

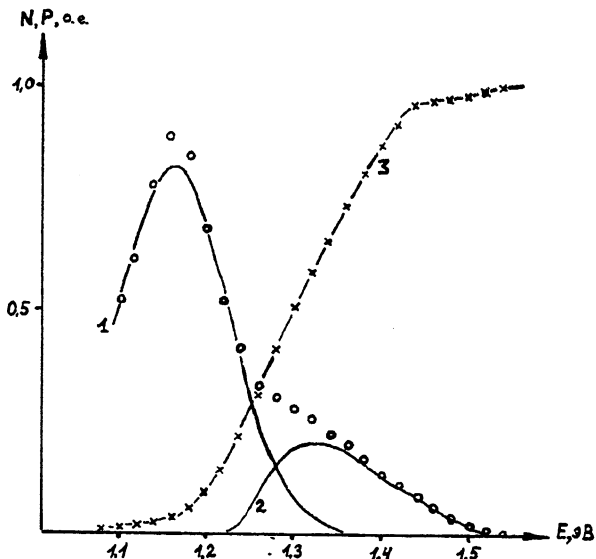
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ЭЛЕКТРОНОВ  
ФОТОЭМИССИИ ПОЛУПРОВОДНИКА  
С ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ СРОДСТВОМ  
ДО ИХ ВЫХОДА В ВАКУУМ

В. П. Д е н и с о в

В предыдущей работе нами был предложен метод оценки прозрачности барьера на поверхности полупроводника с отрицательным электронным сродством (ОЭС), состоящий в изучении энергетических спектров фотоэлектронов при небольшом варьировании работы выхода [1]. Накопление экспериментального материала и совершенствование математического аппарата позволили перейти к определению спектров фотоэлектронов внутри эмиттера, т.е. до их выхода в вакуум. Эта задача представляется актуальной, поскольку большинство существующих теорий фотоэмиссии полупроводников с ОЭС предполагают прозрачность барьера неизменной в пределах спектра, а стало быть форма последнего сохраняется при пересечении поверхности [2]. В свете результатов [1] и выводов теоретической работы [3], такое предположение кажется не вполне обоснованным.

Исследовались образцы арсенида галлия, легированного германием до уровня  $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  с поверхностью (111)В, активированной цезием и кислородом до состояния ОЭС [4]. Метод определения прозрачности барьера описан ранее [1] и отличается в настоящей работе только двумя особенностями, во-первых, изменения работы выхода достигались не только адсорбцией кислорода, но и естественной деградацией активирующего покрытия в условиях динамической откачки; во-вторых, полученные спектры фотоэлектронов подвергались процедуре анти-свертки по алгоритмам [5], что позволило устранить влияние аппаратной функции, предполагаемой гауссовой. Спектральная плотность фотоэлектронов внутри эмиттера, соответствующая некоторой энергии, определялась как отношение количества вышедших электронов к прозрачности барьера при той же энергии. Обработка нескольких семейств внешних спектров с разным способом изменения работы выхода дала вполне воспроизводимые результаты на рисунке. Воспроизводимость заметно ухудшается только в области энергий менее 1.1 эВ, что естественно, поскольку используемый метод накапливает ошибки при смещении итераций в область меньших энергий.

Характерной особенностью внутренних спектров является наличие большого числа медленных электронов, что заставляет предположить более высокую эффективность механизма потерь энергии электронами при их движении в области пространственного заряда, чем это



Внутренний спектр фотоэлектронов  $\circ$  арсенида галлия с ОЭС при энергии возбуждения 1.55 эВ. Сплошными линиями показана аппроксимация фермиевской-1 и высокоэнергетической-2 групп фотоэлектронов. Кривая 3 - зависимость вероятности перехода через поверхность от энергии фотоэлектрона.

считалось ранее. Внутреннее распределение может быть представлено как суперпозиция двух групп электронов-фермиевской с эффективной температурой 300-400 К и квазиуровнем Ферми, лежащим в области 1.19-1.21 эВ и „высокоэнергетической“, имеющей максимум распределения около 1.32 эВ. Подобное строение может быть объяснено как в рамках модели двумерных подзон [2], так и кинетической моделью развитой в [6].

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Денисов В.П. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. В. 5. С. 21.
- [2] Горшкова Т.А., Шадрин В.Д. // ФТП. 1988 Т. 22. С. 229.
- [3] L i h u i G u o, H o u X u n. // J. Phys. D: Appl. Physics. 1989. N 22. P. 348.

- [4] Денисов В.П., Климин А.И. // ФТТ. 1988. Т. 32. С. 1754.
- [5] Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В.В., Ягола А.Г. Численные методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1990.
- [6] Герм В.Э., Милешкина Н.В., Семькина Б.А. // Радиотехника и электроника. 1991. Т. 36. С. 1564.

Поступило в Редакцию  
28 мая 1992 г.