Archive of SID

مقاله نامه هفتمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه مازندران
۲۰و۲۱ آبان ۱۳۹۴

طراحی کارکردی اولیه محفظه لایه نشانی برای آینه تلسکوپ رصدخانه ملی ایران

مهدی‌زاده، سجاد[۱و۲]؛ خسروشاهی، حبیب[۱]؛ مشفق، علیرضا[۲و۳]

[۱] پژوهشکده نجوم، پژوهشگاه دانشهای بنیادی
[۲] دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف
[۳] پژوهشکده نانو، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

در این تحقیق مطالعه و طراحی مفهومی محفظه لایه نشانی برای نشاندن لایه آلومینیوم روی زیرلایه شیشه سرامیک Zerodur رصدخانه ملی ایران، که در آغاز به یک تلسکوپ ۳/۴ متری مجهز خواهد بود، ارائه می شود. در این محفظه استوانه ای شکل از پایین باز میشود و حجم آن در حدود m^3 ۴۰ و قطر آن در حدود ۴ m است. به ترتیب سه پمپ پخشی، روتس و روغنی تمیز به طور سری کار میکنند تا محفظه را تا فشار نهایی 10^{-7} تور خلأ کنند. لایه آلومینیوم به روش تبخیری و توسط حدود ۸۰ فیلامان که بر روی حلقه مربوطه در بالای محفظه نصب شده اند، بر روی زیرلایه نشانده میشود.

A conceptual design of the coating chamber for mirror telescope of the Iranian National Observatory

Mahdizadeh, Sajjad[1,2]; Khosroshahi, Habib[1]; Moshfegh, Alireza[2,3]

[1] School of Astronomy, Institute for Research in Fundamental Physics;
[2] Physics Department, Sharif University of Technology;
[3] Nano Institute, Sharif University of Technology

Abstract

In this paper, we have studied and designed concept of a coating chamber to deposit Aluminum layer on Zerodur ceramic-glass substrate. It is used for 3.4m mirror telescope of the Iranian National Observatory. Access to this chamber can be obtained from a door located in the bottom. Volume of this cylindrical chamber was suggested about $40m^3$ with diameter of about 4m. Three namely diffusion, roots and clean mechanical pumps in series were considered to evacuate the chamber to an ultimate pressure of 10^{-7} torr. Aluminum coating can be formed by utilizing about 80 filaments installed on a ring placed on the top of the chamber, applying evaporation technique.

مقدمه

امروزه بزرگترین تلسکوپ های دنیا از نوع بازتابی هستند، چرا که تنها در این نوع است که کنترل دقیق شکل آینه و جبران افتادگی آن تحت تاثیر جاذبه، میسر است. ساخت چنین آینه ای با انتخاب یک زیرلایه مناسب آغاز شده، پس از تراش دقیق و صیقل دادن نوبت به تبدیل زیرلایه به آینه فرا میرسد. در گذشته آینه ها را از فلز میساختند یا که شیشه را جیوه یا نقره اندود میکردند. لیکن امروزه برای آینه های بسیار بزرگ با ابعاد چند متر و چند ده متر، نیاز به استفاده از فناوری خلأ و لایه نشانی به روش تبخیری یا کندوپاش برای تولید پوششی با کیفیت ضروری است. از طرفی کیفیت آینه به مرور زمان افت میکند، و یکی از تجهیزات جانبی

شکل ۱) تصویر محفظه لایه نشانی تلسکوپ WHT، عکس از نگارنده

www.SID.ir

Archive of SID

هر رصدخانه ای کارگاه لایه نشانی آن است که معمولا کار لایه نشانی را هر سال یا هر دو سال یک بار تکرار میکند.

تلسکوپ ملی ایران، تلسکوپی بازتابی با قطر آیینه اصلی ۳.۴ متر و طراحی فکوس کاسگرین[1] است. کار مکان یابی این طرح در دهه ۸۰ انجام شد و پس از بررسی های فراوان قله گرگش به ارتفاع ۳۶۰۰m در منطقه قمصر شهرستان کاشان از استان اصفهان برای احداث رصدخانه مناسب تشخیص داده شد. بستر شیشه ای آینه در حال حاضر آماده شده است و عملیات باز آینه کردن آینه تلسکوپ آن قرار است در کارگاه آن در کنار رصدخانه انجام و به طور مداوم تکرار شود.

طراحی مفهومی در سطحی است که کلیت طراحی را مشخص کند. در این مرحله شمای کلی کار مشخص میشود و جزئیات و نقشه ها در مراحل بعدی طراحی شامل اولیه و جزئی تولید خواهند شد. کارهایی از قبیل انتخاب روش ها و شکستن سامانه به زیرسامانه ها و انتخاب بخش های هر زیرسامانه از کارهای این مرحله از طراحی است. این طراحی مفهومی از دو بخش طراحی محفظه و طراحی فرآیند تشکیل میشود. و این مرحله از طراحی خود برا دو سند الزامات طراحی، که نیازها و قیود طراحی را بیان و مشخص میکنند، بر میخیزد. در ادامه به طراحی مفهومی محفظه پرداخته میشود.

برخی دیگر از محفظه های لایه‌نشانی تلسکوپ در دنیا

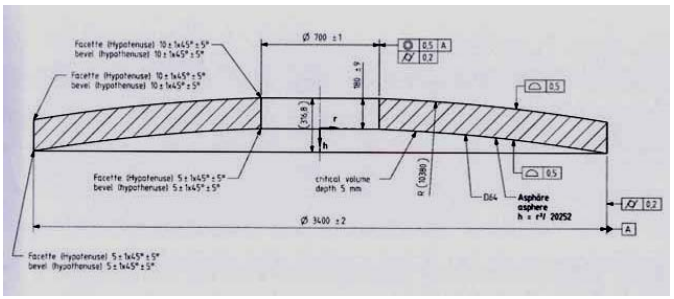
برای لایه نشانی آینه تلسکوپ های بزرگ از دو روش رایج تبخیری و کندوپاش بهره گرفته میشود. معمول ترین جنس لایه آلومینیوم است و از ابتدا این کار با روش تبخیری انجام میشد. اما در چند دهه اخیر عمل لایه نشانی توسط روش کندوپاش و اغلب برای تولید لایه های غیر آلومینیوم بکار گرفته شد. در جدول ۲ مروری بر مشخصات محفظه، ابعاد تلسکوپ و پارامترهای آلومینیوم اندود کردن چند تلسکوپ بزرگ و معروف مشاهده می شود.

جدول ۲) داده های چندین محفظه لایه نشانی از میان تلسکوپ های معروف

نام تلسکوپ	کشور	قطر آینه	ابعاد محفظه(m) قطر*ارتفاع	تعداد فیلامان	آهنگ لایه نشانی(nm/s)
DCT	آمریکا	۴.۳	۴.۲*۴.۸	۱۱۲	-
Keck	آمریکا	۱.۸	-	۵۰	۶
Subaru	آمریکا	۸.۳	۹*۱۰	۳۰۰	-
SOFIA	– (هواپیما)	۲.۷	۴.۹*۴.۳	۶۰	۷.۵
WHT	اسپانیا	۴.۲	۴.۱*۴.۵	-	۱.۱
CFHT	آمریکا	۳.۶	-	۱۱۴	۲.۷
CTIO	آمریکا	۴.۱	۴.۳*۳.۶	۱۰۴	۴.۳

معرفی آینه اصلی تلسکوپ رصدخانه ملی ایران

آینه اولیه این تلسکوپ از جنس شیشه سرامیک Zerodur، تولید کارخانه Schott آلمان است. شکل هندسی و ابعاد آینه را در شکل ۱ مشاهده میکنید. مختصری از خواص اپتیکی، مکانیکی و گرمایی آن نیز در جدول ۱ قابل مشاهده است.



شکل ۲) هندسه و ابعاد آینه تلسکوپ رصدخانه ملی ایران

جدول ۱) برخی از خواص مهم شیشه سرامیک Zerodur [3]

خاصیت/ پارامتر	نماد	مقدار	توضیحات
مدول یانگ	E	90 GPa	@ 20C
چگالی	ρ	2.53 (gr/cm^3)	
ظریب انبساط حرارتی	K	$4.2+-0.3*10^{-8}\,K^{-1}$	@ 0 to 50C
ضریب رسانش گرمایی	λ	1.46 W/m.K	@ 20C
نسبت پواسون	ν	0.243	
سختی نوپ	Kn	620	ISO9385
قطر آیینه	d	340 cm	
وزن آیینه	W	4 tons	

طراحی مفهومی سامانه محفظه لایه نشانی

1) Cassegrian Focus

www.SID.ir

Archive of SID

در دنیا برای لایه نشانی چنین زیرلایه بزرگی از هردو روش تبخیری و کندوپاش استفاده شده و میشود. به طور خاص درباره آلومینیوم، با توجه به سهولت و کیفیت بالای لایه تولید شده توسط روش تبخیری، به نظر میرسد که نیازی به پیچیدگی و هزینه بالای روش کندوپاش نباشد. به طور خاص به حرکت در آوردن زیرلایه یا کاتد کندوپاش با چنین ابعاد و وزنی، کار ساده ای نخواهد بود. همچنین این احتمال وجود دارد که با چسبندگی بالای روش کندوپاش، پاک کردن مدام لایه و لایه نشانی مجدد آن به مرور زمان سطح زیرلایه را نیز تغییر دهد و موجب افت کیفیت گردد. روش تبخیری که امروزه به کار برده میشود روش بهینه شده روش قدیمی این کار است که توسط آقای استرونگ در امریکا مطرح شد. [6,7]

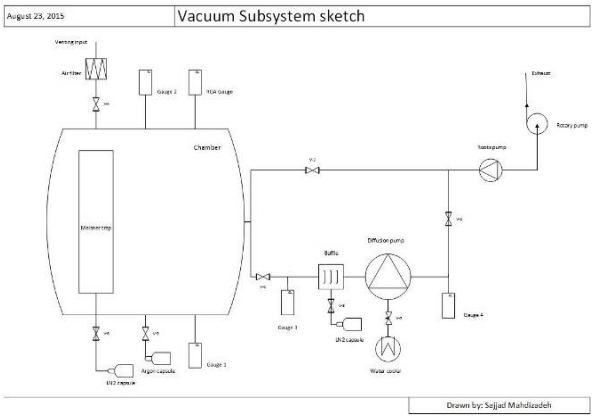
سامانه لایه نشانی از شش زیرسامانه تشکیل میشود که عبارت اند از: خلأ، لایه نشانی، کنترل، تغذیه، تخلیه الکتریکی و محفظه. در ادامه متن برخی نکاتی که در طراحی هر یک از زیرسامانه ها اهمیت پیدا میکنند را ارائه میکنیم. زیرسامانه محفظه شامل خود محفظه و قطعات آن است. با توجه به ابعاد بزرگ محفظه و عدم نیاز به تست ها و دسترسی بالا به سطح زیرلایه، و نیز ابعاد بزرگ و نیاز به خلأ بالا، استفاده از محفظه های استوانه ای شکل بدیهی در نظر گرفته شد. در مورد محل در محفظه، با توجه به ریسک بالای چرخاندن و یا وارون کردن آینه وقتی از تلسکوپ باز میشود، لایه نشانی از سمت بالا ترجیح داده شد و بدین ترتیب، آینه باید یا با جرثقیل درون محفظه جا داده شود، و یا که در سینی محفظه جا گرفته و سپس سینی زیر قسمت بالایی محفظه ثابت شود. درباره جنس و وزن محفظه نیز استفاده از استیل ۳۰۴ توصیه میشود. محفظه قطعا انواع فلنج های لازم را برای دریچه دید، اتصالات الکتریکی و شیمیایی نیاز خواهد داشت. برای قرارگیری آینه درون محفظه، داشتن پایه های ثابت و محکمی از جنس استیل ۳۰۴ که وزن آینه را مهار کند کافی به نظر میرسد.

زیرسامانه خلأ از قطعاتی همچون پمپ ها، خلأسنج ها، شیرها، لوله ها، فلنج ها و مانند این تشکیل میشود. وظیفه این زیرسامانه تولید و حفظ خلأ بالای 10^{-7} torr مورد نیاز برای فرآیند لایه نشانی است، به نحوی که لایه نشانی با کیفیت مطلوب انجام پذیر باشد. برای این کار پمپ های خلأ بالا و پمپ های پشتیبان برای رسیدن به خلأ بالا، و نیز پمپ اولیه برای تخلیه اولیه محفظه لازم به نظر میرسد. به علت کیفیت بالای مورد انتظار از لایه، ترجیح بر این است که از پمپ های خشک استفاده شود. لذا به نظر میرسد که اسفاده از یک پمپ روتس و یک پمپ روغنی خشک به عنوان پمپ پشتیبان برای آن، به عنوان پمپ اولیه و پمپ پشتیبان برای پمپاژ خلأ بالا مناسب باشد. برای خلأ بالا، استفاده از پمپ توربو به علت هزینه بالا و سرعت تخلیه پایین، و استفاده از پمپ یونی به علت هزینه بالا و تعمیر و نگه داری دشوار نامناسب به نظر میرسد. از هردو خانواده پمپ های روغنی و سرمایشی برای خلأ بالا میتوان استفاده کرد. پمپ روغنی تنها عیب بزرگش خشک نبودن آن است که در صورت استفاده، حتما لازم است از بافل های نیتروژن مایع برای جلوگیری از برگشت روغن به محفظه استفاده کرد، و این مشکل افت شدید سرعت تخلیه را به دنبال خواهد داشت. به هرحال، این پمپ ها به نسبت ارزان هستند و تعمیر و نگه داری ساده ای دارند. پمپ های سرمایشی از سوی دیگر تمیز هستند ولی تعمیر و نگه داری کمی پیچیده تر و هزینه بالاتری را طلب میکنند. به احتمال زیاد در این زیرسامانه کار با نیتروژن مایع پیش می آید که لازم است به نکات ایمنی آن توجه کافی داشت.

برای شیرهای خلأ مورد نیاز، تعداد سیکل کاری، چفت بودن و نشت پایین و کنترل پذیری الکتریکی یا بادی شرط است. در مورد لوله ها و اتصالات در هر قسمت مدار خلأ، لازم است محاسبه شود که رسانش هر لوله و اتصال چقدر باشد. در مورد سنسور های خلأ سنجی، استفاده از دو سنسور برای گستره خلأ زبر و خلأ بالا حیاتی است. همچنین با توجه به حساسیت بالا و دشواری و هزینه تکرار لایه نشانی در صورت وجود مشکل، استفاده از سنسور آنالیزور گاز که طیف فشار جزئی گازهای داخل محفظه را بدهد، بویژه فشار جزئی بخار آب، مناسب به نظر میرسد.

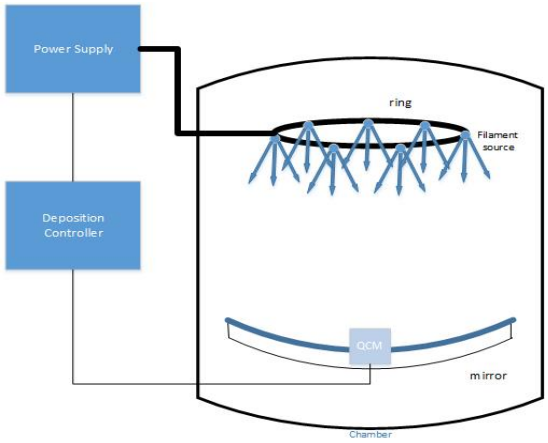
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳) شماتیک کلی سامانه خلأ

در روش تبخیری به منظور لایه نشانی آینه های بزرگ، استفاده از تعداد زیادی فیلامان توصیه میشود و البته که لازم است یکنواختی لازم در سطح آینه با نرم افزار لازم محاسبه و محل نصب و تعداد فیلامان ها به کمک آن بهینه شود. زیرسامانه لایه نشانی از تعداد زیادی فیلامان که روی یک یا چند حلقه چیده شده و در شعاع و ارتفاع مخصوص از سطح آینه نصب شده اند، سنسور کریستال کوارتز و مدار کنترلی آن، منبع تغذیه و اتصالات الکتریکی و سوییچ های الکتریکی تشکیل میشود. در شکل ۴ شمایی از چنین زیرسامانه ای را مشاهده میکنید. با توجه به کار در جریان بالا، نکات ایمنی جلوگیری از حریق بایستی در مراحل بعدی طراحی برای این زیرسامانه دیده شود. زیرسامانه کنترل وظیفه کنترل تمام کارهای محفظه از لحظه بسته شدن در تا باز شدن آنرا به عهده دارد. از انواع کنترلرها برای این بخش میتوان استفاده کرد، و نیز میتوان آنرا به تکنسین آموزش دیده ای سپرد. برای کنترل دستگاه با توجه به تکراری بودن کار در اغلب اوقات آن و دقت بالای مورد انتظار، استفاده از کنترلر دیجیتال، احتمالا یک PLC صنعتی پیشنهاد میشود. لیکن با توجه به امکان نیاز به دخالت در کار دستگاه، مثلا تکرار کاری خاص، امکان کنترل دستی دستگاه نیز لازم است. تولید پلاسما برای تمیز کردن سطح آینه، به ویژه از بین بردن هیدروکربن ها و ترکیبات آلی وظیفه زیرسامانه تخلیه الکتریکی است. این کار توسط اعمال ولتاژ بالا، از حدود چند هزار ولت، و جریانی از حدود دهم آمپر، در فشار حدود ده به قوه منهای سه تور انجام میشود.



شکل ۴) شماتیک زیرسامانه لایه نشانی. تعداد فیلامان ها و حلقه میتواند بسیار بیشتر از این باشد.

برای گاز مولد پلاسما آرگون گزینه خوبی است، و البته از خود هوا نیز میتوان استفاده کرد. لازم به ذکر است که در این زیرسامانه با توجه به کار در ولتاژ بالا، بایستی نکات ایمنی شوک الکتریکی و تجمع بار الکتریکی در مراحل بعدی طراحی دیده شود.

نتیجه گیری

در این تحقیق طراحی مفهومی برای محفظه لایه نشانی تلسکوپ ملی ارائه شد. این طراحی از شش زیرسامانه شامل محفظه، لایه نشانی، خلأ، کنترل، تخلیه الکتریکی و منبع تغذیه تشکیل شده است. به نظر میرسد که طراحی مفهومی کامل بوده و جنبه های مختلف تولید یک لایه آلومینیوم به روش تبخیری بر روی زیرلایه تلسکوپ ملی را جواب گو باشد.

مرجع ها

[1] Y. Kamata, et al; "Evaluation of the Thin Films for Mirror Coating at Subaru Telescope"; *Proceedings of SPIE vol.* **4837** (2003) 878-886
[2] W. Kindred, et al; "In Situ Aluminization of the MMT 6.5 m Primary Mirror"; *MMTO Technical report*, **03-8** (2003)
[3] Schott; *Zerodur catalog*; (June 2011)
[4] R. N. Wilson; *"Reflecting Telescope Optics, Manufacture, Testing, Alignment, Modern Techniques"* ; 2nd edition, Springer. (2001) Chapter 6
[5] S. Mahdizadeh; "Draft Requirements Document for primary mirror coating"; *INO document*; (2015)
[6] J. Strong; Evaporated Aluminium Films for astronomical mirrors; *Astronomical Society of the Pacific* **46**, (1934) 18-26
[7] J. Strong; The Evaporation process and its application to the aluminizing of large telescope mirrors; *The Astrophysical Journal* **83**, No. 5 (1936) 401-423

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله نامه هفتمین کنفرانس ملّی خلأ ایران

دانشگاه مازندران

۲۰و۲۱ آبان ۱۳۹۴

طراحی، بهینه‌سازی و ساخت پمپ کندوپاش یونی

بذرافشان، غلامرضا[۱]؛ رحیقی، جواد[۲]؛ وثوقی، ناصر [۱]؛ سیفی، امید[۲]؛ دهقانی، جعفر[۲]

[۱] تهران، دانشگاه صنعتی شریف

[۲] پژوهشگاه دانشهای بنیادین(IPM) طرح ملی چشمه نور ایران

چکیده:

این مقاله تأثیر پارامترهای مختلف پمپ کندوپاش یونی را براساس شبیه سازی پلاسما و کندوپاش بررسی می کند و سپس فرآیند ساخت پمپ کندوپاش یونی بر اساس شبیه سازی صورت گرفته ارائه خواهد شد. انتخاب پارامترها و طراحی پمپ بر اساس محاسبات و شبیه‌سازی‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و چگالی الکترون صورت گرفته است. چگالی الکترون نسبت به تغییرات شعاع سلول، ارتفاع سلول، ولتاژ آند و میدان مغناطیسی محاسبه و بهینه‌سازی شد. سرعت پمپ از جریان یونی که وابسته به چگالی الکترون است، به همراه بهره کندوپاش و احتمال جذب مولکولهای گاز تخمین زده شد و بر اساس آن، ابعاد بهینه پمپ یونی که بهترین سرعت پمپاژ را داشته باشد بدست آمد. محاسبات و شبیه سازیها نشان داد که برای ولتاژ ۳۶۰۰ ولت و میدان مغناطیسی ۰/۰۸ تسلا، سلول آند با شعاع ۸ میلیمتر و فاصله آند و کاتد برابر با ۷ میلیمتر می‌توان بیشترین سرعت پمپاژ را انتظار داشت. سپس فرآیند ساخت پمپ یونی بر اساس داده های انتخاب شده از شبیه‌سازی و با انتخاب مواد مناسب و همچنین با تمیزکاری و پخت مناسب انجام گرفت. و در پایان پس از انجام آزمایشات صورت گرفته، داده‌های شبیه‌سازی با داده‌های تجربی مقایسه گردید.

Design, optimization and construction of a sputter ion pump

Bazrafshan, gholamreza[1]; Rahighi, Javad[2]; Vosooghi, Naser [1]; Seifi, Omid[2]; Dehghani, Jafar[2]

[1]*Sharif University of technology, Tehran,*

[2]*Institute for research in fundamental sciences (IPM), Iranian Light Source Facility (ILSF)*

Abstract

Design and construction process of special kind of sputter ion pump is described briefly in this paper. In order to investigate the optimization of effective parameters in choosing and designing ILSF ion pumps, this pump has been designed and manufactured. By optimizing some parameters such as dimension and shape of penning cells, anode voltage, magnetic field and internal structure of pump, it is possible to significantly decrease the cost of construction and operation of synchrotron vacuum system. By using the results of simulations and calculations of electromagnetic field, plasma simulation or glow discharge, titanium sputtering, etc., critical parameters in design of internal structure of ion pump have been optimized. In the following configuration, the pumping has been started at 10^{-4} torr. The pressure goes down to 10^{-8}, without saturation effect in low pressures.

www.SID.ir