

仕 様 書

1. 件名

蓄積リング可視光取り出し光学系の製作

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「量研」という。)が運用するNanoTerasuにおいて、蓄積リング可視光取り出し光学系を製作し、蓄積電子ビームのバンチ長を測定するものである。

3. 一般事項

3.1 数量(相当品可とする。)

モーター駆動方式ミラー調整機構 1式
手動ミラー調整機構 4式
可視光取り出しミラー付き真空チェンバー トヤマ製 T-UHV-VLM-114 1式

3.2 仕様範囲

4章で規定される機器の材料手配、製作、試験、梱包及び指定納入場所までの輸送、現地作業を行うこと。

3.3 検査条件

員数検査、外観検査、試験検査成績書の確認を行い合格と認め、製作物、現地据付、提出図書の完納をもって、検査合格とする。

3.4 提出図書

以下の書類または提出物を提出すること。

	書類名または提出物名	提出時期	部数
①	製作工程表	契約後速やかに	1部
②	設計検討図書、図面	製作前	1部
③	試験検査要領書	試験前	1部
④	現地据付・光軸調整要領書	現地作業開始前	1部
⑤	納入図	納入時	1部
⑥	試験検査成績書	納入時	1部

これら①～⑥をそれぞれ印刷して A4 ファイルに綴じ、表紙と目次を付けたものを「完成図書」として 1 冊提出すること。また、①～⑥の電子ファイルを CD-R などの記録媒体に納めたも

のも、上記の「完成図書」に綴じて提出すること。

⑤の納入図の図面に関しては DXF、STEP 形式 CAD ファイルも添付すること。

3.5 支給品

以下を無償にて支給する。引渡しにかかる費用(運送費)は受注者の負担とする。

ツジ電子 高速通信型 16CH ステッピングモーターコントローラ PM16C-16HW2 1台

3.6 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 2 回、量研の指示する日時、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 WEB 会議または、日本国内の指定する場所とする。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。

3.7 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) 材料管理
- (5) 工程管理
- (6) 現地作業・試験・検査管理
- (7) 不適合管理
- (8) 記録の保管
- (9) 重要度分類
- (10) 監査

3.8 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) 日本産業規格(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

3.9 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。

3.10 注意事項

- (1) 製作において材料の選択、機械加工の方法及び洗浄の方法に注意すること。
- (2) 使用材料と機器の選定にあたっては耐放射線性の良いものを使用すること。
- (3) 指定された場合を除き、原則、非磁性の材料を使用すること。
- (4) JIS 等の国内規格、法令に基づき、材料や機器の選定、製作を行うこと。

3.11 グリーン購入法の促進

- (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。
- (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。

3.12 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。

3.13 機密の保持

受注者は、本品の製作にあたり、量研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、予め量研の承諾を得た場合にはこの限りでない。

3.14 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、量研に帰属するものとする。本契約において量研より提出された資料等から波及する特許の行使権は量研に帰属する。ただし、量研の了承を得た場合はこの限りではないものとする。

3.15 協議

本件は仕様書に基づいて行うものとし、これらに疑義が生じた場合は量研担当者の指示に従うこと。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すること。機器構成を含む詳細については、量研担当者の指示に従うこと。

4. 製作仕様

蓄積電子ビームバンチ長を測定するための可視光光学系を製作し、光軸調整を行う。

4.1 設計条件

真空

本仕様の真空容器は $3\text{e-}8$ Pa 以下の超高真空圧力で使用するため、それに応じた製作工程を検討すること。許容リーク量は $1.0\text{e-}11$ Pa・m³/s(フード法、5 分間保持)以下とする。

温度

設計温度(常温)は、室温 25℃、冷却水行き水温 25℃とする。ベーキング温度は 150℃とする。全ての機器は 150℃以上の温度でベークブルであること。ベーキング熱膨張を考慮して機器を設計すること。

耐放射線性

本仕様の真空チェンバー等の機器は放射線の発生する環境下で使用される。金属以外の材料を使用する場合は、その材質を構造図に明示すること。

真空チェンバー材質

真空チェンバーの材質には耐食性、耐孔食性に優れ、非磁性のステンレス鋼 SUS316L を用いること。素材に用いた SUS316L 材のミルシートを提出すること。

製作工程

受注者にて製作工程を検討すること。

加工、成形時の残留応力が残っている場合、変形が発生するため、必要に応じて真空熱処理を行い、残留応力を除去すること。

真空チェンバーの接合は溶接による変形が少ない溶接方法を選択すること。製作に先立ち試験を行い、十分な精度が得られることを確認すること。

製作前に製作工程を記載した製作要領書を提出し、量研の確認を得ること。

製作仕様

● 板厚

真空チェンバーの板厚は 2～3 mm を基本とする。真空チェンバーの強度、製作誤差を考慮して板厚を決定すること。使用する SUS 材の板厚公差を考慮した上で、チェンバー構造、製作法を決定すること。

● 内面精度

電子ビーム室内面インピーダンス低減のため、溶接部やフランジ締結部など、電子ビーム室内面に生じる不連続箇所は、溶接による接合部等における内面段差は 0.3 mm 以下、隙間は 0.2 mm 以下に抑えること。

● 寸法公差

本件で加工、製作する真空チェンバー素材、真空機器、真空チェンバー等の寸法公差は、特に指定のない限り、JIS B 0419 mK を原則とする。曲がり、ねじれ成分も含め、チェンバー長さ 1 m 当たり 0.5 mm 以下を原則とする。曲がり、断面変形を合わせても電子ビームに悪影響を及ぼすことがないように、図面記載寸法に対して電子ビーム室内形が 1 mm 以上小さくならないように設計すること。なお、固定フランジの回転誤差は、ビーム室段差が 0.3 mm 以下で、ベローズにねじれを与えないように、留意して設計すること。製作精度を検討の上、詳細精度を構造図に記載し、量研の確認を得ること。

クリーン環境

真空チェンバー及び部品の製作・組立ては、洗浄後の工程においては、溶接組立、試験・検査、梱包も含め、クリーンルーム (JIS B 9920 クラス 7) 相当で行うこと。真空面、真空部品に素手で触ることは厳禁とする。治具、工具類も清浄な手袋で取り扱い、汚れを移さないように管理すること。特にボルト、ナット類を触れた手袋で真空部品に触れないように注意すること。製造の工程においてやむを得ずクリーンルームの代わりにクリーンブース等を使用する場合は、清浄度の管理を実施すること。

機械加工

機械加工等を行う場合の表面粗さは、特記以外は以下とする。事前に製作要領書を提出し、加工基準を明確にすること。

- 真空面旋盤加工部 : 6.3z
- 真空面ワイヤーカット、フライス加工部 : 10z
- 非真空面 : 12.5z 程度

洗浄

ガス放出を低減させるため、真空チェンバーは電解研磨を施すこと。ガス放出速度は $1\text{e-}9 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ 以下 (目標 $1\text{e-}10 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ 以下) とする。機械加工品は脱脂洗浄を施すこと。洗浄後の検査では目視検査とブラックライト検査を行い、汚れ、油分の付着がないことを確認すること。

全ての真空チェンバー部品に対して、その後の汚染の恐れがないタイミングで最終脱脂洗浄を実施すること。洗浄液が真空内面に残らないように注意して施工すること。万一洗浄液が残った場合でも腐食が発生しないようにすること。最終洗浄では、サンプリング液による微粒子検査と油分検査を行うこと。それぞれ、500 mL で粒径 300 μm 以上の粒子が認められないこと、及び 500 mL 中に 2.5 mg 以上の不揮発性残渣がないことを確認すること。最終洗浄後の製品はクリーンルーム (JIS B 9920 クラス 7) 相当で取り扱い、製品を汚染させないこと。最終洗浄後に機械加工を実施する必要がある場合は、原則、切削油を使用しないドライ加工あるいはアルコール加工とすること。更に、製品に対する切粉等による汚染防止対策を施すこと。万一、

最終洗浄後に真空チェンバー、真空部品を汚染した場合は、汚染された真空チェンバー、真空部品全数に対して脱脂洗浄、サンプリング液による検査、純水洗浄等を実施し、健全性を確認すること。事前に洗浄要領書を提出し、量研の確認を得ること。

梱包・輸送

製品を傷つけないように、適切に梱包・輸送すること。真空チェンバーは、輸送用フランジを付け、内部を超高純度窒素で充填し、空気が入らないようにすること。外面は清浄なポリエチレン袋で密封し、ポリエチレン袋内に脱酸素剤を入れること。フランジで密封できない真空部品は、清浄なポリエチレン袋で2重に密封し、超高純度窒素を充填すること。1重目と2重目のポリエチレン袋の間に脱酸素剤を入れること。密封はヒートシールとすること。なお、真空チェンバーにつける部品は工場で接続し、リークテストを実施すること。損傷、汚染、腐食、錆び等が発生しないように梱包すること。同軸コネクタ内部にホコリ等が入ることがないように保護すること。

保守

定期的な保守が必要な製品は、取扱説明書に保守間隔、内容等を明記すること。

試験

各製作工程において以下の試験を行うこと。事前に試験の内容をまとめた試験検査要領書を提出し、量研の確認を得ること。試験の結果を速やかに試験検査成績書にまとめ、量研の確認を得ること。洗浄後の製品、部品の試験の環境は、クリーンルーム(JIS B 9920 クラス7相当の清浄度)とすること。

試験に必要な機器、消耗品(ボルト等)のうち、貸与品に記載のない機器、物品については、全て受注者にて準備すること。

● 材料検査

各部品の材質が適用 JIS 値又は指定材料であることをミルシートなどにより確認すること。材料確認に用いた資料を提出すること。

● 外観検査

目視により、外観(特に真空内面、真空シール面)に変形、キズ、ヒビ割れ等の欠陥、油分、ゴミ等の付着及び腐食が無いことを確認すること。

● 寸法検査

主要寸法が指定許容差内であることを、三次元測定器などを用いて確認すること。寸法測定箇所は、公差を入れて図面に記載すること。

● 冷却水路耐圧・漏洩試験

冷却水路部を N2 ガスで 1 MPa まで加圧し、水路に変形がないこと、スヌープ等を用いて漏れがないことを確認すること。また N2 ガスで 0.8 MPa まで加圧後、5 分間保持し、漏れがない

ことを確認すること。現地作業完了後にも耐圧、漏洩試験を実施すること。

- ヘリウムリーク試験

各真空チェンバーに対してフード法によるヘリウムリーク試験を実施すること。保持時間は 5 分間とする。許容リーク量は 1 箇所当たり $1.0\text{e-}11 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 以下とする。許容リーク量以下であっても、フランジ締結部からのリークは認めない。ガスケット交換等の対処を行い、リークを完全に止めること。試験実施直前のヘリウムリーク量のバックグラウンドを記録しておくこと。試験中にバックグラウンドが上昇しないようにすること。ヘリウムリークディテクタの配置等にも留意すること。リークディテクタ校正時及び試験時のチャートを提出すること。

- 反射波面精度測定

可視光取り出しミラーの反射波面精度を、干渉計などを用いて測定しデータを提出すること。

4.2 詳細仕様

・4.2.1 モーター駆動方式ミラー調整機構の製作 1式

蓄積リングトンネル内にモーターで駆動するミラーを設置し、可視光取り出し窓から出た可視光をリングトンネル内からリングトンネル天井部へ可視光を導くようにミラー位置、角度を調整できる構造とすること。専用架台の製作、設置、調整も仕様範囲内とする。

- ・XYZ ステージ：材質アルミニウムとし、ステージ面サイズ 60x60mm、ストローク長 $\pm 15\text{mm}$ 、分解能 $2\mu\text{m}/1\text{pulse}$ のステージとすること。
- ・スイベルステージ：材質アルミニウムとし、ステージ面サイズ 60x60mm、ストローク $\pm 4^\circ$ 、分解能 $0.001^\circ/1\text{pulse}$ のステージとすること。
- ・モータードライバー：メレック社製、H750v1/GDB-5F40、ドライバー用電源 H539C を調達し、19 インチラック内に設置すること。駆動モーターは 5 相ステッピングモーターとし、駆動電流 0.75A、駆動方式はバイポーラーペンタゴン定電流駆動方式、入力電圧 DC24V、励磁方式はフル/ハーフステップとすること。
- ・XYZ ステージ、スイベルステージともリミットスイッチによる駆動の確認、5 相ステッピングモーターによる駆動の確認を行うこと。支給するツジ電子 高速通信型 16CH ステッピングモーターコントローラ PM16C-16HW2 で遠隔操作できるように必要なケーブル配線、駆動の確認を行うこと。
- ・XYZ ステージ、スイベルステージを連結し、ステージ上に可視光を反射させるミラーを取り付け、設置したミラーの角度、位置調整が遠隔で行えることを確認すること。

・4.2.2 手動ミラー調整機構の製作 4式

蓄積リングトンネル天井部、側面部に手動ミラー調整機構を4式製作し、取り付け、調整を行

うこと。

- ・XYZ ステージ：材質は鉄とし、ステージ面サイズ 60x60mm、ストローク長±6mm、マイクロメーターによる駆動とし、位置決めの目盛は 0.01mm とすること。
- ・スイベルステージ：材質アルミニウムとし、ステージ面サイズ 60x60mm、ストローク±2°、調整ネジによる駆動とし、精度は 0.3° /1 回転程度とすること。
- ・XYZ ステージ、スイベルステージを連結し、ステージ上に可視光を反射させるミラーを取り付け、設置したミラーの角度、位置調整を手動で行えることを確認すること。
- ・設置に必要な架台、保護カバーも本仕様範囲内とする。

・4.2.3 可視光取り出しミラー 1式

- ・可視光ミラーとその取り付けポート部（機器取り付け用ポート付き真空ダクト）の構造を、参考図として図 1 に示す。ビーム軸ポート、及び機器取り付けポートは、ICF114 フランジとする。各フランジ部に、アライメント等で使用するケガキ線等のマーキングを設けること。真空ダクト及び各ポートの内径はφ60 mm とする。合成石英ビューウィンドウ（ICF114 フランジ、有効径 φ 60 mm 程度、パスカル VPZL450DU 相当品）調達し、取り付けること。また真空排気用のポートも取り付けること。
- ・可視光ミラーの母材材質は、無酸素銅(C1020)とする。
- ・ミラー母材に、ICF114 フランジ(SUS316L)を電子ビーム溶接(EBW)又はロウ付けにより接合して取り付けること。フランジには、ミラー取り付け時に回転方向が確認できるケガキ線などのマーキングを設けること。
- ・ミラー面は放射光軸に対して 45° ±0.5° 傾け、リング外側の水平 90° 方向に可視光線を取り出すものとする。また、放射光のパワー分布が集中する軌道面上を避け、軌道面から 3 mm より下側の領域に配置し、ミラー面の法線方向から見たサイズは、44 mm 程度（水平）×20 mm 以上（垂直）とする（図 2）。
- ・ミラー面とする範囲には、無電解ニッケルメッキを施し、反射波面精度 1λ (λ=633 nm) 以下、目標λ/4程度に光学研磨すること。光学研磨後、アルミニウム蒸着を施し、SiO₂ 膜でコーティングすること。図 2 では、ミラー面となる受光部とその他の面が同一面となっているが、研磨の都合などによりミラー部だけ凸に突き出した形状に設計してもよい。
- ・ミラーの水冷のために、2 重管構造の水路を設けること。隣接する機器の水冷配管等との接続のために、外径 10 mm 程度及び内径 8 mm 程度の SUS パイプを水路出入口に溶接し、継ぎ手としてミリサイズの Swagelok ユニオンを取り付けること。水路の詳細は、別途打合せの上、決定する。
- ・ワイヤーカット等放電加工した部品の表面仕上げとして、電解研磨を実施すること。
- ・各部品を溶接で組み立てた後に、電解研磨及び脱脂洗浄することは困難であるため、洗浄後の部品を汚染しないように十分注意すること。

- ・ミラー母材に、温度モニター用熱電対（仕様範囲外）を取り付けるための穴を 1 箇所設けること。取り付け位置については、別途打合せの上、決定する。
- ・製作後、ヘリウムリーク試験を実施すること。

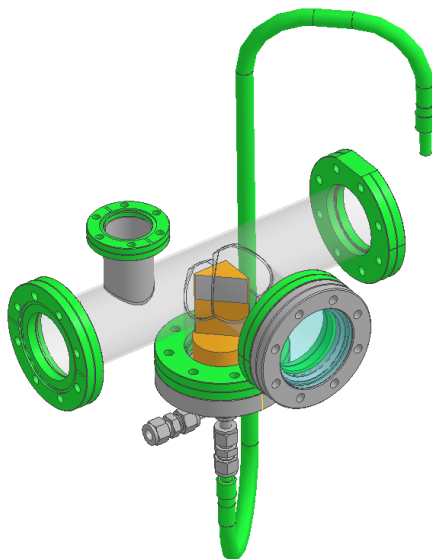


図1 可視光取り出しミラー付き真空チェンバーの参考図

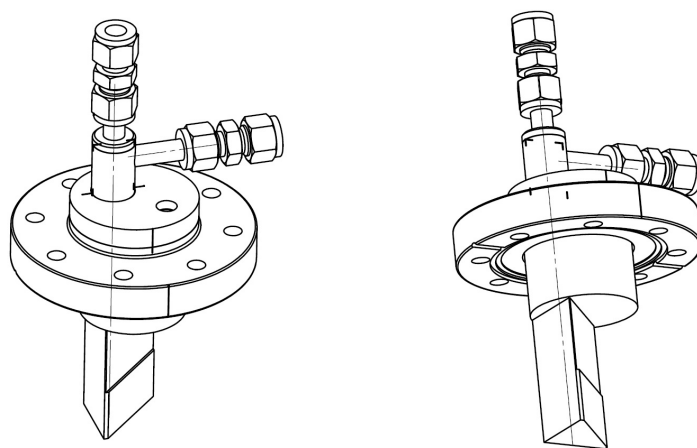


図2 可視光取り出しミラーの参考図

4.2.4 支持架台

モーター駆動調整ミラー、手動ミラーとも支持架台を製作し、架台上にミラー位置調整機構を設置すること。アンカー打設の際は、ゴミが周りに飛び散らないような対策を施し、実施すること。支持架台を固定するためのボルト、ナット、座金などを準備すること。詳細は別途指示する。

支持装置の角部は適切に面取りを施し、人がケガをしないように配慮すること。

角形鋼材等による架台脚部は、SS400 相当とする。SS400 相当部には指定する色で塗装を施すこと。防錆剤を選択し、確認を得て塗布すること。

4.2.5 現地作業

NanoTerasu 蓄積リングトンネル内およびリングトンネル天井部と壁面部の指定の場所に搬入し、支持架台の設置を行い、製作したミラー位置調整機構の取り付けを実施すること。リングトンネル内に設置したモーター駆動式ミラー位置調整機構の精密ステージと実験ホールの19インチラック内に設置したモーターコントローラーを難燃性のケーブルで接続し、遠隔で制御できることを確認すること。モーターコントローラー、電源、モータードライバー、精密ステージ間のケーブルの調達、配線、動作試験も本仕様範囲内とする。

加速器運転スケジュールを考慮し、量研との工程を調整すること。あらかじめ工程を作成し、作業を実施すること。

支給・貸与品以外の組立、試験検査に必要な工具類、消耗品(ボルト、アルコール、手袋等)は、受注者が準備すること。支給品・貸与品、受注者の準備する機材など、全ての資材管理は受注者が行うこと。

作業を実施する際には、真空系機器にホコリ等のゴミが混入しないように注意すること。また建屋、周辺機器を損傷しないように細心の注意を払うこと。

ミラー位置調整機構の設置完了後、レーザー等を用いて光軸調整を行うこと(図3)。バンチ長測定を行うストリークカメラを設置する光学定盤の天板から高さ16cmの位置に光軸が来るように調整を行うこと。光学定盤天板と光軸は平行光となるように調整し、リングトンネル内に設置した可視光取り出しミラーまで光軸を結ぶこと。光学定盤に設置した既存ミラー、集光レンズ、ストリークカメラまでの光軸調整を行うこと。またリングトンネル天井には既存のケーブルラダー、電磁石ケーブル、冷却水配管が敷設設置されており、干渉しないように光軸調整を行うこと。詳細は別途指示する。リングトンネル天井部、壁面の光軸にはφ38mm程度のダクトを設置し、光軸をダクトでカバーすること。光軸調整後、ミラーが動かないように固定すること。

また蓄積リングトンネル内は放射線管理区域となっており、作業者の最低1名はナノテラスの放射線取り扱い従事者の資格を得ていること。資格取得にかかる費用も本仕様範囲内とする。放射線取り扱い従事者でない作業者の一時立ち入り申請等の手続きも全て受注者の責で行うこと。

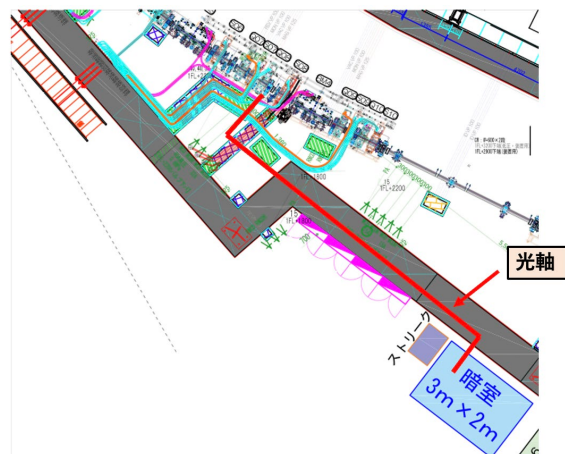


図3 光軸の参考図

4.2.6 現地試験

作業開始前に試験検査要領書を作成の上、全ての作業終了後、全ての仕様を満たしていることを確認すること。確認の結果については、試験検査成績書にまとめて提出すること。

5. 納期

令和8年2月27日

6. 納入場所及び納入条件

(納入場所)

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1

NanoTerasu 蓄積リング棟

(納入条件)

据付調整渡し

(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： 上島 考太