|  |
| --- |
| **عنوان پروژه:**  **ساخت سلول های اتمی بخار روبیدیوم با ابعاد کوچک سازی شده ()، دارای پوشش جداره ی داخلی ضد واهلش و ترکیب گازهای میانجی با فشار ده به توان منفی پنج** |
| **واژگان کلیدی:**سلول بخار اتمی، ساخت، استاندارد سازی، اتم روبیدیوم، پوشش جداره ی ضد واهلش، گاز میانجی، مگنتومتری، ساعت اتمی |
| **مسیرهای ممکن برای ادامه ی پروژه:**  این سلول ها هسته ی اصلی حسگری در سنسورهای مبتنی بر بخار اتم روبیدیوم مانند ساعت اتمی(frequency reference standards)، مگنتومتراتمی، سنسورهای الکتریکی اتم ریدبرگ و حافظه های کوانتومی مبتنی بر بخار اتم روبیدیوم می باشند. همچنین در حسگرهای گرانش و حسگرهای شتاب و مگنتومترهای مبتنی بر اتم سرد با استفاده از چیدمان سردسازی اتمی مورد استفاده قرار می گیرند. در حافظه های کوانتومی اپتیکی به عنوان محیط حافظه و ذخیره سازی از این سلول های بخار اتمی استفاده می شود. |
| **کاربردها:**  1- طیف سنجی اتم های روبیدیوم، سزیم، پتاسیم و سدیم به منظور مشخص کردن طیف جذب ترازهای فاین و هایپرفاین اتمی.  **2-**قفل و پایدارسازی فرکانس لیزر(به ویژه دایود لیزر) به یک تشدید گذار هایپرفاین اتمی.  **3-**هسته ی حسگری در حسگرهای کوانتومی مانند Optically pumped magnetometers (OPMs): در مغناطیس‌سنج‌های پمپ‌شده ی نوری، اتم‌های گازی از جمله بخار اتم روبیدیوم به عنوان حسگر میدان مغناطیسی استفاده می‌شوند. به این ترتیب که با عبور نور لیزر از میان سلول بخاراتمی، اتم ها در حالت کوانتومی موردنظر قرار می گیرند و اثر میدان مغناطیسی بر این حالت اتمی توسط نور لیزر خوانده می شود.  **4**-ساعت اتمی: در این سیستم ها از سلول تک ایزوتوپ اتم روبیدیوم یا سزیم به عنوان هسته ی فیزیکی ساعت اتمی استفاده می شود. به این صورت که یک ثانیه معادل با عکس فرکانس گذار بین دو تراز هایپرفاین(فوق ریز) اتم روبیدیوم یا سزیم می باشد.  **5**- تله های نوری مغناطیسیMagneto Optical Traps(MOTs): این سیستمها به منظور خنک سازی نوری و به دام انداختن اتم های خنثی در گازها مورد استفاده قرار می گیرند. سلول های بخار اتمی مکعبی شکل(Rb vapor cubic cell)در چیدمان سردسازی اتم(atom cooling) به عنوان محفظه ی اصلی اتم های سرد شده مورد استفاده قرار می گیرند.  **5-** حسگر میدان الکتریکی مبتنی بر اتم های ریدبرگ.  **6-**حافظه های کوانتومی اپتیکی: در این سیستم ها از یک سلول بخار گرم به عنوان محیط ذخیره استفاده می کنند. |
| **شرایط موجود در کشور:** تا به حال چند گزارش ساخت سلول های اتمی گزارش شده ولی هیچ استانداردی برای آن ها گزارش نشده است. |
| **شرایط موجود در دنیا:** بسیاری از شرکت ها سالهاست که سلولهای اتمی مختلف را در ابعاد مختلف به فروش می‌رسانند.شرکت هایی مانند تورلب،...  قیمت حدودی این سلول های مرجع جهت طیف سنجی اتمی 500 دلار می‌باشد. ولی به دلیل شرایط تحریم و محدودیت های ارسال(عدم امکان ارسال توسط هواپیما) هزینه خرید آن در داخل کشور بیشتر از 1500 دلار می‌باشد. برای تهیه ی سلول های مناسب جهت مگنتومتری و ساعت اتمی شرکت های خارجی سازنده ی سلول بخار اتمی هیچ مسیولیتی برای مقادیر بهینه ی این گازهای بافر متناسب با کاربرد سلول قبول نمی کنند و درصد این گازها را باید خریدار به این شرکت ها اعلام کند که بدون تست تجربی امکان مشخص کردن درصد این گازها بسیار دشوار و همراه با خطا می باشد. |
| **بیان و تشریح مساله:**  حسگرهای های کوانتومی شامل مگنتومتراتمی، حسگر میدان الکتریکی اتم ریدبرگ، حسگرهای گرانش و ساعت اتمی و همچنین فناوری های کوانتومی مانند حافظه های کوانتومی نوری، مبتنی بر اندرکنش میدان الکترومغناطیسی با اتم هستند. از جمله کاربردهای این سنسورها می­توان به کمک در ناوبری خودکار در نسل آینده خودروها اشاره کرد. برای مثال یکی از مهمترین کاربردهای نظامی حسگرهای گرانش می­توان به آشکارسازی بسیار سریع تونل های زیرزمینی اشاره کرد. اما شاید مهمترین کاربردی که برای کشور عزیز ما می­توان اشاره کرد توانایی اکتشاف منابع زیر زمینی نفت و گاز و معادن با کمترین هزینه و دستکاری در طبیعت و در کمترین زمان ممکن نام برد. همچنین یکی از کاربردهای بسیار جذاب را می­توان به توانایی مسیر یابی در زیر زمین و دریا را نام برد که با سیستم های کنونی به دلیل عدم امکان استفاده از سیستم جی پی اس در زیر زمین و همچنین دریا، دور از دسترس است. سلولهای بخار اتمی به عنوان هسته ی اصلی و مهم فناوری های کوانتومی مبتنی بر بخار گرم اتم روبیدیوم می باشند. حسگرهای ساخته شده برپایه سرمایش لیزری اتم ها و تداخل سنجی اتمی دقیق ترین ابزارهای ساخته شده توسط بشر هستند. در این روشها مجموعه­ای از اتم ها در یک گاز اتمی با کمک باریکه های لیزری به دام انداخته شده و تا دماهای میکرو کلوین سرد می­شوند که کمترین دماهایی هستند که بشر توانسته به آن دست یابد. بعد از سرد سازی این اتمها طول موج دوبروی تا حد قابل توجهی کم میشود. همچنین به دلیل اینکه موجودیت اتم دارای جرم است، امواج گرانشی با اتمها تداخل میکنند و این اندرکنش با کمک لیزر قابل سنجش است. اما دسترسی به این تکنولوژی در نهایت مستلزم قدمهایی هست که باید تجربه انجام آن از قبل وجود داشته باشد از جمله می­توان به موارد زیر اشاره کرد. شناخت کامل ازرفتار بخارات اتمی و توانایی ایجاد و کنترل آنها و همچنین توانایی طراحی و ساخت محفظه های بخار اتمی تحت خلا پایین.  سلول های اتمی متناسب با کاربردشان دارای ویژگی های منحصربه فرد می باشند که در ادامه به صورت مختصر به این ویژگی ها پرداخته می شود.  **1-درصد گازهای بافر:** گازهای بافر مورد استفاده در ساخت این سلول های اتمی شامل نیتروژن، هلیوم و آرگون می باشند.این گازها دارای سطح مقطع برخورد موثر و ضریب واهلش موثر و منحصر به فرد می باشند. سلول های مورد استفاده در مگنتومتری و ساعت اتمی نیازمند درصد مشخصی از این گازهای بافر می باشند. به منظور بهینه سازی و استخراخ درصدهای بهینه هر گاز بافر و ایجاد تعادل بین دو ویژگی اصلی این گازها نیاز به انجام تست های واقعی در چیدمان های تجربی می باشد.  **2- پوشش دیواره های سلول اتمی:** به منظور حفظ حالت کوانتومی اتم محبوس در سلول نیاز است که دیواره های سلول با استفاده از موادی همچون پارافین و OTS پوشش داده شوند. پوشش دیواره های سلول در کاربردهای مگنتومتری ، ساعت اتمی، سلول اتم ریدبرگ و حافظه های کوانتومی از اهمیت بیشتری برخوردار است. در سلول های مورد نیاز برای سردسازی اتمی علاوه بر دو ویژگی مهم بیان شده در ساخت سلول، نحوه ی شیشه گری محفظه و هم چنین طریقه ی تزریق و کنترل بخار روبیدیوم به این محفظه ها از اهمیت بسیاری برخوردار است و نیازمند مهارت های شیشه گری بالا و تجهیزات ویژه می باشند.  شیشه گری این سلول ها نیازمند مهارت بالا و تجهیزات خاصی می‌باشد. لازم به ذکر است محفظه های خالی نیز توسط شرکت هایی مانند تورلب به فروش می‌رسند. جهت تولید این سلول ها نیاز است از محفظه‌های کوارتزی و یا شیشه بروسیلیکات استفاده شود و لازم است زاویه ی پنجره ی اپتیکی آن کاملا صاف و یا بر اساس نیاز دارای زاویه خاصی باشد (2 درجه) تا کمترین بازتاب و پراکندگی نور را داشته باشد. در داخل کشور امکانات لازم جهت ساخت محفظه با اندازه، شکل و جنس مختلف فراهم می باشد. پس از ساخت محفظه متناسب با کاربرد سلول نهایی، محفظه باید تحت خلا با فشار  قرار بگیرد و در این فشار گرم شود تا از هر گونه ناخالصی پاک شود. سپس با فرآیند خاصی آمپول اتم مورد نظر شکسته و با هدایت کردن مقدار مشخصی از بخارات اتمی به داخل محفظه ی شیشه ای، سلول استاندارد آماده استفاده شود. در نهایت نیز در همان شرایط تحت خلا لازم است مجرای ورود بخار به سلول بسته شود. |
| **اهداف پروژه:** ساخت سلول استاندارد با ابعاد با فشار بین 0.1 الی 1.2 تور در دمای اتاق مناسب جهت طیف سنجی و استفاده از سلول های اتمی ساخته شده جهت پایدار سازی لیزری در چیدمان های اپتیکی واقعی. ساخت سلول استاندارد با درصد گاز بافر بهینه به منظور استفاده به عنوان هسته حسگری در چیدمان هایی مانند اتم ریدبرگ،مگنتومتری. |
| **مرحله‌ی بعدی پروژه:** ساخت سلول های مکعبی (سلول های مورد نیاز چیدمان سردسازی اتمی)، ساخت میکروسل ها، ساخت سلول های بخار گرم مینیاتوری به منظور استفاده در حسگرهای مینیاتوری و ساعت های اتمی مینیاتوری |
| **اقلام قابل تحویل و خروجی‌های مورد انتظار:**  سلول مرجع با اندازه ی استاندارد  سلول اتمی با محفظه های استوانه ای شکل در ابعاد مختلف. |