Новые электронные состояния на интерфейсе p-GaN(Cs,O)-вакуум при больших (Cs,O)-покрытиях

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

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН,

Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский Государственный Университет, Новосибирск, 630090, Пирогова, 2

тел: +7 (383) 330-98-74, факс: +7 (383) 333-27-71, эл. почта: scheibl@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-132

Фотокатоды с эффективным отрицательным электронным средством (ОЭС), созданные на основе эпитаксиальных p-GaN – слоёв с субмонослойными (Cs,O) – покрытиями, обладают высокой квантовой эффективностью в УФ – области спектра. Фотоприёмники с такими фотокатодами широко используются в системах дистанционного контроля потерь электроэнергии на высоковольтных установках и линиях электропередачи, а также в важных системах специального назначения. Несмотря на существенные успехи в разработках p-GaN(Cs,O)-фотокатодов для УФ – фотоприёмников, связи неупорядоченной атомной структуры интерфейсов p-GaN(Cs,O)-вакуум с их фото- и термо- эмиссионными свойствами изучены недостаточно. Существующие методики формирования оптимального (Cs,O) – покрытия ($\theta_{\text{оп}}$), обеспечивающего максимальную вероятность выхода фотоэлектронов из p-GaN(Cs,O) – фотокатода в вакуум (P_e), найдены эмпирически и не гарантируют достижения её физически – предельного значения. Пытаясь глубже понять закономерности формирования атомной структуры и энергетической диаграммы ОЭС – интерфейса p-GaN(Cs,O) – фотокатода, мы впервые изучили в данной работе спонтанные изменения $P_e(t)$ и энергетических распределений фотоэлектронов ($n_e(\epsilon_{\text{lon}}, t)$), эмитированных из фотокатода с (Cs,O) – покрытием, «толщина» которого существенно превышала $\theta_{\text{оп}}$. Для измерения $n_e(\epsilon_{\text{lon}}, t)$ – распределений мы установили в камеру формирования (Cs,O) – покрытия простейший электронный спектрометр с однородным тормозящим электрическим полем [1]. Эксперименты проводились в экстремально – высоком вакууме, в котором изменения $P_e(t)$ в результате адсорбции остаточных газов были невелики [1]. На поверхность p-GaN было нанесено (Cs,O) – покрытие в три раза превышающее $\theta_{\text{оп}}$. Результаты измерений эволюции $n_e(\epsilon_{\text{lon}}, t)$ – распределений во времени показаны на рисунке. Время t на рисунке соответствуют интервалу времени между моментом завершения нанесения (Cs,O)

– покрытия и моментом измерения соответствующего $n_e(\epsilon_{\text{lon}})$ – распределения. Энергетические положения дна зоны проводимости (ϵ_{cb}) в объёме p-GaN-слоя обозначены на рисунке вертикальными стрелками соответствующего цвета. Необычной особенностью $n_e(\epsilon_{\text{lon}})$ – распределений на рисунке является узкий пик, расположенный при малых ϵ_{lon} . Из рисунка следует, что амплитуда пика снижалась в течение первых ~ 60 часов, в то время как изменения энергетического положения его максимума и положения ϵ_{cb} в течение этого времени оказались близки к погрешности измерений. Отметим, что форма высокоэнергетического крыла $n_e(\epsilon_{\text{lon}})$ – распределения в течение первых ~ 50 часов

фактически не изменялась. Дальнейшее увеличение t сопровождалось смещением ϵ_{cb} в область меньших ϵ_{lon} и выраженным снижением амплитуды высокоэнергетического крыла $n_e(\epsilon_{\text{lon}})$ – распределения из – увеличения вероятности рассеяния и рекомбинации выходящих в вакуум фотоэлектронов. Мы полагаем, что возникновение пика в $n_e(\epsilon_{\text{lon}})$ – распределениях связано с резонансным электронным состоянием на интерфейсе p-GaN(Cs,O)-вакуум, увеличивающим вероятность выхода электронов. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 19-02-00517).

Литература

[1] В.В.Бакин и др. // Письма в ЖЭТФ. 2018. Т.108, вып.3. С.180-184.