

Фотоэмиссия из p -GaAs(Cs,O) с положительным и отрицательным электронным сродством

А.Г. Журавлев^{1,2,*}, К.В. Коновалов², А.С. Романов², М.Л. Савченко^{1,2}, Д.М. Казанцев^{1,2},
В.Л. Альперович^{1,2}

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

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090.

* zhuravl@isp.nsc.ru

С помощью спектроскопии квантового выхода фотоэмиссии экспериментально показано, что вероятность выхода термализованных электронов из p -GaAs(Cs,O) в вакуум проходит через минимум при переходе от положительного к отрицательному электронному сродству. Такое поведение согласуется с моделью фотоэмиссии из подзоны размерного квантования электронов в области поверхностного изгиба зон.

Введение

Спектральный порог и величина тока фотоэмиссии из кристалла в вакуум определяются, как правило, поверхностным потенциальным барьером, который необходимо преодолеть «горячим» фотоэлектронам. Практически важным исключением является поверхность p -GaAs(Cs,O) с отрицательным эффективным электронным сродством (ОЭС), на которой благодаря цезий-кислородному активирующему покрытию уровень вакуума оказывается ниже дна зоны проводимости в объеме кристалла [1]. На поверхности с ОЭС спектральный порог эмиссии соответствует ширине запрещенной зоны E_g , а величина квантового выхода фотоэмиссии достигает больших значений $Y \sim 0.5$, что соответствует высоким значениям вероятности выхода в вакуум термализованных электронов, достигающих эмитирующей поверхности путем диффузии. При адсорбции цезия на поверхности GaAs(001) эффективное сродство снижается до $\chi^* \sim 0.1-0.2$ эВ, но остается положительным. При этом в спектрах квантового выхода фотоэмиссии наблюдаются вклады горячих и термализованных электронов [2]. Ранее установлено, что при положительном электронном сродстве (ПЭС) вероятность выхода электронов в вакуум оказывается малой ($\leq 10\%$) и нетривиальным образом зависит от величины сродства [2]. Цель данной работы – экспериментально, с помощью спектроскопии квантового выхода фотоэмиссии, изучить эволюцию вероятности выхода электронов в вакуум на поверхности p -GaAs(Cs,O) при переходе от положительного к отрицательному электронному сродству.

Методика эксперимента

Эксперименты проводились на эпитаксиальных слоях сильнолегированного p -GaAs(001) с концентрацией дырок $7 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Методы приготовления чистой поверхности GaAs(001), нанесения цезия и кислорода, а также измерения спектров квантового выхода фотоэмиссии описаны в [2]. Эффективное электронное сродство χ^* и вероятность выхода электронов в вакуум определялись из сопоставления измеренных спектров с расчетом [2].

Результаты и обсуждение

Поверхность p -GaAs с ОЭС получалась в данной работе нанесением цезия и кислорода. Вначале на чистую Ga-обогащенную поверхность p -GaAs(001) наносилось 0.5 монослоя цезия, что приводило к уменьшению эффективного сродства до $\chi^* \approx 0.2$ эВ. Затем поверхность Cs/GaAs экспонировалась в кислороде (доза ~ 0.1 Лэнгмюр), что приводило к дальнейшему уменьшению электронного сродства до $\chi^* \approx -0.05$ эВ. На рис. 1 показаны спектры квантового выхода фотоэмиссии $Y(\hbar\omega)$, измеренные при адсорбции кислорода на поверхности Cs/GaAs. Нижний спектр на рис. 1 измерен на поверхности Cs/GaAs. В этом спектре наблюдается два порога фотоэмиссии. Высокоэнергетический порог ϵ_c обусловлен «прямой» фотоэмиссией горячих электронов, возбужденных светом из валентной зоны в зону проводимости выше уровня вакуума. Низкоэнергетический порог $\epsilon_g \approx 1.4$ эВ соответ-