

仕 様 書

1 件 名 宇宙放射線試験の環境整備に向けた ECR イオン源の整備

2 目 的

量子科学技術研究開発機構千葉地区に設置されている量子医科学研究所サイクロترون施設では、宇宙放射線試験の環境整備を目的として照射野の拡大を行う。それに伴い陽子ビームフラックスが現状よりも低下する。これを補うために高強度の電子サイクロترون共鳴(Electron Cyclotron Resonance: ECR)イオン源を整備する。また、Xe までの金属イオンを含めた重イオン生成も可能なイオン源とすることで宇宙放射線試験に提供可能な LET 範囲も拡大する。

3 納入期限

令和 10 年 3 月 31 日

4 納入場所

千葉市稲毛区穴川 4-9-1

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

サイクロترون棟 1 階 サイクロترون本体室内

5 仕 様

5.1 基本仕様

本件で設計・製作する ECR イオン源一式の基本仕様を以下に示す。

5.1.1 永久磁石型の ECR イオン源とすること。

5.1.2 周波数はおよそ 14.5 GHz とすること。

5.1.3 運転モードは CW であること。

5.1.4 引出電圧は最大 30 kV に対応すること。

5.1.5 イオン種は、 He^{2+} を 500 μA 以上、 O^{6+} を 150 μA 以上、 Xe^{26+} を 5 μA 以上のビーム電流で引き出せること。

5.1.6 金属イオンを生成するための 3 種類の金属オープン法、スパッタリング法、および MIVOC 法または同等の揮発性化合物法を備えること。

5.1.7 5.1.6 の方式を用いて、Ni、Bi、Au 等の金属イオンを生成し引き出せること。

5.1.8 O^{6+} 及び Xe^{26+} のエミッタンスは、90 $\pi\text{ mm}\cdot\text{mrad}$ 未満であること。

5.2 詳細仕様

ECR イオン源、ビーム輸送機器、及び付帯機器の詳細仕様を以下に示す。

5.2.1 ECR イオン源は以下を含むこと。

5.2.1.1 磁石

- ・ 永久磁石による軸方向及び半径方向の閉じ込め磁場を生成すること。
- ・ 数量：一式

5.2.1.2 プラズマチェンバー

- ・ 冷却方式は水冷とすること。
- ・ 数量：一式

5.2.1.3 DC バイアスシステム

- ・ 100 V 以上のバイアス電圧を印加できること。
- ・ 数量：一式

5.2.2 引出系は以下を含むこと。

5.2.2.1 電極

- ・ 引出電極及び収束電極を備えること。
- ・ 印加電圧及び電極位置は調整可能であること。
- ・ 冷却方式は水冷とすること。
- ・ 数量：一式

5.2.2.2 真空排気装置

- ・ 排気装置はターボ分子ポンプ、スクロールポンプ、ゲートバルブ、真空計を備えること。
- ・ 数量：一式

5.2.3 RF システム

5.2.3.1 信号発生器

- ・ 周波数は 13.75 GHz～14.5 GHz を含むこと。
- ・ 数量：一式

5.2.3.2 RF 増幅器

- ・ 形式は固体方式であること。
- ・ 周波数は 13.75 GHz～14.5 GHz を含むこと。
- ・ 出力は 400 W 以上であること。
- ・ 冷却方式は空冷であること。
- ・ 遠隔制御が可能であること。
- ・ 設置場所は当機構担当者と相談の上で決めること。
- ・ 数量：一式

5.2.3.3 伝送回路

- ・ ECR イオン源と RF 増幅器との間の伝送回路を設計し、構築すること。伝送回路は当機構担当者と相談の上で決めること。
- ・ RF 増幅器を保護するためのサーキュレーター及び無反射終端器を備え

ること。

- ・ 30 kV 以上を絶縁可能な DC ブレーカーを備えること。
- ・ 真空側と大気側とを仕切る RF 窓を備えること。
- ・ 数量：一式

5.2.4 ガス供給装置

- ・ レギュレーター、マスフローコントローラー、電磁弁及び配管部品等で構成されるガス供給装置を少なくとも 3 系統、設置すること。
- ・ 数量：一式

5.2.4.2 パージポート

- ・ パージポート及び真空計を備えること。

5.2.5 ビーム輸送系

ECR イオン源を既存のサイクロトロン入射ビームラインに接続し、生成されたイオンビームを輸送するためのビーム輸送系機器を設計・製作すること。

5.2.5.1 ビーム光学設計を行い、その結果に基づきビーム輸送系機器の詳細設計・製作を行うこと。

5.2.5.2 ソレノイド電磁石を備えること

- ・ 磁場は最大 0.3 T 以上とすること。
- ・ 開口部は 80 mm 以上とすること。
- ・ 冷却方式は水冷とすること。
- ・ 電源：遠隔操作が可能であること。
- ・ 機器保護のためのインターロックを備えること。

5.2.5.3 Q 電磁石を備えること

- ・ 磁場は最大 0.5 T 以上とすること。
- ・ 開口部は 80 mm 以上とすること。
- ・ 冷却方式は水冷とすること。
- ・ 電源は遠隔制御が可能であること。

5.2.5.4 分析電磁石を備えること

- ・ 曲率半径は 400 mm 程度とすること。
- ・ 磁気剛性は 0.16 Tm 以上とすること。
- ・ 磁極間隔は 80 mm 以上とすること。

5.2.5.5 既存の分析電磁石用チェンバーを改修すること

- ・ 既存の分析電磁石用チェンバーを改修し、ビーム輸送系を接続すること。
- ・ 水冷式の冷却方式を備えること。

5.2.6 ビーム診断系

ビーム電流測定及びビーム特性評価を可能とする診断系を設置すること。設置場所は、当機構担当者と相談の上、決めること。

5.2.6.1 ビーム電流を計測可能なファラデーカップを備えること。

5.2.6.2 ファラデーカップは最大 1 kW のビーム出力に耐えられること。

5.2.6.3 ビーム軸に垂直な面に対するスリット及びビームプロファイラーを備え、エミッタンス測定機能を有すること。

5.2.6.4 スリット及びビームプロファイラーは遠隔制御を可能とし、データ取得や解析をするためのソフトウェアを備えること。

5.2.6.5 診断機器用の真空チャンバーは既設のサイクロトロン入射系に接続可能なフランジを備えること。

5.2.7 真空系

5.2.7.1 上記の ECR イオン源、引出系、ビーム輸送系、ビーム診断系が 10^{-5} Pa 未満の真空度に到達可能な真空ポンプを備えること。

5.2.7.2 真空系には、真空ゲージやゲートバルブを含めること。

5.2.8 電源系

5.2.8.1 上記の ECR イオン源、ビーム輸送機器、及び付帯機器に必要な全ての電源を備えること。

5.2.8.2 全ての電源はラック等に収納すること。

5.2.8.3 全ての電源は遠隔制御を可能とすること。

5.2.9 制御系

5.2.9.1 上記の ECR イオン源、ビーム輸送機器、及び付帯機器に対する遠隔制御を可能とする制御系、制御計算機及び制御ソフトウェアを製作すること。

5.2.9.2 制御システムには、高電圧、真空、冷却系に対するインターロックを備えること。

5.2.10 その他

5.2.10.1 本システムは、既存の外部イオン入射装置用架台の上に設置し、既存のサイクロトロン入射系に接続すること。

5.2.10.2 外部イオン入射装置用架台に設置する機器の総重量が規定荷重を超えないこと。

5.2.10.3 既存のイオン源と干渉しないこと。

5.2.10.4 設計に必要な以下を含む調査を設計前に行うこと。

- ・ 機器全体の配置
- ・ 重量配分
- ・ ビーム軸の高さ
- ・ 機器の搬入経路
- ・ ケーブル配線
- ・ 冷却水配管
- ・ ガスポンペ設置場所
- ・ 電源および制御ラックの設置場所
- ・ 設置場所へのアクセス経路
- ・ 設置手順

5.2.10.5 製作前には設計図を当機構担当者に示し、承認を得た上で製作を開始すること。

5.2.10.6 イオン源は引出系から 300 mm 以上引き出せること。

5.2.10.7 受電は当機構担当者の指示した受電盤(3Φ400 V)から受電を行うこと。

6 工場試験

「5 仕様」に記載した全ての機器を製造したのち、工場にて以下の試験を行うこと。

6.1 イオン源および引出系について、少なくとも以下の寸法検査を行うこと。

- ・ プラズマチェンバーの内径および長さ
- ・ チャンバー端面に対するレンズ位置
- ・ 引出電極の初期位置
- ・ 引出電極の同心度

6.2 ビーム輸送系について、各真空チャンバーおよびフランジの寸法検査を行うこと。

6.3 プラズマチェンバーおよび各真空チャンバーの真空リーク試験を行うこと。

6.4 プラズマチェンバー、DC バイアス、スリットおよびファラデーカップの水密性試験を行うこと。

6.5 イオン源の軸方向および径方向の磁場測定を行うこと。

6.6 電気回路の導通確認を行うこと。

6.7 高電圧部品の電気絶縁を確認すること。

6.8 遠隔制御についてインターロックも含め動作確認を行うこと。

6.9 酸素イオンに対する以下の項目を含むビーム生成試験を行うこと。

6.9.1 O^{6+} ビームについて最低 150 eμA を 4 時間以上にわたり生成できることを確認すること。

6.9.2 生成した O^{6+} ビームのエミッタンスを測定すること。

6.9.3 測定条件を提供すること。

6.10 キセノンイオンに対する以下の項目を含むビーム生成試験を行うこと。

- 6.10.1 Xe^{26+} について最低 5 e μ A の生成を確認すること。
- 6.10.2 生成した Xe^{26+} のエミッタンスを測定すること。
- 6.10.3 生成したキセノンイオンのスペクトルを測定すること。
- 6.10.4 測定条件を提供すること。
- 6.11 金属イオンに対する以下の項目を含むビーム生成試験を行うこと。
 - 6.11.1 Ni、Ta、Bi、Pb、Au、Ag の中から少なくとも 2 種についてイオンビーム生成を確認すること。
 - 6.11.2 生成したイオン種のスペクトル及び電流値を測定すること。
 - 6.11.3 測定条件を提供すること。

7 現地作業及び試験

工場試験実施後、以下に記載した工事及び試験を実施すること。

- 7.1 「5 仕様」に記載の全機器を当機構・サイクロترون棟に搬入すること。
- 7.2 搬入した全ての機器の組み立て作業を行うこと。
- 7.3 当機構担当者が指示した受電盤からの電力配線、制御配線、冷却水及び圧空配管をすること。
- 7.4 全体を組み立て後、以下の試験を行うこと。
 - 7.4.1 真空試験
 - 7.4.2 高電圧試験
 - 7.4.3 高周波試験
 - 7.4.4 遠隔制御試験
- 7.5 当機構担当者が指定するイオンについてビーム生成試験を行うこと。
- 7.6 以上の工事及び試験は 3 週間以内に完了すること。

8 本件に必要な資格

加速器施設における気体及び金属イオンを生成する永久磁石型 ECR イオン源、ビーム輸送系、及びそれらの制御系の設計・製作の実績を有すること。

9 提出図書

- 9.1 設計図書を紙媒体で 3 部及びその電子データ
- 9.2 製作図(機器配置図、各機器の組立図等)を紙媒体で 3 部及びその電子データ
- 9.3 取扱説明書を紙媒体で 3 部及びその電子データ
- 9.4 工場試験報告書を紙媒体で 3 部及びその電子データ
- 9.5 現地作業・試験報告書を紙媒体で 3 部及びその電子データ

10 グリーン購入法の推進

- 10.1 本契約において、グリーン購入法(国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律)に適用する環境物品(事務用品、OA 機器等)が発生する場合は、これを採用するものとする。
- 10.2 本仕様に定める提出図書(納入印刷物)については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

11 検査

上記仕様を全て満足しているかを当機構担当職員が確認したことを以て、検査合格とする。

12 その他

- 12.1 本件履行に必要となる既存機器の図面及び建屋図面等は契約締結後に開示する。
- 12.2 貸与された図面等の資料について、受注者は本目的以外での使用、複写等をしてはならない。
- 12.3 受注者は本件遂行にあたり知り得た情報を発注者の許可なくして第三者に開示してはならない。
- 12.4 廃材等は場外搬出し、適正に処分すること。
- 12.5 振動、騒音などについて十分に考慮した上で現地作業を行うこと。
- 12.6 本仕様書の記載内容に疑義が生じた場合には、必ず当機構担当者に確認し、協議の上でその決定に従うこと。

物理工学部

北條 悟