

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕГИРОВАННЫХ СВЕРХРЕШЕТОК НА ОСНОВЕ PbSe

А.П. Шотов, А.В. Батраков, К.В. Вяткин, В.М. Легостаев, С.Ю. Подтаев

Исследованы фотоэлектрические свойства легированных сверхрешеток на основе PbSe, выращенных на подложках BaF_2 методом молекулярной эпитаксии ("горячей стенки"). Структуры обладают высокой фоточувствительностью. Измерено время жизни неравновесных носителей заряда.

Композиционные и легированные сверхрешетки на основе узкозонных полупроводников A^4B^6 обладают рядом уникальных свойств, связанных с инверсией зонного спектра [1] и большой статической диэлектрической проницаемостью материала ϵ [2]. Большие значения ϵ приводят к тому, что толщина области обеднения p-n перехода получается относительно большой (100–200 нм). Период легированных сверхрешеток на основе соединений A^4B^6 может поэтому иметь значения 30–300 нм, что намного превышает величины периода сверхрешеток для материалов A^3B^5 . Существуют перспективы практического использования сверхрешеток на A^4B^6 в ИК оптоэлектронике. Созданы фотоприемные элементы на основе легированных сверхрешеток на PbTe с параметрами, близкими к теоретическому пределу [3]. Значительные сигналы фотоответа в легированных p-i-p-i сверхрешетках связывают с существенным увеличением времени жизни свободных носителей, возникающим благодаря пространственному разделению электронно-дырочных пар в поле p-i-p-i потенциала [3, 4].

В настоящей работе исследованы фотоэлектрические свойства легированных сверхрешеток на основе PbSe, выращенных на подложках BaF_2 методом молекулярной эпитаксии ("горячей стенки"). Сверхрешетки состояли из 10–20 чередующихся слоев n- и p-типа с толщинами $d_n, d_p = 50\text{--}100$ нм (рис. 1). Толщина предварительно выращенного буферного слоя составляла 200–300 нм. Эффективные концентрации и подвижность носителей в p-i-p-i структурах, полученные из холловских измерений, имели значение $n, p = 2 \cdot 10^{17} - 10^{18} \text{ см}^{-3}$ и $\mu = 500\text{--}1500 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ при 78 К.

Для получения сверхрешеток использовалась установка, работающая под управлением микро-ЭВМ. В ростовой системе для последовательного выращивания слоев различного типа проводимости использовались два источника материала и подвижный держатель подложки. При выращивании слоев n-типа применялся источник PbSe, легированный Bi; слои p-типа получали, регулируя давление паров дополнительного источника Se. Концентрация носителей в слоях и скорость роста слоев определялись по контрольным пленкам, полученным до и после процесса выращивания сверхрешеток. Концентрация носителей в контрольных пленках имела значение $n = (0,7 - 2) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ и $p = (0,5 - 0,8) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$.

Исследование фотопроводимости проводилось на образцах прямоугольной формы размером $6 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$ с потенциальными и токовыми контактами. Сигнал фотопроводимости определялся в режиме постоянного тока при освещении образца модулированным излучением черного тела. Измерения проводились при температуре 80 К. Полученные значения сигнала фотоответа превышают на три порядка величины, полученные при аналогичных условиях на единичных эпитаксиальных слоях. Такую высокую фоточувствительность p-i-p-i структур можно объяснить значительным увеличением времени жизни фотоносителей по сравнению с однородным полупроводником благодаря возникновению рекомбинационных барьеров.

Для определения времени жизни неравновесных носителей в p-i-p-i сверхрешетках использовалась частотная зависимость нестационарной фотопроводимости образцов [5]. Оптическое излучение в направлении, перпендикулярном плоскости слоев сверхрешетки, возбуждалось непрерывным гелий-неоновым лазером с $\lambda = 630$ нм. Модуляция интенсивности излучения лазера осуществлялась электрооптическим

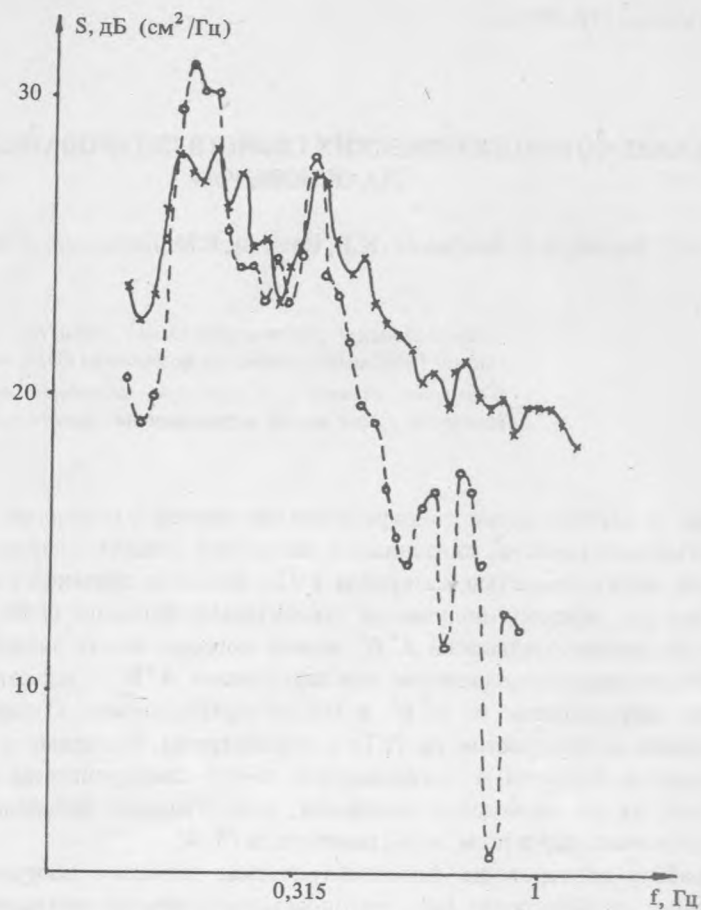


Рис. 1. Частотные спектры возвышений морского волнения, полученные по регистрации отражения от зеркальных площадок (o) и по регистрации рассеянного излучения из приповерхностного слоя (*).

Из сравнения спектров видна высокая степень их корреляции, в особенности совпадение спектральных максимумов во всем исследуемом диапазоне частот. Отличие в энергетическом составе в высокочастотной области можно объяснить следующими причинами: 1) обогащением спектра принимаемого сигнала за счет наклонного зондирования; 2) существенным вкладом в измеряемый спектр возвышений флуктуаций кривизны поверхности и связанным с ними эффектом фокусировки-дефокусировки, что приводит к изменению "эффективного" измеряемого расстояния до поверхности.

Для получения истинных значений спектральной плотности этой методикой в области больше 0,5 Гц необходим учет указанных факторов и разработка процедуры коррекции измеряемого спектра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев П.В. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 53, 1545 (1989).

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 21 мая 1990 г.