

Фотопмиссионные и инъекционные свойства полупроводниковых гетероструктур с эффективным отрицательным электронным сродством

В.С. Русецкий^{1, 4}, В.А. Голяшов^{1, 2}, Н.С. Назаров², И.Б. Чистохин¹, А.С. Ярошевич¹, Т.С. Шамирзаев^{1, 2}, И.А. Деробезов¹, В.А. Гайслер^{1, 2, 3}, А.К. Бакаров^{1, 2}, Д.В. Дмитриев¹, А.И. Торопов¹, И.И. А.В. Миронов⁴, В.В. Аксенов⁴, О.Е. Терещенко^{1, 2*}

1 Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, пр. Лаврентьева, 13, Новосибирск, 630090.

2 Новосибирский государственный университет, ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090.

3 Новосибирский государственный технический университет, пр. К. Маркса, 20, Новосибирск, 630092.

4 ЗАО «ЭКРАН-ФЭП», ул. Зеленая горка, д.1, Новосибирск, 630060.

*teresh@isp.nsc.ru

Методами поляризованной катодолуминесценции (КЛ) изучена инъекция поляризованных по спину электронов в температурном диапазоне 80°–300 К в вакуумных фотодиодах, в которых источником поляризованных по спину электронов являлся GaAs с эффективным отрицательным электронным сродством (ЭОЭС), а детектором — гетероструктура AlGaAs/GaAs/AlGaAs с квантовыми ямами (КЯ), также активированная до состояния с ЭОЭС. Максимальная поляризация КЛ составила 3% при инъекции 20% поляризованного по спину пучка электронов с энергией 0.5 эВ при T = 80 К. Асимметрия спиновой поляризации КЛ при этом составила 15%. Обсуждаются механизмы деполяризации электронов в гетероструктурах.

Введение

В настоящее время большой научный интерес проявляется к поиску и исследованию свойств систем с необычной электронной структурой (например, топологическим изоляторам). На данный момент основным экспериментальным методом исследования зонного строения поверхностей кристаллов является фотопмиссионная спектроскопия с угловым разрешением (ARPES). В дополнение к ARPES важно получать информацию о поляризации электронов по спину в зонах, однако ее изучение с использованием существующих типов спин-детекторов затруднено. Поэтому, актуальной задачей является создание спин-детектора свободных электронов с пространственным разрешением для использования в данном методе. Предлагаемый нами тип спин-детектора позволяет измерять три компоненты проекции спина: две компоненты спина в плоскости поверхности, используя тонкий ферромагнитный слой на полупроводнике в качестве спин-фильтра [1, 2], и нормальную компоненту, измеряя поляризацию катодолуминесценции (КЛ), возникающей при инъекции свободных электронов в гетероструктуру на основе соединений A_3B_5 .

Целью данной работы являлось изучение эмиссии и инъекции свободных электронов, поляризованных по спину, в гетероструктурах A_3B_5 с квантовыми ямами (КЯ).

Проведение исследований по инъекции свободных электронов, поляризованных по спину, в общем случае требует сверхвысоковакуумной камеры, содержащей источник электронов, систему электронных линз и исследуемую структуру-мишень. Однако, данную систему можно упростить до вакуумного фотодиода, состоящего из фотокатода GaAs с эффективным отрицательным электронным сродством (ЭОЭС) — источника поляризованных по спину электронов, и анода — исследуемой гетероструктуры. Кроме того, использование вакуумных диодов позволяет избежать ряда проблем при работе с электронами очень малых энергий (0,5–1 эВ).

Результаты и обсуждение

Для экспериментов были изготовлены вакуумные фотодиоды, состоящие из GaAs-фотокатода на стекле и гетероструктуры AlGaAs/GaAs/AlGaAs с тремя КЯ GaAs, также на стекле, в качестве анода, герметично и плоскопараллельно закрепленных на противоположных торцах цилиндрического алюмооксидного корпуса. Диаметры катода и анода