

Частота ω_T определяется штарковским смещением уровней и, следовательно, является функцией I_L : $\omega_T = \omega_T(I_L)$. Учитывая это, получим для спектральной плотности ВТР

$$\mathcal{W}_T(\omega_T) = \frac{1}{2} \hbar \omega_T \frac{\sigma G}{a I_L^3(\omega_T)} \left| \frac{dI_L(\omega_T)}{d\omega_T} \right|,$$

где $I_L(\omega_T)$ есть функция, обратная $\omega_T(I_L)$. Это выражение справедливо для значений ω_T , определенных условием $\hat{I}_L < I_L(\omega_T) < I_{Lm}$; вне соответствующего интервала частот $\mathcal{W}_T = 0$. Видно, что $\mathcal{W}_T(\omega_T)$ не зависит от формы импульса и пиковой интенсивности накачки. Используя величину штарковского сдвига

$$\delta\omega_T = \omega_T - \omega_T^0 = \Delta_L (\sqrt{1 + \alpha^2} - 1) \approx \frac{4\pi\mu^2 I_L}{ch^2 \Delta_L},$$

получим

$$\mathcal{W}_T(\omega_T) = \frac{8\pi^2 G \sigma \omega_T \mu^4}{c^2 a \Delta_L^2 \hbar^3 |\delta\omega_T|^3}, \quad \delta\omega_T = \omega_T - \omega_T^0 = \frac{4\pi\mu^2}{ch^2 \Delta_L} \hat{I}_L,$$

где $\hat{\omega}_T = \omega_T(\hat{I}_L)$. Теоретическая форма $\mathcal{W}_T(\omega_T)$ для перехода $5^2S_{1/2} - 5^2P_{1/2}$ при $\Delta_L = -10 \text{ см}^{-1}$ представлена на рис. 2, б. Расчет в общем случае произвольных α также дает $I_L \sim \Delta_L^2$, $\delta\omega_T \sim \Delta_L$, а $\mathcal{W}_T(\omega_T)$ по-прежнему не зависит от формы и пиковой интенсивности накачки.

При взятой расстройке положение максимума теоретической кривой хорошо согласуется с экспериментом (см. рис. 2). Однако при малых $|\Delta_L|$ экспериментальный сдвиг остается постоянным (см. рис. 3), в то время как теоретически он убывает $\sim |\Delta_L|$. Как показано в [2], согласие теории с экспериментом можно значительно улучшить, если учесть истощение накачки, которое при малых $|\Delta_L|$ является существенным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Бадалян Н. Н., Ирадян В. А., Мовсесян М. Е. Вынужденное рассеяние в парах рубидия. — Письма в ЖЭТФ, 1968, 8, с. 518—520. [2] Михайлов В. А., Одинцов В. И. Исследование ВКР, трехфотонного рассеяния света и высокочастотного эффекта Штарка в парах рубидия при возбуждении вблизи переходов $5^2S_{1/2} - 5^2P_{1/2,3/2}$. — Деп. ВИНТИ, 1977, № 4209—77, с. 1—19. [3] Арутюнян В. М., Бадалян Н. Н., Ирадян В. А., Мовсесян М. Е. Трехфотонное взаимодействие при встречном движении волн и эффект Штарка в парах калия. — ЖЭТФ, 1971, 60, с. 62—65. [4] Арутюнян В. М., Папазян Т. А., Чилингарян Ю. С., Карменян А. В., Саркисян С. М. Изучение резонансных поляризационных явлений при прохождении лазерного излучения через пары калия. — ЖЭТФ, 1974, 66, с. 509—519.

Поступила в редакцию
29.04.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, т. 22, № 2

УДК 621.315.592:546.289

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГЕРМАНИЯ ПРИ АДСОРБЦИИ АТОМОВ ВОДОРОДА

В. И. Гринев, В. Ф. Киселев

(кафедра общей физики для химического факультета)

Хемосорбция атомов Н часто используется в качестве удобной модельной системы в теоретических работах по физике поверхности [1,

2]. Немногочисленные эксперименты с адсорбцией атомов Н проводились в основном на атомарно-чистых поверхностях Ge [2, 3] и в системе Ge — электролит [4]. Наименее изучена в этом направлении границающая с вакуумом реальная поверхность Ge.

Мы исследовали с помощью комбинированной установки эффекта поля [5] изменение поверхностного потенциала Y_s , захвата на быстрые поверхностные состояния (БС) Q_{fs} и скорости поверхностной ре-

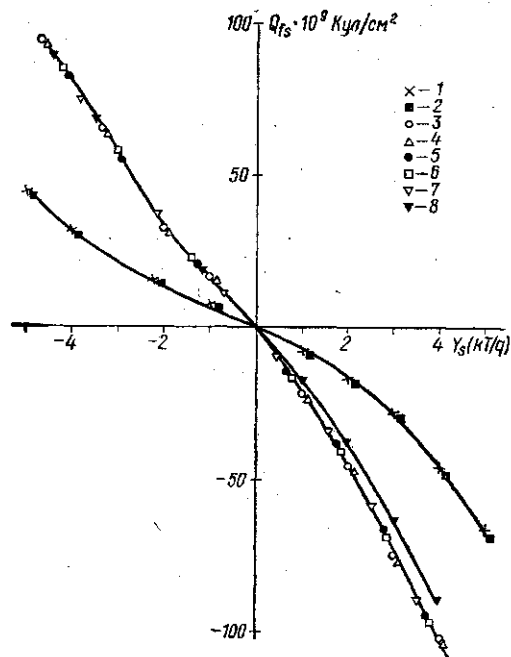


Рис. 1. Кривые захвата на БС: 1 — образцы Ge-500, 2 — после адсорбции Н на образцы Ge-500, 3 — образцы Ge-700, 4 — после адсорбции Н на образцы Ge-700, 5 — после прогрева образцов Ge (Н) при 600 К, 6 — после адсорбции Ру на образцы Ge (Н), 7 — после адсорбции H₂O на образцы Ge (Н), 8 — после прогрева образцов Ge (Н) в O₂

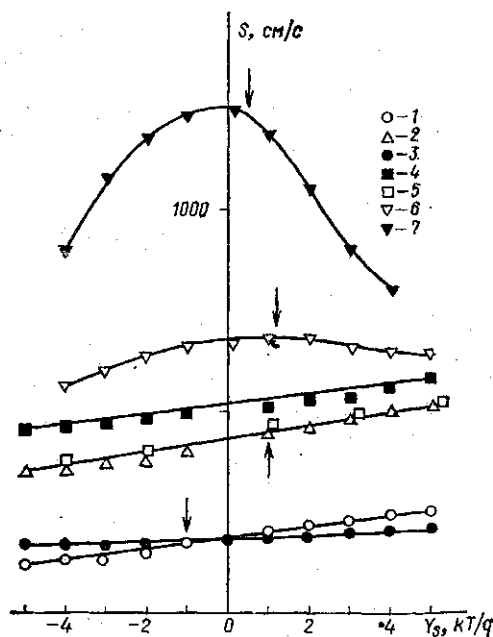


Рис. 2. Зависимость СПР от Y_s : 1 — образцы Ge-700, 2 — после адсорбции Н на образцы Ge-700, 3 — после прогрева образцов Ge (Н) при 600 К, 4 — после адсорбции Н на Ge-700 при подаче отрицательного (по отношению к Ge) потенциала на сетку, 5 — после адсорбции Ру на образец Ge(Н), 6 — после адсорбции H₂O на образец Ge(Н), 7 — после прогрева образцов Ge (Н) в O₂

комбинации (СПР) S на реальной поверхности Ge (111) после адсорбции атомов Н. Монокристаллы n -Ge ($\rho=30-35$ Ом·см) травились в стандартном перекисном травителе и затем дегидратировались в течение 5 мин в безмасляном вакууме $\sim 10^{-8}$ мм рт. ст. при $T_b=500$ К (Ge-500) и 700 К (Ge-700). Молекулярный водород напускался в вакуумную систему через цеолитовую ловушку и палладиевый капилляр. Атомы Н получались пиролизом H₂ на горячей вольфрамовой нити и в высокочастотном (ВЧ) разряде.

В отличие от работы [6] адсорбция молекулярного водорода не изменяла электрофизических параметров поверхности образцов Ge-500 и Ge-700. Последнее подтверждается данными [7], согласно которым коэффициент прилипания H₂ $< 10^{-8}$. Адсорбция атомов Н на образце Ge-500 смещала Y_{s0} в сторону положительных значений на 1,5—

2 kT/q и практически не оказывала влияния на S и Q_{fs} (рис. 1). После прогревов образцов при 700 К в соответствии с [5] наблюдалась только монотонная слагающая СПР S_m (рис. 2). Адсорбция атомов Н приводила к сдвигу Y_{so} в положительную область на $1,5\text{--}3 \text{ kT/q}$ (см. стрелки на рис. 2), что не противоречит [3]. Одновременно с изменением Y_{so} , примерно с такой же кинетикой, происходил рост S_m — рис. 2. Стационарные значения Y_{so} и S_m достигались после выдерживания образца в течение 40 мин в атмосфере атомов Н. Кривые захвата на БС практически не изменялись после адсорбции атомов Н (см. рис. 1). Проведенная после адсорбции откачка образца при 300 К не изменяла Y_{so} , Q_{fs} и S_m . Однако при увеличении T_b до 600 К указанные параметры принимали близкие к исходным (до адсорбции) значения, что согласуется с данными по десорбции водорода [7]. Адсорбция атомов Н, полученных как пиролизом, так и в ВЧ-разряде, приводила к одинаковым изменениям Y_{so} , Q_{fs} и S_m . Для выяснения возможной адсорбции заряженных частиц (H^+) между образцом и источником атомов Н помещалась сетка, находящаяся под напряжением по отношению к Ge. Подача разных по знаку потенциалов на сетку практически не изменяла S_m — см. рис. 2. Против присутствия на поверхности H^+ говорят также данные по адсорбции протоно-акцепторных молекул пиридина (комплексы PuH^+). Адсорбция Pu не влияла на Q_{fs} и S_m (см. рис. 1 и 2).

Значительное изменение S_m при адсорбции атомов Н является дополнительным подтверждением данных [8], показавшим, что эта компонента СПР не связана с рекомбинацией в области пространственного заряда. Резкое возрастание S_m при неизменности Q_{fs} указывает, по-видимому, на то, что система центров, ответственных за рекомбинацию, независима от системы БС. Вероятнее всего, что хемосорбция атомов Н сопровождается разрывом связей Ge—Ge или Ge—O—Ge на границе Ge—GeO₂ и перестройкой структуры приграничного слоя. При этом образуются гидридные группы GeH, что подтверждается ИК-спектрами [9]. В случае атомарно-чистой поверхности Ge на реконструкцию поверхности и образование GeH-групп указывают данные дифракции медленных электронов и ультрафиолетовой спектроскопии [2]. На таких поверхностях атомы Н взаимодействуют со свободными радикалами Ge [1], поверхность при этом заряжается отрицательно [3]. В случае образцов Ge700 взаимодействие атомов Н с химически насыщенными связями приводит к образованию GeH- и GeOH-групп, поверхность при этом заряжается положительно. Граница раздела Ge — вакуум отличается от границы Ge — электролит. В присутствии электролита адсорбция водорода сопровождалась симбатным ростом колоколообразной компоненты СПР и Q_{fs} [4].

Выдерживание образца с гидрированной поверхностью Ge (Н) в парах воды ($p \simeq 8 \text{ мм рт. ст.}$) в течение 2 час привело к некоторому искажению линейной зависимости $S_m(Y_s)$; более четко колоколообразная компонента проявлялась после прогрева образца Ge(Н) в сухом кислороде при 400 К — см. рис. 2. Заметим, что в спектрах термодесорбции с образцов Ge(Н) после адсорбции O₂ наблюдалось выделение H₂O [7]. При адсорбции O₂ и H₂O происходит частичное разрушение GeH-групп и доокисление поверхности Ge. Эти процессы вызывают перестройку приповерхностной области полупроводника, в результате чего из квазинепрерывного спектра рекомбинационных уровней может выпасть часть состояний. Последнее согласно модели [10] приведет к появлению колоколообразной составляющей СПР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Кузнецов В. С. Хемосорбция атомов Н на Si. — Кинетика и катализ, 1972, 13, № 2, с. 413—419. [2] Pandey K. C. Realistic tight-binding model for chemisorption on Si and Ge. — Phys. Rev. B, 1976, 14, N 4, p. 1557—1570. [3] Surnev L., Bliznakov G. Effect of atomic hydrogen on the surface conductivity of Ge. — Phys. Stat. Sol. (a), 1971, 7, N 1, p. 75—83. [4] Коноров П. П., Тарантов Ю. А., Касьяненко Е. В. О природе рекомбинационных центров на поверхности германия. — Физ. и техн. полупроводников, 1975, 9, № 5, с. 989—991. [5] Новотокский Власов Ю. Ф. Исследование доминирующих центров поверхностной рекомбинации. — Тр. ФИАН, 1969, 48, с. 3—75. [6] Неизвестный И. Г., Луцевич Л. В., Ржанов А. В. Исследование влияния прогревов в вакууме на электрофизические параметры поверхности германия. — В кн.: Электронные процессы на поверхности. Новосибирск, 1967, с. 97—103. [7] Компаниец Т. Н. Взаимодействие некоторых газов с поверхностью германия и кремния. — ЖТФ, 1976, 46, № 7, с. 1361—1372. [8] Неизвестный И. Г., Покровская С. В., Ржанов А. В. Особенности поверхностной рекомбинации. — Физ. и техн. полупроводников, 1972, № 2, с. 329—333. [9] Metcalfe A., Shankar S. Adsorption of H₂O on Ge. — J. Chem. Soc. Farad. Trans., 1979, 75, N 4, p. 962—970. [10] Neizvestny I. G., Ovsyuk V. N. Statistic of recombination, Phys. Stat. Sol. (a), 1973, 18, N 2, p. 465—471.

Поступила в редакцию
14.05.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, т. 22, № 2

УДК 548.5

АРТЕФАКТЫ, ВНОСИМЫЕ ЭЛЕКТРОПОЛИРОВКОЙ В АУСТЕНИТНЫЕ СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ Fe—Ni

А. Х. Матугес (Куба), Н. А. Хатанова

(кафедра физики твердого тела)

Переход от метода реплик к прямым методам электронно-микроскопического исследования на тонких фольгах позволил создать качественно новую дифракционную электронную микроскопию. Результаты, полученные на тонких фольгах, справедливы и для массивных образцов, если при этом соблюдались определенные правила препарирования объектов [1]. В основном эти правила связаны с тем, что все термообработки проводятся в массивных образцах, после чего они утончаются вначале механически, а затем электролитически. Однако в процессе электролитической полировки иногда в некоторых сплавах, вероятно в результате релаксации напряжений на свободных поверхностях фольги, наблюдали превращения и образование новых фаз, характерных только для тонких фольг и не происходящих в массивных образцах [2]. Более того, в ряде случаев в литературе призывали с осторожностью относиться к обнаруженным в тонких фольгах новым фазам, так как электрополировка может вносить в структуру фольги так называемые артефакты (ложные структуры) [1].

С аналогичными явлениями мы столкнулись при изучении структурных состояний в сплавах Fe — 19% Ni — 10% Ru, Fe — 27% Ni — 2% Ru, Fe — 34,4% Ni. Тонкие фольги сплавов, сошлифованные механически до толщины 0,03 мм, далее электрополировались при комнатной температуре при напряжении 20 В в электролите, состоящем из насыщенного раствора хромового ангидрида в ортофосфорной кислоте.

На электронограммах всех сплавов, находящихся в аустенитном состоянии с ГЦК γ -решеткой и параметром $a=3,60\text{--}3,58$ Å, всегда присутствовали дополнительные отражения в виде интенсивных дуг,