

# KEKB 入射器のマスターオシレーター

矢野喜治<sup>1,A)</sup>、相沢修一<sup>B)</sup>、福田茂樹<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設

〒305-0801茨城県つくば市大穂 1-1

<sup>B)</sup> 日本高周波 (株)

〒226-0011 横浜市緑区中山町1119

## 概要

高エネルギー加速器研究機構の電子陽電子加速器では粒子の加速及びリングとの同期のために 10.385MHz、508.9MHz、114.2MHz、571.2MHz、2856MHzのRFを使用している。これらの周波数のRFを作る機器がマスターオシレーターである。ビームの安定供給にはこれらの周波数間の位相関係が長期間変化しないことが重要である。そのためこれらは恒温槽の中に設置し厳重に温度管理をしている。ギャラリーでの使用を前提にしてペルチェ素子を使った恒温槽を開発した。ここでは恒温槽の温度変化とRF位相の変動を評価した。

## 1. はじめに

入射器のマスターオシレーターで作られた各周波数のRFは全ての基本でありビームのトリガ、バンチング及び加速のためのRFなどはこれらを加工、増幅して作られるものである。そのためこれらの信号を長期間安定に供給する事は非常に重要である。特に各周波数間の位相関係の安定性及び再現性は直接ビームの性能を左右するため厳重に管理されなくてはならない。中でも入射器に直接関係した114.2MHz, 571.2MHz, 2856MHzのRFは安定性で3psec、再現性で数psec以内を要求される。そのためこれら

のシステムは恒温槽の中に設置され $28 \pm 0.3^\circ\text{C}$ の環境下に置かれている。しかしこの恒温槽はコンプレッサーを使用しているため寿命が短く、振動もあり位相の安定性を疎外する一つとなっている。一方ペルチェ素子を使った恒温槽は振動も無く寿命も長い事が期待される。温度変動が $\pm 2^\circ\text{C}$ 程度の環境での使用に特化すればペルチェ素子を使った恒温槽は十分実用になると考えられる。

## 2. 恒温槽とグローブチェンバー

### 2.1 恒温槽

250Wの冷却能力があるペルチェ素子を2台使用し、温度管理はヒーターで行う構成とした。恒温槽の容量は機器をそのまま入れ替える事を前提に現在使用中の恒温槽と同等にした。

### 2.2 グローブチェンバー

恒温槽及び計測系の安定度を増すため、機器全体をビニールで覆いブローファンで温度制御を行っている。温度制御をするためにチェンバー内の温度は外気温プラス $6^\circ\text{C}$ に設定した。

図1と図2に恒温槽とグローブチェンバーの写真を示す。



図. 1 恒温槽



図. 2 グローブチェンバー

<sup>1</sup> E-mail: yoshiharu.yano@kek.jp

この恒温槽は内部に負荷が無い状態で外部温度が30℃のときに11℃から33℃まで振る能力があることを確認した。図3に23℃から27℃までの外気温の変動に対してグローブチェンバー、恒温槽内の温度変化を示す。

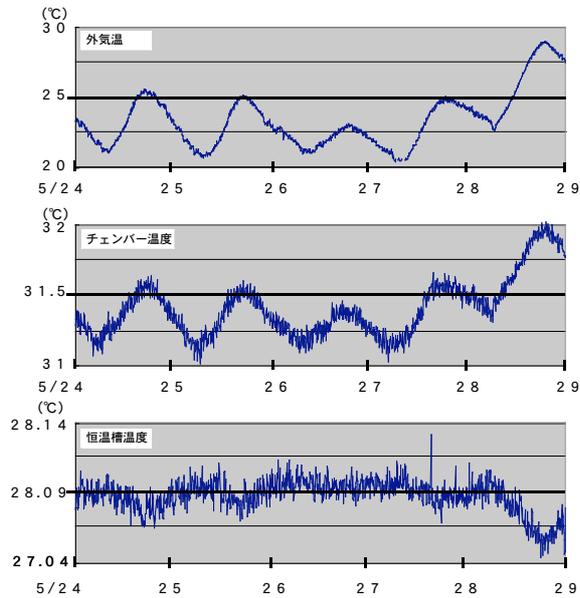


図.3 外気温、グローブチェンバー、恒温槽内の温度

## 2. U/VHFアンプと周波数通倍／分周器 (FMD-30)

周波数通倍／分周器 (FMD-30) は入力された571.2MHzのRFを元に、114.2MHz、508.9MHzはVCXO (電圧可変型水晶発振器)、2856MHzは狭帯域YTO (誘電体発振器) でそれぞれ発振し571.2MHzの信号を元に位相ロックをかけることで各周波数間の位相のずれを無くしている。10.385MHzに関しては114.2MHzを11分周した信号である。U/VHFアンプはこれらのRFを増幅している。図4に周波数通倍／分周器 (FMD-30) のブロック図を示す。

## 3. 位相監視システム

マスターオシレーターで作られたそれぞれのRFは各機器に送られる直前で分岐されデジタルサンプリングオシロスコープとミキサーを使った位相監視システムで位相の監視を行っている。位相監視システムではデジタルサンプリングオシロスコープ (TDS-8000) で直接モニター波形を観察する事で各周波数間の位相の確認を行っている。図5にデジタルサンプリングオシロスコープを示す。これらの位相データはLabViewでパソコンに取り込んでいる。データは5秒ごとに取り込まれ一日のデータが一つのテキストファイルとして記録されるようになっている。またデジタルサンプリングオシロスコープの画面はWebブラウザーで見る事も出来る。

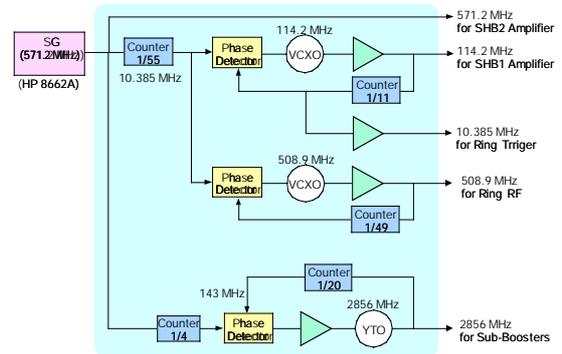


図.4 周波数通倍／分周器

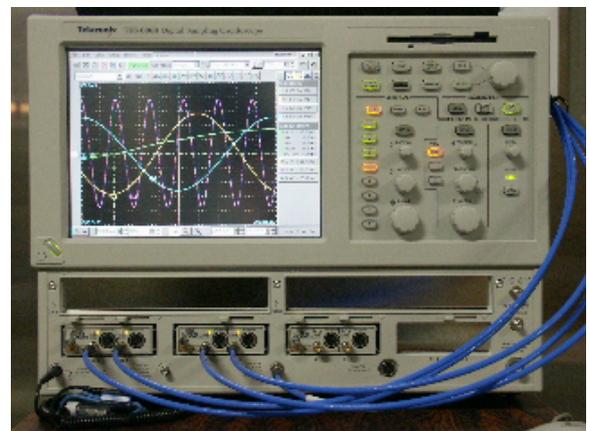


図5 デジタルサンプリングオシロスコープ

現在運用中のマスターオシレーターについて2か月間の位相変動の様子を図6に示す。

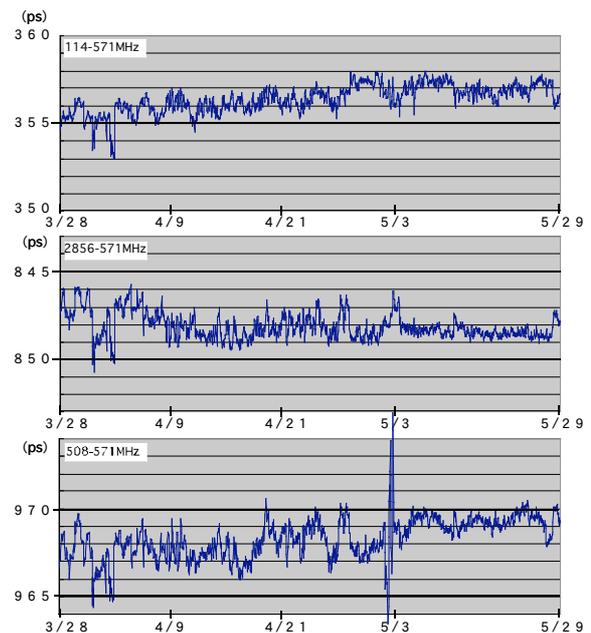


図.6 長期間の位相変動

2856MHz-571MHz、114MHz-571MHz共に5psec以内におさまっているが508MHz-571MHzはほぼ倍の変動が見られる。これは114MHzが11分周、2856MHzが20分周であるのに対し508MHzは49分周である事が要因になっていると思われる

今回開発したペルチェ素子を使った恒温槽とマスターオシレーターの予備機を使って温度変動と位相の関係を図7に示す。

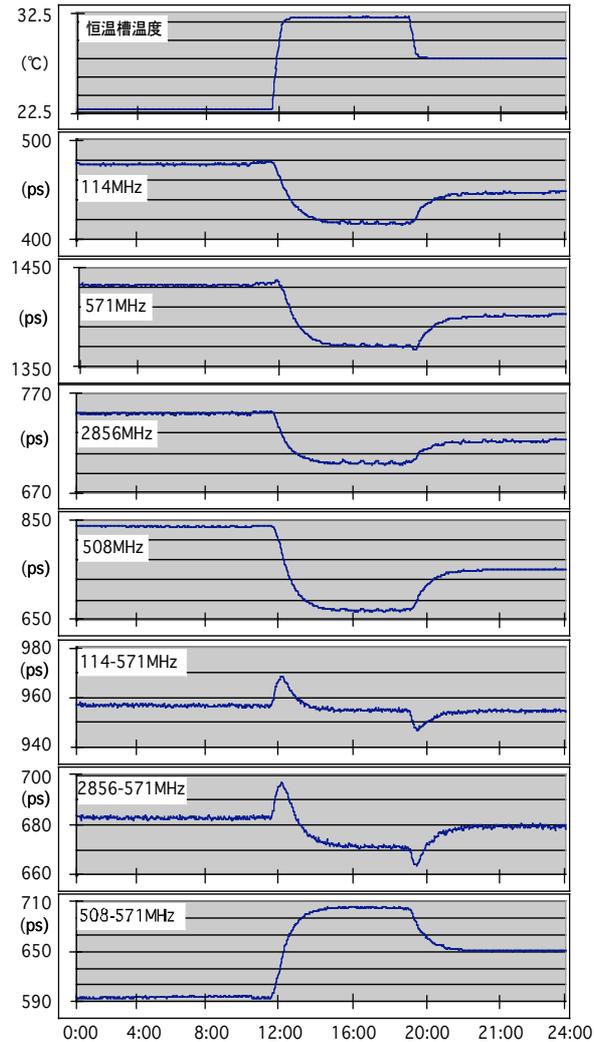


図. 7 温度変動と位相の関係

最も大きく変化するのはトリガー(10.7MHz)の状態では波形全体がシフトすることになる。ビームの性能に影響するのは114MHz、571MHz、2856MHz、508MHzの位相関係であるため571MHzを基準に他のRFがどのような位相変動をしているかを観察した。

図8に恒温槽の温度変動に対する各RF間の位相の変化を示す。上から恒温槽温度、114MHzと571MHzの位相差、2856MHzと571MHzの位相差、508MHzと571MHzの位相差を示す。

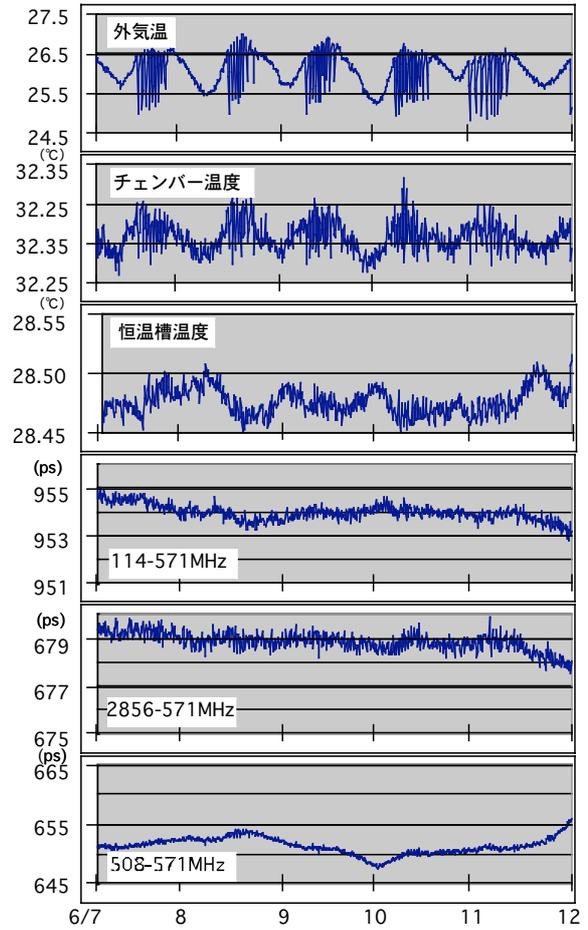


図. 8 温度変動と位相の関係

#### 4. まとめ

図3から分かるように外気温が $\pm 4^{\circ}\text{C}$ 変動する中でグローブチェンバー内の温度は $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、恒温槽内の温度は $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$ 程度におさまっている。

マスターオシレーター及びその測定系全体をグローブチェンバー内に設置する事でより安定なシステムを構築する事が出来る。

今後の課題は恒温槽が故障し修理が必要な場合RF系の接続替えをする必要が無いようにする事である。

その為にはペルチェ素子、ヒーター、ファンの部分をモジュール化し外から交換出来るように必要がある。

この恒温槽の寿命については運転を続けて行く中で結論が出るであろう。

#### 参考文献

- [1] 放射光入射器増強計画—KEKBに向けて
- [2] LOW-POWER RF SYSTEM FOR KEBB INJECTOR LINAC. APAC-9