

УДК 681.7.026.6

## НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК ДЛЯ ИОННОГО АССИСТИРОВАНИЯ

В. С. ТОМАЛЬ<sup>1</sup>, Н. К. КАСИНСКИЙ<sup>1+</sup>, И. А. ИВАНОВ<sup>2</sup><sup>1</sup> РУП «Оптическое станкостроение и вакуумная техника», ул. Филимонова, 25, 220114 г. Минск, Беларусь.<sup>2</sup> УО «Белорусский национальный технический университет», ул. Франциска Скорины, 25, корп. 3, 220114 г. Минск, Беларусь.

*Предложен способ получения тонкопленочных беспористых покрытий с плотной структурой и высокой абразивной стойкостью без применения нагрева подложек до 300 °С с использованием метода ионного ассистирования.*

### Введение

При традиционной технологии нанесения вакуумных оптических покрытий необходим нагрев подложек до 300 °С, так как это позволяет получить необходимый показатель преломления и достаточную адгезию пленки к подложке. Однако, это удлиняет технологический процесс из-за времени, необходимого для нагрева подложек перед процессом нанесения покрытий и охлаждения их перед выгрузкой из вакуумной камеры. Пленка при данной технологии имеет пористую столбчатую структуру, которая поглощает пары воды из атмосферы, что приводит к таким негативным явлениям, как сдвиг полосы пропускания фильтров, изменениям спектральных характеристик покрытий с течением времени (так называемое «старение» пленок).

Приведенные недостатки отсутствуют при использовании метода ионного ассистирования, суть которого состоит в обработке ионным пучком наносимого покрытия в вакууме, что позволяет получать показатели преломления близкие к теоретическим, беспористые пленки с плотной структурой и высокой абразивной стойкостью, которые устойчивы к атмосферным воздействиям. Кроме того, указанный метод не требует нагрева подложек, что повышает производительность вакуумного оборудования и удешевляет процесс нанесения пленок за счет экономии электроэнергии при мощности нагревателя до 6 кВт.

### Сущность метода и особенности конструкции низкоэнергетического источника ионного ассистирования «Аида»

В ряде работ [1–4] описаны свойства пленок,

полученные из различных пленкообразующих материалов (ПОМ).

Для решения задачи получения вакуумных оптических покрытий с улучшенными эксплуатационными характеристиками был разработан низкоэнергетический ионный источник «Аида» [5].

Одним из главных требований, которое предъявлялось к конструкции данного ионного источника, состояло в необходимости ионной обработки всей площади подложкодержателя вакуумной установки во время процесса термического испарения ПОМ в вакууме. Ионный источник диаметром 130 мм и длиной 140 мм легко располагается на нижней плите вакуумной камеры, причем, вращение подколпачной арматуры и ось ионного источника параллельны. Из внутрикамерной оснастки демонтируется электрод ионной очистки тлеющим разрядом, так как источник «Аида» позволяет производить ионную очистку перед нанесением пленок.

Источник позволяет генерировать поток ионов инертных и активных газов (аргон, кислород, азот или их смеси) с величиной ионного тока 0,5–0,7 А при средней энергии ионов 40–80 эВ и рабочем вакууме  $8 \cdot 10^{-3}$  –  $8 \cdot 10^{-2}$  Па.

Устройство источника представлено на рис. 1–3 (вариант выполнения с дополнительным источником магнитного поля).

Анод 1 источника выполнен тонкостенной трубкой из нержавеющей стали и представляет собой тороид с внутренним диаметром, превышающим диаметр отверстия второго полюсного наконечника 2. Трубчатая тороидальная конструкция с помощью водопроводной воды эффективно обеспечивает отвод тепла от анода, что позволяет увеличить мощность ионного источника.

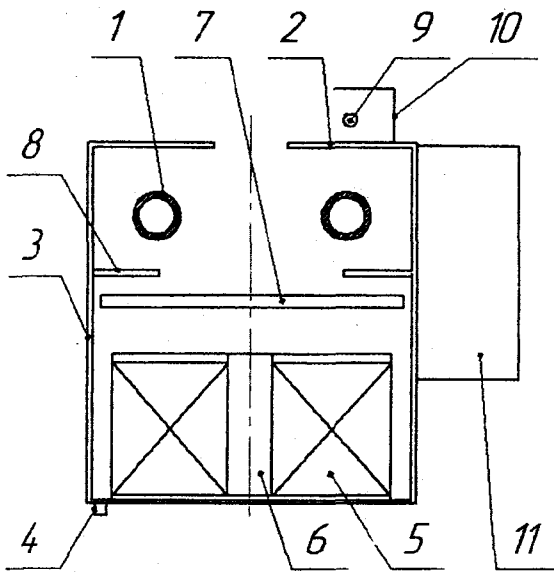


Рис. 1. Ионный источник

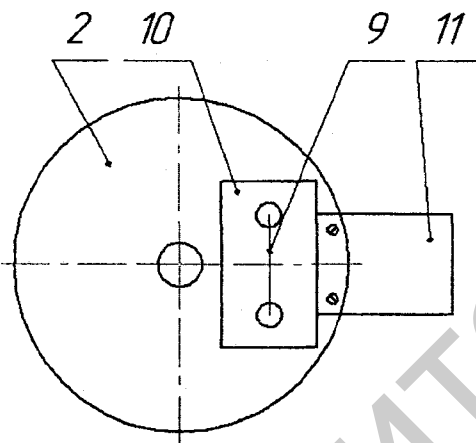


Рис. 2. Ионный источник — вид сверху

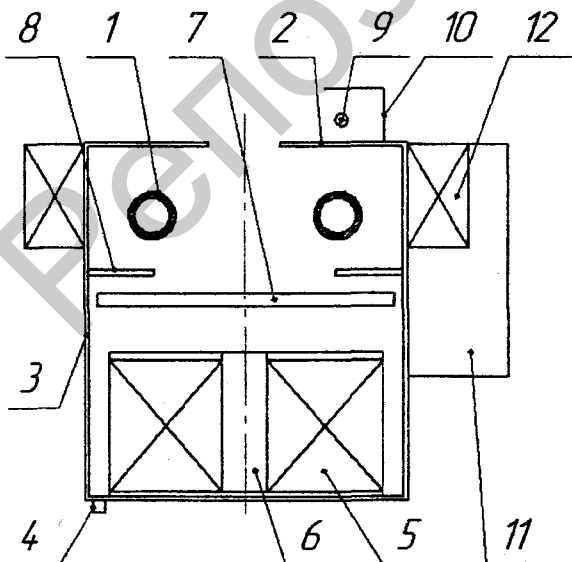


Рис. 3. Ионный источник с дополнительным источником магнитного поля

Ввод рабочего газа в корпус источника осуществляется через штуцер 4, который установлен в отверстии основания корпуса между его стенкой и катушкой 5. Сверху на катушке 5 с первым полюсным наконечником 6 закреплена с помощью изоляторов круглая пластина 7, которая образует кольцевой зазор с внутренней стенкой корпуса 3.

Над пластиной 7 к стенке крепится кольцо 8 своей внешней образующей. Пластина 7 и кольцо 8 образуют между собой горизонтальную щель для поступления рабочего газа в разрядную область ионного источника.

Катод 9 жестко закреплен на крышке корпуса источника параллельно ей и вынесен за пределы отверстия наконечника 2 и закрыт экраном 10, кроме стороны, обращенной к зоне распространения ионного пучка. Боковой экран 11 закрывает вводы воды и токоввод анода.

Рабочий газ вводится через штуцер 4. Большой объем под пластиной 7 позволяет обеспечить равномерность подачи всего газа между пластиной 7 и кольцом 8 по всему периметру кольцевой щели в разрядную область внутри анода 1, что позволяет уменьшить рабочее давление в вакуумной установке во время процесса ассистирования.

Кольцо 8 находится вне области магнитного поля и поэтому не происходит газового разряда между кольцом 8 и анодом 1, при этом анод не оказывает влияния на равномерность подачи рабочего газа.

Выполнение анода 1 тороидальной формы с внутренним диаметром, превышающим диаметр второго полюсного наконечника 2, приводит к уменьшению плотности плазмы над пластиной 7 и перераспределяет ее в аксиальном направлении в сторону катода 9, сохраняя совокупную возможность плазмы генерировать такие же по величине ионные пучки.

Это позволяет существенно снизить распыление металлической пластины 7, как основного источника загрязнений тонкопленочных покрытий при ионном ассистировании.

Анод 1 также подвержен в меньшей степени эрозии ионным пучком из-за его удаленного расположения от зоны с сильным магнитным полем, а также уменьшения площади поверхности, обращенной к разрядной области и экранирования его вторым полюсным наконечником, что препятствует прямому попаданию загрязнений на оптические покрытия.

Для исключения загрязнения, вызываемого катодом 9, он размещен на верхней крышке корпуса и вынесен из зоны распространения ионного пучка, что значительно уменьшает эрозию. Тем самым продлевается срок службы катода. Экран 10 над катодом препятствует попаданию атомов вольфрама катода на напыляемую оптическую поверхность.

Расстояние катода 9 и наличие экрана 10 позволяет электронам, излучаемым в результате

термоэлектронной эмиссии, поддерживать разряд между катодом и анодом, нейтрализовать ионный пучок источника и исключить эрозию катода ионным пучком.

Между экраном 11 и вводом воды и анодного напряжения, находящимся под положительным потенциалом, создается темное катодное пространство, защищая от возникновения между вводом и корпусом вакуумной камеры (отрицательный потенциал) нежелательного газового разряда.

Вторая катушка 12 (рис. 3), расположенная вне корпуса источника и соосно катушке 5, позволяет проводить технологический процесс нанесения многослойных оптических покрытий с ионным ассистированием при более высоком вакууме (до  $10^{-5}$ ... $10^{-6}$  Па) и дополнительно производить ионизацию рабочего газа в верхней разрядной области.

## Заключение

Предложен способ нанесения покрытий с использованием метода ионного ассистирования, который позволяет получать тонкопленочные вакуумные покрытия с показателем преломления

1,95 и группой прочности 0-1, как и при нагреве деталей до 300 °С. В отличие от нагревной технологии, когда пленки имеют пористую кристаллическую структуру, нанесение покрытий ионным ассистированием позволяет получать аморфную плотную структуру с высокой абразивной стойкостью.

## Литература

1. Martin, P.J. Ion-beam-assisted deposition of thin films / P.J. Martin, H.A. Macleod, R.P. Netterfield, C.G. Pacey, W.G. Sainty // Applied Optics. – 1983. – Vol. 22. – Issue 1. – P. 178–184.
2. Martin, P.J. Ion-assisted thin films deposition / Martin P.J. // Vacuum. – 1986. – Vol. 36. – Issue 10. – P. 585–590.
3. Kennemore, Ch.M. Ion beam processing for coating  $MgF_2$  onto ambient temperature sbbstrates / Ch.M. Kennemore, U.J. Gibson // Applied Optics. – 1984. – Vol. 23. – Issue 20. – P. 3608–3611.
4. Bovard, B.G. Ion-assisted processing of optical coatings / B.G. Bovard // Thin Solid Films. – 1991. – Vol. 206. – Issues 1–2. – P. 224–229.
5. Ionic source: pat. 195 39 141 of Germany, H osj 27 (02 / M. Falz, R. Wilberg, V.F. Supreaynovich, N.K. Kassinski, V.S. Tomal; potentinhaber VTD Vakuumtechnik Dresden GmbH, – № 950242; anmeldetag 24.08.1995, offenlegungstag 12.12.1996.

---

Tomal V. S., Kasinsky N. K., and Ivanov I. A.  
**Low-energy source for ion assisting.**

A process for producing thin-film nonporous surfaces with compact structure and high abrasion resistance without heating the substrate up to 300 °C using the ion assisting.

*Поступила в редакцию 05.02.2013.*

© В. С. Томаль, Н. К. Касинский, И. А. Иванов, 2013.