8} с). Известно, что при захвате электронов анионными вакансиями в области F-полосы наблюдается фронт нарастания поглощения, равный времени жизни возбужденного состояния F-центров /4/, которое для различных ЩГК составляет от 0,6 до 2 мкс /5/. Следовательно, механизм образования F-центров при оптическом возбуждении в полосы поглощения примесных ионов, как справедливо отмечается в /3/, может отличаться от механизма, связанного с захватом электронов свободными анионными вакансиями. Новые доказательства этого получены при измерении кинетики образования F-центров в пикосекундном временном масштабе. Было обнаружено, что при ионизации ионов Tl^+ в KBr из нижнего возбужденного состояния импульсами третьей гармоники Nd-YAG лазера время образования F-центров не превышает 30 пс /6/, т.е. имеет порядок величины, совпадающий с временем образования F-H пар в чистых ЩГК. Представляет интерес сравнение кинетики образования F-центров в ЩГК с различными активаторами, что и выполнено в настоящей работе на кристаллах KBr-Tl и KBr-In при интенсивном возбуждении пикосекундными импульсами четвертой гармоники Nd-YAG лазера.

Измерения проводились по стандартной методике возбуждения — зондирования на установке,

основу которой составлял пикосекундный спектрофотометр /7/. Кристаллы с концентрацией активатора $C = 5 \cdot 10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$ возбуждались мощными (до 100 МВт/см^2) импульсами четвертой гармоники Nd-YAG лазера с пассивной синхронизацией мод ($\lambda = 266 \text{ нм}$). Через область возбуждения кристалла с регулируемой задержкой относительно импульса накачки пропусклся зондирующий импульс, энергия которого до и после прохождения образца регистрировалась фотоприемниками, соединенными с многоканальным аналого-цифровым преобразователем и компьютером. Изменение оптической плотности образца усреднялось по заданному количеству импульсов (в нашем случае — по 30 импульсам). Зондирование осуществлялось импульсами второй гармоники пикосекундного параметрического генератора света на двух кристаллах KDP с угловой перестройкой. Измерение кинетики наведенного поглощения в кристаллах проводилось при комнатной температуре.

Источник зондирующих импульсов был настроен на фиксированную длину волны 615 нм , близкую к максимуму поглощения F-центров в KBr. Для отжига образовавшихся F-центров область возбуждения кристалла постоянно облучалась He-Ne лазером. Это препятствовало накоплению F-центров в интервале между двумя измерениями ($0,5 - 1 \text{ с}$) и давало возможность работать с усреднением по большому количеству импульсов. Кинетика нарастания оптической плотности для кристалла KBr-Tl приведена на рис. 1а. Численный расчет по методике, описанной в /8/, показал, что полученные экспериментальные данные соответствуют времени T образования F-центров 10 пс . При этом в программу закладывались следующие параметры: форма импульсов возбуждения и зондирования была гауссовой; длительность возбуждающего импульса — 15 пс , длительность зондирующего импульса — 12 пс . Указанные длительности импульсов, по нашим оценкам, близки к реальным для используемых в данной работе конфигураций лазера и параметрического генератора /7/.

Аналогичные измерения проводились на кристаллах KBr-In. В полученной зависимости (рис. 1б) не наблюдалось значительных отличий от данных, полученных для KBr-Tl. Специально проведенная проверка показала, что экспериментальные точки на рис. 1 соответствуют расчетным кривым с параметром $T = 10 \text{ пс}$ с точностью 2 пс .

Далее были проведены сравнительные измерения кристаллов KBr-Tl, KBr-In и неактивированного KBr. Было обнаружено, во-первых, что F-центры в кристалле KBr отжигаются гелий-неоновым лазером намного хуже, чем в KBr-Tl и KBr-In. В силу этого измерения с накоплением в KBr затруднены. Во-вторых, обнаружено, что оптическая плотность в F-полосе, измеряемая в равных условиях, в активированных кристаллах в $1,8 - 2$ раза больше, чем в чистом KBr. Это означает, что концентрация образовавшихся F-центров при возбуждении в полосу активаторного поглощения в кристалле KBr больше, чем в результате двухфотонных переходов зона — зона.

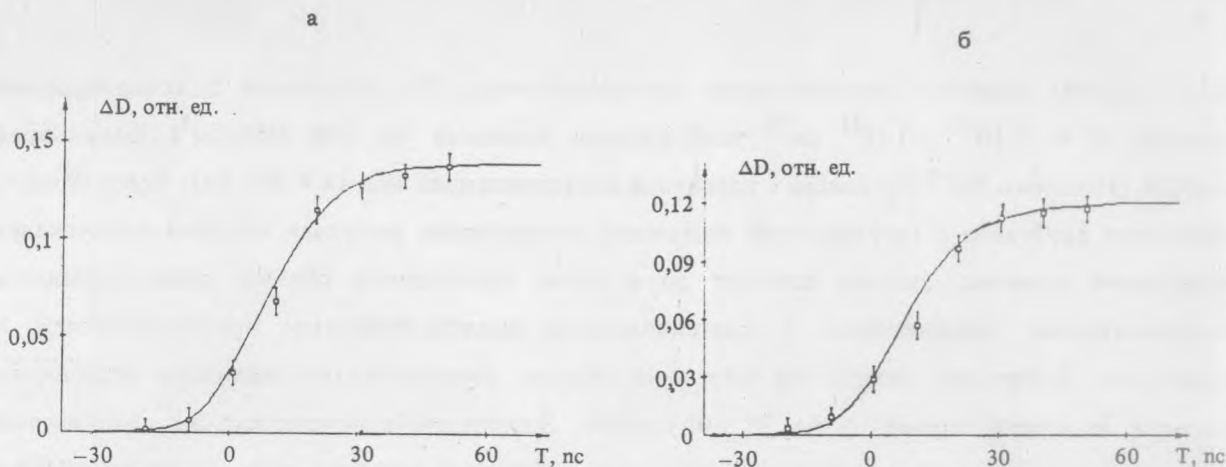


Рис. 1. Кинетика нарастания оптической плотности в F-полосе кристаллов KBr-Tl (а) и KBr-In (б).

Основные выводы, которые можно сделать по результатам настоящей работы, следующие: 1) интенсивное оптическое возбуждение в полосы активаторного поглощения ионов In^+ и Tl^+ в KBr приводит к образованию F-центров за время порядка 10—12 пс, сравнимое с временем образования F-H пар в чистом KBr [8]; 2) тип активатора в кристаллах KBr-Tl и KBr-In не влияет на кинетику образования F-центров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов П.Г. и др. ФТТ, **22**, 2790 (1980).
2. Данилов В.П. В сб. Лазерные методы исследований дефектов в полупроводниках и диэлектриках, под ред. А.А. Маненкова. М., Наука, 1986, с. 60.
3. Нагли Л.Е., Станько Н.Г. Изв. АН Латв. ССР, сер. физ.-техн. наук, №4, 30 (1986).
4. Ueta M. et al. J. Phys. Soc. Jap., **26**, 1000 (1969).
5. Risk H. Optical Properties of Solids, ed. F. Abeles, Amsterdam, North-Holland, 1972, p. 653.
6. Бочкарев В.В. и др. Письма в ЖЭТФ, **51**, 358 (1990).
7. Данелюс Р. и др. Параметрическая генерация света и пикосекундная спектроскопия. Вильнюс, Мокслас, 1983.
8. D'heretoghe J., Jacobs G. Phys. Stat. Sol.(b), **95**, 291 (1979).

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 24 июля 1991 г.