



Получено: 12.09.2022 г. | Принято: 19.09.2022 г. | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2022.15.6.376.382>

Научная статья

## ВЛИЯНИЕ ВАКУУМНОГО СОСТОЯНИЯ НА АВТОЭМИССИОННЫЕ СВОЙСТВА КПУ МАГНЕТРОНОВ С МГНОВЕННОЙ ГОТОВНОСТЬЮ

И.П.Ли<sup>1</sup>, к.т.н., директор ТЦ "Базовые технологии ЭВП"

В.И.Капустин<sup>2</sup>, д.ф.-м.н., проф., / [kapustin@mirea.ru](mailto:kapustin@mirea.ru)

А.В.Шуманов<sup>1</sup>, зам. дир. ТЦ "Базовые технологии ЭВП"

Д.В.Бычков<sup>1</sup>, инженер-технолог ТЦ "Базовые технологии ЭВП"

Н.Е.Леденцова<sup>1</sup>, к.т.н., нач. лаборатории ТЦ "Базовые технологии ЭВП"

А.А.Полунина<sup>1</sup>, к.т.н., нач. лаборатории ТЦ "Базовые технологии ЭВП"

Ю.В.Поляков<sup>1</sup>, дир., гл. технолог АО "Плутон"

**Аннотация.** Вакуумное состояние играет важную роль в работе электровакуумных СВЧ-приборов. Этот параметр оказывает определяющее влияние на эмиссионные свойства катодов в приборах, поэтому важно определить уровень максимально допустимого давления остаточных газов. В данной статье представлены результаты исследования влияния вакуумного состояния на автоэлектронную эмиссию катодов безнакальных магнетронов.

**Ключевые слова:** автоэлектронная эмиссия, Pd-Wa катоды, б/н магнетроны, вакуум

**Для цитирования:** И.П. Ли, В.И. Капустин, А.В. Шуманов, Д.В. Бычков, Н.Е. Леденцова, А.А. Полунина, Ю.В. Поляков. Влияние вакуумного состояния на автоэмиссионные свойства КПУ магнетронов с мгновенной готовностью. НАНОИНДУСТРИЯ. 2022. Т. 15, № 6. С. 376–382. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2022.15.6.376.382>

Received: 12.09.2022 | Accepted: 19.09.2022 | DOI: <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2022.15.6.376.382>

Original paper

## INFLUENCE OF VACUUM STATE ON THE FIELD EMISSION PROPERTIES OF CATHODE HEATING UNIT OF MAGNETRONS WITH INSTANT READINESS

I.P.Li<sup>1</sup>, Cand. of Sci. (Tech), Director of TC "Basic EVD technologies"

V.I.Kapustin<sup>2</sup>, Doct. of Sci. (Physics and Mathematics), Prof., Chief specialist of TC "Basic EVD technologies", / [kapustin@mirea.ru](mailto:kapustin@mirea.ru)

A.V.Shumanov<sup>1</sup>, Deputy Director of TC "Basic EVD technologies"

D.V.Bychkov<sup>1</sup>, Industrial Engineer of TC "Basic EVD technologies"

N.E.Ledentsova<sup>1</sup>, Cand. of Sci. (Tech), Head of Laboratory of TC "Basic EVD technologies"

A.A.Polunina<sup>1</sup>, Cand. of Sci. (Tech), Head of Laboratory of TC "Basic EVD technologies"

Yu.V.Polyakov<sup>1</sup>, Director of Technical Policy, Chief Technologist of JSC "Pluton"

<sup>1</sup> АО "Плутон", Москва, Россия / JSC "Pluton", Moscow, Russia

<sup>2</sup> МИРЭА, Российский технологический университет, Москва, Россия / MIREA, Russian Technological University, Moscow, Russia

**Abstract.** The vacuum state plays an important role in operation of the electrovacuum microwave devices. This parameter has a decisive influence on the emission properties of cathodes in devices, that is why it is important to determine the level of maximum allowable pressure of the residual gases. This paper presents the results of research of the vacuum state effect on the field emission of the non-incandescent magnetron cathodes.

**Keywords:** field emission, Pd-Ba cathodes, s/h magnetrons, vacuum

**For citation:** I.P. Li, V.I. Kapustin, A.V. Shumanov, D.V. Bychkov, N.E. Ledentsova, A.A. Polunina, Yu.V. Polyakov. Influence of vacuum state on the field emission properties of cathode heating unit of magnetrons with instant readiness. NANOINDUSTRY. 2022. V. 15, no. 6. PP. 376–382. <https://doi.org/10.22184/1993-8578.2022.15.6.376.382>

## ВВЕДЕНИЕ

АО "Плутон" занимается серийным выпуском магнетронов с безнакальным (б/н) запуском, которые представляют собой особую группу электровакуумных СВЧ-приборов и обладают огромным преимуществом перед другими магнетронами по времени готовности. В таких приборах ток автоэлектронной эмиссии (АЭЭ) с автоэмиссионного катода (АЭК) обеспечивает запуск магнетрона в режиме генерации, а ток вторичной электронной эмиссии с Pd-Ba вторичноэмиссионных катодов (ВЭК) – поддержание этой генерации. На рис.1 схематически представлен узел "катод-анод" безнакального магнетрона, на котором обозначено: 1 – анодный блок, 2 – kern катода, 3 – технологический подогреватель, 4 – концевые экраны, 5 – автоэмиссионные катоды, представляющие собой танталовые кольца стандартной толщины, выступающие над поверхностью катода на 100–200 мкм, 6 – вторично-эмиссионные палладий-бариевые катоды [1].

Долгое время считалось, что в качестве рабочей поверхности автоэмиссионных катодов выступают острые кромки Ta колец, которые в процессе активирования катода покрываются пленкой BaO, что, как следствие, снижает работу выхода электронов со значения 4,12 эВ (Ta) [2] до 2,1–2,3 эВ (BaO). На основании проведенных исследований в АО "Плутон" выяснилось, что на боковой поверхности танталовых АЭК в процессе активирования катода во время откачки и тренировки прибора происходит формирование системы палладиевых острий – вискеров, частично или полностью покрытых BaO, обеспечивающее уровень автоэмиссии, достаточный для запуска прибора в режим генерации [3]. При этом уровень автоэлектронной эмиссии, как показали исследования, зависит от давления остаточных газов, в частности низкий вакуум способствует деградации автоэмиссионных свойств таких катодов.

## INTRODUCTION

JSC "Pluton" is engaged in mass production of non-channel self-heated start (s/h) magnetrons which are a special group of electrovacuum microwave devices having a huge advantage over other magnetrons in terms of readiness time. In such devices auto-electron emission (AEE) current from the auto-emission cathode (AEC) ensures a start-up of the magnetron in generation mode, and secondary electron emission current from the Pd-Ba secondary emission cathode (SEC) ensures that this generation is maintained. Figure 1 illustrates schematically a "cathode-anode" assembly of a self-heated magnetron, which is marked: 1 – anode block, 2 – cathode core, 3 – process heater, 4 – end shields, 5 – auto-emission cathodes, which are tantalum rings of standard thickness protruding over the cathode surface by 100–200  $\mu\text{m}$ , 6 – secondary emission palladium-barium cathodes [1].

For a long time it was considered that the working surface of auto-emission cathodes is the sharp edges of Ta

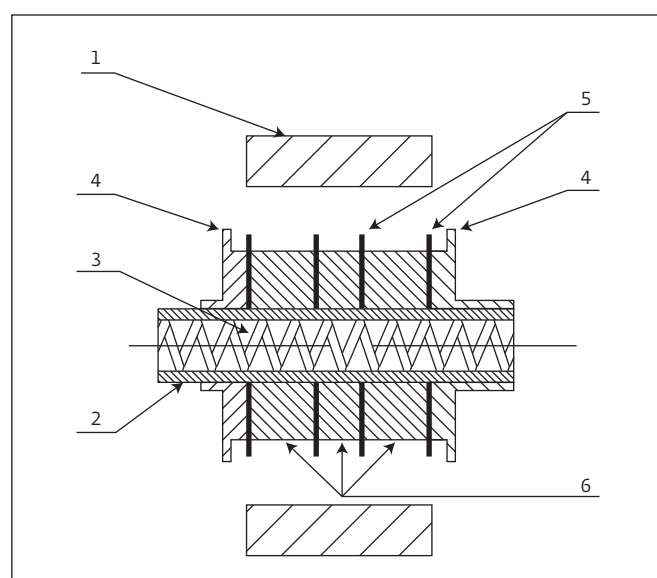


Рис.1. Схема катодного узла безнакального магнетрона  
Fig.1. Schematic diagram of the cathode assembly of a s/h start-up magnetron

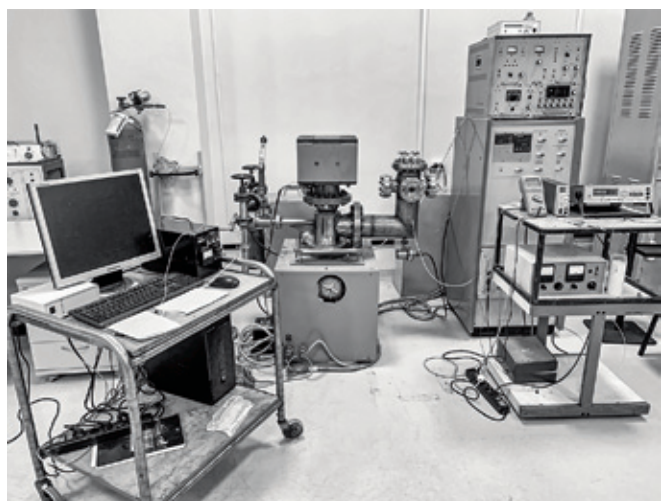


Рис.2. Внешний вид установки для исследования автоэмиссионных свойств катодных материалов (УИАС-1)

Fig.2. General view of a cathode-ray emission test rig (UIAS-1)

Поэтому исследования оценки влияния вакуумного состояния на автоэмиссионные характеристики катода являются актуальной и важной задачей, а результаты этих исследований необходимо учитывать при конструировании и выпуске магнетронов безнакальным запуском.

### ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе в высоковакуумной установке УИАС-1, показанной на рис.2, проводилось экспериментальное исследование зависимости тока автоэлектронной эмиссии от значения давления остаточных газов в камере. Форвакуумная откачка помещенного в камеру анодного блока с катодно-подогревательным узлом (КПУ) магнетрона с мгновенной готовностью производилась пластинчато-роторным насосом с азотной ловушкой, либо безмасляными цеолитовыми насосами, а высоковакуумная – магниторазрядным насосом НМД-0,25 до давления в камере  $\approx 3 \cdot 10^{-8}$  Торр. Контроль давления в камере осуществлялся магниторазрядным вакуумметром ПММ-32, размещенным непосредственно под образцом. Первоначально проводилось обезгаживание камеры с внешним нагревом стенок гибким ленточным нагревателем и выполнялся первоначальный замер автоэлектронной эмиссии. Далее происходило активирование катода в последующем режиме:  $T_{\text{ярк}} = 960$  °С;  $U_a = 100$  В;  $t = 120$  мин, при давлении не хуже  $5 \cdot 10^{-8}$  Торр. Измерение тока автоэмиссии производили высоковольтным

ring being covered with BaO film in the cathode activation process which consequently reduces the electron yield from the value of 4.12 eV (Ta) [2] to 2.1–2.3 eV (BaO). On the basis of research carried out in JSC "Pluton" it was found that at the cathode activation, during pumping and training the device, a system of palladium points, i.e., whiskers, partially or fully coated with BaO, is formed on the side surface of tantalum AEC, which provides the auto-emission level sufficient to start the device in the generation mode [3]. At the same time the auto-emission level has been shown to depend on residual gas pressure, in particular, low vacuum contributes to degradation of the auto-emission properties of such cathodes. Therefore, studies of the influence of vacuum state on auto-emission characteristics of the cathode are relevant and pose an important task, and the results of these studies should be considered in the design and production of magnetrons with self-heated launch.

### EQUIPMENT AND RESEARCH METHODS

This experimental research was accomplished in the UIAS-1 high-vacuum unit shown in Fig.2 where dependence of auto-electron emission current on the residual gas pressure in the chamber was carried out. For vacuum pumping of the instantaneous availability magnetron placed in a chamber of the anode block with the cathode heating unit (CHU) was performed by a rotary vane pump with a nitrogen trap or by oil-free zeolite pumps while the high-vacuum pumping was made by the magnetic-discharge pump NMD-0.25 to the pressure in a chamber  $\approx 3 \cdot 10^{-8}$  Torr. Pressure in the chamber was controlled by a PMM-32 magnetodischarge vacuum gauge placed directly under the sample. Initially chamber degassing was carried out with external heating of the walls by flexible tape heater and initial measurement of auto-electronic emission was performed. Then cathode activation was carried out in following regime:  $T_{\text{ярк}} = 960$  °С;  $U_a = 100$  V;  $t = 120$  min at a pressure not lower than  $5 \cdot 10^{-8}$  Torr. The auto-emission current was measured by high-voltage pulse source with the voltage pulse amplitude up to  $\sim 5$  kV, pulse duration (variable) – 0.5/1/6  $\mu$ s, duty cycle – 1000. Time registration of  $U_a$  and  $I_{a3}$  values was performed with the aid of a PC using an Excel software package.

Pressure in the chamber was controlled by partial closing of the high-vacuum pump valve. Prolonged registration of pulse value  $I_{a3}$  was performed at  $U_a = 4500$  V while time registration of pressure in the chamber was carried out. The plot illustrating dependence of auto-electron emission current decrease on residual gas pressure and obtained values are shown on Fig.3 and in Table 1.

### RESULTS AND DISCUSSION

It is evident from Fig.3 that the character of auto-emission current decrease can be approximated by 4 linear sections within pressure range from  $3 \cdot 10^{-8}$  to  $4 \cdot 10^{-6}$  Torr.

Таблица 1. Режим выдержки катода

Table 1. Cathode exposure mode

№	$I_{нач}$ , mA	$I_{конеч}$ , mA	$P_{нач}$ , Torr	$P_{конеч}$ , Torr	Время, с Time, s	Уравнение линии тренда Trend line equation
1	7	6,5	$3,3 \cdot 10^{-8}$	$4,3 \cdot 10^{-7}$	51	$I = -0,0188 \cdot P + 7,0538$
2	6,5	5,6	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$9,5 \cdot 10^{-7}$	21	$I = -0,0466 \cdot P + 7,6466$
3	5,6	2,6	$9,5 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	140	$I = -0,1566 \cdot P + 11,909$
4	2,6	0,9	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	748	$I = -0,2223 \cdot P + 16,129$

импульсным источником с амплитудой импульса напряжения до  $\sim 5$  кВ, длительностью импульса (изменяемая) – 0,5/1/6 мкс, скважностью – 1000. Регистрация значений  $U_a$  и  $I_{aэ}$  по времени выполнялась на персональный компьютер в программном пакете Excel.

Регулирование давления в камере осуществлялось частичным перекрытием клапана высоковакуумного насоса. Длительная регистрация импульсного значения  $I_{aэ}$  производилась при подаче  $U_a = 4500$  В, при этом проводилась регистрация давления в камере по времени. График зависимости спада тока автоэлектронной эмиссии от давления остаточных газов и полученные значения представлены на рис.3 и в табл.1.

### ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис.3 видно, что характер спада тока автоэмиссии можно аппроксимировать четырьмя линейными участками в диапазоне давлений от  $3 \cdot 10^{-8}$  до  $4 \cdot 10^{-6}$  Торр. При этом в области давлений выше  $1 \cdot 10^{-6}$  Торр наблюдалось резкое падение тока, что вероятно связано со сменой механизма "травящего" фактора. Для этого была проведена обработка ВАХ, снятых при различном давлении по методике [4], результаты которой представлены в координатах C и D на рис.4. В области давлений  $3 \cdot 10^{-8}$ – $1 \cdot 10^{-6}$  Торр происходило увеличение работы выхода  $\phi$  и снижение коэффициента усиления поля  $\beta$ , вероятно, вследствие дрейфа и диффузии кислородных вакансий в BaO в электрическом поле и полевого испарения вискерсов, а в области  $> 1 \cdot 10^{-6}$  Торр происходило увеличение работы выхода  $\phi$  и незначительное увеличение коэффициента усиления поля  $\beta$ , вероятно, вследствие работы механизма газовой адсорбции.

Во всех случаях, как видно из рис.4, при ухудшении вакуума происходит рост работы выхода

Abrupt falling of current was observed in the region of pressures higher than  $1 \cdot 10^{-6}$  Torr that might be connected with change of the "etching" factor mechanism. For this purpose the I-V curve obtained at different pressures according to [4] was processed and the results have been presented in coordinates C and D in Fig.4. In  $3 \cdot 10^{-8}$ – $1 \cdot 10^{-6}$  Torr area there was an increase of yield work  $\phi$  and decrease of field gain  $\beta$ , probably, due to drift and diffusion of oxygen vacancies in BaO in electric field and field vaporization of whiskers, and in  $> 1 \cdot 10^{-6}$  Torr area there was an increase of yield work  $\phi$  and a slight increase of field gain  $\beta$ , probably, due to gas adsorption mechanism operation.

In all cases, as can be seen from Fig.4, with vacuum degradation there is an increase of yield work and decrease of current density with AEC, which corresponds to the theoretical model [4].

To check the hypothesis of the prevailing influence of gas adsorption mechanism at pressure higher

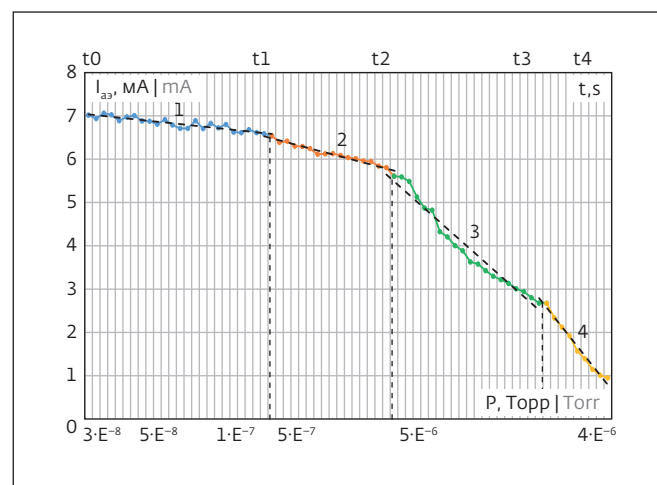


Рис.3. Зависимость тока автоэлектронной эмиссии от давления в камере

Fig.3. Dependence of auto-electron emission current vs chamber pressure

и уменьшение плотности тока с АЭК, что соответствует теоретической модели [4].

Для проверки гипотезы о превалирующем влиянии механизма газовой адсорбции при давлении выше  $1 \cdot 10^{-6}$ , катод был повторно термически активирован при  $T_{\text{ярк}} \approx 750 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $P = 3 \cdot 10^{-8}$  Торр, при этом автоэмиссионные свойства восстановились до уровня  $\sim 70\%$  от начального значения. Известно [5], что при таких температурах роста вискерсов не происходит, то есть происходит либо газовая десорбция с поверхности АЭК, либо покрытие поверхности АЭК барием с последующим его окислением до нестехиометричного оксида, что при парциальном давлении  $O_2 = 10^{-9}$  Торр и  $T \approx 750 \text{ }^\circ\text{C}$  термодинамически разрешено [6].

Был также исследован характер спада  $I_{\text{аэ}}$  по времени при различных постоянных значениях давления в камере. Проводилось четыре выдержки и во всех случаях активирование катода проходило по одинаковому режиму:

$$T_{\text{активир}} = 960 \text{ }^\circ\text{C}; U_{\text{а}} = 100 \text{ В}; t_{\text{активир}} = 120 \text{ мин.}$$

Замер тока автоэлектронной эмиссии и длительная выдержка проводились при подаче импульсного напряжения амплитудой  $U_{\text{а}} = 4500 \text{ В}$ . Полученные результаты представлены на рис.5 и табл.2.

Рис.5 наглядно иллюстрирует спад тока автоэлектронной эмиссии при разных давлениях в камере при одном и том же времени выдержки. Как видно из табл.2, при выдержке 1 и 2 график функции  $I(t)$  имеет логарифмическую зависимость, в 3 случае происходят переходные процессы, а в 4 случае график представляет собой степенную зависимость

Таблица 2. Режим выдержки катода

Table 2. Cathode exposure mode

№	$I_{\text{нач}}, \text{ мА}$	$I_{\text{конеч}}, \text{ мА}$	Время выдержки, мин Holding time, min	Давление в камере, Торр Pressure in chamber, Torr	Уравнение линии тренда Trend line equation
1	32	5,7	13	$3 \cdot 10^{-8}$	$I = -4,695 \ln(t) + 37,896$
2	5,1	0,8		$1 \cdot 10^{-7}$	$I = -0,981 \ln(t) + 7,4351$
3	4,5	0,8		$5 \cdot 10^{-7}$	—
4	7,3	0,8		$5 \cdot 10^{-6}$	$I = 14,354 t^{0,423}$

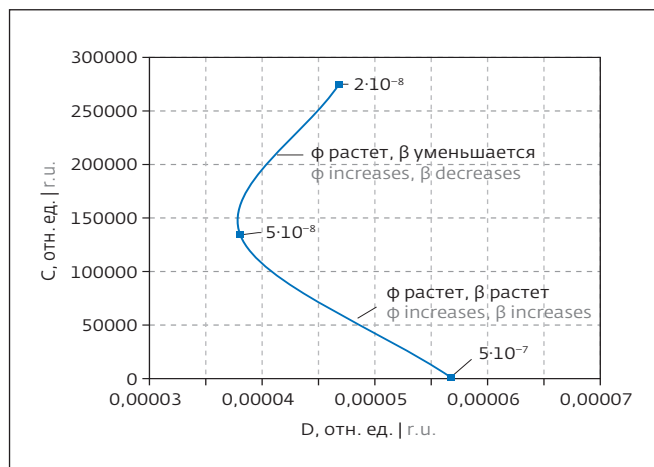


Рис.4. Изменение параметров АЭК в системе координат C и D  
Fig.4. Change of AEC parameters in C and D coordinate system

than  $1 \cdot 10^{-6}$ , the cathode was reactivated thermally at  $T_{\text{ярк}} \approx 750 \text{ }^\circ\text{C}$  and  $P = 3 \cdot 10^{-8}$  Torr whereby the auto-emission properties were restored to  $\sim 70\%$  of the initial value. It is known [5] that at such temperatures no whisker growth occurs, i.e. either gas desorption from AEC surface or coating of AEC surface with barium followed by its oxidation to non-stoichiometric oxide occurs, which at  $O_2$  partial pressure =  $10^{-9}$  Torr and  $T \approx 750 \text{ }^\circ\text{C}$  is thermodynamically allowed [6].

The character of the  $I_{\text{аэ}}$  decay with time at different constant chamber pressures was also studied. Four exposures were carried out and in all cases cathode activation was performed according to the same mode:

$$T_{\text{активир}} = 960 \text{ }^\circ\text{C}; U_{\text{а}} = 100 \text{ В}; t_{\text{активир}} = 120 \text{ мин.}$$

Measurement of the auto-electronic emission current and prolonged exposure were carried out at application



17-я Международная выставка  
вакуумного и криогенного оборудования

**11–13 апреля 2023**

Москва, ВДНХ, Павильон 57



Представьте  
свою продукцию  
потенциальным  
заказчикам



Вакуумное  
оборудование

Криогенное  
оборудование

Оборудование  
для нанесения  
функциональных  
покрытий

Забронируйте стенд  
**[vacuumtechexpo.com](http://vacuumtechexpo.com)**

Организатор



Международная  
Выставочная  
Компания

+ 7 (495) 252 11 07  
[vacuumtechexpo@mvk.ru](mailto:vacuumtechexpo@mvk.ru)

и имеет более резкий спад на начальном этапе выдержки.

### ВЫВОДЫ

Проведены исследования зависимости  $I_{ae}$  от вакуумного состояния. Предложены два механизма влияния давления остаточных газов на автоэмиссионные свойства катодов. Установлено, что в области давлений ниже  $1 \cdot 10^{-7}$  Торр спад тока автоэмиссии от времени имеет логарифмическую зависимость, а в области давлений выше  $1 \cdot 10^{-7}$  Торр – степенную. Определение характера спада тока автоэлектронной эмиссии может способствовать примерной оценке давления остаточных газов и послужить новым неразрушающим методом контроля вакуумного состояния в отпаянных приборах с безнакальным запуском.

### ИНФОРМАЦИЯ О РЕЦЕНЗИРОВАНИИ

Редакция благодарит анонимного рецензента (рецензентов) за их вклад в рецензирование этой работы, а также за размещение статей на сайте журнала и передачу их в электронном виде в НЭБ eLIBRARY.RU.

**Декларация о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в данной статье.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ли И.П. Одновременное активирование автоэлектронного и вторично-эмиссионного катодов магнетрона с безнакальным запуском // Известия вузов. Электроника. 2014. Т. 30. № 3 (107). С. 30–36.
2. Фоменко В.С. Эмиссионные свойства материалов // Киев: "Наукова думка", 1981. С. 339.
3. Капустин В.И., Ли И.П. Теория, электронная структура и физикохимия материалов катодов СВЧ-приборов // Научная мысль. М.: Инфра-М, 2020.
4. Ли И.П. Наноструктуры в палладий – бариевых катодах СВЧ-приборов // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука. Технологии. Бизнес. 2018. № 5. С. 144–151.
5. Капустин В.И. Методика контроля параметров автоэлектронной эмиссии катодов магнетронов с холодным запуском // Материалы XXV научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов "Вакуумная наука и техника". М.: Новелла, 2018. С. 324–329.
6. Куликов И.С. Термическая диссоциация соединений. М.: Металлургия, 1969. 250 с.

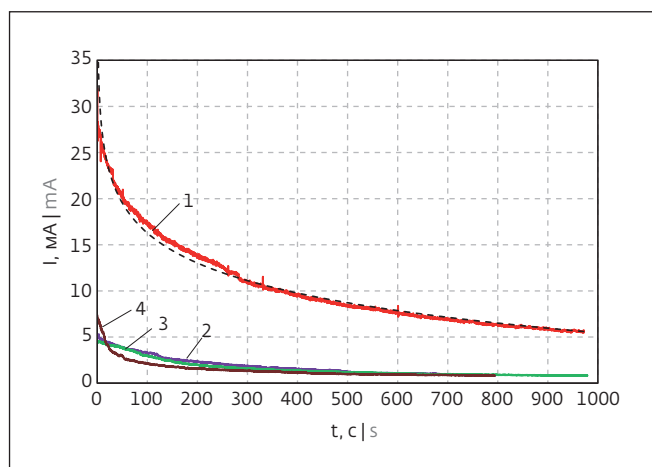


Рис.5. Зависимость тока автоэлектронной эмиссии от времени выдержки для различных постоянных значений давления в камере

Fig.5. Dependence of auto-electron emission current on the exposure time for different pressure constants in the chamber

of pulse voltage at  $U_a = 4500$  V amplitude. The results are shown in Fig.5 and Table 2.

Figure 5 clearly illustrates a drop of auto-electron emission current at different pressures in the chamber at the same dwell time. As can be seen from Table 2, the graph of function  $I(t)$  has a logarithmic dependence at exposure time of 1 and 2, in case 3 there is a transient process, and in case 4 the graph is a power dependence and has a sharper decrease at initial stage of exposure time.

### CONCLUSIONS

The dependence of  $I_{ae}$  on vacuum state has been investigated. Two mechanisms of residual gas pressure influence on auto-emission properties of cathodes have been suggested. It was found that in the region of pressures lower than  $1 \cdot 10^{-7}$  Torr auto-emission current decrease in time has a logarithmic dependence, and in the region of pressures higher than  $1 \cdot 10^{-7}$  Torr – a power one. Determination of the auto-emission current decay character can contribute to approximate estimation of the residual gas pressure and can serve as a new non-destructive method of vacuum state control in sealed devices with self-heated start-up.

### PEER REVIEW INFO

Editorial board thanks the anonymous reviewer(s) for their contribution to the peer review of this work. It is also grateful for their consent to publish papers on the journal's website and SEL eLibrary eLIBRARY.RU.

**Declaration of Competing Interest.** The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.



# ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



## Гибридные наночастицы биоактивных и лекарственных веществ

*Под ред. М.Я. Мельникова,  
Л.И. Трахтенберга*

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 408 с.  
ISBN 978-5-94836-596-1

**Цена 1300 руб.**

В учебном пособии, состоящем из введения и 11 глав, обобщены результаты исследований, посвященных различным аспектам биоактивных и лекарственных наноконструктивных систем. Большое внимание уделено особенностям синтеза и тому новому, что дает наноразмер объектов в протекании в них различных физико-химических процессов. Кроме того, сделана попытка систематизировать методы синтеза, приводящие к получению соединений различного класса. Подчеркивается, что эффективность лекарственных веществ и их фармакологические свойства во многом зависят от кристаллической структуры, в частности от наличия тех или иных полиморфных модификаций или аморфного состояния. Первоочередное значение имеет размер наночастиц, так как малым частицам проще преодолевать защитные барьеры организма человека и животных, проникать в клетки и накапливаться в тканях.

Все главы написаны группами научных сотрудников, активно работающих в разных областях нанобиомедицины. Наряду с обзорным материалом, излагаются и оригинальные исследования авторов, обобщающие их работы за несколько последних лет. Предлагаемая книга будет полезным учебным и учебно-научным пособием для читателей с широким кругозором от студентов и аспирантов до преподавателей и научных сотрудников, интересующихся различными аспектами теории и практики наноразмерных биоактивных и лекарственных веществ.

### Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91  
По факсу: (495) 956-33-46  
E-mail: [knigi@technosphaera.ru](mailto:knigi@technosphaera.ru)  
[sales@technosphaera.ru](mailto:sales@technosphaera.ru)

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ  
[www.technosphaera.ru](http://www.technosphaera.ru)