Archive of SID

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

سیستم خلا چشمه نور ایران

سیفی، امید ؛ بذرافشان، غلامرضا؛ اعتمادمقدم ، جواد ؛ رحیقی ، جواد

پژوهشگاه دانش های بنیادی (IPM)، طرح چشمه نور ایران (ILSF)

چکیده

چشمه نور ایران (ILSF) یک شتابگر سنکروترن از شتابدهنده های مدرن نسل سوم است که زیر نظر پژوهشگاه دانش های بنیادی (IPM) در دست ساخت می‌باشد. این مجموعه شتابدهنده شامل یک حلقه انبارش الکترون با انرژی ۳GeV است. حلقه انبارش این سیستم داری تقارن بیست گانه با گسیلندگی(nm.rad) ۰/۴۸ است. به منظور رساندن طول عمر باریکه به ۱۰ ساعت، فشار داخل محفظه خلا حلقه انبارش باید در محدده خلا بسیار زیاد (کمتر از(torr)$^{-9}$۱۰) باشد. سطح مقطع محفظه خلا حلقه انبارش، شامل دو بخش کانال الکترون و انتی چمبر است که جاذب های فوتونی و پمپ ها در آنتی چمبر نصب می‌شوند. جنس محفظه خلا آن از فولاد ضد زنگ ۳۱۶L خواهد بود که پیش از نصب، پخت خواهد شد. در این سیستم به طور کلی ۲۶۰ پمپ یونی در سیستم خلا حلقه انبارش و ۲۵۰ پمپ یونی در سیستم خلا بوستر در نظر گرفته شده است. از روش‌های مختلفی جهت محاسبه پروفایل فشار محفظه خلا حلقه انبارش و بوستر استفاده شده است. طبق محاسبات انجام شده، میانگین فشار در زمان کار در حلقه انبارش (torr)$^{-9}$ ۱۰×۱/۱۳ و در بوستر(torr)$^{-7}$ ۱۰ ×۱/۲ است.

Vacuum system of ILSF synchrotron

Seify, Omid; Bazrafshan, Gholamreza; Etemad moghadam, Javad; Rahighi, Javad
Institute for Reasearch in Fundamental sciences (IPM), Iranian Light Source Facility (ILSF)

Abstract

Iranian Light source facility (ILSF) is a modern third generation light source with an electron energy of 3(GeV) and a nominal current of 400 (mA). The facility is under construction by the Institute for research in fundamental sciences. It has a 20-fold symmetric storage ring. In the conceptual design phase it is envisaged that it should provide a 400mA beam current with 0.48 (nm.rad) emittance, covering the user's requirement [1]. In order to achieve the desired 10 hours total life time, the pressure inside the vacuum chamber of storage ring must be in ultra high vacuum range (the pressure must be lower than 10^{-9} (torr) through the vacuum chamber). The concept of antechamber accepted for the current design and foreseen lumped absorbers and lumped pumps. The vacuum chambers will be made of stainless steel 316L and will be baked out before installation (non in-situ baked). 260 ion pumps have been foreseen for the storage ring. Several methods were employed to calculate pressure profile in different working modes of storage ring. Calculations have shown that the average of pressure in storage ring under conditions of full operation will be lower than $1.13x10^{-9}$(torr) while it is $1.2x10^{-7}$ (torr) in booster ring.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

چشمه نور ایران (ILSF)، یک شتابگر سنکروترون نسل سوم است که در حال حاضر زیر نظر پژوهشگاه دانش های بنیادی (IPM) در دست ساخت است. در این مجموعه شتابدهنده یک تفنگ الکترونی RF با کاتد ترمویونیک باریکه الکترونی با انرژی ۲/۵ MeV تولید می‌کند. سپس این باریکه وارد شتابدهنده خطی شده و تا ۱۵۰MeV انرژی کسب می‌کند و از طریق خط انتقال LTB[1] وارد بوستر شده و در آنجا به انرژی ۳GeV می‌رسد. باریکه نهایی در نهایت از طریق خط انتقال BTS[2] وارد حلقه انبارش می‌شود. در حلقه انبارش، دوقطبی‌ها و ابزارهای الحاقی[3] تابش سنکروترون (اغلب اشعه ایکس) با درخشندگی بسیار زیاد تولید می‌کنند.

طول عمر و پایداری باریکه الکترونی از مهمترین پارامترهای موثر در عملکرد شتابگر سنکروترون است. از آنجا که طبق نیاز اغلب کاربران برای پایداری مناسب تابش سنکروترون، طول عمر باریکه الکترونی باید بیش از ۱۰ ساعت باشد لذا میانگین فشار لازم در محفظه باریکه الکترونی در حدود 10^{-9}(torr) می‌باشد

شبکه میدان ضعیف حلقه انبارش چشمه نور ایران بر اساس ساختار *5BA*[4] و با گسیلندگی[5] (nm.rad) ۰/۴۸ طراحی شده است. پارامترهای اصلی حلقه انبارش چشمه نور ایران در جدول ۱ نشان داده شده است.

سیستم خلا حلقه انبارش

در طراحی سیستم خلا، حلقه انبارش به ۴۰ بخش شامل ۲۰ بخش منحنی و ۲۰ بخش مستقیم تقسیم شده است. در بخش منحنی آهنرباهای الکتریکی دوقطبی، چهار قطبی و شش قطبی قرار دارد و بخش مستقیم برای قرار دادن ابزارهای الحاقی، کاواک‌های RF و تزریق‌گرها در نظر گرفته شده است. جنس محفظه خلا در حلقه انبارش از فولاد ضد زنگ L ۳۱۶ با ضخامت (mm)۲ است.

جدول ۱: مشخصات حلقه انبارش

کمیت	مقدار
انرژی باریکه	۳ (GeV)
جریان	۴۰۰ (mA)
محیط	۵۲۸ (m)
میدان مغناطیسی دوقطبی	۰/۷۵(T)
توان تابشی دوقطبی ها	۲۱۴/۷ (KW)

سطح مقطع محفظه خلا حلقه انبارش به دو بخش محفظه عبور باریکه (کانال الکترون) و آنتی چمبر (کانال فوتون) تقسیم شده است. اغلب تجهیزات خلاء مانند پمپ‌ها، جاذب‌های فوتونی، فشارسنج‌ها و ... بر روی آنتی‌چمبر نصب می‌شوند. وجود آنتی-چمبر همچنین سبب افزایش هدایت محفظه خواهد شد و سرعت موثر پمپ‌ها را افزایش خواهد داد. این دو بخش از طریق راه کوچکی که به آن شکاف[6] گفته می‌شود به هم متصل می‌شوند.

جاذب های فوتونی

جاذب فوتونی چنانکه از نامش برمی‌آید ابزاریست برای جذب اشعه‌های ناخواسته باریکه الکترونی که در اثر خمش آن و انحراف از خط مستقیم رخ می دهد. جاذب‌های فوتونی طوری در حلقه انبارش چیده شده‌اند که تمام تابش‌های ناخواسته باریکه الکترونی را جذب نمایند. توان تابشی کلی دوقطبی‌ها **۲۱۴/۷(kW)** است. حداکثر توان تابشی بر روی جاذب‌های فوتونی (kW) ۲/۲ و بیشینه چگالی فوتون تابشی (در تابش نرمال) (ph/s) 10^{16} است. طراحی و جانمایی جاذب‌های فوتونی به گونه‌ای صورت گرفت که بتوان از OFHC[7] برای ساخت آنها استفاده کرد. شکل یکی از جاذب‌های فوتونی در شکل ۱ نشان داده شده است.

[1] Linac To Booster
[2] Booster to Storage ring
[3] Insertion devices
[4] شبکه 5BA ((Five Bend Achromat lattice آرایش متناوبی از آهنرباهای الکتریکی دوقطبی، چهار قطبی و شش قطبی است که برای شتابدهنده‌های سنکروترون طراحی شده است. ویژگی مهم این شبکه گسیلندگی پایین آن است که موجب می‌شود پرتو سنکروترون حاصله درخشندگی بسیار زیاد داشته باشد.
[5] Emittance
[6] Gap
[7] Oxygen-Free High Conductivity

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱: **جاذب فوتونی** (بالا) **و فک پایینی (پایین)**.

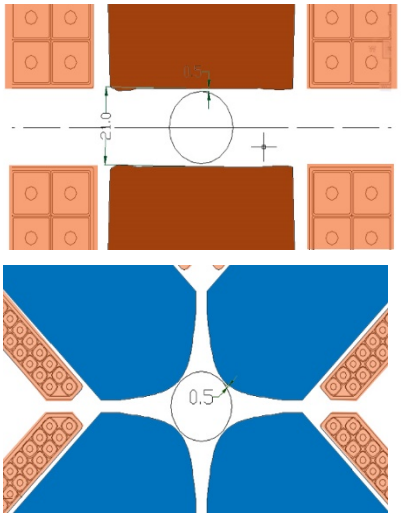
سیستم خلا بوستر

محیط حلقه بوستر ۵۰۴ متر و دارای تقارن پنجگانه است. هر بخش آن از ۱۰ بخش منحنی و ۱۰ بخش مستقیم تشکیل شده است. مشخصات کلی در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲ : مشخصات بوستر

کمیت	مقدار
انرژی تزریق	۱۵۰ (MeV)
انرژی خروجی الکترون	۳ (GeV)
نرخ تکرار دسته الکترونی	۲ (MHz)
حداکثر جریان الکترون	۵ (mA)

محفظه خلا طراحی شده برای بوستر، یک لوله بسیار بلند است که از داخل آهنرباهای دو قطبی و چهار قطبی می‌گذرد. سطح مقطع این محفظه به شکل دایروی hsj (شکل ۲). همچنین به منظور کاهش اثرات جریان‌های گردابی، ضخامت محفظه تا حد امکان کم (۱mm) در نظر گرفته شده است.



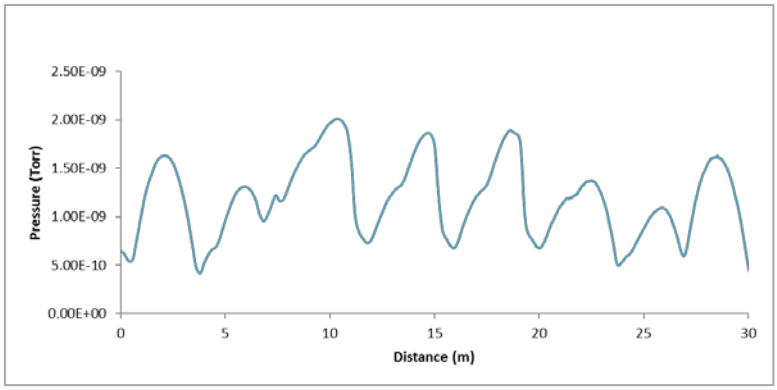
(الف)

(ب)

شکل ۲ : (الف)سطح مقطع محفظه خلا بوستر در بخش مستقیم و داخل چهارقطبی ها، (ب) سطح مقطع محفظه خلا در دوقطبی ها

پروفایل فشار

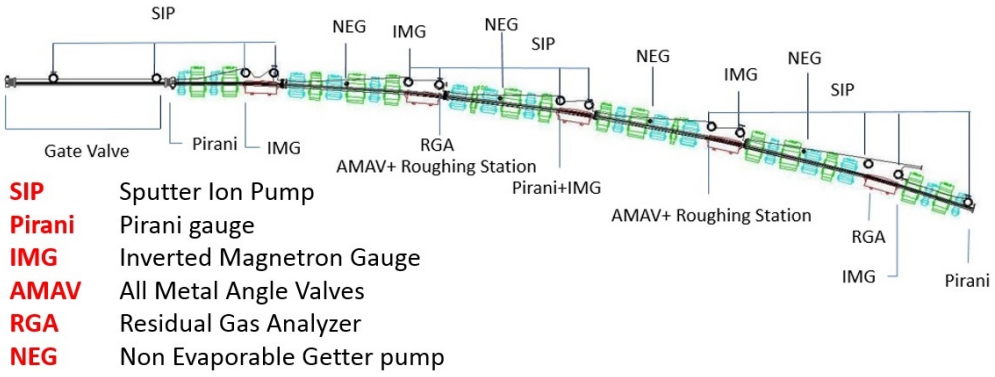
علاوه بر گازهای باقیمانده در سیستم، مولکول‌های گاز می‌توانند به روش‌های مختلفی در داخل محفظه تولید یا وارد محفظه شوند. این امر خود سبب افزایش فشار محفظه خلاء می‌گردد. بخش عمده افزایش فشار، ناشی از واجذب خودانگیخته مولکول‌های گاز از دیواره داخلی محفظه می باشد که واجذب گرمایی نامیده می شود. فشار پایه بدون وجود باریکه الکترونی، تنها با درنظرگرفتن واجذب حرارتی محفظه خلا محاسبه می‌شود. در دمای اتاق و در شرایط تعادل، همواره تعداد مولکول‌های واجذب شده از سطح ماده با تعداد مولکول‌هایی که بر روی سطح آن می‌نشینند برابر است.



شکل۴: پروفایل فشار در زمان کار در ۳۰ متر **از حلقه انبارش**

www.SID.ir

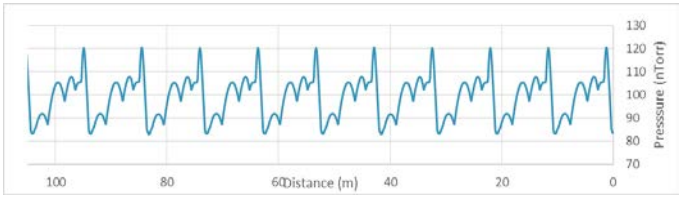
Archive of SID



شکل۶: **محل قرار گرفتن تجهیزات خلا در حلقه انبارش**

نوع دیگری از واجذب زمانی اتفاق می افتد که سطح در مقابل تابش پرتو فوتونی قرار گیرد. این نوع از واجذب، واجذب تهییجی فوتونی نامیده می‌شود. واجذب تهییجی فوتونی با استفاده از بازده واجذب تهییجی فوتونی η و تعداد فوتونهای برخورد کننده به سطح به دست می آید. بازده واجذب تهییجی فوتونی با افزایش چگالی فوتونی کاهش می یابد [۱ و۲] .

پروفایل فشار در حالت پایه حلقه بوستر نیز در شکل۵ نشان داده شده است. میانگین فشار محفظه در این حالت، (torr) $۲٫۱۵ \times ۱۰^{-۹}$ است.



شکل۵: پروفایل **فشار در۱۴ متر از حلقه بوستر**

تجهیزات سیستم خلاء

به منظور کاهش فشار سیستم تا (torr) $۱۰^{-۶}$ از یک مجموعه پیش پمپ سیار شامل یک پمپ خشک برای رسیدن از فشار جو به فشار (torr) $۱۰^{-۲}$ و یک پمپ توربو استفاده می‌شود. پمپ های یونی نیز فشار را تا خلا نهایی پایین می‌آورند.

طراحی سیستم خلا به گونه‌ای است که بیشترین سرعت موثر پمپ در نزدیکی دوقطبی‌ها که بیشترین توان تابشی و در نتیجه بیشترین واجذب را ایجاد می‌کنند وجود داشته باشد.

از فشارسنج های پیرانی جهت اندازه گیری فشار در محدوده خلا کم تا (torr) $۱۰^{-۳}$ استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری فشار در محدوده خلا بسیار زیاد از فشارسنج های یونی می‌توان استفاده کرد. فشار جزئی گازهای اطراف حلقه انبارش نیز با استفاده از آنالیزگر گاز باقی مانده (RGA)[۸] انجام می‌شود. از این وسیله می‌توان به منظور مشخص نمودن نقاط نشتی و همچنین پیش‌بینی احتمال شکسته شدن خلا در سیستم استفاده نمود. در شکل ۶ مکان پمپ ها، ادوات و شیرهای خلا در حلقه انبارش نشان داده شده است.

منابع:

[۱] E. Huttle et al. “Layout of the Absorbers for the Synchrotron Light source ANKA”, PAC’99.
[۲] C. Herbeaux et al. “Photon stimulated desorption of an unbaked stainless steel chamber by 3.75 keV
[۳] CAS course, *Vacuum in Accelerators* (CERN, 2006).

[8] Residual gas analyzer

www.SID.ir