

Угловое распределение эмитируемых из GaAs/(Cs,O) фотокатодов электронов

Голяшов В.А.^{1,2}, Назаров Н.А.², Русецкий В.С.^{2,3}, Миронов А.В.², Аксенов В.В.², Терещенко О.Е.^{1,2}

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

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

³ ЗАО "ЭКРАН-ФЭП", 630060, Новосибирск, ул. Зеленая горка 1.

DOI 10.34077/Semicond2019-94

Фотоэммитеры электронов, в том числе поляризованных по спину, на основе A_3B_5 гетероструктур, поверхность которых активирована слоями (Cs,O) до состояния эффективного отрицательного электронного сродства (ОЭС), давно нашли широкое применение в различных оптоэлектронных приборах и ускорительной технике. Однако несмотря на это, детали процесса фотоэмиссии из фотокатодов с ОЭС остаются неизученными. В частности, интерес представляет получение полных энергетических и угловых распределений фотоэлектронов, эмитируемых из фотокатодов с ОЭС, и построение соответствующей детальной модели процесса эмиссии электронов из области пространственного заряда (ОПЗ) на поверхности полупроводника с ОЭС в вакуум [1]. Ожидается, что при упругом выходе в вакуум электронов с квантоворазмерных уровней ОПЗ на поверхности фотокатода должна сохраняться параллельная поверхности компонента квазиимпульса электронов, и, вследствие изменения эффективной массы электрона, должно происходить «преломление» траекторий электронов. Эти предположения дают для p^+ -GaAs/(Cs,O) фотокатода оценку предельного угла фотоэмиссии $\sim 15^\circ$ и предсказывают немонотонную связь угла эмиссии и энергии эмитируемых электронов относительно уровня вакуума. Однако экспериментально такой зависимости не наблюдалось. С другой стороны, особенности, связанные с наличием квантоворазмерных уровней ОПЗ, наблюдались при изучении энергетических распределений фотоэлектронов в вакуумных диодах при низких температурах. Основной проблемой при изучении фотокатодов с ОЭС является очень низкая (до 300 мэВ) кинетическая энергия эмитируемых фотоэлектронов и, как следствие, сильное влияние любых неоднородностей потенциала

В данной работе исследовались эмиссионные свойства p^+ -GaAs/(Cs,O) фотокатодов в вакуумных фотодиодах, в которых в качестве анода использовались полупроводниковые гетероструктуры GaAs/AlGaAs с квантовыми ямами GaAs, поверхность которых была также активирована до состояния ОЭС слоями (Cs,O) [2,3]. Такие фотодиоды позволяют изучать процессы как фотоэмиссии, так и инжекции свободных электронов гетероструктурах с ОЭС, причем анод является относительно эффективным детектором электронов и спина электронов с пространственным разрешением.

Измерения энергетических распределений фотоэлектронов при низких температурах подтвердили наличие тонкой структуры в фотоэмиссионных спектрах, связанной с рассеянием электронов на оптических фононах при выходе в вакуум через квантово-размерные состояния в области пространственного заряда. По измеренным пространственным картинам катодолюминесценции (КЛ), возникающей при инжекции эмитированных из малой (диаметр ~ 30 мкм) области фотокатода электронов в анодную структуру, рассчитаны усредненные угловые распределения фотоэлектронов в диапазоне температур 20-300 К. Обсуждается возможность восстановления полного энергетического распределения из картин КЛ и энергетических распределений электронов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-02-00353 А.

[1] F. Ichihashi et. al., *Review of Scientific Instruments* **89**, 073103 (2018).

[2] A.A. Rodionov et. al., *Physical Review Applied* **8**(3), 034026 (2017).

[3]. O.E. Tereshchenko et.al., *Scientific Reports* **7**(1), 16455 (2017).