

# KEKB 入射器マスターオシレーターのモニターシステム

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。これらの RF の位相監視システムを構築したので報告する。

## 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監視されなくてはならない。また、不慮の事故によりこれらの信号が停止した場合でも迅速に元の状態を再現する事が要求される。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 psec、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  $28 \pm 0.3$  の環境下に置かれている。

## 2. マスターオシレーター

### 2.1 低ノイズシンセサイザー(SG)

全ての基本となる信号源であり周波数の安定性、低位相ノイズ性などからアジレント・テクノロジー社製 HP8662A を使用している。

### 2.2 U/VHF アンプ

SG から導かれた 571.2MHz の信号は周波数通倍 / 分周器(FMD-30)用とサブハーモニックバンチャー(SHB-2)用の 2 つに分けられこの(SHB-2)用の RF は

FMD-30 で作られたその他の周波数の RF とともに増幅、分割されトリガーシステム、KEKB リング、モニターシステムへと導かれる。

### 2.3 周波数通倍 / 分周器(FMD-30)

ここでは入力された 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。

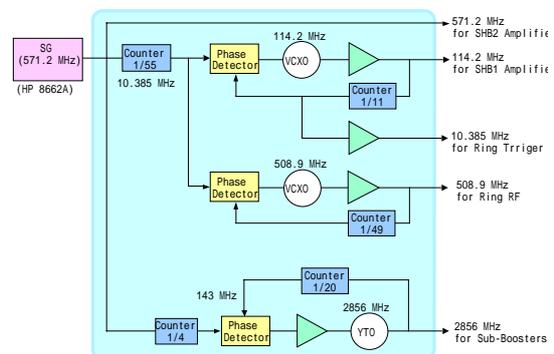


図. 1 周波数通倍 / 分周器

### 2.3 可変長移相器(トロンボーン)

本システムの電源を入れ直す必要が生じた場合各周波数間の位相が再現される可能性は極めて低いため 114.2MHz と 2856MHz のラインには可変長移相器を挿入している。これによって 114.2MHz、571.2MHz、2856MHz の位相関係を再現することが可能になっている。508.9MHz は現在リング側にトロンボーンを入れる事で入射器側の変動に対応しているが、リングの周長の変化に伴い基本周波数を調整する必要が生じているためこの 508.9MHz のラインにも可変長移相器を入れる予定である。

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

### 3. 位相監視システム

#### 3.1 概要

マスターオシレーターで作られたそれぞれの周波数の 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。



図.2 メインドライブシステム

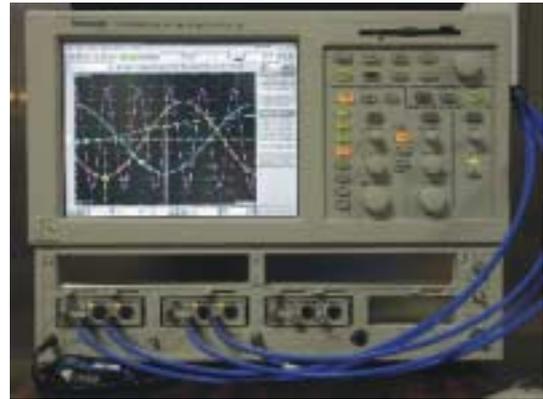
マスターオシレーター、RF アンプ、位相監視システム全体をメインドライブシステムと呼んでいる。

#### 3.2 デジタルサンプリングオシロスコープ

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。現在は TDS-8000 のソフトウェアの関係で現場での監視のみになっているが、ソ

フトウェアのアップグレード (TekVISA) でオンラインモニターが可能になる。さらに、スペクトラム・アナライザ機能が追加されるとコネクタの接続替えをする事なくして各信号のスペクトルを監視する事が可能になる。

図.3 デジタルサンプリングオシロスコープ



#### 3.3 ミキサー

入射器のビーム性能を左右する 114.2MHz、571.2MHz、2856MHz の RF 信号は簡単な整数倍の関係にあるため、ミキサーを使う事によって各周波数間の位相のずれを監視することが可能である。つまり、114.2MHz の 5 倍の高調波を 571.2MHz と比較することで 114.2MHz と 571.2MHz の位相のずれを直流レベルに表す事が出来る。571.2MHz と 2856MHz についても同様でそれらの電圧をデータレコーダーに記録する事でそれぞれの位相の監視を行っている。

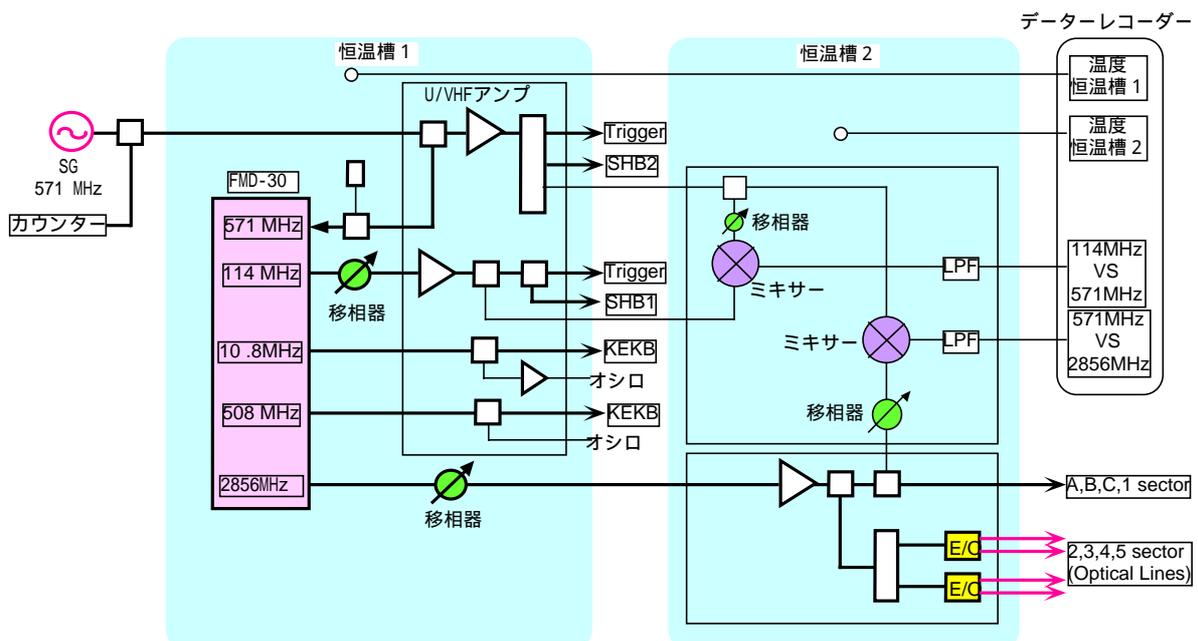
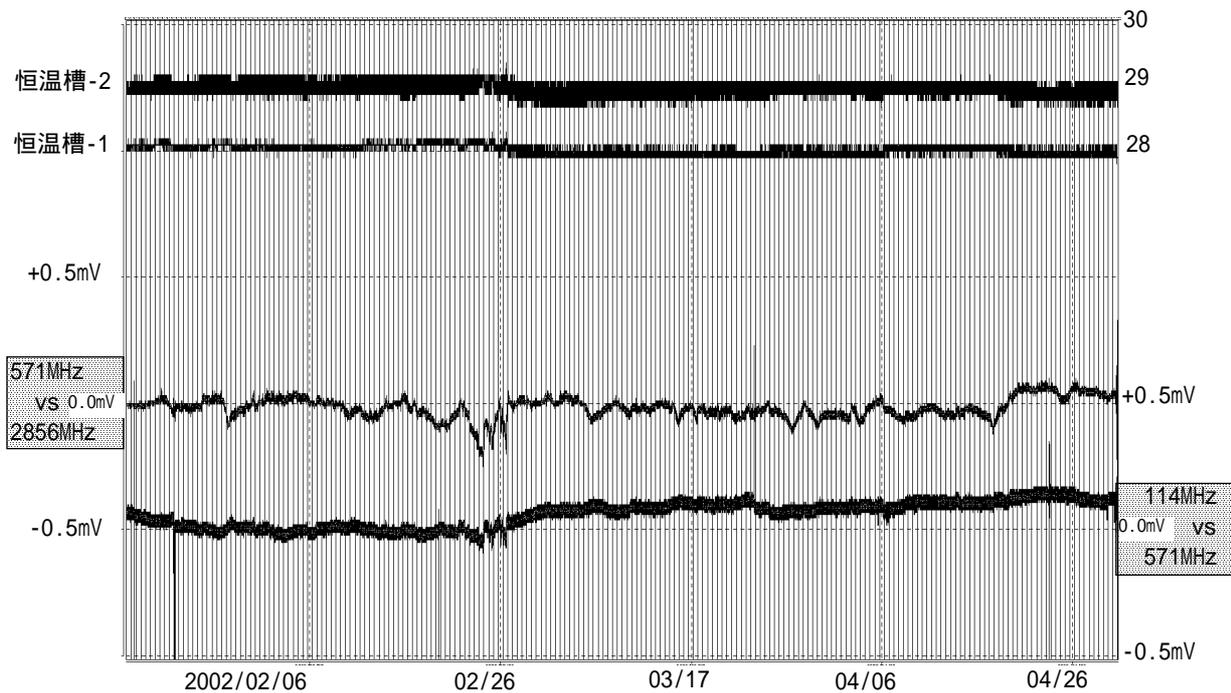


図.4 メインドライブシステムブロック図



(571 vs 2856) 1度/0.1mV @ 2856MHz

(114 vs 571) 1度/0.1mV @ 571MHz

図. 5 に長期間の位相変動の記録を示す。571MHz 対 2856MHz、114MHz 対 571MHz 共に約3度以内におさまっている。ここでヒゲ状に見える軌跡はマスターオシレーターの周波数を変更した時に生じている。

#### 4. まとめ

本監視システムの有用性を示すものとして、今年の5月に起きたSGの故障と恒温槽1の故障によるメインドライブシステムの配線替え後の復旧時間の早さがあげられる。また、KEKBリングの周長の変動に対応してビームの入射時にSGの周波数を変更することが必要となっているが、その時発生する可能性のある位相の飛びに対しても有効である。この現象は周波数変更時にある桁が桁上がりをする時に現れるもので、原因はこの時SGの出力レベルが $\mu\text{sec}$ の期間ゼロになるためである。この位相の飛びを完

全に回避することは現在のシステムでは不可能であるが、問題が生じた場合可変長移相器の調整によって元の位相関係に戻す事は可能である。

現在の問題点は、設置場所であるクライストロンギャラリーの温度変動の影響が測定に現れていることである。この問題を回避するために系全体を恒温ブースの中に入れ温度管理する必要がある。さらに、恒温槽の寿命も短いためコンプレッサーを使用しないタイプの恒温槽を開発中である。

#### 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 KEKB INJECTOR LINAC. APAC-98