

САМОИНДУЦИРОВАННАЯ ПРОЗРАЧНОСТЬ ЭКСИТОНОВ

Ф. Брюкнер, В. С. Днепровский, Д. Г. Кошур

Сообщается о наблюдении самоиндуцированной прозрачности экситонов в монокристаллах $\text{CdS}_{0,75}\text{Se}_{0,25}$ ($T = 90^\circ\text{K}$) при резонансном взаимодействии ультракороткого импульса (УКИ) второй гармоники неодимового лазера, работающего в режиме синхронизации мод ($\lambda = 0,53 \text{ мк}$, $\tau \approx 5 \cdot 10^{-12} \text{ сек}$), с полупроводником.

Самоиндуцированной прозрачности (СИП) полупроводников при межзонных переходах посвящен ряд теоретических и экспериментальных работ [1 – 6]. Недавно авторами теоретических исследований [7, 8] было показано, что СИП можно наблюдать при взаимодействии фотонов с экситонами. Мощный световой импульс, длительность которого меньше времен релаксации, связанных с движением экситона, может распространяться с аномально малыми потерями в результате индуцированного переизлучения среды.

Настоящее сообщение посвящено исследованию СИП в полупроводнике при резонансном возбуждении экситонов и измерению времени продольной (T_1) и поперечной (T_2) релаксации экситонов методом зондирования полупроводников, предложенным в [9].

Схема экспериментальной установки приведена в [4]. Полупроводниковый монокристалл $CdS_{0,75}Se_{0,25}$ охлаждался до температуры $90^{\circ}K$. Образец облучался цугом УКИ второй гармоники неодимового лазера с синхронизованными модами ($\tau \approx 5 \cdot 10^{-12} \text{сек}$, $\lambda = 0,53 \text{ мк}$, $\Delta\lambda \approx 5 \text{ \AA}$). Подбор состава смешанного кристалла и температуры образца позволил осуществить резонансное возбуждение экситонов излучением с длиной волны $0,53 \text{ мк}$. Измерялось пропускание образца (W/W_0 , где W_0 и W — энергия падающего и прошедшего излучения) с помощью калориметров (чувствительностью не хуже 10^{-6} дж) и коаксиального фотоэлемента, согласованного с осциллографом И2-7. Для непрерывного излучения ($\lambda = 0,53 \text{ мк}$) исследуемый образец имел пропускание $W/W_0 < 10^{-3}$.

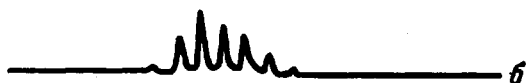


Рис. 1. Осциллограммы цуга УКИ на входе в образец (а) и за образцом при $W_0 = 10^{-3} \text{ дж}$ (б) и $W_0 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ дж}$ (в)

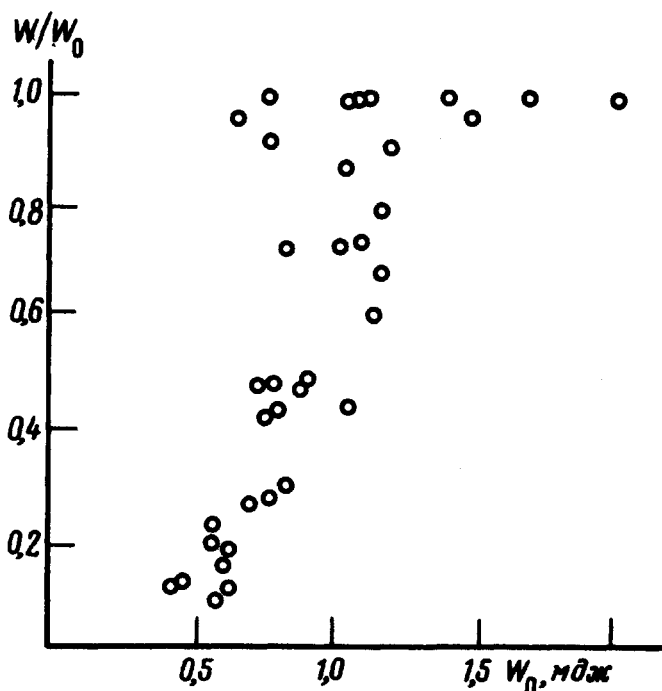


Рис. 2. Зависимость пропускания образца от энергии излучения на входе в образец

Типичные осциллограммы цуга импульсов до и после образца, а также зависимость W/W_0 от уровня возбуждения для отдельного импульса представлены на рис. 1, 2. Следует отметить следующие обстоятельст-

ва: селективирующие свойства полупроводникового образца (выделяются наиболее мощные и короткие импульсы [10]), появление дополнительных импульсов за образцом при повышении уровня накачки (по-видимому, для них начинает выполняться условие возбуждения СИП) при неизменной максимальной амплитуде импульса, нелинейная зависимость пропускания от уровня возбуждения (рис. 2), насыщение пропускания при больших уровнях возбуждения (при этом пропускание $W/W_0 \approx 1$ для отдельных УКИ цуга; это обстоятельство позволяет предположить, что аномально высокое значение пропускания образца не связано с эффектом насыщения). Следует отметить более низкий порог возникновения СИП при резонансном возбуждении экситонов, чем для межзонных переходов [4].

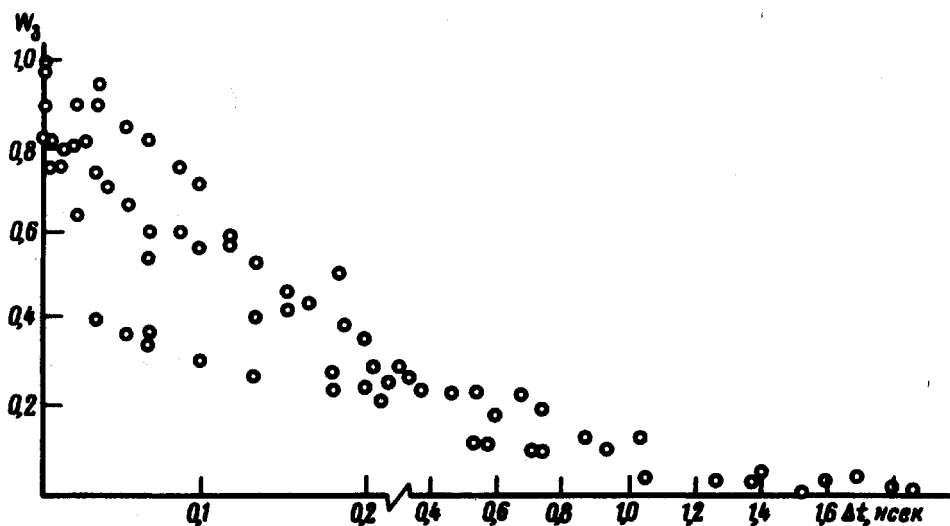


Рис. 3. Зависимость энергии зондирующего луча от времени задержки

Измерение времен релаксации экситонов проводилось методом зондирования [9]. Исследовалось состояние полупроводника в разные моменты времени после прохождения мощного УКИ. С этой целью в кристалл $\text{CdS}_{0,75}\text{Se}_{0,25}$ направлялся слабый зондирующий импульс (часть излучения второй гармоники того же лазера) под малым углом ($\sim 1^\circ$) с плавно регулируемой задержкой во времени (Δt) относительно основного импульса. Оба луча практически полностью перекрывались в кристалле и в то же время попадали на разные калориметры, установленные на расстоянии ~ 1 м от образца. Мощность зондирующего импульса была недостаточной для индуцирования прозрачности полупроводника. Зависимость энергии зондирующего луча от Δt представлена на рис. 3. Разброс значений энергии при малых задержках можно объяснить T_2 -релаксацией¹⁾; при

¹⁾ Подробное описание приведенного метода измерений будет опубликовано.

$\Delta t \lesssim T_2$ пропускание меняется в широких пределах, так как среда может находиться практически в любом состоянии (лазер излучает набор импульсов разной интенсивности). Плавный спад кривой можно объяснить эффектом насыщения. Число возбужденных экситонов уменьшается со временем релаксации T_1 , при этом увеличивается поглощение зондирующего луча. Из графика можно оценить времена релаксации $T_1 \approx 0,8$ нсек, $T_2 \lesssim 0,2$ нсек.

Особенности нелинейного поглощения УКИ света и значения измеренных времен релаксации позволяют предположить, что наблюдаемые явления связаны с самоиндуцированной прозрачностью на экситонах.

Авторы благодарны Р.В.Хохлову за обсуждение работы и М.К.Шейнкману за полезные советы.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
27 апреля 1974 г.

Литература

- [1] И.А.Полуэктов, Ю.М.Попов. Письма в ЖЭТФ, 9, 542, 1969.
- [2] Ю.П.Лисовец, И.А.Полуэктов, Ю.М.Попов, В.С.Ройтберг. Сб. "Квантовая электроника" (ФИАН), № 5, 28, 1971.
- [3] N.Tzoar, J.I.Gersten. Phys. Rev. Lett., 28, 1203, 1972.
- [4] Ф.Брюкнер, В.С.Днепровский, Д.Г.Кошуг, В.У.Хаттатов. Письма в ЖЭТФ, 18, 27, 1973.
- [5] Т.Л.Гварджаладзе, А.З.Грасюк, И.Г.Зубарев, П.Г.Крюков, О.Б.Шатберашвили. Письма в ЖЭТФ, 13, 159, 1971.
- [6] Т.Л.Гварджаладзе, А.З.Грасюк, В.А.Коваленко. ЖЭТФ, 64, 446, 1973.
- [7] A.Schenzle, H.Naken. Optics Communications, 6, 96, 1972.
- [8] В.В.Самарцев, А.И.Сирагиев, Ю.Е.Шейбут. Изв. АН СССР, сер. физическая, 37, 2175, 1973.
- [9] Ф.Брюкнер, В.С.Днепровский, Д.Г.Кошуг, В.У.Хаттатов. "Модуляционная спектроскопия полупроводников", Тбилиси, 1973, стр. 145.
- [10] В.С.Днепровский, Д.Г.Кошуг, В.У.Хаттатов. Сб. "Квантовая электроника" (ФИАН), 2, 83, 1973.