

## ЗАВИСИМОСТЬ ДВУХФОТОННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В GaAs ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СВЕТОВОГО ИМПУЛЬСА

А. З. Грасюк, И. Г. Зубарев, В. В. Лобко, Ю. А. Матвеев,  
А. Б. Миронов, О. Б. Шатберашвили

В работах по изучению взаимодействия наносекундных импульсов неодимового лазера с GaAs [1, 2] установлено наличие двухфотонного поглощения, которое измерялось в области интенсивностей  $1 - 20 \text{ Мвт/см}^2$ . В свою очередь, в [3, 4] нами отмечалось, что при облучении GaAs ультракороткими импульсами (УКИ) неодимового лазера, интенсивностью от  $50 \text{ Мвт/см}^2$  до  $200 \text{ Гвт/см}^2$  двухфотонное поглощение практически отсутствовало. Однако, до сих пор эксперименты с наносекундными и пикосекундными импульсами проводились в существенно различных областях интенсивностей, что не давало возможности определить, какова роль длительности импульса в указанном выше различии.

В настоящей работе сообщаются результаты опытов, в которых поглощение в GaAs одиночных УКИ, длительностью  $2,5 \cdot 10^{-11} \text{ сек}$ , и гигантских импульсов, длительностью  $4 \cdot 10^{-8} \text{ сек}$ , измерялось в одном и том же диапазоне интенсивностей, что позволило установить зависимость двухфотонного поглощения от длительности воздействия света на полупроводник GaAs.

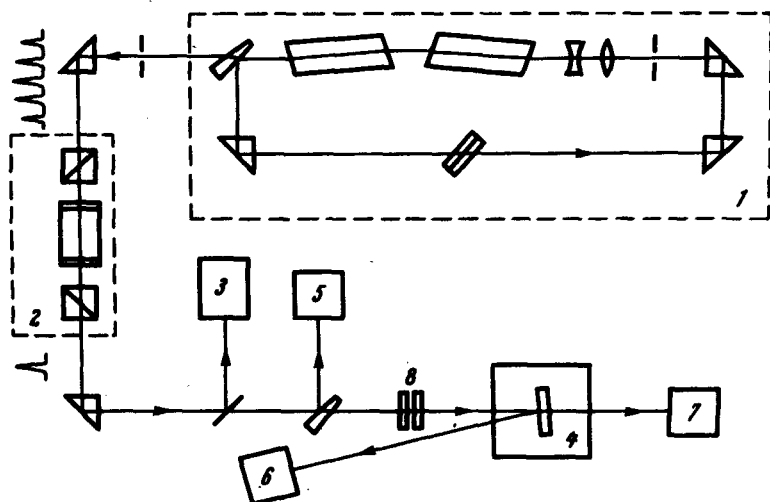


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – кольцевой лазер УКИ на неодимовом стекле, 2 – электрооптический затвор для выделения одиночного УКИ, 3 – коаксиальный фотоземель ФК-4, 4 – криостат с образцом GaAs, 5, 6, 7 – калориметры, 8 – светофильтры

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Образец GaAs, толщиной  $2 \text{ мм}$ ,  $n$ -типа, с концентрацией носителей  $3,3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  и подвижностью  $1,4 \cdot 10^3 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$ , помещенный в криостат, охлаждаемый до  $77^\circ \text{ К}$ . Высокочувствительными калориметрами регистрировалась падающая, отраженная и прошедшая через полупроводник энергия.

Согласно измерениям, проведенным ранее с помощью электронно-оптического преобразователя с временным разрешением  $1 \text{ пксек}$  [5], средняя длительность импульса данного генератора в той части цуга, из которой выделялся одиночный импульс,  $\tau = 25 \text{ пксек}$ . Это значение использовалось при определении интенсивности УКИ.

Изучалась зависимость пропускания образца  $T = W_{\text{прош}}/W_{\text{пад}}$  от интенсивности падающего на него импульса  $I_{\text{пад}}$ . Здесь  $W_{\text{прош}}$  и  $W_{\text{пад}}$  — энергия, прошедшая через полупроводник, и энергия, падающая на его поверхность. Одновременно измерялась отраженная энергия. Коэффициент отражения  $R = 0,28$  мало отличался от значения, вычисленного для GaAs по формулам Френеля. Производилось сравнение значений  $T$  для УКИ со значениями для гигантского импульса ( $\tau = 40 \text{ нсек}$ ), а также с пропусканием образцом ослабленного излучения лазера в режиме свободной генерации ( $I_{\text{пад}} \approx 10 \text{ Вт/см}^2$ ), для которого двухфотонное поглощение пренебрежимо мало.

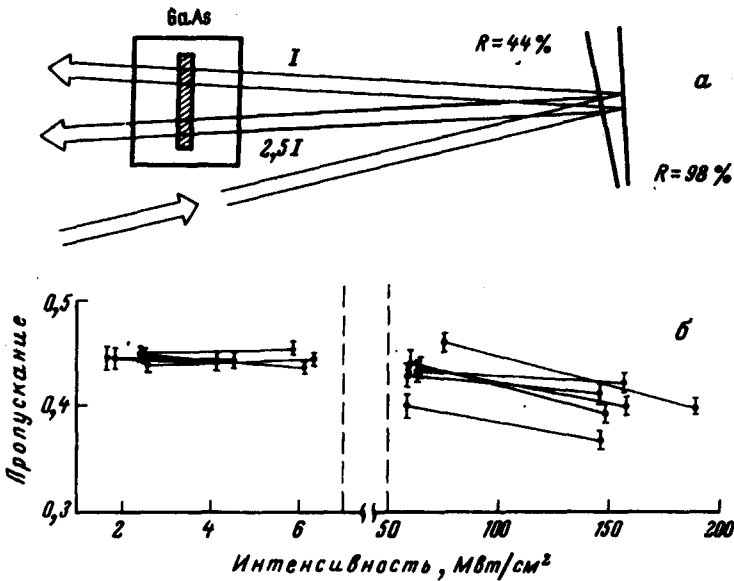


Рис. 2. а — Схема получения пары УКИ с помощью зеркального клина, б — соотношения пропусканий для пар УКИ (прямыми соединены экспериментальные точки, полученные в одной лазерной вспышке)

Для повышения точности в определении наклона кривой, отражающей зависимость  $T$  от  $I_{\text{пад}}$ , одновременно измерялось пропускание для двух УКИ с точно известным отношением интенсивностей, равным 2,5 (рис. 2). Из рисунка видно, что в области  $1,5 - 7 \text{ Мвт/см}^2$  пропускание не меняется, а в области  $50 - 200 \text{ Мвт/см}^2$  оно уменьшается с повышением интенсивности УКИ.

Как следует из экспериментальных кривых, представленных на рис. 3, величина  $T$  для УКИ не меняется в области от  $0,2$  до  $50 \text{ Мвт/см}^2$  и равна  $0,45$ , причем во всей этой области она ниже пропускания для слабого излучения. При повышении интенсивности от  $50$  до  $200 \text{ Мвт/см}^2$  величина  $T$  падает от  $0,45$  до  $0,40$ .

Для наносекундного импульса пропускание измерялось при ширине спектра излучения 30 и  $0,03 \text{ см}^{-1}$ , что дало одну и ту же зависимость от  $I_{\text{пад}}$ , показанную на рис. 3. В области интенсивностей  $0,5 - 5 \text{ Мвт/см}^2$  эта зависимость соответствует обычному закону двухфотонного поглощения [2] со значением коэффициента  $\beta = 0,30 \pm 0,05 \text{ см/Мвт}$ . При дальнейшем увеличении  $I_{\text{пад}}$  от 5 до  $30 \text{ Мвт/см}^2$  пропускание падает медленнее, чем по закону двухфотонного поглощения.

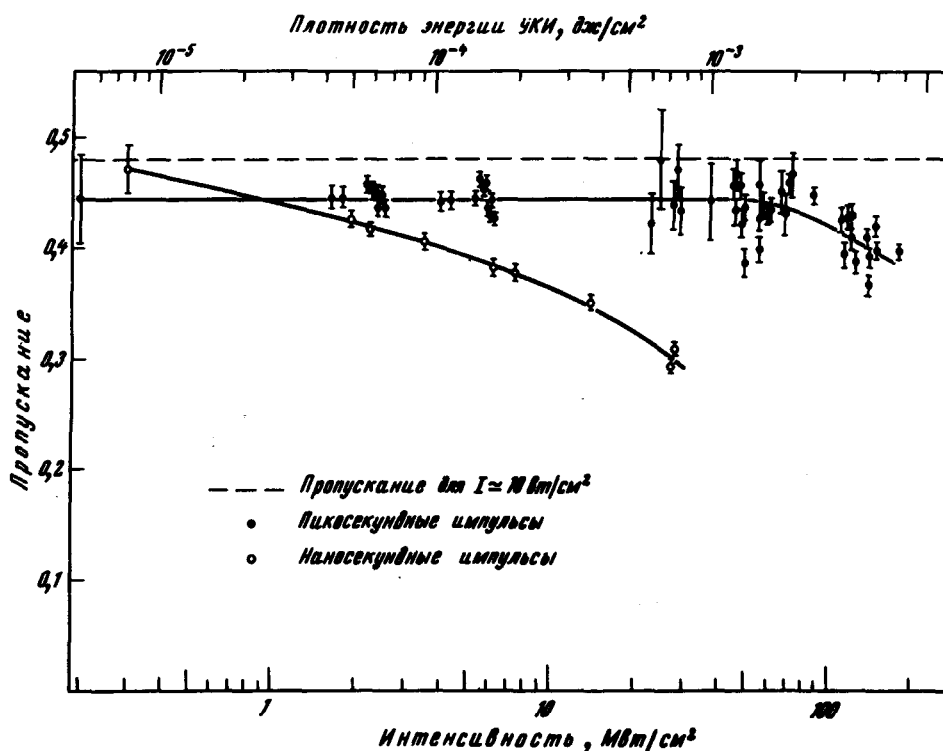


Рис. 3. Зависимость пропускания образца GaAs от интенсивности световых импульсов различной длительности

Таким образом, в исследованной области зависимости поглощения пикосекундных и наносекундных импульсов от интенсивности качественно различаются. Следовательно, механизм взаимодействия световых импульсов с GaAs существенно зависит от их длительности.

В случае, если длительность импульса короче времени релаксации когерентности, т. е.  $\tau < T_2$ , уменьшение поглощения для УКИ качественно объясняется когерентным насыщением двухфотонного перехода в полупроводнике [6]. При этом в области малых и больших интенсивностей не должно наблюдаться колебаний в пропускании. В области же промежуточных интенсивностей такие колебания, хотя и не столь ярко выраженные, как при обычной самопрозрачности, возможны. Однако, существующих для GaAs данных о величине  $T_2$  и об эффективной массе электрона вдали от края зоны проводимости пока недостаточно для количественного сравнения теории [6] с результатами эксперимента.

В заключение отметим, что обнаруженная зависимость позволяет осуществлять селекцию световых импульсов по длительности.

Авторы благодарны П.Г.Крюкову за предоставление возможности использовать лазерную установку, И.А.Полуэктову за обсуждение результатов, А.В.Дуденковой за измерение параметров образца, С.И.Михайлову за помощь в проведении эксперимента.

Физический институт  
им. П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
17 апреля 1973 г.

### Литература

- [ 1 ] Н.Г.Басов, А.З.Грасюк, И.Г.Зубарев, В.А.Катулин, О.Н.Крохин. ЖЭТФ, 50, 551, 1966.
- [ 2 ] В.В.Арсеньев, В.С.Днепроvский, Д.Н.Клышко, А.Н.Пенин. ЖЭТФ, 56, 760, 1969.
- [ 3 ] Т.Л.Гварджаладзе, А.З.Грасюк, И.Г.Зубарев, П.Г.Крюков, О.Б.Шатберашвили. Письма в ЖЭТФ, 13, 159, 1971.
- [ 4 ] Т.Л.Гварджаладзе, А.З.Грасюк, В.А.Коваленко. Препринт ФИАН, №86, 1972.
- [ 5 ] Н.Г.Басов, М.М.Бутслов, П.Г.Крюков, Ю.А.Матвеец, Е.А.Смирнова, С.Д.Фанченко, С.В.Чекалин, Р.В.Чикин. Препринт ФИАН, №82, 1972.
- [ 6 ] И.А.Полуэктоv, Ю.М.Попов, В.С.Ройтберг. Сб. "Квантовая электроника", под ред. Н.Г.Басова, 1972. №4, стр. 111.