

仕様書

1. 件名

線型加速器の同軸結合器 S バンド加速構造の下流部の試作

2. 目的

本件は、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下「QST」という。）が運用する NanoTerasu において、線型加速器の同軸の結合器を利用した S バンド加速構造の下流部（出力カプラー）の試作を行うものである。本件では、上流部および下流部（入力カプラーおよび出力カプラー）の同軸の結合器の設計を行う。下流部については試作と試験を進める。

3. 納期

令和 9 年 3 月 26 日（金）

（詳細な実施時期は別途打ち合わせの上決定する。）

4. 納入場所及び納入条件

〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1

NanoTerasu 内の指定する場所

- ・運搬時の破損等を避け、必要な材料手配、製作、試験、梱包、輸送、搬入を行うこと。
- ・指定する場所への持込渡しもしくは宅配便とする。

5. 仕様

線型加速器の同軸結合器 S バンド加速構造の下流部の試作

1 式

（内訳）

- | | |
|------------|-----|
| ・同軸の結合器の設計 | 1 式 |
| ・同軸の結合器の試作 | 1 式 |
| ・試験 | 1 式 |

6. 仕様の詳細

6.1. 同軸の結合器の設計

同軸の結合器（カプラー）は高周波入力セルを通過する電子ビームに対する軸対称ではない電場の影響を低減することができ、従来よりも軸対称な電場分布の発生（電子ビーム加速）が期待される。しかし、進行波型（ $2/3\pi$ モード）の S バンド同軸結合器の前例はなく、高性能な加速構造を製作するためには、同軸の結合器の設計が不可欠である。同時に、結合器入口および加速部上流の口径（半径 a ）を大きく設定することは、加速電子ビームの大電流化につながる。図 1 に、加速構造の回転体の断面図を示す。図 2 に、同軸の

結合器を利用した加速構造の概念図（参考図）を示す。電子ビームは z 軸方向に進行し、 x 軸方向に入力および出力の結合器を備えている。図 2 に、入力部の回転体（真空部分）の参考寸法を示す。下記の項目について設計を行い、コールドモデルの試作に反映する。

- 設計・電磁場計算の範囲は、入力カプラー1セル、加速部9セル、出力カプラー1セルの構成とする（入・出力カプラーは、実機下流カプラー相当とする）。
- 加速部9セルの構造は、既存Sバンド加速管（CI管）を適用する。
- 明記しない円形状の寸法は半径とする。
- 計算の材質：無酸素銅
- 同軸の結合器の寸法の最適化：ビーム通過穴径 c 、結合器加速部接続径 d 、結合器導波管接続部径 e 、結合器背面長さ f 、結合器導波管接続部長さ g 、結合器加速部接続長さ h （図 2(a)）
- アイリスの深さ、導波管結合器接続長さの最適化（ i ）（図 2(b)）
- アイリスの孔の大きさ、2 辺の長さの最適化（ j, k ）（図 1）
- 1/4 波長変成部を設ける。
- 性能を向上するため、R 加工を行う。
- 電磁場計算のコードは ANSYS もしくは CST とする。
- 上記の形状の最適化を通して、下記のシミュレーション結果を目標とする。
 - ビーム通過穴径 c の最大化目標：10~14 mm 程度
 - 共振周波数目標：2856 MHz
 - 実効シャントインピーダンス目標：55 M Ω /m 以上（銅）
 - VSWR 目標：入力側、出力側共に 1.1 以下（銅）
 - ノーダルシフト法を検証する。

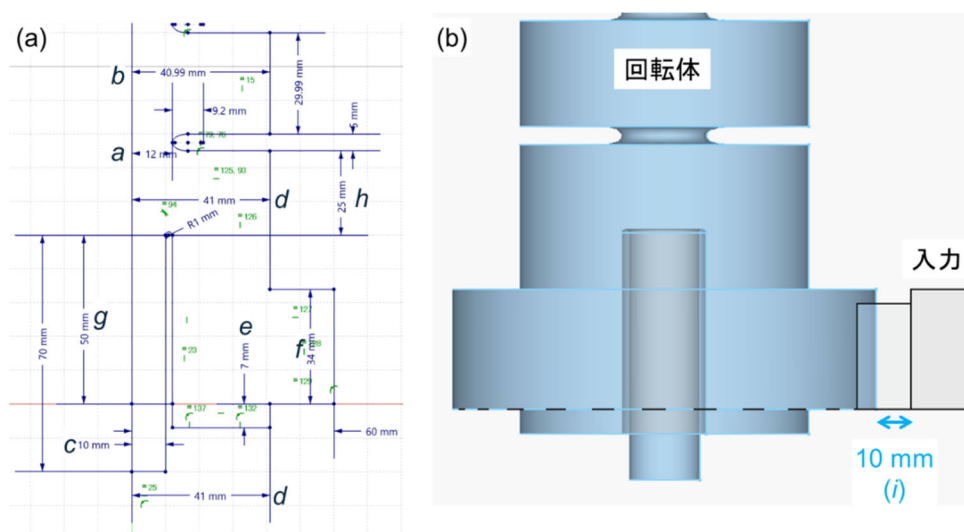


図 1. (a)入力結合器と加速1セル近辺の回転体の断面図。(b)回転体（濃い部分）入力導波管の関係。いずれも真空部分の構造を示す。（参考図）

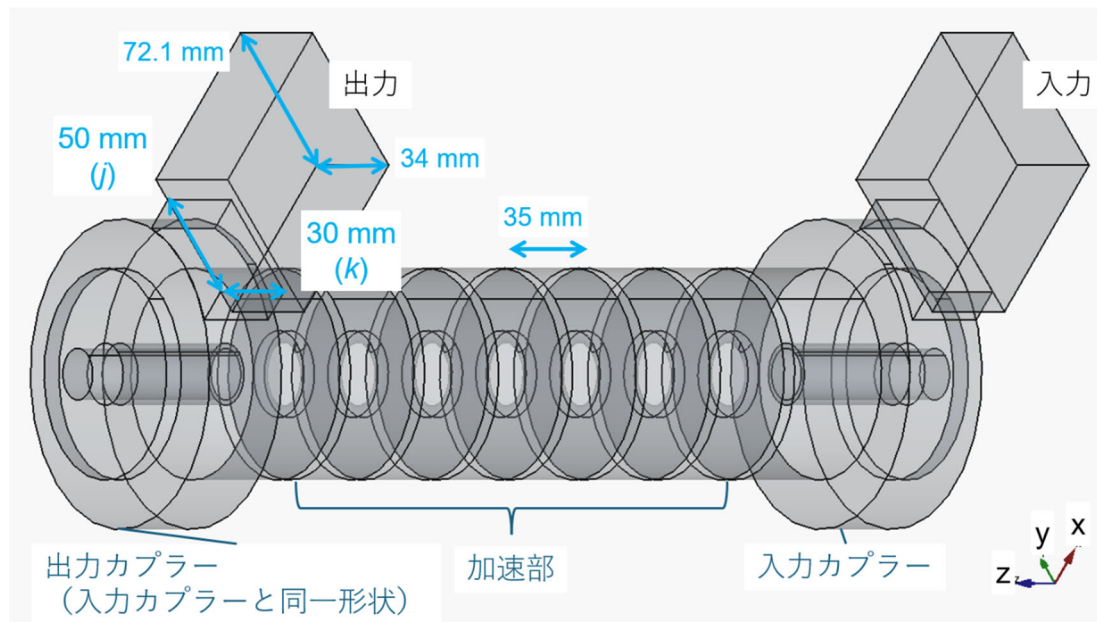


図 2. 同軸の結合器を利用した加速構造の概念図。真空部分の構造を示す。入力および出力のカプラーを、それぞれ、1 セル設けている。加速部は CI(constant impedance)管とする。
(参考図)

6.2. 同軸の結合器の試作

設計シミュレーションを参考に、加速構造の内の、出力カプラー（実機下流カプラー相当）を試作する（図 2 参照）。加速構造部については、S バンド 8 セル CI 管を使用する。概要を下記に示す。

- 試作範囲 初期加工された出力カプラー（1 台）
- 対象 既存 S バンド 8 セル CI 管（直径 $2a = 23 \text{ mm}$ ）
- 電場方式 CI 管に対して $\text{TM}_{01}-2\pi/3$ モード進行波型
- 形状 円型ビーム孔付ディスクロード型加速管
- 測定時の構造 出力カプラー 1 セル、8 セル CI 管（貸与）
- 動作周波数 2856 MHz
- カプラー方式 同軸の結合器
- ビーム軸入口・出口 パイプ形状
- 接合方式 寸切りボルトと板による固定
- 材質 無酸素銅 C1020 相当
- ビームポートフランジ 無し、パイプ形状
- カプラー高周波フランジ 低電力導波管変換フランジと接続可能とする

6.3. 試験

工場出荷前に以下の試験を行うこと。詳細については、試験検査要領書に示し、QST 担当者の確認を得ること。必要に応じて QST 担当者が立会いを行う。合格と判断された後に成績書を提出すること。試験に必要な機材は全て受注者が用意すること。

6.3.1. 目視試験

- 目視にて機器の外表面、及び内表面に機能上有害となる傷や歪みのないことを確認すること。

6.3.2. 寸法試験

- 機器の主要寸法、機能上重要な寸法を所定の測定機器、測定環境にて計測、記録すること。

6.3.3. 高周波低電力試験

- 初期加工された同軸の結合器（6.2 節）、既存 S バンド CI 管の並びで組み立て、ノードル測定を行い、累積位相誤差を測定する。

7. 貸与品および支給品

- ・貸与品：既存 S バンド 8 セル CI 管、既存 S バンド下流カプラー
- ・支給品：無し

8. 提出図書

以下に示す図書について、バインダーで綴じられた紙媒体を 1 部、電子ファイルを 1 式提出すること。

図書名	提出時期	部数
製作工程表	契約後速やかに 最終検収前	1 部
完成図書		1 式
・納入仕様書		
・製作図		
・試験検査要領書		
・試験検査成績書		
電子ファイル (pdf 形式、該当ある場合 DWG もしくは DXF 形式を含む)	最終検収前	1 式

(提出場所)

NanoTerasu センター

高輝度放射光研究開発部 加速器グループ

9. 技術打合せ

工程及び詳細設計に関する技術打合せを、契約締結日から納期までの期間において少

なくとも 1 回、QST 担当者の指示する日時、場所にて行い、受注者は 1 名以上の設計担当者（技術者）が出席すること。開催場所は日本国内の指定する場所（メールや web 会議を含む）とする。なお、打合せ時の使用言語及び用いる資料は日本語とする。必要であれば、工場の立会検査を行う。

10. 検査条件

第 4 項に示す納入場所に納入時に員数検査、外観検査を行い、試験検査成績書の内容を確認し合格と認め、提出図書の完納をもって、検査合格とする。

11. 品質管理

本品の製作に係る設計・製作・試験等は、全ての工程において、以下の事項等について十分な品質管理を行うこととする。

- (1)管理体制
- (2)設計管理
- (3)外注管理
- (4)現地作業管理
- (5)材料管理
- (6)工程管理
- (7)試験・検査管理
- (8)不適合管理
- (9)記録の保管
- (10)重要度分類
- (11)監査

12. 適用法規・規格基準

本品は、放射性同位元素等規制法（RI 規制法）の適用を受ける放射線発生装置を構成するものである。従って、設計・製作・試験・据付調整等にあたっては、以下の法令、規格、基準等を適用または準用して行うこと。

- (1)放射性同位元素等規制法（RI 規制法）
- (2)労働安全衛生法
- (3)日本工業規格（JIS）
- (4)その他受注業務に関し、適用または準用すべき全ての法令・規格・基準等

13. 契約不適合責任

契約不適合責任については、契約条項のとおりとする。

14. 知的財産権

知的財産権については、知的財産権特約条項のとおりとする。

15. グリーン購入法の推進

(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）に適合する環境部品（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。

(2) 本仕様書に定める提出図書（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。

16. 機密の保持

受注者は、本品の製作にあたり、発注者から知り得た情報を厳重に管理し、本業務遂行以外の目的で、受注者及び下請会社等の作業員を除く第三者への開示、提供を行ってはならない。ただし、予め QST 担当者の承認を得た場合にはこの限りではない。

17. 権利の帰属

本仕様書によって製作されたハードウェア等の図面を含む著作物の著作権は、QST に帰属するものとする。

18. 協議

本件は、本仕様書に基づいて行うものとし、本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は QST と協議のうえ、その決定に従うものとする。

部材や製作・施工方法、試験・測定方法、寸法や形状等は原則、仕様書に記載する方法や値を採用、機器構成を含む詳細については、QST の指示に従うこととする。

19. その他

(1) 製品の契約不適合について明らかになった場合、使い勝手等を含む性能が保証できるよう速やかに対処すること。

(2) 契約不適合責任期間の内外を問わず、故障や不良等が発生した場合には速やかな対処が可能であること。また原因と対処方法を速やかに QST に報告すること。

（要求者）

部課（室）名： NanoTerasu センター

高輝度放射光研究開発部 加速器グループ

氏 名： 菅 晃一