Полупроводниковые фотокатоды с эффективным отрицательным электронным сродством для научных и специальных применений

В.В. Бакин¹, Ю.Б. Болховитянов¹, С.Н. Косолобов¹, С.А. Рожков^{1,2}, Г.Э. Шайблер^{1,2}, А.С. Терехов¹

¹ ИФП СО РАН, Новосибирск, 630090, Лаврентьева, 13

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

тел.: +7 (383) 330-85-08, факс: +7 (383) 333-27-71, эл. почта: terek@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-25

Обсуждаются результаты экспериментальных исследований и разработок полупрозрачных р - GaAs(Cs,O) – фотокатодов с эффективным отрицательным электронным сродством (ОЭС) [1], выполненных в ИФП СО РАН. Кроме применений в наиболее современных приборах ночного видения, полупрозрачные р - GaAs(Cs,O) – фотокатоды используются также и в многоканальных быстродействующих детекторах одиночных фотонов для фундаментальных научных исследований [2]. Важной областью применений ОЭС – фотокатодов являются и фотоэлектронные инжекторы, генерирующие интенсивные пучки «моноэнергетических» [3] и спин-поляризованных [4] фотоэлектронов. Основными характеристиками ОЭС – фотокатодов, важными для большинства их применений, являются: квантовая эффективность (QE); вероятность выхода фотоэлектронов в вакуум (P_e), стабильность P_e от времени (t) и энергетические распределения эмитированных фотоэлектронов по их «продольным» (ϵ_{lon}) и «поперечным» (ϵ_{tr}) энергиям, соответственно. В докладе обсуждаются (1) «самоорганизация» атомной структуры (Cs) – и (Cs,O) – покрытий; (2) энергетическая диаграмма ОЭС – интерфейсов; (3) доминирующие механизмы упругого и неупругого рассеяния фотоэлектронов на ОЭС – интерфейсах при их переходе из объёма полупроводника в вакуум. «Самоорганизация» атомной структуры (Cs) – и (Cs,O) – покрытий изучалась в экстремально высоком вакууме с использованием экспериментальных методик, не влияющих на их атомную структуру. Для изучения энергетических диаграмм ОЭС – интерфейсов и доминирующих механизмов упругого и неупругого рассеяния фотоэлектронов при их переходе из объёма полупроводника в вакуум мы использовали самодельные миниатюрные спектрометры, «позволяющие» проводить эксперименты в интервале температур 4 К ÷ 350 К. Основные выводы нашей работы состоят в следующем. (1) ОЭС – интерфейс с оптимальным (Cs,O) – покрытием является замкнутой термодинамической системой, удельная свободная энергия которой обеспечивает его стабильность при температурах ≤ 350 К. (2) Формирование оптимального (Cs,O) – покрытия сопровождается частичным упорядочением атомной структуры ОЭС – интерфейса, благодаря которому снижаются его удельная энтропия и, как следствие, вероятность диффузного рассеяния фотоэлектронов при их переходе из полупроводника в вакуум [5].

(3) Энергетическая диаграмма оптимального (Cs,O) – покрытия указывает на его «металлическую природу». (4) Испускание фотоэлектронами продольных оптических фононов является доминирующим механизмом их неупругого рассеяния на ОЭС – интерфейсах [6,7]. Неопубликованные результаты наших недавних экспериментов показали также, что рассеяние фотоэлектронов из Г - долины в боковые L – долины в приповерхностной области пространственного заряда ОЭС – интерфейса с участием коротковолновых оптических фононов сопровождается рассеянием не только их энергии, но и импульса.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 12-02-00418; 16-02-00534; 19-02-00517).

Литература

- [1] Ю.Б. Болховитянов и др. // Письма в ЖТФ. 1990. Т.6. №7. С.25-29.
- [2] В.Л. Плохотниченко и др. // Астрофизический бюллетень. 2020. Т.75, вып.1, С. 66–77.
- [3] O. Novotný et. al // Science. 2019. V. 365, Iss. 6454, P.676-679.
- [4] P. Drescher et. al // Nuclear Instrum. and Methods A. 1996. V.381, P.169-173.
- [5] В.В. Бакин и др. // Письма в ЖЭТФ. 2018. Т.108. вып.3, С.180-184.
- [6] Д.А. Орлов и др. // Письма в ЖЭТФ. 2000. Т.71, вып.4. С. 220-224.
- [7] В.В. Бакин и др. // Письма в ЖЭТФ. 2016. Т.104. вып.2, С.128-132.