

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

4, 2012, т. 13

<http://www.radiotec.ru>

В НОМЕРЕ:

Журнал в журнале

**Вакуумная, плазменная
и твердотельная
электроника**



Тел./факс: (495)625-92-41
E-mail: info@radiotec.ru
<http://www.radiotec.ru>

УДК 519.8.629.7

ПОГЛОЩЕНИЕ ПРИМЕСНЫХ ГАЗОВ В ОТПАЯННОМ АТОМАРНОМ ЛАЗЕРЕ ПЛЕНКОЙ ТИТАНА, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ КАТОДНОГО РАСПЫЛЕНИЯ

© Авторы, 2012

В. Э. Бруггер – инженер, Московский государственный институт электроники и математики
И. И. Савельев – нач. лаборатории, Московский государственный институт электроники и математики
 E-mail: artressinner@gmail.com, i.saveliev@gmail.com
Е. В. Сухов – нач. участка, ФГУП «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стальмаха
Э. П. Пролейко – вед. науч. сотрудник, ФГУП «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стальмаха
Л. Д. Маш – вед. науч. сотрудник, ФГУП «НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стальмаха
 E-mail: valentinproleiko@mail.ru
Н. И. Пчелинцева – аспирант, Калужский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана
 E-mail: fn2kf@list.ru

Проведено исследование возможности поглощения примесных газов в He-Ne-лазере плёнкой титана, нанесённой методом «катодного распыления», в малогабаритной моноблочной конструкции. Показано, что использование такой плёнки позволяет уменьшить остаточное давление на несколько порядков и на 1-2 порядка уменьшить скорость натекания примесных газов. Определены оптимальные режимы распыления титановых электродов.

Ключевые слова: *отпаянный лазер, геттер, пленка титана.*

A research on the possibility of the absorption of impurity gases by a titanium cathodic spray deposited film in a small-type single block of Helium-Neon lasers was carried out. It has revealed, that the usage of this film leads to the reduction in the residual pressure by several orders and the speed of gas inleakage by a single or a double order. The optimal titanium electrode spray mode is specified.

Keywords: *the closed laser, a getter, a film of the titan.*

В настоящее время широкое распространение получили малогабаритные газовые лазеры моноблочной конструкции, в частности, кольцевые гелий-неоновые лазеры для лазерных гироскопов. Их преимуществом является высокая механическая прочность и устойчивость к механико-климатическим воздействиям. В процессе хранения таких лазеров в их рабочей газовой смеси появляются примесные газы: H_2 , N_2 , CO , CO_2 , O_2 , которые ухудшают их выходные характеристики и уменьшают срок хранения. Поэтому основным требованием является обеспечение сохранности их активной среды. Для этого в малогабаритных приборах сегодня активно используются специализированные газопоглотители [1].

Наиболее распространёнными являются *распыляемые газопоглотители из титана или его смеси с барием*, наносимые в результате экзотермической реакции, поскольку в этом случае получается прочная плёнка большой ёмкости. Недостаток таких газопоглотителей – необходимость высокой температуры для обезгаживания (до $600\text{ }^\circ\text{C}$) и распыления (до $1200\text{ }^\circ\text{C}$). Альтернативой выступают таблеточные газопоглотители из пористого титана, но их недостатком является низкая устойчивость к механическим воздействиям [2]. Абсорбционная ёмкость газопоглотителей измеряется в $\frac{\text{торр} \cdot \text{л}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$. Было принято во внима-

ние то, что $1\text{ торр} = 1\text{ мм рт. ст.} = 133,3\text{ Па}$.

В работе рассматривается распыляемый газопоглотитель из титана, нанесённый методом «катодного распыления», который не требует высоких температур, но создаёт плёнку сравнимой или более высокой прочности. Аналогичный метод применялся Honeywell в 1985 г. [3]. Однако в конструкции фирмы Honeywell распылялись рабочие аноды газоразрядных промежутков, что приводило к снижению срока их службы. В отличие от фирмы Honeywell в нашей конструкции для катодного распыления использовались специализированные электроды. Благодаря этому нетронутыми остались рабочие аноды и катод, а также уменьшилась вероятность выноса частиц титана на зеркала [4].

Для решения вопроса о возможности применения данного способа было разработано лабораторное рабочее место (рис. 1). Рабочее место представляет собой прибор для контроля состава газовой смеси внутри резонатора – спектрометр Andor SR-750-A, персональная ЭВМ на базе процессора Intel Pentium 4

с величиной ОЗУ 1 Гб для вывода и дальнейшего анализа полученных спектров, а также два источника питания: ПКИ-5 для питания лазера и SH-0105 для непосредственного распыления титановых электродов. На рис. 1 отображена схема рабочего места, а также обозначены электроды, к которым производилось подключение источников.

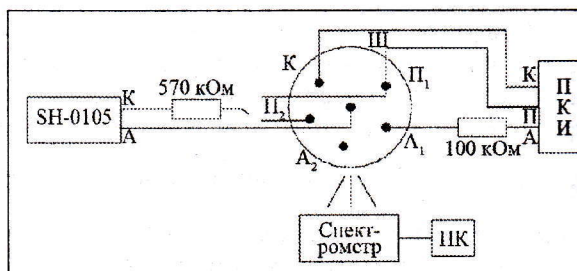


Рис. 1. Схема рабочего места

Важно отметить, что одним из основных преимуществ используемого спектрометра является быстродействие – возможность одновременно и за очень короткое время наблюдать как спектр He и Ne, так и полосы всех перечисленных выше примесных газов. Необходимость быстродействия спектрометра продиктована тем, что во время работы прибора состав примесных газов начинает быстро изменяться за счёт адсорбции на стенках и на холодном катоде. Возможность зафиксировать эти изменения позволяет дать прогноз работы прибора в течение длительного времени. Кроме того, спектрометр имеет хорошее разрешение.

Таким образом, в процессе работ по распылению титанового электрода осуществляется контроль спектров как основных, так и примесных газов. Кроме того, контролируется напряжение зажигания прибора и напряжение горения при распылении. На рис. 2 для сравнения приведены два спектра: прибора с допустимым содержанием примесей и прибора с высоким содержанием примесей.

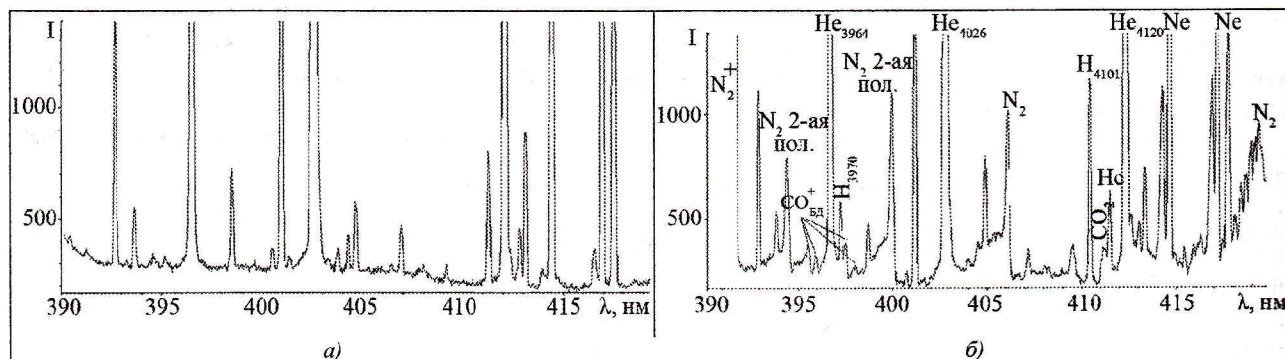


Рис. 2. Общий вид наблюдаемых спектров: а – для прибора с допустимым содержанием примесей, б – для прибора с недопустимым содержанием примесей

Для отработки выбранной методики был проведён эксперимент, показавший принципиальную возможность создания геттерирующей плёнки.

Для этого были выбраны два гелий-неоновых лазера с высоким содержанием примесных газов, в которых была напылена плотная геттерирующая плёнка [5]. Результат действия плёнки показан на рис. 3.

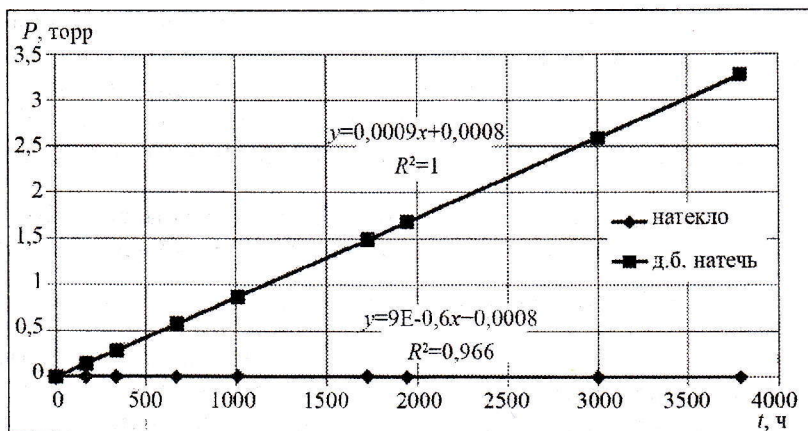


Рис. 3. Результат действия геттерирующей плёнки

Изначальное давление азота N_2 в приборе в процессе распыления было снижено с 15,7 торр до 0,0008 торр. При этом скорость изменения парциального давления примесных газов в лазере уменьшилась на 1,5...2 порядка. Поглощение натекающего азота напылённой плёнкой продолжается уже на протяжении 9 месяцев. Ёмкость данной плёнки на сегодняшний день составляет не менее $1,46 \cdot 10^{-1} \frac{\text{торр} \cdot \text{л}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$ в холодном режиме. Эти результаты послужили основанием для углублённых работ по оптимизации методики.

В процессе отработки методики были определены оптимальные ток и время распыления.

Для нашей конструкции оптимальный ток составил 0,7 мА. Дальнейшее увеличение тока ведёт к перегреву электродов и росту потерь в резонаторе (более 0,02 %), а увеличение времени распыления приводит как к росту потерь, так и изменению напряжения горения при распылении, вследствие изменения давления рабочей смеси. В процессе распыления более быстрый рост потерь и напряжения горения наблюдаются в приборах с небольшим количеством примесей, тогда как в приборах с высоким содержанием примеси потери практически не изменяются, а напряжение горения растёт медленнее. Это подтверждается результатами, полученными при распылении прибора с высоким содержанием азота (рис. 4 и 5). Несмотря на то, что распыление этого прибора производилось при токе 1 мА, а время распыления составило почти 40 мин, изменения потерь в нём не наблюдалось. Такие результаты свидетельствуют о том, что при увеличении напряжения, не превышающем 6 кВ, частицы титана не имеют достаточной скорости, чтобы долететь до зеркал резонатора, что и приводит к тому, что потери остаются неизменными.

Для данной конструкции экспериментально определено, что время, не приводящее к росту потерь выше допустимого и соответствующее напряжению горения разряда при напылении, не превышающему 10 кВ, составляет 20 мин.

График, отображающий зависимость изменения потерь от времени распыления электродов приведен на рис. 4.

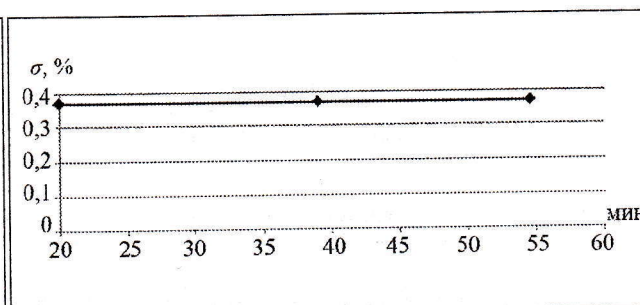
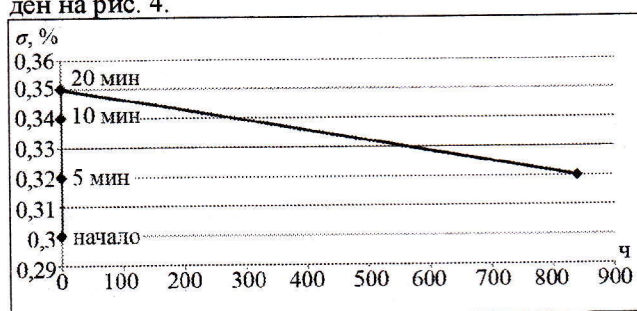


Рис. 4. Потери на основной моде в резонаторе с давлением азота 0,005 торр при распылении в течение 20 мин и токе 0,7 мА. Рис. 5. Потери на основной моде в резонаторе с давлением азота 15,7 торр при распылении в течение 36 мин и токе 1 мА.

Интересным фактом является то, что после увеличения потерь через некоторое время наблюдается обратное, что позволяет для нашего образца снизить требования по потоку натекания к приборам, которым требуется длительный срок хранения. Поскольку современные средства контроля герметичности не позволяют определить величину потока натекания менее 10–12, применение такого газопоглотителя для приборов со сроком хранения более 15 лет целесообразно, так как он снижает требование по потоку натекания до 10–12. Таким образом, мы приводим в соответствие требования аппаратуры с требованиями по сохранению.

Геттерирующая плёнка, напылённая при выбранном режиме распыления: 20 мин при токе 0,7 мА продолжает работать в течение длительного времени. На сегодняшний день её ёмкость оценивается не менее $9,59 \cdot 10^{-5} \frac{\text{торр} \cdot \text{л}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$, что позволяет для нашего образца снизить требования по потоку натекания к приборам, которым требуется длительный срок хранения. Поскольку современные средства контроля герметичности не позволяют определить величину потока натекания менее 10–12, применение такого газопоглотителя для приборов со сроком хранения более 15 лет целесообразно, так как он снижает требование по потоку натекания до 10–12. Таким образом, мы приводим в соответствие требования аппаратуры с требованиями по сохранению.

Переходя к результатам по остальным примесным газам, следует отметить, что уменьшение относительной величины парциального давления до требуемых значений наблюдается также и по остальным примесным газам.

На рис. 6 приведена зависимость парциального давления прибора в процессе его хранения, полученная в процессе регламентных работ. Первый отрезок: с 0 до 1000 ч обусловлен микронатеканием и газовыделением с внутренних стенок прибора, второй отрезок: с 1000 и далее обусловлен микронатеканием азота. Распыление имеет смысл проводить после завершения газоотделения.

Если в процессе распыления геттера поглотится большая часть примесных газов, то скорость возрастания примесных газов в объеме резонатора уменьшится, поскольку натекающие примеси будут поглощаться за счёт работы плёнки в холодном режиме. Геттерирующая плёнка способна поглотить все примесные газы, возникающие в активной среде прибора в процессе газоотделения. Кроме того, она способна обеспечить поглощение натекающих газов при скорости натекания не

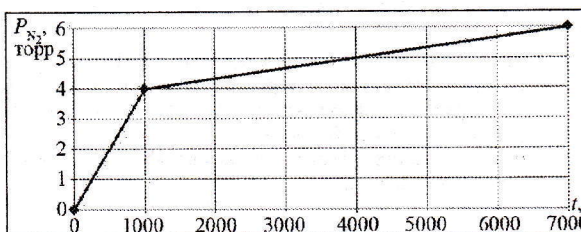


Рис. 6. График изменения парциального давления азота в резонаторе

более $10^{-12} \frac{\text{торр} \cdot \text{л}}{\text{с}}$, тогда как без плёнки допустимая скорость равна лишь $2 \cdot 10^{-13} \frac{\text{торр} \cdot \text{л}}{\text{с}}$.

- Таким образом, оценка ёмкости геттерирующей плёнки по азоту при режиме распыления 40 мин при токе 1 мА составляет $1,46 \cdot 10^{-1} \frac{\text{торр} \cdot \text{л}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$. Такая напылённая плёнка позволяет обеспечить требуемый срок хранения приборов при существующих аппаратных средствах контроля газоотделения. Для конкретной конструкции существует оптимальный режим распыления.

Литература

1. Шехмейстер Е. И. Технология производства электровакуумных приборов. М.: Высшая школа. 1992.
2. Петров В. С. и др. Основы материаловедения геттерных материалов. Физико-химические основы геттерирования газов металлами. М.: Изд-во МГИЭМ. 2006. Ч. I.
3. Theodore J. Podgorski, St. Paul Minn. Getter for a ring laser angular rate sensor. Honeywell Inc., Minneapolis, Minn. 1985. № 767. P. 693.
4. Dhirubhai Patel. Ring laser gyroscope having combined electrode and getter. West Hills, CA (US). 2001. №09/916. P. 12
5. Плешинцев Н. В. Катодное распыление. М.: Атомиздат. 1968. С. 347.

Поступила 6 декабря 2011 г.

UPTAKE OF THE IMPURITY GASES IN OTPAJANNOM THE ATOMIC LASER THE FILM OF THE TITAN RECEIVED BY THE METHOD OF THE CATHODE PULVERIZATION

© Authors, 2012

V. E. Brugger, I. I. Savelyev, E. V. Suhov, E. P. Prolejko, L. D. Mash, N. I. Pchelintseva

In the present operation the sprayed getter from the titan, put by a method of the cathode pulverization which does not demand high temperatures is considered, but creates a film of comparable or higher strength. The similar method was applied Honeywell in 1985. However in a construction of firm Honeywell working anodes of discharge gaps that gave in decrease of term of their service were sprayed. As against firm Honeywell in our construction for the cathode pulverization the specialized electrodes were used. Due to this, untouched there were working anodes and the cathode, and also the probability of carrying out of particles of the titan has decreased for mirrors.

For the solution of a question on an opportunity of application of the given expedient the special laboratory workplace designed. The workplace represents the device for the check of a composition of a gas intermixture of the resonator - spectrometer Andor SR-750-A, the personal COMPUTER on the basis of processor Intel Pentium 4 with quantity of the RAM 1 Гb for a deduction and the further analysis of the received spectrums, and also two power supplies.

It is important to note, that one of the basic advantages of a used spectrometer is speed - an opportunity simultaneously and for very short time to observe both spectrum He and Ne, and strips of all listed above impurity gases.

The estimate of capacity getteryrinds film on nitrogen at a mode of a pulverization of 40 minutes at a current 1 мА has shown, that it makes $1,46 \cdot 10^{-1} \frac{\text{торр} \cdot \text{л}}{\text{с} \cdot \text{см}^2}$ also such suche a film allows to provide a required period of storage of devices at existing hardware of the check газоотделения. For each concrete construction there is an optimum mode of a pulverization.