

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ ПРИМЕСНЫХ ГАЗОВ В НЕ-НЕ ЛАЗЕРЕ ПЛЁНКОЙ ТИТАНА, НАНЕСЁННОЙ МЕТОДОМ «КАТОДНОГО РАСПЫЛЕНИЯ»

В.Э. Бруггер¹, И.И. Савельев¹, Э.П. Пролейко², Л.Д. Маш²

¹Московский государственный институт электроники и математики, ²ФГУП НИИ «Полюс» им. М. Ф. Стельмаха.

E-mail: artressinner@gmail.com, i.saveliev@gmail.com

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. Его недостатком является необходимость высокой температуры для обезгаживания (до 600 градусов) и распыления (до 1200 градусов). Альтернативой являются таблеточные газопоглотители из пористого титана, но их недостатком является низкая устойчивость к механическим воздействиям [2].

В настоящей 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 году [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 уменьшился вынос частиц титана на зеркала [4].

Нами был проведён эксперимент, показавший принципиальную возможность геттерирующей плёнки.

Для этого были выбраны 2 гелий-неоновых лазера с высоким содержанием азота (15,7 торр) и водорода, в которых была напылена плотная геттерирующая плёнка [5]. Результат действия плёнки показан на рисунке 1.

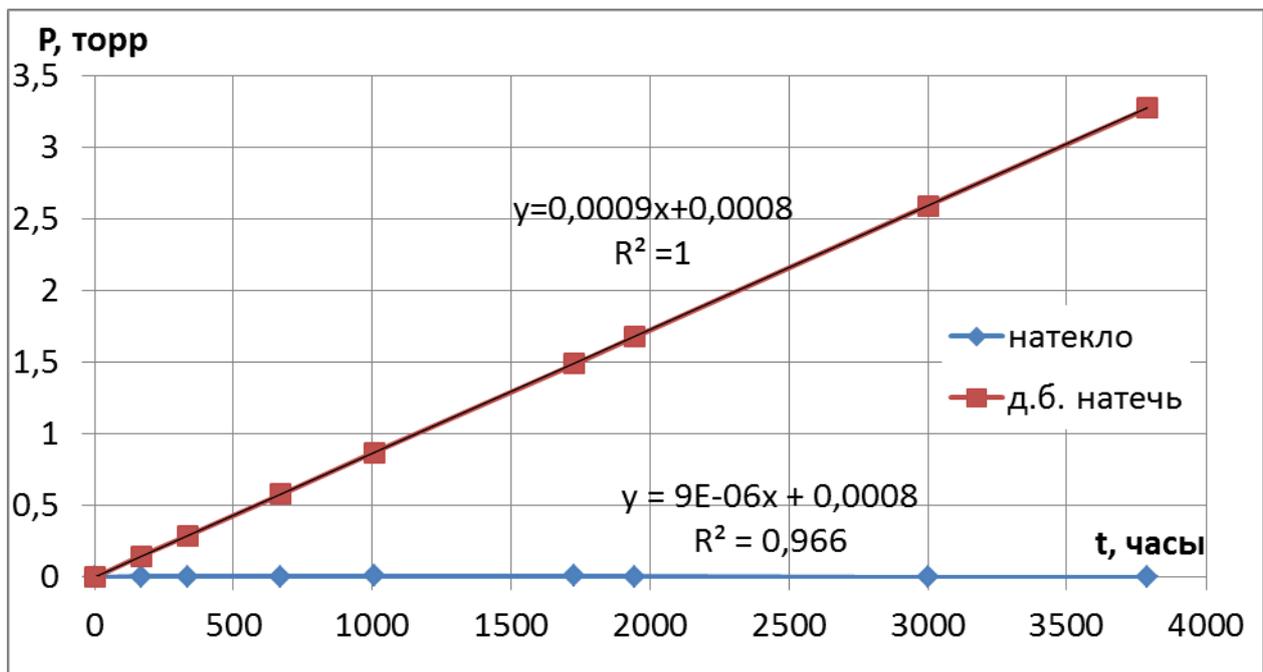


Рис. 1. Результат действия геттерирующей плёнки.

Изначальное давление азота N_2 в приборе в процессе распыления было снижено с **15,7** торр до **0,0008** торр. При этом поток натекания в лазере уменьшился на 2 порядка, что соответствует увеличению прогнозируемого времени жизни прибора в ~ 72 раза. Поглощение натекающего азота напылённой плёнкой продолжается уже на протяжении 9 месяцев. Ёмкость данной плёнки на сегодняшний день составляет не менее $1,46 \cdot 10^{-1} \frac{\text{торр}\cdot\text{л}}{\text{см}^2}$ в холодном режиме при скорости поглощения $2,39 \cdot 10^{-7} \frac{\text{торр}\cdot\text{л}}{\text{с}\cdot\text{см}^2}$. 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 значительному росту потерь в резонаторе (более **0,02 %**), а увеличение времени распыления приводит как к росту потерь, так и к напряжению горения при распылении (до 10 кВ через время более 30 минут). В процессе распыления более быстрый рост потерь и напряжения горения наблюдаются в более «чистых» приборах, тогда как в приборах с высоким содержанием примеси потери практически не изменяются, а напряжение горения растёт медленнее. Экспериментально определено, что время, не приводящее к росту потерь выше допустимого и соответствующее напряжению горения разряда при напылении, не превышающему **10 кВ**, составляет **20** минут.

На сегодняшний день количественный анализ полученной при таком режиме распыления плёнки не закончен. Поглощённое количество азота на 9.09.11 составляет $9,59 \cdot 10^{-5} \frac{\text{торр}\cdot\text{л}}{\text{см}^2}$ и продолжает расти со скоростью

натекания в экспериментальном приборе, которая составляет величину $6,52 \cdot 10^{-12} \frac{\text{торр}\cdot\text{л}}{\text{с}\cdot\text{см}^2}$.

Переходя к результатам, следует отметить, что уменьшение относительной величины парциального давления до требуемых значений наблюдается также и по остальным примесным газам. В данном случае в 10 раз по СО и СО₂ и в 5 раз по Н₂.

Оказалось, что в разных приборах процесс идёт неодинаково. Наблюдается увеличение относительной величины парциального давления и её спад.

Предположительно это может быть связано с некачественной пайкой электродов, когда работает не только поверхность титана, но и затекший припой, который из-за низкой температуры плавления распыляется гораздо легче, чем титан.

Таким образом, в результате распыления срок сохраняемости малогабаритных приборов может быть увеличен в несколько раз.

Выводы:

1. Оценка ёмкости геттерирующей плёнки на сегодня составляет не менее $1,46 \cdot 10^{-1} \frac{\text{торр}\cdot\text{л}}{\text{с}\cdot\text{см}^2}$.

1. Скорость поглощения на сегодня составляет не менее $2,39 \cdot 10^{-7} \frac{\text{торр}\cdot\text{л}}{\text{с}\cdot\text{см}^2}$.

2. Для конкретной конструкции существует оптимальный режим распыления.

3. Для качественного распыления крайне необходимо изготовление электродов из качественных материалов с высоким качеством обработки и пайки.

1. Е.И.Шехмейстер. Технология производства электровакуумных приборов. – М, Высшая школа, 1992.

2. В.С.Петров, Д.В.Быков, О.И.Кондрашова, В.В.Васильевский, А.Б.Соколов. Основы материаловедения геттерных материалов. Часть I. Физико-химические основы геттерирования газов металлами. – М, 2006.

3. Theodore J. Podgorski, St, Paul, Minn. Getter for a ring laser angular rate sensor. – Honeywell Inc., Minneapolis, Minn, №767,693, Aug. 21, 1985.

4. DhirubhaiPatel. Ring laser gyroscope having combined electrode and getter. – West Hills, CA (US), №09/916,612, Jul. 27, 2001.

5. Н.В.Плешивцев. Катодное распыление. – Атомиздат, 1968, с. 347.