

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ НЕРАСПЫЛЯЕМОГО ГЕТТЕРА

В.Г. Гревцев, А.Ю. Зелинский, И.И. Карнаухов, И.М. Карнаухов, В.П. Козин, В.В. Марков, В.А. Мартыненко, Н.И. Мочешников

*Национальный научный центр “Харьковский физико-технический институт”,
Украина, e-mail: karnaikhov@kipt.kharkov.ua*

Разработана высоковакуумная установка для исследования откачных характеристик (скорость откачки, температура и время активации, предельное давление и т.п.) разрабатываемых в ННЦ ХФТИ нераспыляемых геттеров на основе Ti, Zr, V, Fe и стандартных насосов различного типа, в частности, диодных и триодных магниторазрядных, которые будут использоваться для получения динамического давления $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ Торр в вакуумной камере накопителя Н-100М ННЦ ХФТИ. Будут также исследованы различные физико-химические способы получения чистых вакуумных поверхностей с удельным газовыделением менее 10^{-11} Торр·л/(см²·с). Все разъемные соединения и уплотнения клапанов – металлические. Предусмотрены: напуск пробных газов, анализ спектрального состава остаточного газа, прогрев основных узлов.

PACS:29.20Dh, 29.27Bd

ВВЕДЕНИЕ

В накопителе электронов Н-100М, который создается на базе имеющегося в ННЦ ХФТИ накопителя Н-100 для генерации интенсивного пучка гамма-квантов за счёт обратного комптоновского рассеяния, время жизни циркулирующего пучка электронов при энергии инжекции ~ 60 МэВ должно быть не менее 0,5 ч, а при более высокой энергии (250...300 МэВ) – не менее двух часов [1]. Для этого среднее динамическое давление (при наличии циркулирующего пучка) в вакуумной камере должно быть не хуже $5 \cdot 10^{-9}$ Торр по всей длине орбиты $L_0 \cong 15$ м. Нами рассмотрена [2] возможность достижения такого давления и показано, что для получения такого давления при распределенной откачке по всей длине орбиты суммарная скорость откачки должна быть равной 280 л/с при условии, что удельное газовыделение не будет превышать $q_0 \cong 10^{-11}$ Торр·л/см²·с. При сосредоточенной откачке такое давление обеспечивается 8 насосами с производительностью 150 л/с каждого, расположенными на расстоянии $L_0/8$ друг от друга на камере эллиптического сечения с полуосями 50×15 мм. Общий газовый поток при этом равен $Q_0 \cong 1,4 \cdot 10^{-6}$ Торр·л/с.

В дипольных магнитах (четырех) кроме термодесорбции, существенным будет вклад радиационно стимулированной десорбции из-за действия синхротронного излучения (СИ), которая зависит от энергии циркулирующего пучка и его интенсивности. При токе 1 А и энергии пучка 300 МэВ газовыделение вследствие СИ на этих участках будет равно [2]:

$$Q_{си} = 6,8 \chi \eta \frac{\text{Торр} \cdot \text{л}}{с}, \quad (1)$$

где η – коэффициент десорбции (молекулы/фотон); χ – коэффициент, учитывающий зависимость числа фотонов СИ от энергии отсечки ϵ_0 , начиная с которой наиболее вероятен процесс выбивания молекул газа.

Значение коэффициента χ для различных значений энергии пучка и двух значений ${}_{1\epsilon_0}=5$ эВ и ${}_{2\epsilon_0}=10$ эВ приведено на рис 1

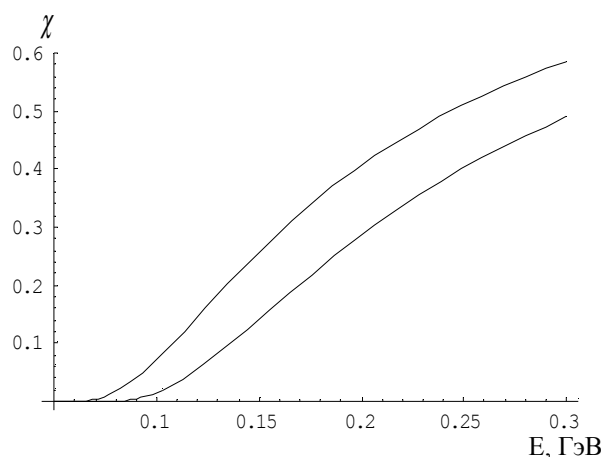


Рис.1. Значение коэффициента χ для различных значений энергии пучка и двух значений ${}_{1\epsilon_0}=5$ эВ и ${}_{2\epsilon_0}=10$ эВ

При $E=300$ МэВ и ${}_{2\epsilon_0}=10$ эВ $\chi=0,489952$ и

$$Q_{си} = 3,2 \eta \frac{\text{Торр} \cdot \text{л}}{с}, \quad (2)$$

или, учитывая площадь внутренней поверхности участков камеры в дипольных магнитах, удельное газовыделение под действием СИ

$$q_{си} \cong 5 \cdot 10^{-6} \eta. \quad (3)$$

При $q_{си}=q_0$ $\eta \cong 9 \cdot 10^{-6}$ молекул/фотон. Так как начальное значение η для нержавеющей стали обычно $\sim 10^{-3}$ молекул/фотон, то для уменьшения влияния СИ на поворотных участках необходимо предусмотреть увеличение скорости откачки в результате распределенных насосов на основе NEG (неиспаряемых геттеров). Расчеты показывают [4], что при использовании на каждом поворотном участке ленты NEG шириной 2 см и длиной ~ 80 см при двухстороннем напылении геттера возможно дополнительно иметь скорость откачки ~ 300 л/с. Это позволит в ~ 20 раз

уменьшить требования к удельному газовыделению в результате СИ и тем самым сократить время "чистки" камеры СИ и достижения вакуума $\leq 5 \cdot 10^{-9}$ Торр.

ВАКУУМНАЯ УСТАНОВКА

Для комплексного исследования разработанных нами NEG [3] создана вакуумная установка, блок-схема которой приведена на рис.2.

Основными узлами установки являются две вакуумные камеры А и Б, разделенные диафрагмой [4] с известной проводимостью U . При длине 0,4 см и диаметре отверстия 0,3 см $U=0,367$ л/с для воздуха.

Камера А имеет объём $V_A \approx 24,62$ л, площадь $A_A \approx 10100$ см²; камера Б: $V_B \approx 0,45$ л, $A_B \approx 500$ см².

Для откачки на установке имеются: форвакуумный масляный насос (с возможной последующей заменой сорбционным безмасляным) с азотной ловушкой; турбомолекулярный насос с азотной ловушкой; диодный и триодный магниторазрядные насосы; три последовательно соединенных ленты NEG-1 шириной 2 см и общей длиной активной части ~ 50 см.

Для измерения давления используются термопарные, ионизационные и магниторазрядные датчики.

Спектр остаточных газов измеряется масс-спектрометром МХ-7304.

Для активации NEG используется омический нагрев от источника тока до 50 А. Температура нагрева контролируется термопарами.

Для достижения малого удельного газовыделения ($\leq 10^{-11} \frac{\text{Торр} \cdot \text{л}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$) на установке использовались эле-

менты и узлы, прошедшие электрополировку, химическую очистку растворителями, мойку в дистиллированной воде с последующей сушкой и т.д. Все уплотнения медные, вакуумные затворы с металлическими уплотнениями. Кроме того, предусмотрена чистка вакуумной поверхности тлеющим разрядом в смеси гелия (90 %) и кислорода (10 %) (или аргона и кислорода). Для этого будут использоваться имеющиеся на установке различные электрические вводы, в том числе и разрядных насосов, на которые будет подаваться постоянное напряжение до +500 В. Оптимальный режим будет подбираться экспериментально [6]. Для откачки благородных газов и углеводородов будет использоваться триодный магниторазрядный насос. Предусмотрена возможность прогрева основных узлов установки до 200//300°C.

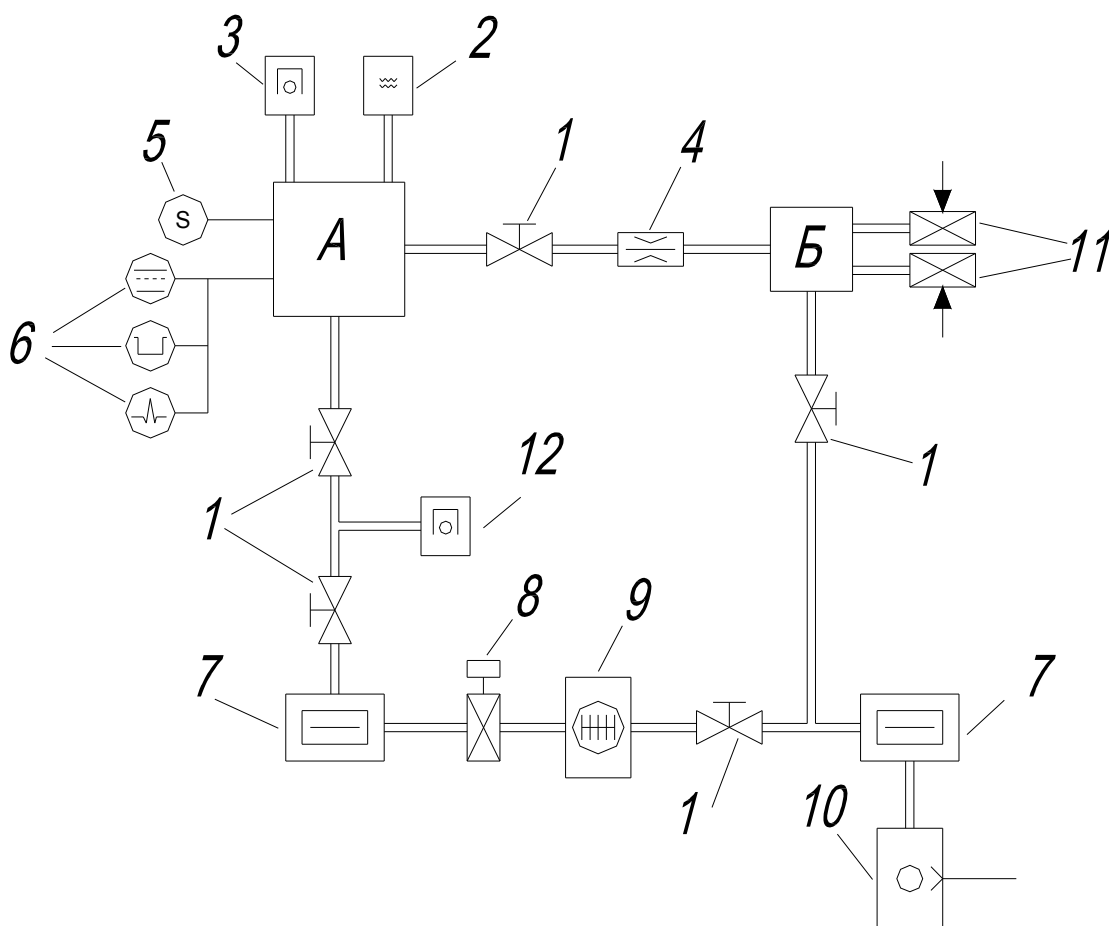


Рис. 2. Блок-схема вакуумной установки:

1 - ручной клапан; 2 - неиспаряемый геттер (NEG); 3 - трион; 4 - калиброванная диафрагма; 5 - масс-спектрометр; 6 - манометрические преобразователи; 7 - азотные ловушки; 8 - управляемый клапан;

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ

Поскольку в качестве сосредоточенных средств откачки на Н-100М будут использоваться диодные и триодные магниторазрядные, тубомолекулярные и сублимационные насосы, а на поворотных участках – NEG, то на установке будут проведены исследования откачных свойств (скорости откачки, предельного давления и т.п.) как сосредоточенных насосов, так и, главное, свойств разрабатываемых в НИЦ ХФТИ NEG [3]. Основными составляющими сплава NEG являются: NEG-1 – Zr, V, Fe (образец этого NEG в настоящее время установлен в камере А стенда) и NEG-2 – Ti Zr, V (образцы этого геттера будут исследованы после испытания NEG-1).

Для измерения скорости откачки будут использоваться методы двух манометров и постоянного объёма.

В первом случае газовый поток из камеры Б в камеру А через диафрагму с известной проводимостью U будет равен:

$$Q=U \cdot (P_B - P_A), \quad (4)$$

где P_B – давление в камере Б; P_A – давление в камере А.

Натекателем устанавливается такой поток Q, чтобы $P_B \gg P_A$. Тогда

$$S_A = \frac{Q}{P_A} = U \left(\frac{P_B}{P_A} - 1 \right) \approx U \frac{P_B}{P_A} \quad (\text{при } P_B \gg P_A). \quad (5)$$

Кроме того, зная Q и площадь внутренней поверхности камеры A_A , легко определить величину удельного газовыделения

$$q_A = Q/A_A. \quad (6)$$

Во втором случае при неизменном объёме камеры А (V_A) анализируется кривая уменьшения давления $P=f(t)$. В этом случае:

$$Q_i = V_A \cdot \frac{dP_i}{dt} = V_A \cdot \text{tg} \varphi_i, \quad (7)$$

где $\text{tg} \varphi_i = \Delta P_i / \Delta t$.

Выбирая на зависимости $P=f(t)$ значение P_i , интервалы ΔP_i и Δt_i и определяя из (7) Q_i , найдём, что

$$S_i = Q_i / P_i. \quad (8)$$

В обоих случаях можно будет определить скорость откачки как отдельных насосов так и их комбинаций в различных диапазонах давления $P=f(t)$. Для получения максимальной скорости откачки

NEG-1 необходим прогрев при температуре 400°C в течении 1ч NEG-1 [5].

Для исследования зависимости скорости откачки от температуры ориентировочно необходимо большее время прогрева [5]. Так для прогрева при 350°C необходимо ~900 мин, а при 300°C - ~10000 мин.

Одним из существенных недостатков применения NEG является уменьшение скорости откачки по мере поглощения определенного количества откачиваемых газов [4]. Чем лучше будет вакуум в откачиваемом объёме и соответственно меньше удельное и суммарное газовыделение, тем более продолжительное время NEG будет работать без дополнительной реактивации, которую периодически необходимо проводить, хотя и при более низкой температуре [4]. В таблице приведены данные для "времени жизни" $\tau_{ж}$ NEG-1, если бы он был установлен в Н-100М, в зависимости от различных значений удельного газовыделения q.

При значениях $q_{уд} \leq 10^{-12} \frac{\text{Торр} \cdot \text{л}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$ работает электрон-позитронный накопитель LEP[7]. Реактивация производится ~1 раз в год (если не было напуска атмосферы).

Из данных таблицы видно, что для исследования откачных свойств разработанного нами NEG удельное газавыделение в камере А, где он установлен, должно быть не хуже $10^{-11} \frac{\text{Торр} \cdot \text{л}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$.

В настоящее время до процедур дополнительно обезгаживания (чистка тлеющим разрядом, прогрев) после неоднократной кратковременной откачки камеры А только турбомолекулярным насосом достигнуто удельное газавыделение

$$q \approx 3 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Торр} \cdot \text{л}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}},$$

а общее газавыделение

$$Q_A \approx 3,03 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Торр} \cdot \text{л}}{\text{с}}.$$

При длине NEG-1 ~50 см (одностороннее напыление) и ожидаемой скорости откачки 200 л/с.м возможно получение давления в камере А только в результате NEG $P=3 \cdot 10^{-9}$ Торр.

Время уменьшения скорости откачки NEG-1 в три раза

$q_{уд}$	$\frac{\text{Торр} \cdot \text{л}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}
$\tau_{жизни}$ NEG при спаде скорости откачки в 3 раза	сутки	5	50	500	5000

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создана высоковакуумная установка для исследования основных вакуумных характеристик нераспыляемых геттеров, разрабатываемых в ННЦ ХФТИ: скорость откачки при различных давлениях (от 10^{-5} до 10^{-10} Торр), оптимальная температура активации, способность поглощения газов без существенного снижения скорости откачки. Кроме того, на установке будут обрабатываться физико-химические методы обработки вакуумных поверхностей для уменьшения удельного газовыделения и выбор средств откачки с подходящими скоростями откачки в области давления $10^{-9} \dots 10^{-10}$ Торр для использования их на накопителе Н-100М ННЦ ХФТИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. Bulyak, P. Gladkikh et.al. A compact X-ray source based on Compton scattering // *Nucl.Instr.and Meth. In Phys. Rev A.* 2001, № 467-468, p. 88-90.
2. V.G. Grevtsev, A.Yu. Zelinsky, I.I. Karnaukhov N.I. Mocheshnikov The analysis and choice of the system for attaining vacuum in a 300MeV electron storage ring; *Problems of atomic science and technology; Series "Nuclear Physics Investigations"* (41), №2,2003, p 126 Some article // *Phys. Rev. Lett.* 1982, v. 145, p. 48-52-131.
3. В.М. Ажажа, В.В. Брык, А.В. Гончаров, В.Г. Гревцев, Т.Г. Емлянинова, И.И. Карнаухов, Н.И. Мочешников Получение и исследование состава нераспыляемого геттера на основе сплава циркония, ванадия и железа; *ВАНТ. Серия: «Физика рад. повр. и рад. мат.»* (83). 2003, №3, с.113-116.
4. O. Gröbner. *Vacuum System Design Options*; CERN AT/92-34(VA).
5. C Benvenuti, P. Chigiato. *Obtention of pressures the 10^{-14} TorrRange by means of a Zr-V-Fe non evaporable getter* CERN, 1211 Geneva 23, Switzerland
6. H. Störi, An "in-situ" glow discharge cleaning method for the LEP vacuum system. *VACUUM*, 1983, v.33, №3, p. 171-178.
7. P. Strubin and O. Gröbner. *LEP vacuum system start-up and operation experience.* CERN/AT-VA/90-20.

УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕТЕРА ЩО НЕ РОЗПОРОШУЄТЬСЯ

В.Г. Гревцев, А.Ю. Зелінський, І.І. Карнаухов, І.М. Карнаухов, В.П. Козін, В.В. Марков, В.А. Мартиненко, Н.І. Мочешников

**Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут",
e-mail: karnaukhov@kipt.kharkov.ua**

Розроблена високовакуумна установка для дослідження відкачних характеристик (швидкість відкачки, температура і час активції, граничний тиск і т.п.) розроблювальних у ННЦ ХФТИ гетерів що не розпоршуються на основі Ti, Zr, V, Fe і стандартних насосів різного типу, зокрема, діодних і тріодних магніторозрядних, що будуть використовуватися для одержання динамічного тиску $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ Торр у вакуумній камері нагромаджувача Н-100М ННЦ ХФТИ. Будуть також досліджені різні фізико-хімічні способи одержання чистих вакуумних поверхонь з питомим газовиділенням менше 10^{-11} Торр·л/см²·с. Усі рознімні з'єднання й ущільнення клапанів – металеві. Передбачені: напуск спробних газів, аналіз спектрального складу залишкового газу, прогрівши основних вузлів.

INSTALLATION FOR RESEARCH OF PROPERTIES NON-EVAPORATED GETTERS

V.G. Grevtsev, A.Yu. Zelinsky, I.I. Karnaukhov, I.M. Karnaukhov, V.P. Kozin, V.V. Markov, V.A. Martunenko, N.I. Mocheshnikov

**National science center "Kharkov Institute of Physics and Technology", Ukraine,
e-mail: karnaukhov@kipt.kharkov.ua**

The installation for research exhausting of the characteristics (speed of spilling, temperature and time of activation, limiting pressure etc.) developed in NNC KIPT not sprayed getters on a basis Ti, Zr, V, Fe and standard pumps of a various type, in particular, diod and triode ion pump, which will be used for reception of dynamic pressure $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ torr in the vacuum chamber of the store H-100M NNC KIPT. Various physical-chemical ways of obtaining of pure vacuum surfaces with specific gaseous removal less than 10^{-11} torr·l/cm²·s also will be investigated. All demountable connections and condensation of valves - metal. Are stipulated: lap joint of trial gases, analysis of spectral structure of residual gas, having warmed up the basic units.