

обращающееся в единицу при $x \rightarrow \infty$ (рисунок, в). На протяжении фронта толщины Δ^2_n/Δ_v магнитное поле совершает порядка Δ_h/Δ_v осцилляций. Достаточно слабые УВ при $M_{a1}^2 - 1 < \Delta_v^2/4\Delta_h^2$ имеют монотонную структуру. Полученное решение относится только к быстрым УВ, поскольку для медленных волн неравенство $1 - M_{ak}^2 + \psi_k^2 \ll 1$ (или $|M_{ak}^2 - \psi_k^2| \ll 1$ при $\psi_k^2 \ll 1$) не выполняется, если $M_k \gg 1$. Оно подобно решению, найденному в [2] в случае доминирования дисперсии, связанной с инерцией электронов; главные отличия состоят в том, что $h_z \neq 0$ и осцилляции затухают при $x \rightarrow -\infty$.

В заключение автор благодарит М. А. Либермана и акад. И. М. Лифшица за постановку задачи и обсуждение результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Брагинский С. И. Явления переноса в плазме. Вопросы теории плазмы. М.: Атомиздат, 1962, т. 1, с. 183—272. [2] Великович А. Л., Либерман М. А. ЖЭТФ, 1976, 71, № 4, с. 1390. [3] Либерман М. А. ЖЭТФ, 1978, 75, № 5, с. 1652. [4] Morton K. W. Phys. Fluids, 1964, 7, N 11, p. 1800.

Поступила в редакцию
09.04.81

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, Т. 23, № 1

УДК 541.183

КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОБРАЗОВАНИЯ И ЗАРЯЖЕНИЯ АДСОРБЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СОСТОЯНИЙ Теллурида СВИНЦА — ОЛОВА

А. П. Горчаков, Ю. А. Зарифьянц

(кафедра общей физики для химического факультета)

Наличие на поверхности пленок $Pb_{1-x}Sn_xTe$ кислород-содержащих комплексов в результате пребывания в атмосфере приводит, как было ранее обнаружено нами [1, 2], к появлению длинновременной компоненты фотопроводимости и медленной релаксации проводимости в эффекте поля. Для оценки параметров этих эффектов, влияющих на характеристики пленочных фотоприемников, необходимы сведения об адсорбционных свойствах $Pb_{1-x}Sn_xTe$, отсутствующие в литературе. В настоящей работе впервые исследована кинетика адсорбции кислорода и происходящего при этом заряжения поверхности теллурида свинца—олова, исходное состояние которой было близко к атомарно-чистому.

Пленки $n-Pb_{0,8}Sn_{0,2}Te$ наносились на обе стороны кварцевого резонатора и сколы BaF_2 термическим испарением шихты состава $(Pb_{0,8}Sn_{0,2})_{0,52}Te_{0,48}$ в замкнутом объеме, вакуумированном геттером до давления $\sim 10^{-6}$ Па. Все дальнейшие измерения адсорбции и проводимости производились в том же объеме, без предварительного контакта с атмосферой. Методика измерения адсорбции с помощью пьезорезонансных кварцевых весов была аналогична использованной в работах [3, 4]. На сколотые пластинки BaF_2 предварительно были напылены золотые контакты. Концентрация электронов в пленках составляла $(5-9) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, подвижность $\sim 1000 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$. Как показали исследования эффекта поля, выполненные после завершения опыта, поверхностная проводимость оставалась n -типа. Все измерения выполнялись при $293 \pm 0,1 \text{ К}$.

На рис. 1 приведен начальный участок кинетики адсорбции при давлении 10 Па. После установления квазистационарного значения концентрации адсорбированных молекул $N_{ст} = 5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ была произведена откачка. Величина десорбции не превышала 10% от $N_{ст}$. Поэтому дальнейший анализ адсорбционных параметров проводился без учета десорбции на основе кинетического уравнения

$$\frac{dN}{dt} = (2\pi mkT)^{-1/2} P S,$$

где p — давление, m — масса молекулы, S — коэффициент прилипания, равный отношению числа адсорбированных молекул к общему числу молекул, падающих на поверхность. Параметр S является основной характеристикой адсорбционной способности поверхности, зависящей от T и N . На рис. 1, а показана зависимость $\ln S$ от N , сви-

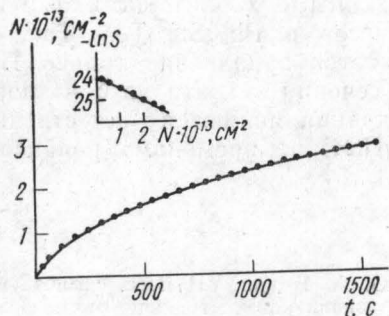


Рис. 1. Начальный участок кинетики адсорбции O_2 на поверхности пленки $n\text{-Pb}_{0,8}\text{Sn}_{0,2}\text{Te}$. Температура 293 К, давление 10 Па. Вверху зависимость коэффициента прилипания от заполнения поверхности адсорбированными молекулами.

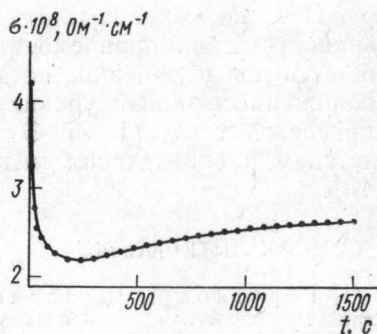


Рис. 2. Кинетика изменения проводимости пленки $n\text{-Pb}_{0,8}\text{Sn}_{0,2}\text{Te}$ в результате адсорбции кислорода. Температура 293 К, давление 10 Па.

детельствующая об активационном характере адсорбции согласно уравнению Рогинского—Зельдовича: $S = S_0 \exp(-aN)$ [5].

Максимальное значение S_0 при $N \rightarrow 0$ составляет $5 \cdot 10^{-10}$. Для сравнения заметим, что эта величина на порядок ниже коэффициента прилипания для другого халькогенида свинца — PbS [4]. Соответствующее значение эффективного сечения захвата молекул адсорбционным центром составляет $C_A \approx S_0/N^* \sim 10^{-25} \text{ см}^2$ ($N^* \approx 6 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$, что отвечает монослойному покрытию поверхности молекулами).

Параллельно в данном опыте проводились измерения проводимости (σ) пленки $n\text{-Pb}_{0,8}\text{Sn}_{0,2}\text{Te}$ в процессе адсорбции, что дало возможность сопоставить кинетические параметры образования и заряжения поверхностных электронных состояний (ПЭС) (рис. 2). Общий вид кинетической кривой $\sigma(t)$ и наличие четкого экстремума характерны для конкуренции двух процессов: заряжения адсорбционных ПЭС и перезарядки биографических медленных ПЭС, выведенных из равновесия с разрешенными зонами в результате первого процесса. Детальный анализ кинетики заряжения поверхности полупроводника в такой ситуации был дан в работах [6, 7]. На основании данных рис. 2 можно сделать оценку сечений захвата электрона на образующиеся адсорбционные ПЭС (C_{n_1}) и биографические ПЭС (C_{n_2}). Поскольку ПЭС

имеют квазинепрерывный энергетический спектр, эти величины, естественно, могут относиться лишь к некоторому эффективному уровню [8, 9]. Характеристические времена обоих процессов $\tau_{1,2} \sim 10^3$ с. Поверхностная концентрация электронов n_S не менее $6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, концентрации в собственном $\text{Pb}_{0,8}\text{Sn}_{0,2}\text{Te}$. Тогда $C_{n_1} = (\tau \langle V_n \rangle n_S)^{-1} \leq \leq 10^{-25} \text{ см}^2$ ($\langle V_n \rangle$ — средняя тепловая скорость электрона). Значение C_n должно быть еще ниже, $\sim 10^{-26} \text{ см}^2$, так как согласно [10], содержит множитель, равный отношению концентрации заполненных и незаполненных медленных ПЭС. Такие величины C_n являются типичными для поверхности полупроводников [8].

Сравнение величин C_A и C_{n_1} показывает, что адсорбция молекул кислорода и заряджение поверхности $\text{Pb}_{0,8}\text{Sn}_{0,2}\text{Te}$ кинетически неразделимы. Следовательно, поток носителей через область пространственного заряда на поверхность не лимитирует скорость адсорбции [10].

В заключение отметим, что приведенные здесь эффективные параметры ПЭС не могут служить универсальными характеристиками всех поверхностных длинновременных процессов в $\text{Pb}_{0,8}\text{Sn}_{0,2}\text{Te}$. Так, при слабом фотовозбуждении, когда изменяется заполнение только ПЭС, расположенных вблизи уровня Ферми, сечения захвата на 3—4 порядка превосходят C_n [1, 2]. Эти расхождения являются естественным следствием распределения медленных ПЭС по временам релаксации [8, 10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Горчаков А. П., Зарифьянц Ю. А. В кн.: VII Всес. симпозиум по электронным процессам на поверхности полупроводников и границе раздела полупроводник-диэлектрик. Новосибирск, 1980, ч. 1, с. 51. [2] Горчаков А. П., Зарифьянц Ю. А., Окунев Ю. Б. Деп. ВИНТИ № 4215—80 Деп. [3] Бажанова А. Е., Зарифьянц Ю. А. Вестн. Моск. ун-та. Сер. Физ. Астрон., 1972, 13, № 3, с. 355. [4] Бажанова А. Е., Зарифьянц Ю. А. Вестн. Моск. ун-та. Сер. Физ. Астрон. 1974, 15, № 3, с. 360. [5] Рогинский С. З. Адсорбция и катализ на неоднородных поверхностях. М.: ИЛ, 1948. [6] Бажанова А. Е., Зарифьянц Ю. А., Киселев В. Ф., Козлов С. Н. ДАН СССР, 1974, 217, № 5, с. 1099. [7] Козлов С. Н. Изв. вузов. Сер. Физика, 1975, № 2(153), с. 116. [8] Киселев В. Ф., Зарифьянц Ю. А., Козлов С. Н. О медленных электронных и протонных процессах в системе диэлектрик-полупроводник. В кн.: Проблемы физической химии поверхности полупроводников. Новосибирск, 1978, с. 200. [9] Kozlov S. N., Novototski-Vlasov Yu. F. Phys. Stat. Sol. (a), 1971, 6, N 1, p. 345. [10] Бонч-Бруевич В. Л. В кн.: Проблемы кинетики и катализа, 1970, 14, с. 19.

Поступила в редакцию
19.05.81

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, Т. 23, № 1

УДК 530.145 : 538.3

КВАНТОВЫЕ ЭФФЕКТЫ В ТЕОРИИ ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В. М. Захарцов, Ю. М. Лоскутов

(кафедра общей физики для физического факультета; кафедра теоретической физики)

В теоретических и экспериментальных работах [1, 2] исследовались спектральный состав, угловое распределение и поляризационные свойства переходного излучения, возникающего при движении заряженных частиц в неоднородной или нестационарной среде [3—5].

В данной работе развита квантовая теория переходного излучения, позволяющая учесть более тонкие эффекты, связанные с квантовой