Фотоэдс на поверхности сильнолегированного p -GaAs с адсорбированными слоями цезия и кислорода

В.С. Хорошилов^{1,2}, Д.Е. Протопопов^{1,2}, Д.М. Казанцев^{1,2}, А.Г. Журавлев^{1,2}, В.Л. Альперович^{1,2}

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

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск

тел.: +7 (383)330-98-74, эл. почта: alper@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-133

Уменьшение изгиба зон из-за поверхностной фотоэдс лежит в основе работы фотоприемников на барьерах Шоттки и влияет на работу p^+ -GaAs(Cs,O)-фотокатодов с отрицательным электронным средством (ОЭС). Ранее фотоэдс на поверхности p -GaAs(Cs,O) изучалась бесконтактным методом фотоотражения на UP^+ -структурах с тонким (≈ 100 нм) нелегированным слоем [1] и на образцах с умеренным уровнем легирования $p \approx 3 \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$ [2]. При больших концентрациях дырок, определение фотоэдс этим методом затруднено из-за малой величины сигнала фотоотражения.

В данной работе разработана методика измерения поверхностной фотоэдс в сильнолегированном GaAs, основанная на влиянии изгиба зон на эффективное электронное средство и, как следствие, на квантовый выход фотоэмиссии из полупроводника в вакуум [3]. В этой методике поверхность полупроводника освещается двумя пучками света с одинаковой длиной волны, интенсивности которых модулированы на различных частотах f_1 и f_2 . Каждый пучок света генерирует поверхностную фотоэдс и ток фотоэмиссии из образца. Изменение тока эмиссии от одного пучка, вызванное поверхностной фотоэдс от другого пучка, приводит к появлению суммарной и разностной гармоник $f_1 \pm f_2$ в этом токе. В данной работе амплитуды этих гармоник измеряются путём последовательного синхронного детектирования частот f_1 и f_2 . При этом «перекрестные» вклады от влияния первого пучка на второй и второго на первый предполагаются одинаковыми. Это позволяет определить абсолютные значения фотоэдс с использованием экспоненциальной зависимости тока фотонно-усиленной термоэлектронной эмиссии от эффективного электронного средства [4].

С помощью предложенной методики экспериментально изучена эволюция фотоэдс при адсорбции слоёв цезия и кислорода на поверхности сильнолегированного p^+ -GaAs с актуальным для ОЭС-фотокатодов уровнем легирования $p \approx 7 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$. При нанесении цезия на чистую поверхность p^+ -GaAs, в области Cs покрытий $\theta > 0.3 \text{ ML}$ обнаружен монотонный спад поверхностной фотоэдс. Аналогичный спад фотоэдс наблюдался ранее на UP^+ -структурах и на образцах p -GaAs с умеренным уровнем легирования. Предположительно, спад фотоэдс связан с формированием двумерных металлических кластеров цезия, приводящим к росту локальной поверхностной проводимости и скорости поверхностной рекомбинации.

При активировании поверхности p^+ -GaAs цезием и кислородом до состояния с ОЭС обнаружены «переключения» между большой фотоэдс после нанесения слоев кислорода и малой фотоэдс после нанесения слоев цезия. Ранее на UP^+ -структурах и умеренно легированных образцах наблюдалась обратная картина с большими значениями фотоэдс после нанесения цезия, что объяснялось Cs-индуцированным увеличением изгиба зон. Выявленное различие свидетельствует о доминирующем влиянии на фотоэдс изменений скорости поверхностной рекомбинации на поверхности p^+ -GaAs. Уменьшение скорости поверхностной рекомбинации при нанесении кислорода обусловлено, предположительно, разрушением цезиевых кластеров. Эта гипотеза согласуется с наблюдавшимися нами в данной работе Cs–O переключениями интенсивности фотolumинесценции.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 20-02-00355.

Литература

- [1] V.L. Alperovich et al. // Appl. Phys. Lett. 1995. V.66 P.2122.
- [2] V.L. Alperovich et al. // Phys. Rev. B. 1994. V.50. P.5480.
- [3] V.S. Khoroshilov et al. // J. Phys. Conf. Ser. 2020. V.1482. P.012013.
- [4] A.G. Zhuravlev et al. // Appl. Phys. Lett. 2014. V.105 P.251602.