

имея при этом зависимость от температуры и напряжения на стоке, подобную приведенной на рис. 1.

Найдем отношения I_n/I_c из (2) и прологарифмируем обе части полученного выражения. Тогда

$$\ln \frac{I_n}{I_c} = \ln \left[\frac{e(V_c - V_{сн})}{E_u} \right] + \ln \left(1 - \frac{B\Delta E}{e\lambda E_m} \right). \quad (3)$$

Второе слагаемое правой части (3) можно разложить в ряд, если $B\Delta E/e\lambda E_m < 1$. Подставляя значение напряженности электрического поля $E_m = \sqrt{eN(V_c - V_{сн})/2\epsilon}$ [9], где N , ϵ — соответственно концентрация примесных атомов в подложке и диэлектрическая постоянная кремния, получим:

$$\frac{I_n}{I_c} = \frac{e(V_c - V_{сн})}{E_u} \exp \left(- \frac{B\Delta E}{e\lambda \left(\frac{eN}{2\epsilon} \right)^{1/2} (V_c - V_{сн})} \right). \quad (4)$$

Концентрация примесных атомов в подложке транзистора измерялась по его выходным характеристикам [10].

На рис. 2 приведена зависимость $\ln \frac{I_n}{I_c} \cdot \frac{1}{V_c - V_{сн}}$ от $\frac{1}{\sqrt{V_c - V_{сн}}}$. Пунктирные линии показывают интервал изменения полученных значений при изменении температуры и концентрации примесных атомов в подложке транзистора. Как видно, наклон зависимостей практически не изменяется при изменении уровня легирования, и имеется слабая зависимость этого наклона от температуры. Так как экспериментальные точки накладываются друг на друга, на графике отмечены значения только для одной температуры $T = 300$ К.

Таким образом, полученные данные дают основание предполагать, что нагрев или охлаждение транзистора в рассматриваемом интервале температур не оказывают заметного влияния на тепловую энергию горячих электронов $e\lambda E_m$. При заданном напряжении на стоке и фиксированной температуре минимальный ток подложки, а следовательно, и минимальный уровень деградации будет иметь транзистор, у которого произведение $\lambda(N)^{1/2}$ минимально.

Список литературы

1. Hsu C., Hsu F., Ko P., Cham T., Terrill K. // IEEE Journ. Solid-State Circuits. 1985. V. 20. № 1. P. 295.
2. Андреев А. Д., Борздов В. М., Дитковский В. М. Электронная техника. Сер. 2: полупровод. приборы. 1991. Вып. 1(210). С. 43.
3. Hsu F., Chiu K. // IEEE Electron. Dev. Lett. 1984. V. 5. № 5. P. 148.
4. Das N. C., Knoke W. S., Mohanty S. // Int. Journ. Electron. 1986. V. 60. № 4. P. 495.
5. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов. М., 1984.
6. Керролл Д. ж. СВЧ-генераторы на горячих электронах. М., 1971.
7. Troutman R. R. // IEEE Trans. Electron. Dev. 1976. V. ED-23. № 4. P. 418.
8. Андреев А. Д., Борздов В. М., Дитковский В. М. // Вестн. АН БССР. Сер. физ.-техн. 1991. № 3. С. 76.
9. Блихер А. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов. Л., 1986.
10. Андреев А. Д., Борздов В. М., Дитковский В. М. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 1: Физ. Мат. Мех. 1992. № 1. С. 27.

Поступила в редакцию 07.09.92.

УДК 621.528.3

В. Ф. МАЛИШЕВСКИЙ, А. К. ФЕДОТОВ

КРИОСОРБЦИЯ ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ НА ВЫМОРОЖЕННЫХ ПАРАХ ВОДЫ

The results of studying residual-gas cryosorption by freezedout water vapours are given. It is shown that vacuum of about 10^{-7} Torr can be reached when water vapour is cooled down to liquid nitrogen temperatures. Simple methods for self-vacuuming of the interspace in Dewar vessels (cryogenic tanks) and for pumping to a high «oil-free» vacuum by cryosorption evacuation are suggested.

Одним из известных методов создания высокого безмасляного вакуума является использование различных адсорбентов, охлажденных до

низких температур [1]. При этом адсорбент должен обладать развитой поверхностью.

Нами было обнаружено [2], что пары воды при охлаждении до температуры кипения жидкого азота (77 К) могут обладать неплохой адсорбирующей способностью. В результате было сделано предположение, что при вымораживании паров воды образуется пленка конденсата с сильно развитой поверхностью, которая адсорбирует остаточные газы, содержащиеся в замкнутом объеме, и приводит к резкому понижению давления.

С целью выявления возможности использования такого способа для самовакуумирования межстенного пространства криогенных емкостей (дьюаровских сосудов), а также создания высокого безмасляного вакуума была изготовлена простая установка. Она состояла из замкнутого стеклянного сосуда цилиндрической формы объемом около 1 л, к верхней части которого подпаивались стеклянные манометрические лампы типа ЛТ-2 и ЛМ-2. С их помощью определялось суммарное давление паров воды и остаточных газов. При этом манометрические лампы всегда находились при комнатной температуре.

Перед запайкой в сосуд вводился 1 мл дистиллированной воды, а затем он откачивался форвакуумным насосом до некоторого давления P_0 . Исходное суммарное давление паров воды и остаточных газов P_0 фиксировалось специальным ртутно-масляным манометром, а также по манометрической лампе ЛТ-2 и прибору ВТ-2А.

Исследования показали, что характер нарастания вакуума после погружения сосуда в жидкий азот зависит от давления P_0 перед охлаждением. Изменение вакуума во времени для различных значений P_0 представлено на рис. 1.

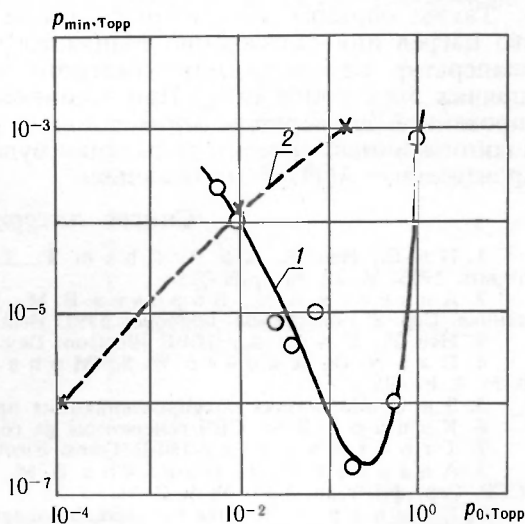
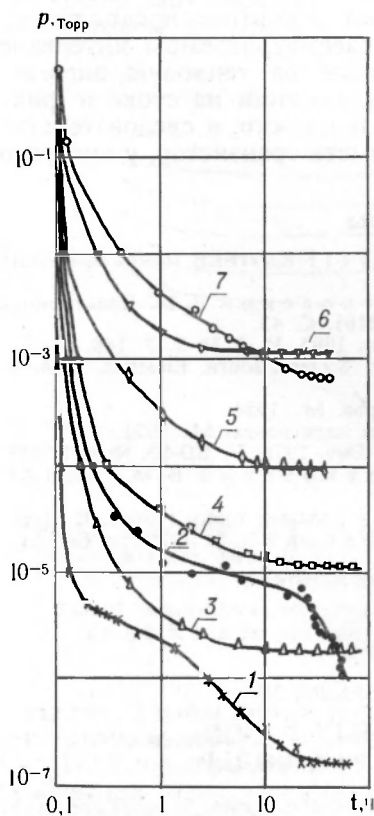


Рис. 1. Кинетика роста вакуума при различных начальных разрежениях P_0 :

1— $2 \cdot 10^{-1}$; 2— $5 \cdot 10^{-1}$; 3— 10^{-2} ; 4— $8 \cdot 10^{-2}$; 5— $1 \cdot 10^{-2}$ (без введения воды); 6— $2 \cdot 10^{-1}$ (без введения воды); 7—1 торр

Рис. 2. Зависимость достигнутого предельного вакуума $P_{\min}$ от начального разрежения P_0 :

1—при введении воды; 2—без введения воды

Как видно, при начальном разрежении P_0 в диапазоне от $2 \cdot 10^{-1}$ до $8 \cdot 10^{-2}$ торр (кривые 1, 2, 3, 4) скорость нарастания вакуума в начальный период весьма велика. К примеру, для случая $P_0 = 2 \cdot 10^{-1}$ торр вакуум порядка 10^{-5} торр достигается за 4–5 мин после охлаждения сосуда до

температуры жидкого азота, а затем скорость нарастания вакуума постепенно падает. Для большинства начальных разрежений P^0 кривые $P(t)$ идут монотонно (без особенностей), постепенно выходя на постоянные значения P достигаемого давления. Для значений $P_0 = 2 \cdot 10^{-1}$ и $5 \cdot 10^{-1}$ торр, для которых зафиксировано наиболее глубокое разрежение, кривые $P(t)$ имеют особенности в виде перегибов.

Это может свидетельствовать либо о существовании нескольких механизмов создания вакуума в указанных условиях, либо о неодновременной криосорбции молекул разного сорта.

В результате проведенных исследований установлено существование достаточно узкого диапазона начальных давлений P_0 , при которых получается наиболее глубокий предельный вакуум (рис. 2, кривая 1). Наилучший вакуум $P_{\min} \approx 2 \cdot 10^{-7}$ торр был достигнут при $P_0 \approx 2 \cdot 10^{-1}$ торр. Если же сосуд откачивался сухим (без введения воды), то предельное давление в нем в результате охлаждения его жидким азотом не превышало 10^{-3} торр (см. рис. 2, кривая 2).

Проведенное исследование легло в основу способа вакуумирования стеклянных дьюаровских сосудов для хранения жидкого азота [2]. При этом наименьшие скорости испарения после 50–60 ч работы дьюаров достигались в тех случаях, когда начальное разрежение P_0 составляло $(2+5) \cdot 10^{-1}$ торр. В этих случаях минимальные достигавшиеся скорости испарения жидкого азота составляли 20–25 см³/ч, при средней скорости испарения за 50–60 ч работы дьюаров порядка 50 см³/ч.

Предложенный метод, на наш взгляд, представляет наибольший интерес при изготовлении емкостей (в особенности неметаллических) для длительного хранения криогенных жидкостей, а также как способ получения высокого безмасляного вакуума вообще.

Список литературы

1. Д э ш м а н С. Научные основы вакуумной техники. М., 1965.
2. М а л и ш е в с к и й В. Ф., Ф е д о т о в А. К./А. с. 436208 СССР//БИ. 1974. № 26. С. 26.

Поступила в редакцию 13.04.93.

УДК 539.107

О. М. АНШАКОВ, В. А. ЧУДАКОВ, К. Н. АФАНАССИАДИС (ГРЕЦИЯ),
В. И. ГУРИНОВИЧ, Ю. Л. ЗМУШКО, Х. К. СЕЛИ (ЭКВАДОР)

КОМБИНИРОВАННАЯ РЕЗОНАНСНАЯ СИСТЕМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

To investigate composite matters, a system applying combined resonance scintillated detectors has been produced. The combined scintillated detector consists of coaxial-summed scintillators NaI(Tl) and resonance organic one. On the basis of the difference in scintillation times of organic and inorganic scintillators, the system of signal discrimination of two scintillators based on outing impulses duration of the detector has been applied.

Метод регистрации малоуглового рэлеевского рассеяния мёссбауэровского излучения (РРМИ) позволяет реализовать уникальные возможности резонансной γ -спектроскопии применительно к исследованию сред, не содержащих резонансные ядра [1].

Для определения плотности ρ , эффективного атомного номера $Z_{\text{эфф}}$ и связанных с ними физико-химических свойств материалов предлагается проводить совместные измерения на основе однолучевого гамма-метода (ОГМ) и РРМИ. С точки зрения одновременной регистрации процессов, происходящих в близлежащих точках пространства, перспективным представляется использование комбинированного детектора из двух сцинтилляторов различного типа, соединенных через светопровод с фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) [2].

Идентификация регистрируемых событий в таких устройствах (фосвичах) производится по различию конверсионных эффективностей или (и) времен высвечивания составляющих фосвич сцинтилляторов [3, 4].

В НИЛ РМНК БГУ совместно с Радиесвым институтом им. Хлопина разработан комбинированный сцинтилляционный резонансный детектор