

# COMPUTER CONTROLLED MEASUREMENT OF RF CAVITY FIELD

Tatsuya IJIMA, \*Yoshiharu TORIZUKA, \*Kazuo SATO, \*Ken HAYAKAWA and \*Toshinari TANAKA  
College of Science and Technology, Nihon University  
\* Atomic Energy Research Institute, Nihon University

## ABSTRACT

A computer controlled bead puller has been fabricated. In this system, an rf oscillator is tuned automatically to the cavity frequency with a phase-locked loop. Position of the bead is controlled by a personal computer through a stepping motor. The cavity frequency is measured directly using a frequency counter. The cavity frequency is stored in the memory and plotted on the display as a function of bead position. The time for measurement has been reduced considerably compared with a manual measurement.

## 加速空洞電磁場分布の自動測定

### 1. はじめに

ビーズプル法による加速空洞内の電磁場分布の自動測定装置を製作した。自動測定を行うためにはRFオシレータの発振周波数を空洞の共鳴周波数の変化に自動追従させる必要がある。製作した装置では空洞の共鳴周波数の変化を、入射RFと空洞内のRFとの間の位相差の変化で検出し、この位相差が常に一定になるようRFオシレータの発振周波数を制御し、その結果共鳴周波数に追従するようにした。また、ビーズの移動及びRF周波数の測定はパーソナルコンピュータで行うことにした。これにより測定に要する時間は、測定を人手で行っていた時より大幅に短縮し、測定時間内での環境の変化の影響を無視できるようになった。

### 2. 測定の自動化

ビーズプル法は、加速空洞内電磁場分布を求める方法としては、一般的な方法である。金属または誘電体でできたビーズを加速空洞内に挿入すると、共鳴周波数はビーズの位置での電場と磁場の強さの2乗に比例して変化する。ビーズプル法はそのことを用いて、ビーズを加速空洞内で移動させながらビーズの位置とその位置での共鳴周波数を測定して、共鳴周波数の変化量から加速空洞内の電磁場分布をもとめる方法である。

RFオシレータの発振周波数の調整、共鳴周波数の読み取りやビーズの位置の移動等を人手で行うと測定に長時間を要し、周囲の温度変化等による影響が生じ、また人為的誤差も生じやすい。そこで測定を短時間で行うために、パーソナルコンピュータ(PC9801VM21)を用いた自動測定装置を製作した。

自動化を行うためには、RFオシレータの発振周波数を常に加速空洞の共鳴周波数に追従させる必要がある。ここでは加速空洞の共鳴を利用したフェーズロックループによって追従させる方法を取っ

ている。空胴共振器においては入射RF周波数の空胴共鳴周波数  $f_0$  からのずれ  $\Delta f$  と、入射RFと空胴内RFとの位相差  $\Delta \phi$  には次の様な関係がある。但し  $\Delta f = 0$  のとき  $\Delta \phi = 0$  とし、負荷Qを  $Q_L$  とする。

$$\Delta \phi = -\tan^{-1} (2Q_L \Delta f / f_0) \quad (1)$$

これを図示すると図1のようになる。加速空胴にRF入力用のアンテナと空胴内のRFをピックアップするアンテナをとりつけ、入射RFとピックアップされた空胴内のRFをダブルバランスドミキサー (DBM) のRF及びLOに入力すると、IF出力で図1の様な位相の変化が観測される。ただし  $\Delta f = 0$  のときDBMのIF出力が0Vに調整されるよう移相器を挿入しておく。このIF出力をコンパレータを通してRFオシレータである電圧制御発振器 (VCO) の制御電圧入力端子に接続するとフィードバックがかかって、IF出力が常に0V、即ち  $\Delta \phi = 0$  になり、その結果空胴の共鳴周波数に発振周波数が追従する。使用するRF周波数は1.6GHz~4GHzであるが、追従性はよく100Hz程度の精度がある。

図2に測定装置の概略の構成図を示す。パーソナルコンピュータに取り込むデータは、RF周波数カウンタで測定した共鳴周波数、空胴からピックアップしたRFのパワーレベルで、周波数はビーズを移動させて停止した後カウンタに測定のためのトリガを送り測定データをGP-IBで読む。RFパワーは共鳴のピークに追従していることを確認するため、共鳴周波数の測定ごとに検波器出力電圧をAD変換して取り込んでいる。ビーズの移動量はステッピングモータに送るステップ数と、ビーズを取付けている糸の送出用滑車の径で決まり、現在の構成では1ステップ0.1178mmである。いまの所ビーズと加速空胴の相対的な位置の初期設定はできないので、スケールで測定して与える他には方法がない。

取り込んだ周波数とRFパワーのデータは測定の原点からのビーズの移動量の関数としてコンピュータに格納され、同時にディスプレイ上にプロットされて、測定中に共鳴周波数の振舞いを見ることができる。図3にDAW空胴の加速モードについての測定結果の例を示す。

### 3. まとめ

これまで加速空胴内の軸上電磁場分布を測定する場合、人手に頼っていたため測定にかける時間とデータの詳細さに大きな問題があった。しかし空胴の特性を詳細に調べるためには繰り返し条件を変えて電磁場分布を細かく測定することが要求されるので、自動測定化が実現したことは重要である。我々が扱うRFは2450MHz付近が主であるが、加速管の長さが1m、2m、あるいは4mとなると空胴の数が増え、測定点も非常に多くなる。製作した自動測定装置を用いると、測定のステップ2mm、加速管長1mの場合、1回の測定に要する時間は6分程度である。これは人手に頼っていた時に比べて数10分の1の時間である。

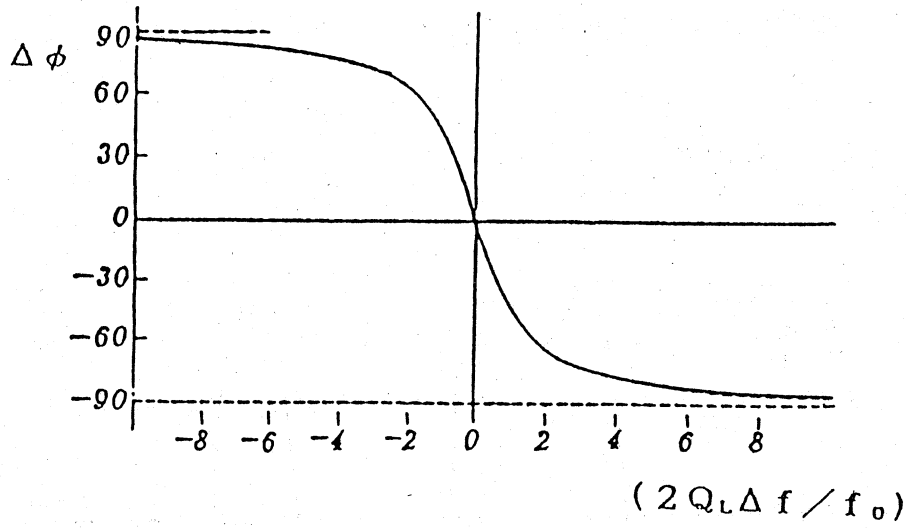


図1 共振周波数( $f_0$ )付近における入力RFと空洞内RFとの位相差( $\Delta\phi$ )の変化。

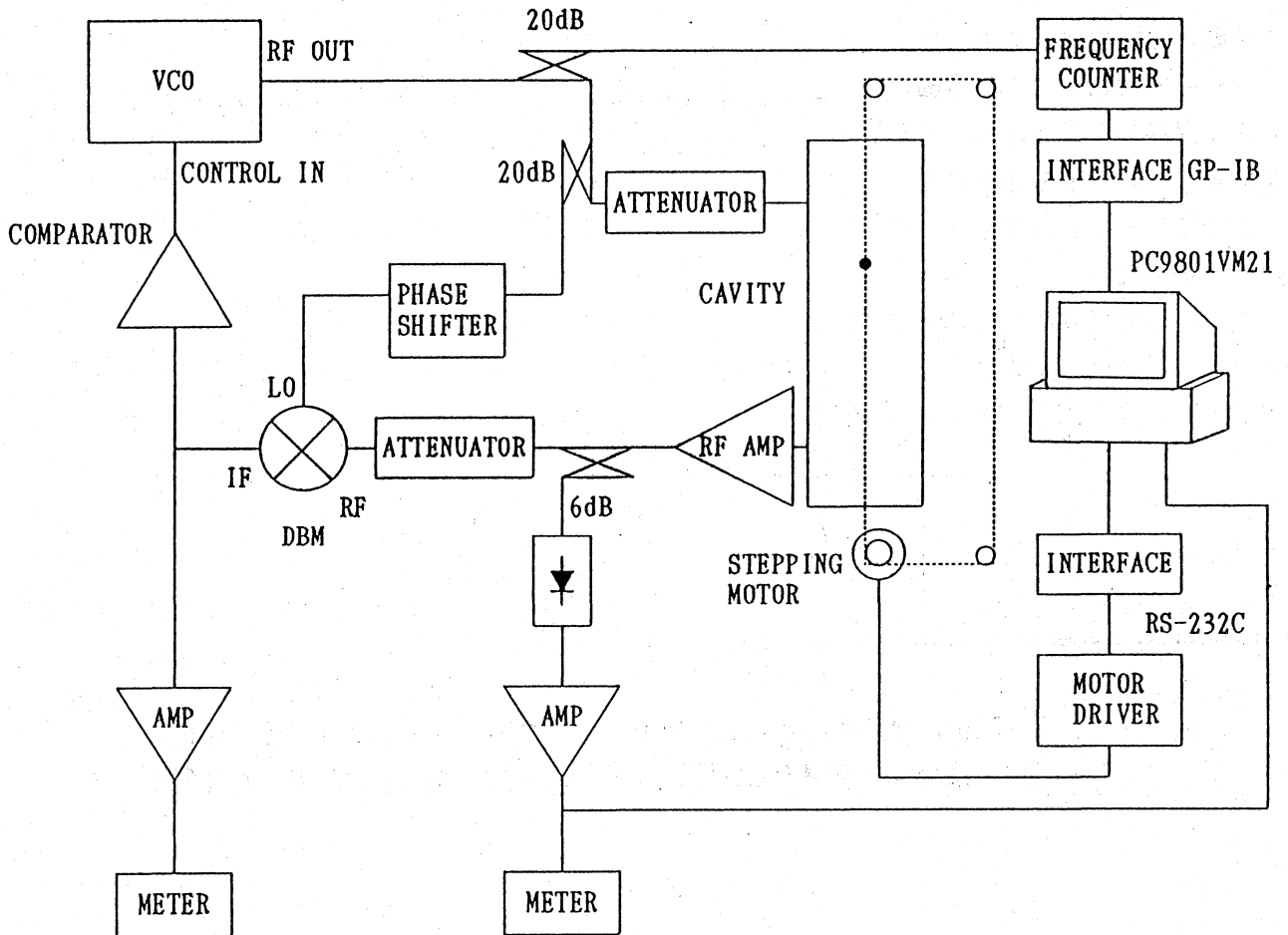


図2 測定装置の構成。

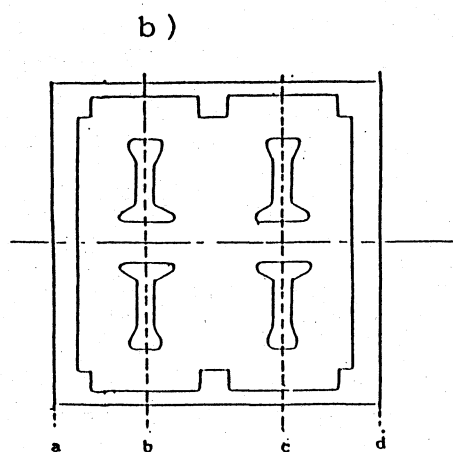
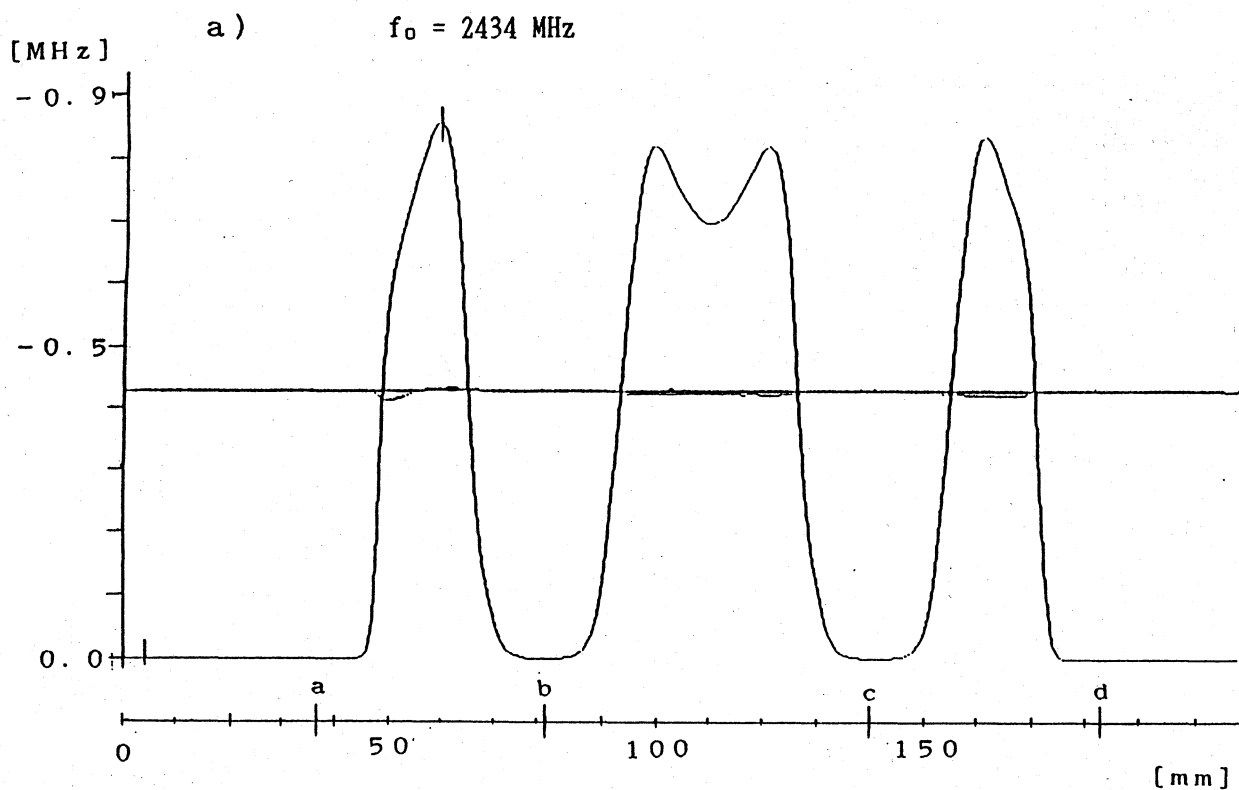


図3 a) DAW型加速構造の $\pi/2$ 加速モードについて得られた軸上電界分布。  
 b) 測定に使われた空洞の断面図。a~dはそれぞれ空洞の対応する位置を示す。