

УДК 539.196.2

К ИЗМЕРЕНИЯМ КОНЦЕНТРАЦИИ АТОМАРНОГО КИСЛОРОДА В ДИССОЦИИРОВАННЫХ ГАЗАХ

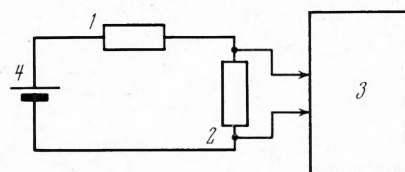
Р. Д. Гайнутдинов, С. Ж. Токтомышев

(Фрунзе)

В работах [1, 2] были описаны экспериментальные результаты взаимодействия атомарного кислорода с химическими детекторами. В данной работе описываются эффекты взаимодействия атомарного кислорода с серебром.

Для измерения концентрации атомарного кислорода используется способность тонких пленок серебра изменять свое электрическое сопротивление при окислении.

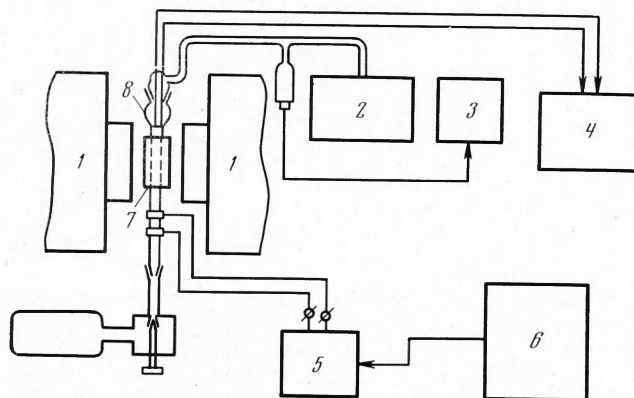
Эксперименты проводились на установке, описанной в работах [2, 3]. Атомарный кислород получался с помощью высокочастотного разряда. Были изготовлены специаль-



Фиг. 1

ные датчики, которые представляли собой пластинки из гетинакса размерами $20 \cdot 10 \text{ мм}^2$ и толщиной 1.5 мм , на поверхность которых напылялась в вакууме тонкая пленка чистого серебра. Датчики крепились на специальном держателе с пружинными контактами, впаивном в керн разъемного штифта.

Опыты проводились при начальных давлениях молекулярного кислорода $2 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$ в разрядном объеме. Исследовалась величина электрического



Фиг. 2

тока, протекающего через датчик (1 на фиг. 1) в процессе воздействия на его атомарные частицы. Напряжение U_R (фиг. 1), снимаемое с постоянного сопротивления $R = 160 \text{ ом}$ (2), подавалось на вход самопишущего потенциометра КСП-4 (3). Градуировка датчиков по абсолютным концентрациям атомарных частиц кислорода производилась методом электронного парамагнитного резонанса.

Установка для градуировки датчиков состояла из радиоспектрометра Varian E-3 (1 на фиг. 2), вакуумного поста с натекалем (2), вакуумметра ВИТ-2 (3), самопишущего потенциометра КСП-4 (4) и ВЧ-генератора (5). Эксперименты по градуировке проводились следующим образом. Трубка из кварцевого стекла (7) диаметром 9 мм устанавливалась в объемный резонатор радиоспектрометра ЭПР. В трубке создавался

предварительное разряжение 10^{-6} мм рт. ст. и затем устанавливались необходимые потоки O_2 патекателем при непрерывной откачке. Верхняя часть трубки оканчивалась разъемным шлифом, внутри которого на специальном держателе с контактами крепились исследуемые датчики из серебра (8). Диссоциация O_2 производилась ВЧ-генератором. Для экспериментов по градуировке изготавливались датчики из серебра с одинаковыми начальными электрическими сопротивлениями. Снималась зависимость для разных концентраций атомарного кислорода. Последняя измерялась с помощью радиоспектрометра и составляла в наших опытах $n_0 = 10^{13} - 10^{15}$ см³ [4]. Следует отметить, что в экспериментах имел место свободно-молекулярный режим течения газа и коэффициент гибели атомарных частиц кислорода на поверхности кварцевой трубки $\eta = 0,009$ [5], а на поверхности серебра $\eta = 1.0$ [5], поэтому концентрация O у рабочей поверхности датчика принималась равной концентрации в полости объемного резонатора радиоспектрометра. Эмпирическая зависимость $\Delta U_R / \Delta t = f(n_0)$ является градуировочной кривой. Величина $\Delta U_R / \Delta t$ получалась из обработки экспериментальных кривых, получаемых на ленте самопишущего потенциометра.

Оцениваемая в данном методе погрешность измерений составляет 30% измеряемой величины.

Были поставлены контрольные эксперименты для выяснения свойств датчиков из серебра. На фиг. 3 приведена зависимость $U_R(t)$ для разных $\Phi = C \cdot 10^{-13}$ см⁻³, где C — концентрация O .

Как видно из фиг. 3, U_R — линейная функция времени экспозиции t на большом участке кривой $U_R(t)$ при постоянном потоке O на датчик. Из фиг. 1 видно, что $U_R = iR$. Таким образом, кривые $U_R(t)$ повторяют изменение величины тока i через датчик.

В этих экспериментах использовались датчики с одинаковыми начальными электрическими сопротивлениями $R_g = 100$ ом. Величину R_g можно изменять толщиной напыляемого слоя серебра, непрерывно контролируя ее омметром в процессе напыления. К сожалению, оценка толщины пленки серебра на рабочей поверхности датчиков по сопротивлению последних оказалась невозможной, так как проводимость этих пленок [6] не соответствует проводимости массивных образцов. Поэтому оптимальные значения начальных сопротивлений R_g для датчиков подбираются эмпирически, исходя из требований к чувствительности последних к минимальным потокам O и к стабильности R_g после напыления во времени. Следует отметить, что с уменьшением R_g наблюдалось падение чувствительности датчиков, а увеличение R_g приводило к повышению чувствительности, но при этом ухудшалась стабильность после напыления.

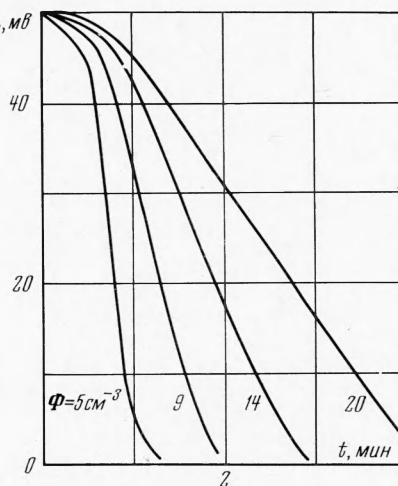
Проверка влияния на стабильность датчиков температурных условий показала, что при нагреве их до 423 °К сколько-нибудь заметных изменений начального сопротивления R_g не наблюдалось.

С целью выяснения влияния состава среды на результаты измерений O датчиками из серебра были проведены эксперименты с разными газами. Было получено, что O_3 , O_2 , H_2 , N_2 , NO , CO , CO_2 , Ag , пропан, бутан и метан не оказывают заметного воздействия на датчик, т. е. для них

$$U_R(t) = \text{const} = U_{R_g}$$

В заключение отметим, что результаты описанных экспериментов подтверждают возможность применения датчиков на основе тонких пленок серебра для измерения концентрации атомарных частиц кислорода в диссоциированных газах. Процесс измерения O датчиками сводится к следующему:

- 1) изготовлению серии датчиков из серебра с $R_g = 100$ ом;
- 2) регистрации зависимости $U_R(t)$ для каждого датчика;
- 3) построению экспериментальной кривой $U_R(t)$ и определению $\Delta U_R / \Delta t = \text{tg } \alpha$, где α — угол наклона линейного участка кривой $U_R(t)$;
- 4) к определению абсолютной концентрации O в среде при помощи градуировочной кривой.



Фиг. 3

Описанный метод измерения O по сравнению с [7,8] обладает большей избирательностью и более удобен. Указанным методом предполагается исследовать высотный суточный ход O в атмосфере.

В заключение авторы выражают признательность Ю. А. Брагину, В. Н. Панфилову за обсуждение полученных результатов.

Поступила 19 VII 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. Токтомышев С. Ж. Об измерении концентрации атомарных частиц кислорода в диссоциированных газах. ПМТФ, 1970, № 1, стр. 146.
2. Кихтенко В. Н., Токтомышев С. Ж. О химических детекторах атомов кислорода в разреженных газах. Тр. Центр. аэрол. обсерв., 1969, вып. 82.
3. Брагин Ю. А., Кихтенко В. Н., Токтомышев С. Ж. Измерение коэффициента гибели атомов кислорода на твердых поверхностях. Тр. Центр. аэрол. обсерв., 1969, вып. 82.
4. Блюменфельд Л. А., Воеводский В. В., Семенов А. Г. Применение электронного парамагнитного резонанса в химии. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1962.
5. Токтомышев С. Ж. О коэффициенте гибели атомарного кислорода на твердых поверхностях. Кинетика и катализ, 1969, т. 10, вып. 5.
6. Холланд Н. Нанесение тонких пленок в вакууме. М., Госэнергоиздат, 1963.
7. Федынский А. В., Перов С. П., Чижов А. Ф. Опыт прямого измерения концентраций водяного пара и атомарного кислорода в мезосфере. Изв. АН СССР, Сер. физ. атмосферы и океана, 1967, т. 3, № 5.
8. Похунков А. А. Гравитационное разделение, состав и структурные параметры ночной атмосферы на высотах от 100 до 210 км. Искусственные спутники Земли, вып. 13, М., Изд-во АН СССР, 1962.

УДК 539.3

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНВЕРСИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ

С. Д. Блячко

(Новосибирск)

Рассматриваются некоторые возможности использования преобразования инверсии для моделирования задач теории упругости и пластичности, в частности для случаев, когда это позволяет существенно облегчить выполнение экспериментального исследования на модели.

Инвариантность бигармонического уравнения относительно инверсии [1] была использована Митчеллом [2] при анализе первой основной задачи плоской теории упругости. Им показано, что преобразование инверсии «переводит» любую такую задачу для какого-то конкретного тела в другую задачу этого же физического типа, но уже для другого тела с другой нагрузкой. При этом очень важно, что величины, которые при решении новой задачи должны быть известны — контур тела и условия на контуре (т. е. нагрузки) — просто выражаются через величины, задаваемые при решении исходной задачи (нагрузки, с точностью до гидростатического сжатия). Поэтому инверсию можно использовать для моделирования. Аналогично обстоит дело в задаче о статическом изгибе плиты [3, 4].

Здесь отмечается, что инверсией можно пользоваться для моделирования и некоторых других задач теории упругости и пластичности, сводящихся к бигармоническому уравнению с правой частью, а именно для моделирования плоской термоупругой стационарной задачи, когда в теле задано тепловыделение и контур тела свободен от закреплений, и задачи о динамическом изгибе однородной упругой плиты, опираю-