

[13P-34]

## Estimation of the Waveform of fine structure pulse with Resonator

Takashi MIYASHITA, Yoshiki GOTO, Yoshiki MIZUSAWA\*, Satoshi TOMIOKA  
and Takeaki ENOTO

Division of Quantum Energy Engineering, Graduate school of Engineering, Hokkaido University  
Kita-13, Nishi-8, Kita-ku Sapporo, Hokkaido, 060-8628, Japan

\*Fujitsu Limited

Kamiotanaka 4-1-1, Nakahara-ku, Kawasaki, Kansgawa, 211-8588, Japan

### ABSTRACT

An electron beam of linac consists of fine structure pulse trains with the period of the acceleration frequency. To estimate the waveform of the fine structure pulse, it is necessary to obtain complex amplitude the electric field radiated from electron beam at every frequency. To determine the complex amplitude, we should measure not only the amplitudes but also the phases. Since The Fabry Perot Resonator is an open type resonator, its resonance characteristic of distance between mirrors depend on frequency. Choosing the distance, we can make some types of filter. When we use the non-linear detector, detecting result of the synthesized two frequency components depend on the distance of phase between them. In this paper, we show the phase detecting system with Fabry Perot Resonator and non-linear detector.

### FP 共振器を用いるライナック電子ビームの微細構造パルス波形測定を試み

#### 1. はじめに

北海道大学 45MeV ライナックの電子ビームは、加速周波数 2.85GHz の周期をもつ微細構造パルス列を形成している。微細構造パルス波形は、加速周波数の整数倍した成分で構成される電子ビームの放射電界の各周波数の複素スペクトルを測定し、逆フーリエ変換をかけることにより求めることができる。放射電界の各周波数の複素スペクトルの測定に、ファブリ・ペロー共振器(以下 FPR と記す)を用いる方法を検討した。FPR は開放型の共振器で、鏡面間隔の設定により複数の周波数の成分を同時に選択できる。FPR から 2 つの周波数成分を取り出し、移相器を経由して合成すれば、これら 2 つの成分の位相差が求められる。利点として非接触型の波形測定器であること、バンドパスフィルターを複数用いる必要がなく、測定体系が簡素化できることが挙げられる。FPR を用いた放射電界の各周波数のスペクトル強度の測定の可能性については実験、解析の両面から既に報告されている [1][2]。本論では、更に FPR に

よる各周波数成分間の位相差の測定の可能性について実験により検討した。

#### 2. ファブリ・ペロー共振器

FPR はもともと干渉計として用いられ、二枚の平面ガラスを対向させ、内面の一部を透過させるようにメッキしたものである。そのガラスの鏡面を金属板に換えることにより電磁波に対する共振器と考えることができる。又、鏡面に曲率を与えることにより、Q 値を上げることができる。

FPR は開放型の共振器で、鏡面間隔を容易に変更できる。図 1 に示すように、スリットから入射した電磁波は鏡面に曲率があるため、ある鏡面間隔では FPR 内で反射を繰り返して共振するが、ある間隔では開口部より洩れてしまう。鏡面間隔に対する共振特性は波長に依存し、周波数選択性を持った共振器といえる。また、曲率を変えることで共振器の鏡面間隔に対する特性を変えることもできる。

FPR をうまく調整することができれば、ビー

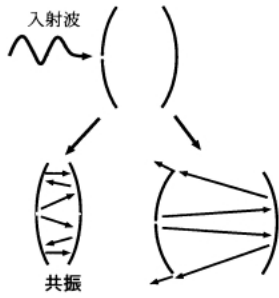


図 1 鏡面間隔を変えたときの波の反射方向

の放射電界の各周波数のスペクトルを FPR のみで検出することが可能となる。更に、同じ鏡面間隔で異なる周波数の波を同時に検出できるよう調整することも可能である。

### 3. 位相の測定原理

微細構造パルス波形測定には、ビームの放射電界のスペクトル強度のみならず位相情報、つまり異なる周波数間の位相差の情報が必要である。FPR は放射電界のいくつかの周波数を同時に通過させることができるため位相情報を保持したまま検波させることができ、二つの波の位相差を測定することが可能である。図 2 に示すように、ある周波数と異なる周波数の波の合成波の検波後の出力は、検波器がダイオード特性を有するため、合成波の負（または正）の信号がカットされ、斜線部のみが出力される。したがって、検波後の合成波の出力はある時刻のそれぞれの位相に応じて変化する。ある二成分が時間とともに  $A_n e^{j(\omega_n t + \phi_n)}$ 、 $A_m e^{j(\omega_m t + \phi_m)}$  の変化をするとき、位相差  $\phi_n - \phi_m$  が 0 のとき、出力は最大となる。したがって、異なる周波数の波の位相差は、一方の波の位相を変化させ、合成波の検波後の出力が最大となったときの位相変化量となる。

### 4. 電子ライナックによる実験

FPR から異なる周波数の波を同時に検波するため、FPR の鏡面間隔に対する周波数特性を、バンドパスフィルターを併用して測定した。図 3 の

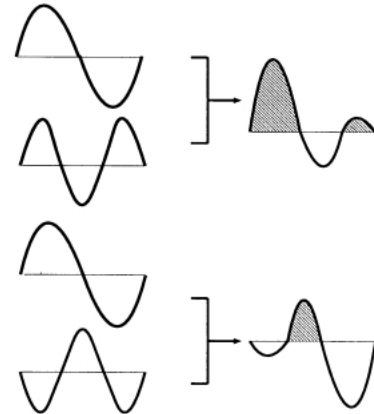


図 2 位相差測定原理

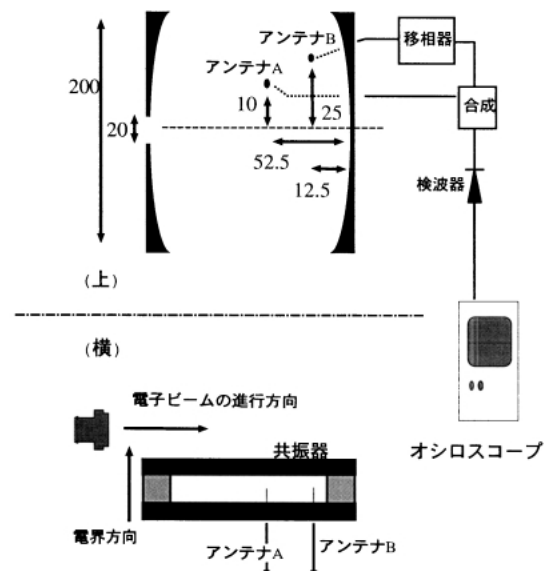


図 3 実験体系

ように共振器内に 2 本のモノポールアンテナを設置した。アンテナ位置は FPR の内部電界の解析結果 [3] を元に決定した。測定は FPR の鏡面間隔をステップモーターで 1mm 刻みで 105～195mm の範囲を測定した。アンテナ A 及び B のバンドパスフィルター通過後の出力を、クリスタル検波器 (HP8474) を通してオシロスコープにとりこんだ。図 4、図 5 に 2 倍高調波 (5.7GHz) と 3 倍高調波 (8.55GHz) の特性をそれぞれ示す。

他の高調波の共振ピーク位置と比較して、鏡面間隔 134mm でアンテナ A からは 3 倍高調波のみが、アンテナ B からは 2 倍高調波のみが検出で

きることが確かめられた。

次に、図3に示す実験体系を組み、鏡面間隔を134mmに固定しバンドパスフィルターを用いずFPRのみでアンテナAから3倍高調波を、アンテナBからは2倍高調波を検出し、検波器を通す前に合成した。また、合成する前に2倍高調波の位相を可変同軸管(移相器)によって変化させた。図6に移相器の位相変化に対する合成波の検波後の出力を示す。

図6より、可変同軸管の長さを32mm変化させた時、出力は最大となった。また、TDR測定を行い、アンテナ、ケーブル、移相器による位相変化量を別に評価したが、アンテナ、ケーブルによる位相変化はほぼなかった。移相器は同軸の長さの変化量0のとき $1.429\pi$ だけ位相変化があり、同軸の長さを32mmに延長したことによる位相変化量は $1.187\pi$ であるから、2倍、3倍高調波の位相差は $0.616\pi(1.429\pi + 1.187\pi - 2\pi)$ となる。

## 5. まとめ

異なる周波数間の位相差は、その合成波の検波後の出力により測定できることが確かめられた。今回試作したFPRでは5倍高調波まで検出することができたが、同じ鏡面間隔で2つの波を検出するのは困難であり、位相差測定には、鏡面間隔の異なるFPRの併用を検討する必要がある。また、FPRによる位相変化量を実験、解析から評価する必要がある。更に、アンテナをFPR内部に設置したことによる、アンテナの影響を考慮した内部電界の解析を行う必要がある。

## 参考文献

- [1] Y.Mizusawa et al., Proc. of the 24th Linear Accelerator Meeting in Japan, pp.383-385, 1999
- [2] T.Miyashita et al., Proc. of the 24th Linear Accelerator Meeting in Japan, pp.389-391, 1999
- [3] 水沢芳樹,『ファブリ・ペロー共振器を用いたLINC電子ビーム波形測定』,北海道大学修士論文,2000

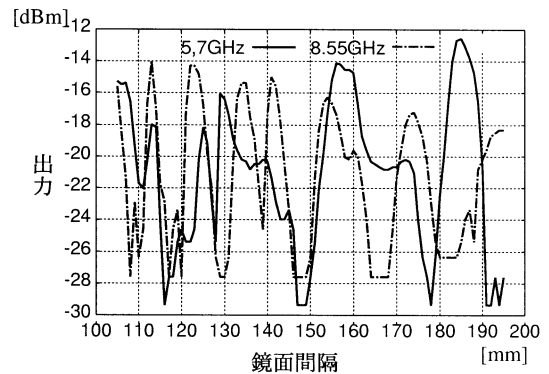


図4 アンテナAの鏡面間隔に対する出力

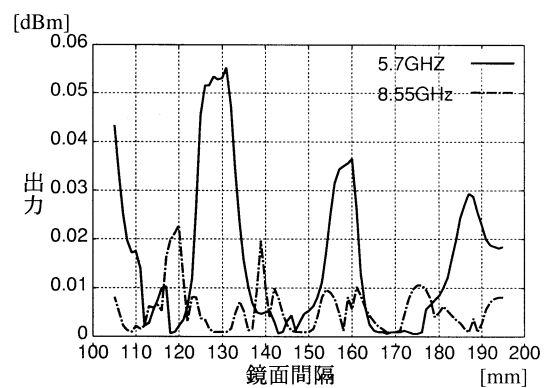


図5 アンテナBの鏡面間隔に対する出力

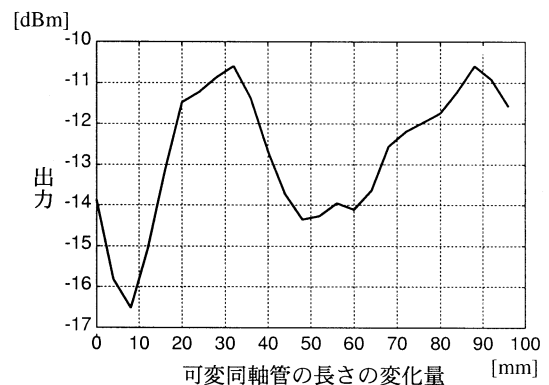


図6 位相変化に対する検波器の出力