

## 仕 様 書

### 1. 件名

高精度高周波半導体増幅器の購入

### 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。）が官民地域パートナーシップにより運用する 3GeV 高輝度放射光施設（NanoTerasu）において、高周波を極低ノイズで増幅するための高精度高周波半導体増幅器を購入するものである。

### 3. 仕様

高周波半導体増幅器（相当品可）

アールアンドケー社製	CA2856BW20-5959RP II	1 台
アールアンドケー社製	CA5712BW20-5959RP II	1 台
アールアンドケー社製	CA509BW20-4343R.	1 台
アールアンドケー社製	CA101K251-5754R.	1 台

3.1 CA2856BW20-5959RP II および CA5712BW20-5959RP II の高周波性能に関する仕様は表 1-1 の通りとする。

表 1-1：高周波半導体増幅器の高周波性能

項目	仕様	備考	
周波数帯域	2856 MHz±10MHz@S バンド (CA2856BW20-5959RP II) 5712MHz±10MHz@C バンド (CA5712BW20-5959RP II)	@-1dB 帯域	
入力レベル	1 mW 入力時に 800W の定格出力が得られること。		
出力レベル	800W <sub>peak</sub> 以上		
入/出力インピーダンス	50 Ω (VSWR 1.5 以下)		
RF パルス幅	0.1 μs～5 μs		
RF パルス繰返周波数	1pps～60pps		
位相変化量	±3 度以内@パルス内フラットトップ ±1 度以内@パルス毎変動	電源投入 30 分経過後から	
RF パルス特性	立上り時間	150ns 以下	10%～90%
	立下り時間	150ns 以下	90%～10%
	オーバーシュート	3% 以下	
	アンダーシュート	3% 以下	
	フラットトップ平坦性	3% 以下目標	
	出力電力変動	3% 以下@パルス毎	
プレトリガ入力	LVDS (100 Ω 差動平衡) 2 芯コネクタ		
プレトリガパルス幅	2 μs		

負荷条件	全反射において異常が無いこと。	
冷却条件	冷却方式は空冷とする。	
発熱	本体の発熱は、100W 以下に抑えること。	
外形	480W EIA 標準シャーシ 高さ 4U 程度 奥行 560mm 程度以下	
重量	50kg 以下	
電源	単相 AC100V/200V IEC-C14 コネクタ IEC-C13 Lock Plus ケーブルを付属のこと。	

3.2 CA509BW20-4343R. の性能等に関する仕様は表 1-2 の通りとする。

表 1-2：連続波高周波半導体増幅器の高周波性能

項目	仕様	備考
周波数帯域	509 MHz ±10MHz	@-1d 帯域
入力レベル	1 mW 入力時に 20W の定格出力が得られること。	
出力レベル	20W 以上	
入/出力インピーダンス	50 Ω (VSWR 1.5 以下)	
位相雑音	-120dBc/Hz 以下@1kHz	
振幅雑音	-120dBc/Hz 以下@1kHz	
負荷条件	全反射において異常が無いこと。	
冷却条件	冷却方式は空冷とする。	
発熱	本体の発熱は、150W 以下に抑えること。	
外形	480W EIA 標準シャーシ 高さ 4U 程度 奥行 560mm 程度以下	
重量	50kg 以下	
電源	単相 AC100V/200V IEC-C14 コネクタ IEC-C13 Lock Plus ケーブルを付属のこと。	

3.3 CA2856BW20-5959RP II、CA5712BW20-5959RP II および CA509BW20-4343R. の共通仕様

#### 制御に関する仕様

運転操作として正面パネルで次の操作が行なえるようにすること。

##### ローカル操作

インターロックの復帰      スイッチ手動又はタッチパネル等の操作。

リモート/ローカルの切替      スイッチ手動。

FET バイアス DC の ON/OFF (パルス増幅器)      スイッチ手動又はタッチパネル等の操作。

##### リモート操作

On/Off やインターロックリセットなどの動作は、ストロブ信号立ち上がり時に行うこと。

EtherCAT のインタフェースで以下の制御が行えること。

FET バイアス DC の ON/OFF  
インターロックのリセット

#### 表示・モニタ

次の情報を表示するモニタを表面パネルに設けること。また、EtherCAT 経由で状態を監視することができること。

電源投入表示 (DC ON)                    LED などにて表示。  
電源状態表示 (P. S.)                    表示器にて正常・異常の状態を表示。  
電圧、電流値を遠隔にて取得できること。  
温度異常表示 (OVER HEAT)            LED などにて表示。  
過剰デューティ表示 (TRIG. RATE) @パルス増幅器    LED などにて表示。  
風量低下 (FAN)    LED などにて表示。  
外部インターロック動作 (EXTERNAL)            LED などにて表示。  
遠隔、現場の制御状態    遠隔で確認できること。  
出力電力 (OUTPUT POWER)    数値    表示。  
(パルス増幅器についてはピーク又はサンプルホールドを行うこと。)

#### 高周波モニタ仕様

増幅器出力の高周波信号のモニタが可能なように、出力の一部を取り出して、SMA コネクタにて出力すること。

S バンド及びC バンド増幅器の結合度            50dB±1dB (SMA-F 形コネクタ)  
509MHz 増幅器の結合度                            40dB±1dB (SMA-F 形コネクタ)

#### 保護回路

装置保護のため、下記保護回路を内蔵し、FET のバイアスを遮断するなど適切な処置を行うこと。

過熱    アラーム表示。  
反射電力                                    内蔵アイソレータによる保護。  
過剰デューティ@パルス増幅器            アラーム表示。  
風量インターロック                    風量センサなどによる。  
電源異常インターロック                    過電流検出などによる。  
外部インターロック                    接点入力による。  
内部インターロックの OR 信号を接点で出力すること。

異常時 Open、24V 20mA 以下のリレー、又は 10mA 以下のフォトカプラを駆動可能であること。

#### 外装・冷却に関する仕様

本件の高周波半導体増幅器は、EIA 規格の幅を持ち高さは 4 ユニット程度の筐体に収納され、入出力コネクタや電源端子・スイッチ等を実装すること。表面パネルには、入力 RF に対し-50dB の結合度をもつ結合器を介したモニタ用コネクタ (SMA-F)、電源オン/オフ表示器、高周波出力電力モニタ表示、アラーム表示、アラームリセットボタン、遠隔・局所切り替えスイッチを取り付けること。裏面には、高周波入力・出力の N 型コネクタ各 1 個、トリガ入力コネクタ、インターロックコネクタ、EtherCAT コネクタ、電源入力端子、接地端子を備えること。本体の発熱は 100W 以下に抑えること。

#### 試験

完成後、工場において下記試験を全数に対して実施し、その試験データを提出すること。また、仕様の性能が満足していることを確認すること。

##### 外観、構造、寸法試験

有害なキズ、変形、塗装のハガレ等がないことを確認すること。

##### 絶縁抵抗試験

##### シーケンス・インターロック試験

リモート/ローカルのオン・オフ、インターロック表により項目ごとにチェックすること。

##### 出力試験

50Ω ダミーロードにより性能の確認を行うこと。1 時間以上の連続運転を行い、安定度が仕様を満たしているか確認すること。

- (1) 最大出力：定格出力が得られることを確認すること。
- (2) 入出力：励振入力信号強度と出力信号強度の特性を測定すること。
- (3) 周波数特性：増幅率の周波数特性を測定すること。
- (4) VSWR 測定：入力、出力の反射特性を測定し表 1-1 の仕様を満たすことを確認すること。
- (5) 長時間運転：定格出力の条件で、4 時間以上連続運転を実施し、出力振幅、位相の測定を行うこと。
- (6) パルス増幅器に対しては高周波出力パルス信号の位相波形、振幅波形を測定し、パルス内の特性が表 1-1 の仕様を満たすことを確認すること。
- (7) パルス増幅器に対しては繰り返されるパルス信号の波形を計測し、そのジッタ特性が表 1-1 の仕様を満たすことを確認すること。
- (8) 環境温度特性：初号機に対しては、環境温度を 20C、30C、40C に変化させた条

件で出力の振幅、位相の測定を行うこと。

電源電圧変動耐性：初号機に対しては、AC 受電電圧を 100V から+5%、-5% に変化させた条件で出力の振幅、位相の測定を行うこと。

### 3.4 CA101K251-5754R.の仕様

高周波性能は表 1-3 を満たすこと。

表 1-3 : CA101K251-5754R の高周波性能

項目	仕様
周波数帯域	100 kHz～255 MHz
定格出力	250 W (3 dB compression) 又はそれ以上
小信号ゲイン	57 dB 以上 (帯域内平坦度 ±2 dB)
入力、出力インピーダンス	50 Ω
入力、出力コネクタ	N 型-f
電源周波数・電圧	50 / 60 Hz, 単相 AC200 V
入力 VSWR	1.5 以下
出力 VSWR	3.0 以下
群遅延	270ns (typ.) @100kHz ~ 1MHz, 入力レベル-20dBm
	100ns (max.) @1MHz ~ 255MHz, 入力レベル-20dBm
帯域内偏差	±2 ns 以下 @ 1 MHz～255 MHz

#### インターロック機能

次の条件が生じた場合に、RF スイッチを OFF にし、出力以上の接点信号を出力すること。

- ① 進行波出力、反射波が定格で一定時間以上継続した場合
- ② 電源の異常
- ③ 温度異常

#### 制御

- ① EtherCAT による制御とする。
- ② 次の項目を読み出し可能であること。
  - A) RF スイッチ状態
  - B) 進行波電力状態
  - C) 反射波電力状態
  - D) 電源異常状態
  - E) 温度異常状態

F) 個体識別情報

③ 次の項目を制御可能とすること。

A) RF スイッチ

冷却

- ① 電源部は冷却ファンによる強制空冷とし、モジュールは水冷とすること。
- ② 水冷の冷媒は、外部から供給される温度安定化された純水であり、流量 2.5 L/min 程度である。
- ③ 継手は Rc 3/8 程度のクイックカップラとする。

付属品

ラック内配線用单相 200 V ケーブル 1 本

試験

次の①～⑦についての試験を行うこと。なお、①～⑤については、測定したデータを提出すること。

- ① 小信号入力時の S パラメータを計測し、ゲイン及び群遅延が本件仕様を満たすことを確認すること。
- ② 出力飽和レベルを計測し、本件仕様を満たすことを確認すること。
- ③ 進行波電力過剰インターロック動作レベル及び動作時間を計測すること。
- ④ 反射波電力過剰インターロック動作レベル及び動作時間を計測すること。
- ⑤ RF 信号無入力時及び定格運転時の消費電流を記録し、提出すること。
- ⑥ 冷却水による冷却能力についての試験を行うこと。
- ⑦ 通信制御試験を行い、正常に通信制御できることを確認すること。

4. 納期

令和7年2月28日

5. 納入場所

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1  
3GeV 高輝度放射光施設 (NanoTerasu)

6. 検査条件

第5項に示す納入場所に納入後、員数検査、外観検査をもって検査合格とする。  
また、以下の書類又は提出物を日本語で作成して提出すること。

	図 書 名	提 出 時 期	部数	確認
①	完成図	検収前	1部	
②	試験検査成績書	検収前	1部	要
③	取扱説明書	検収前	1部	
④	参考データ	検収前	1部	

これら①～④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、①～④の電子ファイルをCD-Rなどの記録媒体に収めた物を、上記の「完成図書」に綴じて提出すること。

(提出場所)

量研 NanoTerasu センター  
高輝度放射光研究開発部 加速器グループ

(確認方法)

提出書類のうち、量研の確認を要するものは、確認期限日を記載した受領印を押印の上受注者に返却する。確認期限日までに量研から修正等の指示なき場合は、確認したものとする。

#### 7. 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

#### 8. グリーン購入法の推進

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等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)の採用が可能な場合は、これを採用するものとする。

#### 9. 協議

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、量研と協議のうえ、その決定に従うものとする。

(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