

DIGITAL FEEDBACK OF SHB CAVITY PHASE FOR JAERI FEL

Sugimoto M. and Sawamura M.

Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-11, Japan

Abstract

JAERI has developed the Free Electron Laser in far infrared region using superconducting linacs. A room-temperature SHB is used to achieve the high peak current at the undulator. The RF phase inside the cavity is usually controlled by analog feedback using a signal from cavity pickup. We had a trouble to keep well within the allowed phase stability ~ 1 deg. This is due to the long-term fluctuation or excursion of the cavity phase. We apply the digital feedback control to overcome this difficulty. The results are satisfactory and this experience will be good help to extend the digital control concept in the future.

原研 FEL – SHB 空洞位相のデジタルフィードバック

1. はじめに

原研では超伝導加速器を用いた遠赤外領域の自由電子レーザー装置の開発をすすめている¹⁾。加速器の RF システムは図 1 に示すように主加速器および前段加速器には超伝導空洞を 499.8 MHz で、SHB は常温の 4 分の 1 波長空洞を 83.3 MHz で運転しており、いずれも RF 源としては全固体素子のもの (5 kW, 7 kW, 50 kW) を使用している²⁾。RF の位相・振幅調整は基本的には RF アンプ系の出力を一定にするようなフィードバックを採用している (図 2)。ただし SHB に関しては空洞内のフィールドを検知し、位相のみをフィードバックにより安定化する方法を併用している (図 3)。

後述するように、一時、SHB の温度制御上の問題から位相変動がフィードバック調整範囲を大きく越えてしまう状況が発生し、電子回路によるアナログ・フィードバックが不可能となるという事態になった。この問題の発生時点では原因が特定できなかったため、こうした数分以上のゆっくりとした変動を押さえる目的でデジタル・フィードバック FEL 制御系³⁾の RF 制御パネルに組込むことにした。

2. RF デジタル制御

制御の目標は空洞からの信号の位相の長時間安定性を 1% 程度に押さえることである。このためにミキサを用い基準信号と空洞信号との位相差をとる。得られる結果は図 4 のようなパルス波形でありビームロードの部分でさらに位相変化が現れている。このようなパルス波形の途中の特定の時点の位相差を計測するためにト

リガ付 ADC を使用した。時間基準からのディレーを調節し、丁度、パルスがなだらかになりかつビームロードが始まる直前で位相が計測されるように設定した。

空洞の位相情報をオペレータコンソールに表示するために RF 位相・振幅制御をおこなうパネルにメータ表示機能を追加した (図 5)。同時に位相情報を一定の値に保持するためのフィードバックアルゴリズムと値設定機能を付加した。このパネルは各 RF アンプについて共通のクラスから派生したものであるため、SHB のみならず他の超伝導空洞用 RF アンプについてもまったく同一のハードウェアおよびユーザーインターフェースをもっている。ただし実際の運用においては超伝導空洞用のフィードバック制御のアルゴリズムに変更調整が必要と思われる。このようなパネル部分の変更は 1 週間ほどで可能であるが、それに付随してデータベース構造の変更、ログ情報の形式の再構成等の作業にそれぞれ 1 週間程度必要であった。

3. 測定結果

平成 8 年 2 月頃より前述したように電子回路による空洞信号のフィードバックが調整範囲を越えてしまう現象がみられるようになった。図 6 にこのときの位相変動の様子を示す。フィードバック無しでは位相安定度 1 度以内という要求は達成できそうになかったためこの変動に追隨して入射位相を調節し結果的に空洞の位相安定度を確保するデジタルフィードバックを導入したところ図 7 のような結果が得られた。位相変動は peak-to-peak で 2 度に押さえられている。

最近になって図6の位相変動がほぼ一定の周期で繰り返されていたことに気付き、その原因がSHBの冷却に使用している冷却系のオンオフ動作であることが明らかになった。冷却は同軸内導体を通してのビームパイプに巻付けてあるソレノイド電磁石の除熱のために必要であり、その動作を最適にすることにより位相変動を抑制することができた。

4. 結論

RF位相制御にデジタルフィードバックを適用することで原因が不明だった空洞の位相変動を所定の値に保持することができた。現在位相変動の主な原因が特定できアナログフィードバ

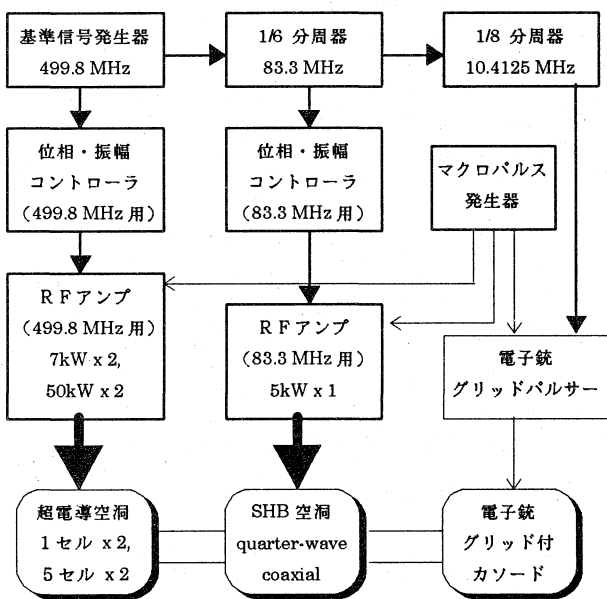


図1 原研FELのRFシステム構成

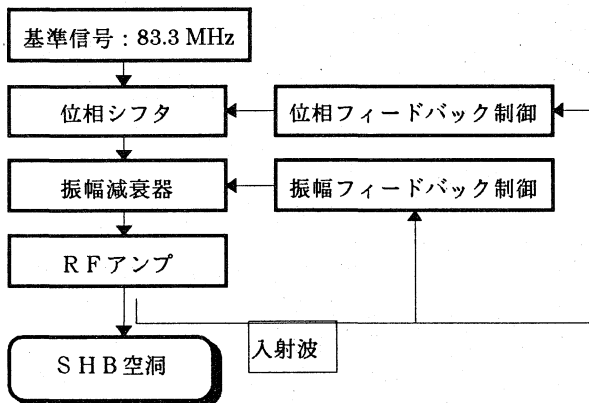


図2 RFアンプフィードバック

ックがかけられるようになっているが、長時間安定性を保証するためにはデジタルフィードバックの補助が必要であると考え。また今後ビームロードの様子に応じた制御を行う場合には今回の経験が大きな助けになるものと思われる。

参考文献

- 1) M.Sugimoto, et al., Nucl. Instr. and Methods A375, ABS65 (1996).
- 2) M.Sawamura, et al., Proc. of 1994 Linac Conf. Tsukuba, Japan, Aug.21-26, 1994, p.783.
- 3) M.Sugimoto, ibid. p.842.

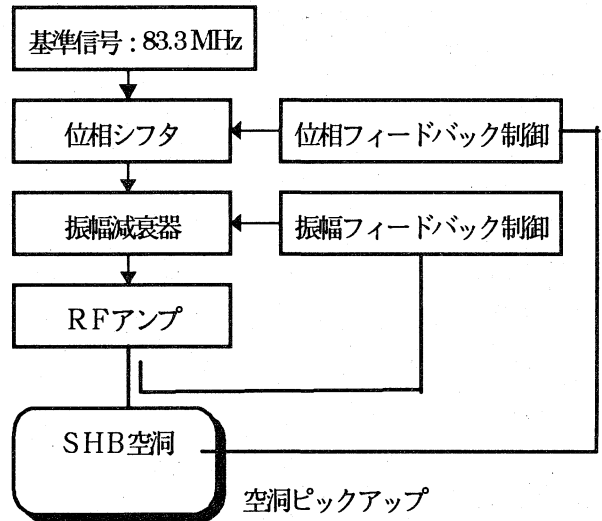
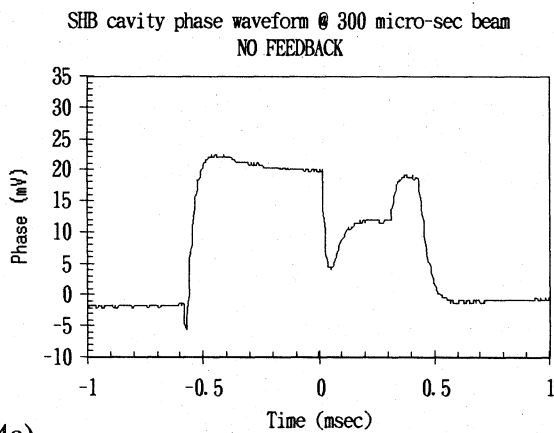
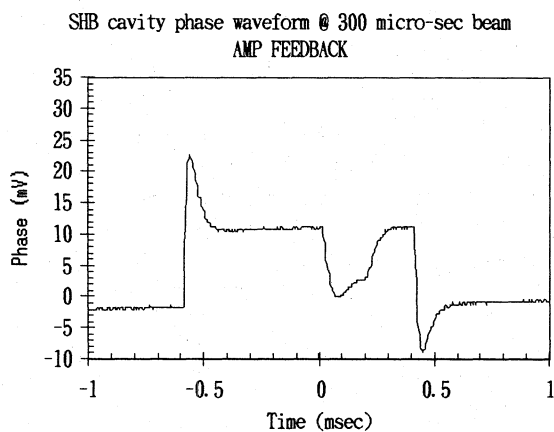


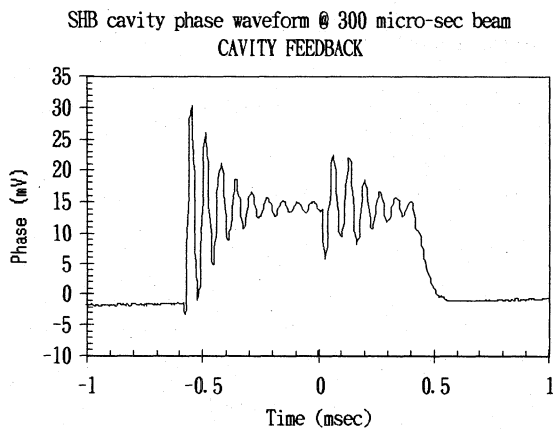
図3 RF空洞フィードバック



(4a)



(4b)



(4c)

図 4 SHB空洞内のRF位相情報をあらわすパルス波形：(a) feedback loop off; (b) amplifier feedback on; (c) cavity feedback on.

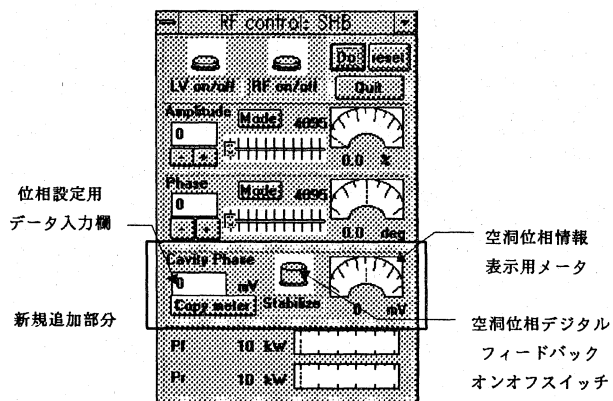


図 5 RF位相・振幅制御パネル中の空洞位相情報の表示

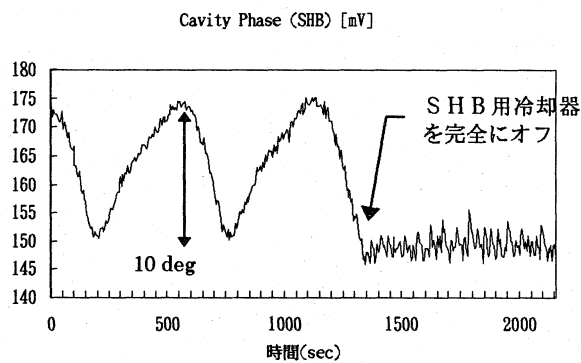


図 6 フィードバックの無い状態での空洞内RF位相情報の時間的推移

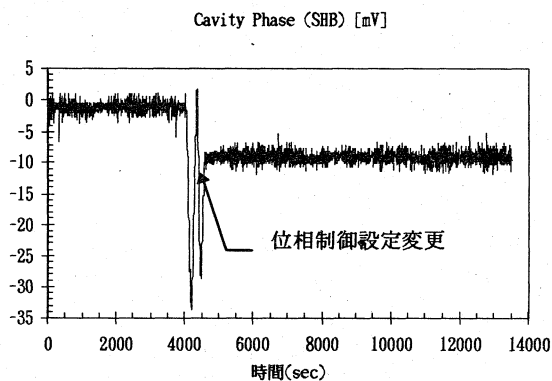


図 7 デジタルフィードバック実施後の空洞内RF位相情報の時間的推移