

[P8-40]

Estimation of the time Pulse width of Electron Beam with Resonator

Takashi MIYASHITA, Yoshiki MIZUSAWA, Satoshi TOMIOKA and Takeaki ENOTO

Division of Quantum Energy Engineering, Graduate school of Engineering, Hokkaido University

Kita-13jo Nishi-8chome Kita-ku Sapporo, Hokkaido, 060-8628, Japan

ABSTRACT

An Electron beam of linac makes fine structure pulse trains with the period of the acceleration frequency. The time width of the fine structure pulse can be estimated, if the spectrum of each frequency of the electric field radiated from electron beam can be measured. In order to use Fabry Perot resonator with this purpose, the frequency characteristics for the distance between mirrors were examined by the combined use of bandpass filters. That are for the fundamental frequency, the second and the third higher harmonics. It was confirmed that the distance of resonant peaks was respectively different on them and that this resonator has characteristics of the filter.

共振器を用いた電子ビームのパルス幅の推定

1 はじめに

ライナック電子ビームは、ある特定の周波数を整数倍した成分しか持たないことから、その周波数スペクトルを測定することでビームの時間波形を知ることが期待できる。そのためには特定の周波数の電界のみを強く検出するフィルターとしての役割を持った検出器が必要となる。本研究では、ファブリ・ペロー共振器(以下FPRと略す)をこの目的の検出器として利用し、電子ビームのパルス幅の推定を行うことを目的に実験をおこなった。FPRの利点は、高いQ値を保ちながら測定時に自由に鏡面間隔を変えられるところにある。すなわち、鏡面に曲率を持たせること、励振スリット位置を変えることで異なる周波数同士の共振ピークをずらすことができ、フィルタの特性を有する。また、バンドパスフィルタとFPRの併用により得られる異なる周波数の出力と、FPRのみから得られた出力特性の比較により、各周波数の波の間の位相差を推定できる可能性も秘めている。

2 ファブリ・ペロー共振器

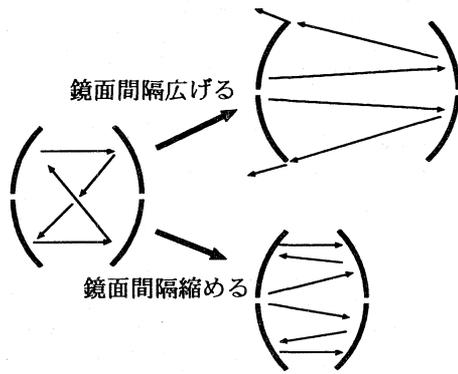
電子ビームが作る電磁界のスペクトルは、マイクロパルスに対応する基本周波数とその高調波

からなる線スペクトルとなる。マイクロパルスをガウス波形と仮定すると、線スペクトルのエンベロープは0Hzを中心とするガウス波形となり、また、この半値幅(Hz)はマイクロパルスの半値幅(s)に対応する。したがって、電磁界の線スペクトルを測定することによりマイクロパルス幅を求めることが期待できる。

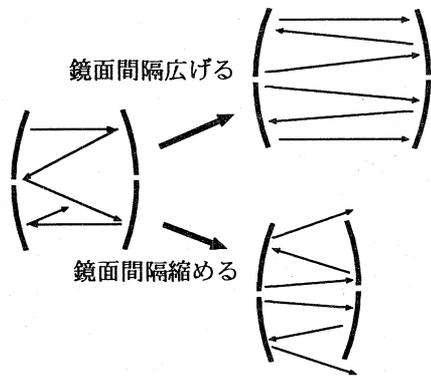
また、ある周波数と異なる周波数の波の合成波の検出力は、ある時刻のそれぞれの位相に応じて変化するはずである。単一のバンドパスフィルターを用いた場合それらの位相を測定することは不可能だが、FPRはいくつかの周波数を同時に通過させることができるため位相情報を保持したまま検波させることが出来る。したがって、ある時刻の二つの波の位相を測定する、すなわち、複素スペクトルの測定することへの応用が期待できる。

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出来る。

FPRは図1に示すように、スリットから入射した電磁波は、ある鏡面間隔ではFPR内で反射を繰り返し共振するが、ある間隔では波は開放部



(a)共焦点型FPR



(b)双焦点型FPR

図 1 鏡面間隔を変えたときの波の反射方向

より洩れてしまう。また、鏡面に曲率をもたせることで、鏡面間隔に対する共振ピークの位置が周波数によって異なるので、周波数選択性を持った共振器といえる。FPR を適切に調整できれば、異なる周波数の合成した波のスペクトルを測定することができる。また、曲率によって共焦点型と双焦点型にわけることができるが、これは鏡面間隔を変えることにより変化する。

図 2 に製作した FPR の構造を示す。これは鏡面間隔が 195 mm で共焦点型となり、鏡面間隔を縮めていくと双焦点型となる。また、電子ビームの進行方向と、電界方向は図 2 のようになる。

3 電子ライナックによる実験

FPR の鏡面間隔に対する周波数特性を調べるために、バンドパスフィルターを併用して実験を

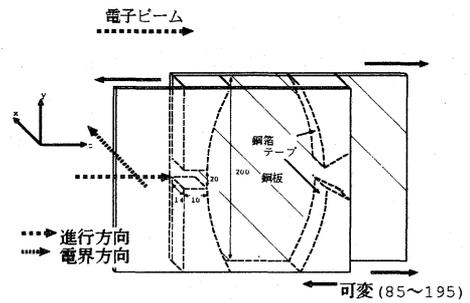


図 2 製作した FPR

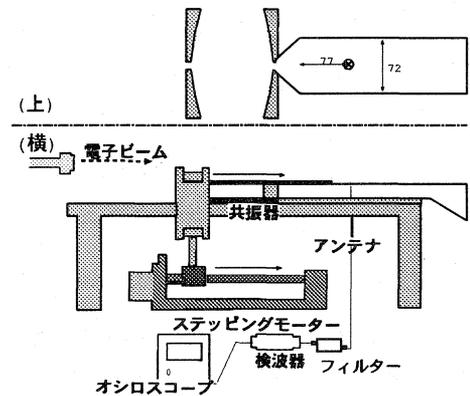


図 3 実験体系

行った。実験体系を図 3 に示す。周囲を電波吸収材で囲み外部からの反射波等の影響をなくした。測定用のアンテナは、同軸ケーブルの中心導体を 10mm 延長したモノポールアンテナをテーパ状の導波管に設置したものを使用した。導波管の部分は TEC Publication 153-2(1964) の規格に基づき基本周波数 (2.85GHz) にあわせて製作した。実験は FPR の鏡面間隔をステッピングモーターで 1mm 刻みでビーム出口から 85~195mm の範囲を測定した。FPR から出力された電磁波を、HP8474 のクリスタル検波器を通してオシロスコープにとりこんだ。測定は 2.85, 5.7, 8.55GHz のバンドパスフィルターを通した場合および一切通さない場合の測定を行った。更に、共振器の開放部からの電磁波の入射の度合を調べるため、開放部を遮蔽して測定を行った。

実験結果を図 4~6 に示す。5.7, 8.55GHz の共振特性を合成すると、図 4 にほぼ一致する。また、

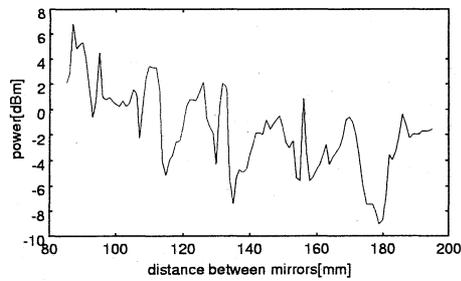


図 4 フィルターないときの共振特性

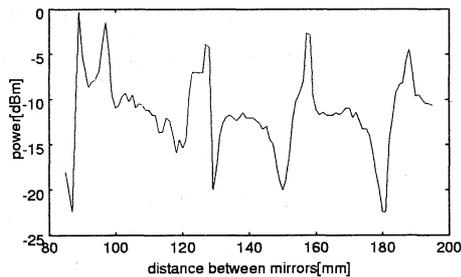


図 5 5.7GHz の共振特性

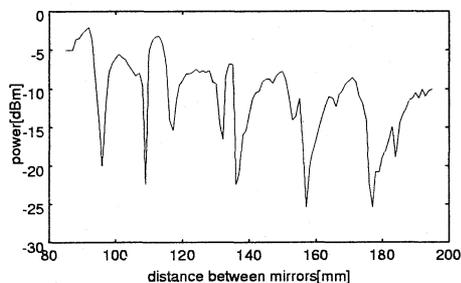


図 6 8.55GHz の共振特性

この二つの周波数の共振ピークの鏡面間隔に対する位置がずれているため、FPR をフィルターとして使用できることが確かめられた。2.85GHz については検波することができなかった。また、発振器を使用して同様の実験を行ったが、鏡面間隔に対する共振ピーク的位置はほぼこれに一致した。

4 まとめ

今回の実験から 5.7、8.55GHz の周波数については FPR によって各々のスペクトルを測定できることが確かめられた。今後、FPR の入出力特性を評価する必要がある。また、これが評価

できれば、これらの合成波のスペクトルも測定できる。さらに、位相差測定には理論、実験の両面から検討しなければならない。

しかし、FPR の開放部からも電磁波が入射し、むしろスリットから入るよりも大きい。したがって、開放部からの電磁波の入射を除去できる、可動型の FPR に改造する必要がある。

基本周波数については検波することができなかった。これは、共振器側の導波管入口部の大きさが小さく、波長の長い波が入りにくいために検波できなかったものと思われる。

今後、他の周波数のスペクトルの測定もできるように調整すれば、異なる周波数の合成電界を検出することによって、それらの位相差を調べることが出来、更には電子ビームパルスの分布がもとめられる可能性がある。