

тационных волн. Гравитационная волна, действующая на массовый квадруполь, приводит к возникновению силы  $F$ , раскачивающей массы детектора (См. [1]):

$$F = mL\omega_g \sqrt{\frac{8\pi G}{c^3}} I \cos \omega_g t, \quad (11)$$

где  $m$  — масса квадруполя,  $L$  — расстояние между массами,  $\omega_g$  — круговая частота действующей силы,  $G$  — гравитационная постоянная,  $c$  — скорость света,  $I$  — плотность тока энергии гравитационной волны.

Подставляем выражение (12) в формулу (10) и получаем

$$\Delta\varphi = \frac{\beta L\omega_g}{Y_0} \sqrt{\frac{8\pi G}{c^3}} I t^2. \quad (12)$$

Для следующих параметров установки:  $L=10^2$  см,  $\omega_g=100$  рад/сек,  $\beta=10^{-2}$ ,  $Y_0=10^{-6}$  см,  $t=10$  сек и величины  $I=10^6$  эрг/см<sup>2</sup>сек, которая совпадает с величиной, регистрируемой Вебером в его эксперименте [2], получаем, что необходимо регистрировать величину сдвиг фазы  $\Delta\varphi=2 \cdot 10^{-6}$ .

Очевидно, что значение обнаружимой силы тем меньше, чем больше величина  $\beta/Y_0$ . Это требует создания нелинейной колебательной системы с достаточно сильной нелинейностью при малых амплитудах колебаний.

Пробный вариант такой системы был реализован экспериментально. Дополнительная нелинейность искусственно вводилась в обычный маятник с помощью электрического поля. Конструкция системы такова: металлический параллелепипед подвешен в вакууме на трех вольфрамовых нитях. Верхняя и нижняя грани маятника сделаны ребристыми. Напротив каждой из этих граней укреплены металлические пластины с такой же насечкой. При отклонении маятника от положения равновесия происходит смещение выступов на маятнике и пластине друг относительно друга, что приводит к возникновению горизонтальной составляющей электростатической силы, возвращающей маятник к положению равновесия. Эта сила нелинейна. Очевидно, что при этом повышается также частота собственных колебаний маятника. Нелинейный маятник, использованный в эксперименте, имел следующие параметры: массу  $m=2$  кг, площадь основания  $S=50$  см<sup>2</sup>, на которой нанесено по 20 взаимно перпендикулярных борозд с шагом 2,4 мм. При подаче на маятник электрического напряжения  $V=3$  кВ относительно пластин частота собственных колебаний его изменялась от 1,7 до 3 гц, что соответствует вносимой жесткости  $K' \approx 10^6$  дн/см. Коэффициент нелинейности  $\beta$  составлял  $\approx 0,01$  при амплитуде колебаний  $Y_0=10^{-3}$  см.

Ожидается, что при более совершенной механической конструкции осциллятора можно достичь значений величины  $\beta/Y_0$ , приведенных в оценке чувствительности по формуле (12).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Брагинский В. Б., Руденко В. Н. «Успехи физических наук», 100, 395, 1970.
2. Weber J. Phys. Rev. Lett., 22, 1320, 1969.
3. Weber J. Phys. Rev. Lett., 24, 276, 1970.
4. Митропольский Ю. А. Проблемы асимптотической теории нестационарных колебаний. М., 1964.

Поступила в редакцию  
11.12 1972 г.

Кафедра  
физики колебаний

УДК 537.226+621.315.592

А. Е. БАЖАНОВА, Ю. А. ЗАРИФЬЯНЦ

### КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АДсорбЦИИ КИСЛОРОДА НА ПЛЕНКАХ РЬS

Влиянию адсорбции кислорода на электрические свойства пленок сульфида свинца посвящено большое число работ в связи с его исключительно важной ролью в механизме фоточувствительности. Более того, в последнее время адсорбция  $O_2$  стала использоваться в практических целях для подбора оптимальных параметров вакуум-

ных фотоспротивлений из PbS [1]. Между тем количественные данные по величинам адсорбции ( $N$ ,  $\text{мол}/\text{см}^2$ ) крайне незначительны: приведены лишь оценки  $N$  косвенным методом при  $300^\circ\text{K}$  для свеженанесенных пленок [2, 3] и при повышенных температурах — для измельченных кристаллов [4, 5]. Это в еще большей степени относится к исследованию кинетики адсорбции, поскольку использование в большинстве этих работ косвенных методов измерений не позволяет корректно определить кинетические параметры. Наиболее интересная для выяснения механизма хемосорбции и заряжения поверхности начальная стадия кинетики, не осложненная еще процессами диффузии [5], вообще не могла быть исследована этими методами.

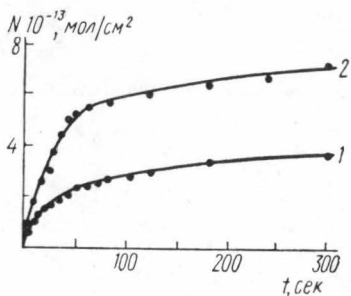


Рис. 1. Кинетика начальной стадии адсорбции  $\text{O}_2$  на пленке PbS при  $298^\circ\text{K}$  (1) и  $373^\circ\text{K}$  (2),  $p=10$  мм рт. ст.

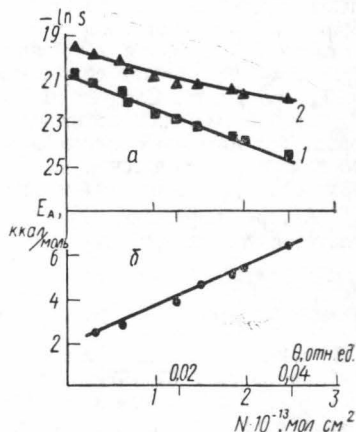


Рис. 2. Зависимость кинетических параметров адсорбции  $\text{O}_2$  от степени заполнения поверхности  $\theta$ : а — коэффициент прилипания  $s$  при  $298^\circ\text{K}$  (1) и  $373^\circ\text{K}$  (2); б — энергия активации  $E_A$

В настоящей работе для нахождения кинетических характеристик адсорбции  $\text{O}_2$  на поверхности эпитаксиальной пленки PbS  $n$ -типа, вакуумированной при  $500^\circ\text{K}$  после пребывания в атмосфере, мы применили разработанную нами ранее [6] методику измерений на пленке с помощью пьезорезонансных кварцевых весов. В данном случае очень существенную роль играла практически полная безынерционность метода. Регистрация изменения частоты производилась цифровым частотомером ЧЗ-22. Пороговая чувствительность составляла  $\sim 10^{12}$   $\text{мол}/\text{см}^2$ . Для стабилизации условий теплообмена пленки со стенками и акустического сопротивления среды в ячейке во время опыта находился спектрально чистый гелий при давлении 1 мм рт. ст. Ячейка термостатировалась с точностью  $\pm 0,05^\circ\text{K}$ . Кинетика адсорбции исследовалась при  $298^\circ\text{K}$  и  $373^\circ\text{K}$ . Как известно [3, 5], при более высоких температурах начинается поверхностная реакция, что сильно осложняет анализ результатов.

На рис. 1 представлены начальные участки кинетических кривых адсорбции при давлении  $\text{O}_2$  10 мм рт. ст. Дальнейшая обработка полученных данных производилась на основе кинетического уравнения

$$\frac{dN}{dt} = vps, \quad (1)$$

где  $p$  — давление,  $v = (2\pi m k T)^{-1/2}$  — число столкновений молекул массой  $m$  с  $1 \text{ см}^2$  поверхности в секунду при  $p=1$  мм рт. ст.,  $s$  — коэффициент прилипания, равный отношению числа адсорбированных молекул к общему числу молекул, падающих на поверхность. Уравнение (1) записано без учета десорбции, поскольку в нашем случае, как показали контрольные опыты, скорость десорбции в изученном интервале более чем на порядок ниже скорости адсорбции. Зависимость  $s$  от степени заполнения поверхности  $\theta$  ( $\theta = N/N_m$ ) ( $N_m = 6 \cdot 10^{14}$   $\text{мол}/\text{см}^2$  — адсорбция, соответствующая мономолекулярному слою), приведена на рис. 2, а. В уравнении (1) величина  $s$  является основной характеристикой адсорбционной способности, зависимость которой от  $T$  и  $N$  удастся записать с учетом известных кинетических законов Аррениуса и Еловича в виде

$$s = s_0 \exp(-E_A/RT) \exp(-\alpha N). \quad (2)$$

Вычисленные с помощью (2) значения энергии активации  $E_A$  при различных заполнениях приведены на рис. 2, б. Величина  $\alpha$  при 298°K равна  $1,5 \cdot 10^{-13}$  см<sup>2</sup>/мол.

Величина  $s$  при  $N=0$  ( $5 \cdot 10^{-9}$  для 373°K и  $1 \cdot 10^{-9}$  для 298°K) мало отличается от вычисленного нами на основании данных работы [3] значения для измельченных в сверхвысоком вакууме кристаллов, хотя исходные состояния поверхности заводом различались. Столь малые значения позволяют, например, объяснить результаты опытов по дифракции медленных электронов на атомарно-чистых поверхностях эпитаксиальных пленок PbS, когда напуск O<sub>2</sub> при  $10^{-5}$  мм рт. ст. даже на нагретый до 500°K образец не приводил к каким-либо изменениям дифракционной картины. По-видимому, в отличие от германия и кремния ( $s \sim 10^{-4} \div 10^{-3}$ ) состояние атомарной чистоты поверхности PbS может сохраняться в течение многих суток в обычном вакууме  $\sim 10^{-7}$  мм рт. ст. Следует иметь в виду, что и для германия, как было показано в [8], величина  $s$  может оказаться на несколько порядков ниже при использовании кислорода без малейших примесей воды. Нетрудно вычислить с помощью уравнения (1), что даже после вынесения на воздух пленки PbS для заполнения всего лишь 5% поверхности кислородом требуется не менее 30 сек.

Авторы выражают глубокую благодарность В. Ф. Киселеву за обсуждение результатов этой работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюлев В. И., Владимирский В. А. «Оптико-механическая промышленность», № 7, 65, 1971.
2. Бережная И. А. «Журн. физ. химии», 36, 2763, 1962.
3. Hillenbrand L. J. J. Chem. Phys., 41, 3971, 1964.
4. Зарифьянц Ю. А., Попик Ю. В. «Журн. физ. химии», 40, 1358, 1966.
5. Hillenbrand L. J. J. Phys. Chem., 73, 2902, 1969.
6. Бажанова А. Е., Зарифьянц Ю. А. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астроном., 13, № 3, 355, 1972.
7. Хоанг А. Т., Зырянов Г. К. Сб. «Вопросы электроники твердого тела», вып. 3. Изд-во ЛГУ, 1970.
8. Демидович Г. Б., Джанелидзе Р. Б., Киселев В. Ф. «Физика твердого тела», 3, 629, 1969.

Поступила в редакцию  
27.2 1973 г.

Кафедра  
общей физики для химиков

УДК 537.52

Ф. Х. КИДРАСОВ, А. М. ДЕВЯТОВ, Л. М. ВОЛКОВА, Л. В. АРХИПОВА

### РАДИАЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗРЯДА В МАГНИЕВОМ ПОЛОМ КАТОДЕ С ГЕЛИЕВЫМ И АРГОНОВЫМ НАПОЛНЕНИЯМИ

Изучались радиальные изменения функции распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ), концентрации  $n_e$ , средней энергии  $\bar{\epsilon}$  электронов и интенсивностей ряда спектральных линий MgI, HeI и Al в разряде в магнелиевом пологом катоде диаметром 15 мм длиной 50 мм, разрядный ток 30 ма, давление гелия менялось от 0,5 до 3, аргона от 0,06 до 1,5 мм рт. ст. По хорошо известной формуле Дрюесейна обрабатывались кривые второй производной зондового тока  $i''(v)$ , измеренные в разных точках по радиусу катода с помощью ориентированного по оси разряда цилиндрического зонда диаметром 0,08 мм и длиной 5 мм. Для выхода излучения в разрядную трубку впаивались два плоскопараллельных окошка. Радиальное распределение интенсивностей спектральных линий измерялось с помощью плоскопараллельной стеклянной пластинки, которая располагалась между трубкой и объективом, проектировавшим излучение на щель монохроматора. Пластинка равномерно вращалась вокруг вертикальной оси моторчиком, тем самым давая возможность фокусировать разные радиальные участки сечения полого катода на щель монохроматора. Система регистрации состояла из фотомножителя, усилителя постоянного тока и самописца.