

ФОТОПРОВОДИМОСТЬ РУБИНА ПРИ МОЩНОМ ОБЛУЧЕНИИ
РУБИНОВЫМ ОКГ

Т.П.Беликова, Э.А.Свириденков

При мощном облучении рубина светом рубинового ОКГ нами была обнаружена фотопроводимость в рубине. Она наблюдалась при мощностях облучения $\sim 10^{10}$ вт/см² в очень небольшом интервале изменения интенсивности падающего света, перед наступлением разрушения в рубине. Методика эксперимента была следующей. В образце рубина (20x6x6 мм) были высверлены отверстия для электродов диаметром 2 мм. Расстояние между обкладками конденсатора, образованного электродами, было 2 мм. Свет рубинового ОКГ с модулированной добротностью фокусировался в межэлектродное пространство. На электроды подавалось напряжение 4 кв. Сигнал снимался с сопротивления 10 ком и подавался на один луч двухлучевого осциллографа С1-7 через катодный повторитель и усилитель с полосой пропускания 20 гц - 30 мгц. На второй луч подавался сигнал генерации. Для устранения эффектов, связанных с поверхностной проводимостью, вокруг электрода, с которого снимался сигнал, крепилось заземленное металлическое кольцо.

На рис. 1 приведена осциллограмма, полученная с двухлучевого осциллографа. Сигнал проводимости наблюдался только от первого,

более мощного импульса генерации. Это указывает на пороговый характер зависимости. Мы измеряли не непосредственно проводимость рубина, а перезарядку конденсатора, образованного электродами, за счет появления и смещения носителей в межэлектродном пространстве. Если

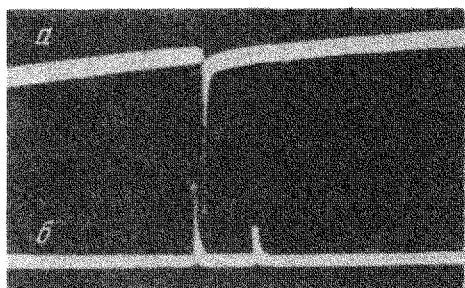


Рис. 1.а - импульс фотопроводимости, б - импульсы генерации с расстоянием между ними в 20 мксек

число носителей n , то их смещение под действием поля E (в/см) на величину d вызовет изменение заряда на обкладках конденсатора

$$Q = \frac{ned}{D},$$

где D - расстояние между электродами, e - заряд электрона.

Ток, вызванный этим изменением заряда за время τ ($\tau = RC$ схемы), создает на нагрузочном сопротивлении R напряжение

$$U = \frac{nedR}{D\tau}.$$

Наведенный дипольный момент ned под действием поля напряженностью E при подвижности носителей ν определится соотношением

$$ned = \int_0^{\tau} E n(t) e \nu dt = \frac{U\tau D}{R}.$$

По нашим измерениям

$$U = 10^{-1} \text{ в}; \quad \tau = 5 \cdot 10^{-8} \text{ сек}; \quad D = 2 \cdot 10^{-4} \text{ см}; \quad R = 10^4 \Omega;$$

$$E = 5 \cdot 10^3 \text{ в/см}.$$

$$\text{Отсюда} \quad \int_0^{\tau} n(t) e \nu dt = 2 \cdot 10^{-17} \text{ кул} \cdot \text{см}^2/\text{в}.$$

Число носителей $n(t)$ зависит от интенсивности падающего света, вероятности ионизации и вероятности рекомбинации электронов в зоне проводимости корунда. Отсутствие данных о подвижности и времени

жизни электронов в зоне не позволяет точно оценить вероятность ионизации ионов хрома. Однако, если принять $\nu = 5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{см}^2}{\text{в} \cdot \text{сек}} [1]$, то средняя концентрация носителей $n(t) = 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Концентрация образованных в I сек электронов в зоне проводимости корунда $w^{(3)}$, вычисленная по формуле [2]

$$w^{(3)} \approx 70 N \omega \left(\frac{I_0}{\hbar \omega} \right)^{3/2} \left(\frac{e^2 \mathcal{E}^2}{m \omega^2 I_0} \right)^3$$

при мощностях облучения $\sim 10^{10}$ вт/см² равна $w^{(3)} = 10^{26} \text{ см}^{-3} \text{ сек}^{-1}$. Если считать, что концентрация электронов в зоне квазистационарна, то эффективное время жизни электрона в зоне проводимости корунда

$$T = \frac{n}{w^{(3)}} = 5 \cdot 10^{-11} \text{ сек.}$$

Появление электронов в зоне проводимости корунда вызвано многофотонным поглощением в ионах хрома и их ионизацией. Вероятность ионизации резко возрастает при приближении частоты электромагнитного поля или ее гармоник к собственным частотам электронных переходов. Нами было обнаружено, что при мощностях облучения $\sim 10^{11}$ вт/см² наступает разрушение рубина, сопровождающееся интенсивной вспышкой света [3]. Кроме приведенных в работе [3] полос с максимумами ~ 620 и ~ 450 нм, была наблюдена возникающая в момент разрушения полоса с максимумом ~ 360 нм. Электроны в ионах хрома, поглощая свет рубиновой частоты, переходят на метастабильный уровень 2E . С этого уровня путем двухфотонного поглощения они попадают на уровень 2T_2 .

Мы предполагаем [3], что заметная часть электронов, попавших на уровень 2T_2 , забрасывается дальше в зону проводимости. Оценки показывают, что при использовавшихся интенсивностях света вероятность переходов на нижние уровни $\sim 10^{+9} \text{ сек}^{-1}$, а вероятность процесса заброса в зону проводимости $\sim 10^{+10} \text{ сек}^{-1}$.

В наших оценках не учитывается изменение действительной части диэлектрической постоянной. Это изменение может вызываться разогревом вещества в области фокуса и штарк-эффектом в световом поле. Так как по нашим оценкам локальный разогрев до наступления разрушения в рубине при постоянном объеме происходит не больше, чем на

1000° , то сигнал, вызванный изменением ϵ , оказывается не больше 10^3 В, т.е. на два порядка меньше наблюдаемого.

Штарк-эффект в нашем случае может не учитываться, так как он безинерционен. Наблюденный нами сигнал проводимости имеет кинетику, отличную от генерации ОКГ. На рис. 2 сигнал проводимости снят

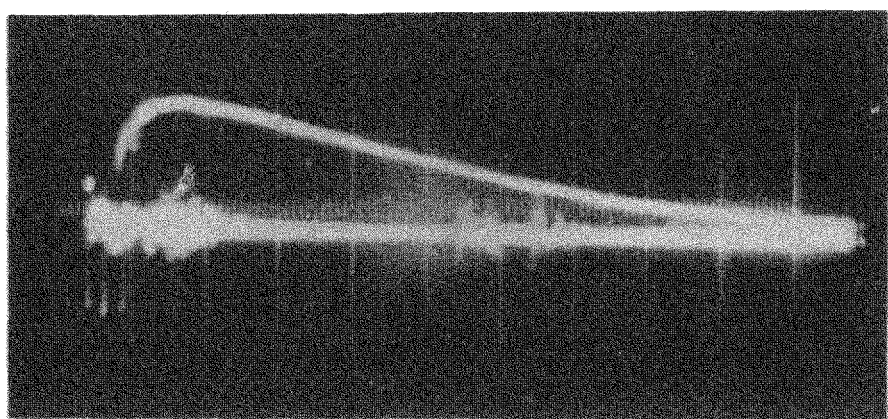


Рис. 2. Импульс фотопроводимости рубина в момент разрушения

с разверткой 100 нсек на деление. В течение длительности генерации (~ 50 нсек) наблюдается нарастание проводимости. Длительное затухание обусловлено, по-видимому, захватом электронов мелкими ловушками вблизи дна зоны проводимости корунда.

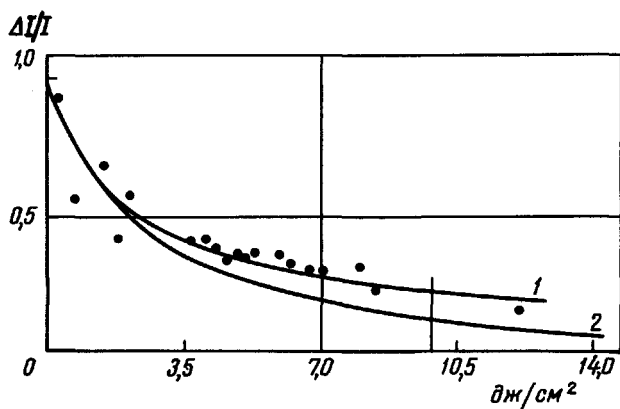


Рис. 3. Зависимость коэффициента поглощения рубина от интенсивности падающего света. 1- экспериментальная кривая, 2- расчетная кривая

Поглощение с возбужденного уровня 2E должно проявляться в зависимости коэффициента поглощения от интенсивности падающего света ОКГ. На рис. 3 представлена эта зависимость (кривая 1). Кри-

вая 2 на этом же рисунке показывает ход коэффициента поглощения, рассчитанный для двухуровневой системы. Эта кривая идет ниже экспериментальной. Расхождение увеличивается с увеличением интенсивности падающего света.

Отсюда следует, что есть добавочное поглощение, возрастающее с интенсивностью света. Мы считаем, что оно обусловлено двухфотонными процессами с возбужденного уровня.

Вертикальная прямая на рис. 3 показывает минимальную энергию, при которой обнаруживается проводимость.

Авторы приносят благодарность М.Д.Галанину за постоянное внимание и интерес к работе.

Физический институт

им. П.Н.Лебедева

Академии наук СССР

Поступило в редакцию

14 марта 1966 г.

Литература

- [1] Urs Erwin Nochuli. Phys.Rev., 133A, 468, 1964.
- [2] Ф.В.Бункин, А.М.Прохоров. ЖЭТФ, 48, 1084, 1965.
- [3] Т.П.Беликова, Э.А.Свириденков. Письма ЖЭТФ, I, вып. 6,37,1965.