مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه شهید چمران اهواز
۱۶ و ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲

بررسی اثر فعالسازی پمپ یونی اسپاتری بر خلأ UHV در تقویت کننده مایکروویو

مردانی، داریوش[۱]

[۱]گروه فیزیک دانشگاه پیام نور فریمان، خیابان سد، دانشگاه پیام نور فریمان

چکیده

تقویت کننده مایکروویوی وسیله ای است که باعث تقویت موج الکترومغناطیسی ورودی و تبدیل آن به موجی با توان بالاتر می شود. این فرآیند در محیط خلأ انجام شده و جهت تهیه این محیط به ترتیب از پمپ های روتاری، توربو مولکولی و دو نوع پمپ یونی اسپاتری با عملکردی مشابه و اندازه های متفاوت استفاده شده است. پمپ یونی اول متصل به سیستم خلأ و پمپ یونی دوم متصل به خود تقویت کننده مایکروویو می باشد. پس از جداسازی تقویت کننده مایکروویوی از سیستم خلأ، پمپ یونی متصل به آن وظیفه دارد خلأ موجود در آن را حفظ کند. غالباً پس از فعالسازی هر کدام از دو پمپ یونی مذکور، اتمسفر خلأ درونی تقویت کننده دچار تغییر شده و باعث تحول فشار محیط می گردد. در این تحقیق اثرات این عمل بر محیط خلأ مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که عواملی همچون وجود نشتی در سیستم خلأ، محل نصب پمپ یونی، سرعت پمپاژ و دفع گاز از جداره مواد بر فشار محیط اثر گذاشته که وجود نشتی به عنوان مهمترین عامل شناخته شد. در نهایت نتایج آزمایش برای سه تقویت کننده مایکروویوی مختلف بررسی گردید.

The role of sputter ion pump activation on UHV vacuum in microwave amplifier

Mardani, Dariush[1]

[1]*Physics Department, Fariman Payamenoor University, Sad street*

Abstract

Microwave amplifier amplifies an electromagnetic wave to another higher power electromagnetic wave. This process is done in a vacuum atmosphere and for producing this atmosphere, a rotary pump, a turbo molecular pump and two sputter ion pumps with identical applications but different sizes are used. The first ion pump is connected to vacuum system and the second one is connected to amplifier. After pinching off the amplifier from vacuum system, the second ion pump should keep the vacuum unchanged. Almost after activation of each one of ion pumps, inner vacuum changes. In this research the effects of this action to vacuum atmosphere are studied and it was detected that vacuum system leak, place of the ion pump, pumping speed and degassing change the atmospheric pressure and vacuum system leak is known as the main reason. Finally the results of examination were done for three different types of microwave amplifiers.

Archive of SID

مقدمه

اولین تقویت کننده مایکروویوی در سال ۱۹۳۰ میلادی در انگلیس ساخته و سپس در ساخت و توسعه سیستم های راداری در خلال جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفت. در سالهای اخیر قطعات نیمه هادی به طور فزاینده ای جایگاه تقویت کننده های مایکروویوی را پر نموده و مزایای متعددی نیز دارند، ولی هنوز هم برای تولید توانهای بسیار بالا (۱۰ کیلو وات تا ۱۰ مگا وات) و فرکانسهای بالاتر از امواج میلی متری (۱۰۰ گیگاهرتز و بالاتر) از آنها استفاده می شود[۱]. اتمسفر درون تقویت کننده های مایکروویوی شدیداً وابسته به فشارهای پایین و در محدوده خلأ فرابالا می باشد. کوچکترین افزایش فشار در این محیط باعث کارایی ضعیف این وسایل می گردد.

پس از طی مراحل مختلف و رسیدن به خلأ در محدوده $۱۰^{-۷}$ میلی بار، پمپ یونی سیستم خلأ روشن می شود. اساس کار این پمپهای یونی بدین نحو است که مولکولهای گاز به شکل یون

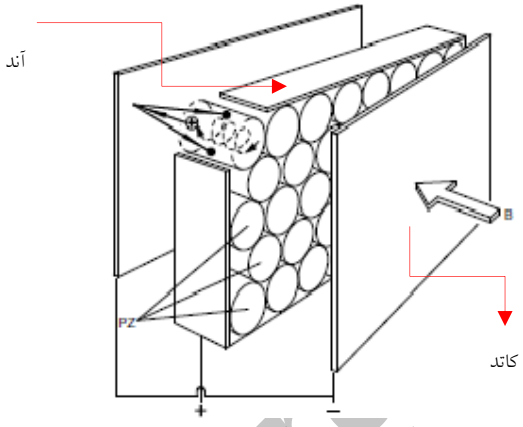
www.SID.ir

درآورده شده و سپس به کمک میدان الکتریکی به سمت الکترودهای مورد نظر هدایت می شوند و بدین طریق عمل تخلیه گاز از سیستم صورت می گیرد. بر اساس نوع و فرآیند یونیزاسیون، انواع مختلفی از پمپهای یونی وجود دارد. در صورتی که فرآیند تولید اتمهایی که نقش جاذب را بازی می کنند توسط بمباران یک کاتد با یونهای مثبت سنگین انجام شود، پمپ را یونی- پراکنی می نامند. تغییرات موجود پس از روشن کردن این پمپ مشهود بوده و به طور قابل ملاحظه ای باعث افزایش فشار درون تقویت کننده می گردد.

روش آزمایش

در این آزمایش روش کار بدین صورت است که ابتدا تقویت کننده در کوره مناسب نصب شده و به سیستم خلأ وصل می شود. برای رسیدن به فشارهای پایین باید ضمن خلأ کردن محیط تقویت کننده، آن را حرارت داد تا گازهای اضافی از قطعات خارج و رسیدن به فشار پایین آسان تر شود. به منظور جلوگیری از اکسید شدگی قطعات بیرونی تقویت کننده، اتمسفر بیرونی تقویت کننده و درون کوره نیز تا محدوده $۱۰^{-۳}$ میلی بار و توسط یک پمپ روتاری، خلأ می شود. این خلأ برای حرارت دهی مناسب بوده و نیازی به پمپ دیگری جهت کاهش فضای درونی کوره نیست.

پمپ روتاری سیستم خلأ تقویت کننده، به عنوان اولین پمپ روشن شده و تا محدوده $۱۰^{-۳}$ میلی بار فشار را پایین می آورد. سپس پمپ توربو تا محدوده $۱۰^{-۷}$ میلی بار باعث کاهش فشار می شود. درب کوره بسته شده و با توجه به نوع تقویت کننده فرآیند پخت آغاز و به دمای مورد نظر رسانده می شود. پس از طی مراحل مختلف، در فشارهای پایین تر از $۱۰^{-۷}$ میلی بار، پمپ یونی سیستم روشن می شود. این پمپ از نوع اتم پراکنی است. شکل۱ شماتیکی از این پمپ را نشان می دهد. چنانچه مشاهده می شود، این پمپ شامل یک ظرف از فولاد یا استیل زنگ نزن است که محتوای آن یک آند با ساختمانی شبیه شانه عسل می باشد. در مقابل هر سمت باز آند یک صفحه تیتانیومی که به عنوان کاتد عمل می کند، قرار گرفته است. یک پتانسیل حدود ۳۰۰۰ ولتی بین الکترودها برقرار شده و یک میدان مغناطیسی حدود ۱۵۰۰ گاوس به وسیله مگنتهای ثابت بیرونی، در امتداد محور سیستم الکترودها برقرار می گردد[۲]. یونهای مثبت گاز که در ناحیه الکترودها تشکیل می شوند، به طرف کاتد شتاب داده شده که در نتیجه انرژی لازم را برای پراکنده کردن اتمهای تیتانیم فراهم می کنند. تیتانیم پخش شده، اساساً روی آند با ساختمان باز چگالیده می گردد و از این رو گازهای فعال را از دو طریق گازگیری تماسی و پراکنشی، پمپ می نماید. مولکولهای گازی که به وسیله یکی از دو فرآیند گازگیری تماسی و پراکنشی به آن می رسند، به سرعت زیر لایه های قبلی تیتانیوم مدفون شده و به طور دائم از سیستم جابجا می شوند. به تعبیری دیگر، برای گازی که به مثابه یوهای مثبت به کاتد می رسد، احتمال زیادی وجود دارد تا به وسیله بمباران یون قبلی دفع شود.



شکل۱: ساختمان یک پمپ یونی – اتم پراکنی

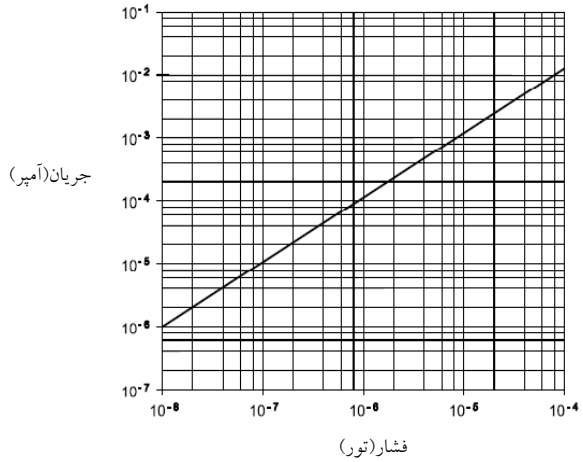
بازدهی پمپاژ به صورت نسبت بین جریان یونی و فشار گاز، i^+/P بیان می شود. جریان یونی متناسب با تعداد مولکولهای وارد شونده به دستگاه در واحد زمان و لذا متناسب با ظرفیت پمپاژ یعنی Q است، بنابراین می توان نوشت:

$$i^+/P = K(Q/P) = Ks \quad ، s=\beta\, i^+/P \text{ و } \beta=1/K \qquad (۱)$$

که β ثابت پمپ، K عکس β ، i^+ جریان یونی و P فشار سیستم است[۳]. واضح است که هر چه نسبت i^+/P بیشتر باشد بازدهی پمپ بیشتر و درنتیجه میزان آشفتگی فشار در لحظه شروع کار

Archive of SID
www.SID.ir

پمپ کمتر خواهد بود. هنگامی که محیط در اثر فعالسازی پمپ یونی، یونیزه می شود، با توجه به آشفتگی درون محیط و کاهش فاصله مسافت پویش آزاد متوسط مولکولی(λ) بوجود آمدن این تغییر فشار قابل پیش بینی است و معمولاً پس از لحظاتی مجدداً فشار اولیه ایجاد و سیستم خلأ به حالت پایدار برگشته و بر اثر پمپاژ پمپ یونی خلأ نیز بهتر می شود، اما تغییرات فشار موجود در تقویت کننده زمانی قابل تأمل است که این وسیله از سیستم خلأ جدا شده و دیگر هیچ پمپی بجز پمپ یونی کوچک متصل به آن، جهت تأمین خلأ وجود نداشته باشد. پمپ یونی متصل به تقویت کننده، جهت فعال شدن به یک میدان الکتریکی و یک میدان مغناطیسی احتیاج دارد. آهنربایی با قدرت حدود ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ گاوس، تأمین کننده میدان مغناطیسی و منبع تغذیه ولتاژ بالا با توانایی ایجاد ولتاژ بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ ولت، میدان الکتریکی را ایجاد می کند. بر اثر حرکت الکترونها درون پمپ یونی، با توجه به فشار درون پمپ، جریانی ضعیف حاصل می شود که این جریان در نشانگر موجود در منبع تغذیه ولتاژ بالا قابل مشاهده است. از طریق مقدار جریان می توان میزان خلأ موجود در تقویت کننده را محاسبه کرد. شکل ۲ نمودار رابطه بین جریان و فشار را برای یک پمپ یونی، با ظرفیت ۸ لیتر/ثانیه، نشان میدهد.



شکل ۲: نمودار جریان الکتریکی بر حسب تابعی از فشار گاز برای پمپ یونی ۸ ثانیه/لیتر[٤]

پس از انجام چندین آزمایش و بررسی تقویت کننده، دلایل زیر جهت توجیه این آشفتگی حاصل شدند:

الف) وجود نشتی: مسلم است که وجود نشتی باعث افزایش فشار درون تقویت کننده شده و بر حسب فرمول۱ هر چه P بیشتر باشد، بازده کمتر است.

ب) خروج گاز از اجزای درونی تقویت کننده یا سیستم خلأ: گازهای جذب شده در جداره های مواد به کار رفته در ساختمان سیستم به داخل سیستم نفوذ می کند. این پدیده " خروج گاز" نام دارد و با توجه به نوع گاز خروجی، میزان تأثیرش متفاوت است.

ج) ظرفیت پمپاژ (Q): خصوصیت ذاتی هر پمپ است که با توجه به نوع و اندازه هر پمپ با دیگری متفاوت است. روشن است که هر چه Q کوچکتر باشد، آشفتگی فشار محیط بیشتر و درنتیجه مدت زمان بیشتری برای رسیدن به فشار اولیه قبل از اعمال پمپ یونی لازم است.

. د) محل نصب پمپ یونی: صرف نظر از سرعت ذاتی پمپ، نحوه نصب پمپ یونی به سیستم در سرعت پمپاژ مؤثر است. سرعت انتقال بین پمپ و سیستم به لوله های ارتباطی بین آنها وابسته است. بر طبق فرمول ۲، سرعت انتقال با توان سوم قطر لوله به صورت مستقیم و با طول لوله به صورت معکوس رابطه دارد[۳].

$$C = 80\ \frac{d^3}{l + \frac{4d}{3}} \qquad (۲)$$

که در آن C ضریب هدایت جریان سیال، d قطر لوله و l طول لوله مورد نظر میباشد.

نتایج و محاسبات آزمایش

بررسی عملکرد هر دو پمپ یونی در لحظه فعال شدن، نشان می دهد که فاکتورهایی از جمله وجود نشتی در سیستم خلأ و تقویت کننده، ساختمان پمپ یونی، محل نصب آن در تقویت کننده و یا سیستم خلأ و عوامل دیگری بر این تغییرات فشار مؤثر است. با بررسی همه عوامل فوق آزمایش بر روی چندین تقویت کننده صورت گرفت. نشتی ها همگی گرفته شدند و پمپ یونی

Archive of SID
www.SID.ir

مناسب برای سیستم خلأ و خود تقویت کننده در نظر و در محل مناسب نصب گردیدند. سپس عملیات پخت در دماهای مختلف برای چند تقویت کننده انجام شد. بعضی از تقویت کننده ها به دلیل پخت نامناسب مجدداً پخت شدند و نتایجی طبق جدول ۱ حاصل گردید. با توجه به جدول، ۳ تقویت کننده در شرایط مختلف و با پارامترهای مختلف پخت شده و سرانجام به شرایط بهبود رسیدند.

جدول۱ : نتایج آزمایش برای تقویت کننده های متفاوت

تست اول	تقویت کننده۱	تقویت کننده ۲	تقویت کننده ۳
دمای پخت(°C)	۲۰۰	۲۵۰	٤۰۰
وضعیت نشتی	نشتی ندارد	نشتی دارد	نشتی ندارد
ظرفیت پمپاژ	۸ L/sec	٤ L/sec	۲ L/sec
محل مونتاژ	مناسب	مناسب	مناسب
تغییر فشار(میلی بار)	از $۱۰^{-۷}$ به $۱۰^{-۲}$	از $۱۰^{-۷}$ به $۱۰^{-۳}$	از $۱۰^{-۷}$ به $۱۰^{-۵}$
روش بهبود	افزایش دمای پخت	رفع نشتی	افزایش دمای پخت
تست دوم	تقویت کننده۱	تقویت کننده ۲	تقویت کننده ۳
دمای پخت(°C)	٤۰۰	۲۵۰	٤۵۰
وضعیت نشتی	نشتی دارد	نشتی ندارد	نشتی ندارد
ظرفیت پمپاژ	۸ L/sec	٤ L/sec	۲ L/sec
محل مونتاژ	مناسب	مناسب	مناسب
تغییر فشار(میلی بار)	از $۱۰^{-۷}$ به $۱۰^{-۶}$	از $۱۰^{-۷}$ به $۱۰^{-۶}$	-----
روش بهبود	افزایش دمای پخت	افزایش دمای پخت	----
تست سوم	تقویت کننده۱	تقویت کننده ۲	تقویت کننده ۳
دمای پخت(°C)	٤۵۰	٤۵۰	----
وضعیت نشتی	نشتی دارد	نشتی ندارد	----
ظرفیت پمپاژ	۸ L/sec	٤ L/sec	----
محل مونتاژ	مناسب	مناسب	----
تغییر فشار(میلی بار)	----	----	----
روش بهبود	----	----	----

نتیجه گیری

تغییرات فشار ناشی از فعالسازی پمپ یونی تقریباً امری اجتناب ناپذیر است و فقط با رعایت نکات مذکور می توان اثرات سوء آن را کاهش داد. وجود نشتی به عنوان اصلی ترین عامل باید مورد توجه قرار گیرد.

استفاده از سیستم خلأ مناسب و خروج گازهای مزاحم از طریق پخت در فضای خلأ از جمله اوامر مؤثر دیگر است. بررسی ها نشان می دهد بهترین دمای پخت در محیط خلأ برای این نوع تقویت کننده ها، ٤۵۰ درجه سانتی گراد می باشد. زمانی که تقویت کننده به سیستم خلأ متصل است، می توان اصلاحات لازم را انجام داد اما هنگامی که تقویت کننده از سیستم خلأ جدا می گردد، اصلاحات مشکل تر می شود. لذا بهتر است در هنگام مونتاژ تقویت کننده و قبل از ورود به کوره پخت، همگی عوامل جهت بهبود کارکرد تقویت کننده، لحاظ گردند.

مرجع‌ها

[۱] رضایی، علیرضا؛ «آموزش الکترونیک»؛ انتشارات کیان رایانه سبز؛ صفحه ۳۳٤.

[۲] رفیعی زاده، تیمور ؛ «تکنولوژی خلأ» نشر طراح؛ صفحه ۷۰ تا ۷۱.

[3] L.;Heraeus; "*Vacuum technology its foundations, formulae and tables*"; 04.1.2 edition, Germany(1990), 45-50.

[4] V.; comany "Vacuum technology", torino, Italy (2005),110-115.

Archive of SID

www.SID.ir