

# Фотогальванические эффекты при внутризонном поглощении в наноструктурах

В. В. Бельков

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург, Россия

Фотогальванический эффект (ФГЭ) представляет собой генерацию тока в однородной среде при однородном оптическом возбуждении. Целый ряд ФГЭ был изучен ранее в объемных кристаллах. В лекции речь пойдет о циркулярном ФГЭ, спин-гальваническом эффекте, а также об эффекте увлечения электронов фононами в двумерных полупроводниковых структурах.

Первые два эффекта наблюдаются при оптической ориентации носителей заряда. В гиротропных средах спиновая ориентация может приводить к генерации тока, направление и величина которого определяется поляризацией возбуждающего излучения и симметрией изучаемой структуры. Фототоки, обусловленные спиновой поляризацией, наблюдались при внутризонном возбуждении в GaAs/AlGaAs, InAs/AlGaSb и SiGe наноструктурах в температурном диапазоне 2–300 К.

Означенные эффекты получили свое феноменологическое и микроскопическое описание. Микроскопически обнаруженные спин-зависимые ФГЭ связаны с наличием в эффективном электронном гамильтониане линейного по волновому вектору слагаемого, снимающему спиновое вырождение. Выявлено два механизма преобразования углового момента фотона в трансляционное движение носителей заряда. Циркулярный фотогальванический эффект обусловлен асимметрией распределения носителей заряда по квазиимпульсу при поглощении циркулярно поляризованного излучения. Спин-гальванический эффект связан с асимметрией процесса спиновой релаксации оптически ориентированных электронов. Выбором геометрии эксперимента можно разделить эти два эффекта. Другая экспериментальная возможность разделения — исследование кинетики фототока, поскольку при импульсном фотовозбуждении циркулярный ФГЭ затухает с характерным временем релаксации импульса носителей, тогда как динамика спин-гальванического тока определяется временем спиновой релаксации. Обнаруженные эффекты дают уникальную возможность разделить вклады структурной и объемной асимметрии гетероструктур.

Наблюдение спин-зависимых фотогальванических эффектов доказывает возможность создания спиновой ориентации при возбуждении инфракрасным излучением дальнего и среднего диапазонов. Будут обсуждены механизмы оп-

тической ориентации при внутризонных оптических переходах.

Третий рассматриваемый ФГЭ — увлечения электронов фононами — является результатом передачи импульса фотона электрону. Законы сохранения энергии и импульса определяют спектральное поведение фототока при межподзонном поглощении излучения в квантово-размерных структурах.

## Литература

- [1] *Оптическая ориентация*, под редакцией Б. П. Захарчени, Ф. Майера. (Л., Наука, 1989).
- [2] Б. И. Стурман, В. М. Фридкин, *Фотогальванический эффект в средах без центра инверсии и родственные явления*. (М., Наука, 1992).
- [3] E. L. Ivchenko, *Optical spectroscopy of semiconductor nanostructures*. (Alpha Science, Harrow, U.K., 2005).
- [4] S. D. Ganichev, E. L. Ivchenko, V. V. Bel'kov *et al.*, Nature **417**, 153 (2002).