

KEKフotonファクトリー入射器用ビームポジションモニター

高エネルギー物理学研究所放射光実験施設

榎本收志、桂英太郎、松本浩、中原和夫、佐藤勇、田中治郎

8 序

KEKフotonファクトリー2.5 GeVリニアックの加速ビームの位置モニターとして、(1)TM₂₁₀ 空洞共振器型モニター(2)進行波型モニターの2種類のテストを行った。

TM₂₁₀ 空洞共振器型モニターの原理を図1に示す。電子ビームの変位 x が小さいときには、ビームとカップルする z 方向の電場成分は $E_z(x) = kI \sin|x| \approx kI|x|$ となり、空洞内で共振する電波の強さはビームの変位 x とビーム強度 I に比例する。又ビームが右に変位するな左に変位するなによって、励起される電波の位相は 180° 変る。尚 x -cavityでは y 方向のビーム変位に対しては $\cos y$ に電波強度が比例するので鈍感である。

進行波型モニターの原理図を図2に示す。電子ビームは周波数2856 MHzの高周波で加速され、自身も同じ周波数の波を搬送して走る。導波管を用いてこの波の信号を取り出し、ビームの進行方向と直角に置かれた導波管中を左右に伝搬していく行路差を測ることによってその波の発射点つまりビームの位置を知る。行路差は一定波長の波であれば両方向に伝わる波の位相差として検出できる。

各々のモニターの特徴をまとめる。空洞共振器型の特長は、(1)感度が非常に良く

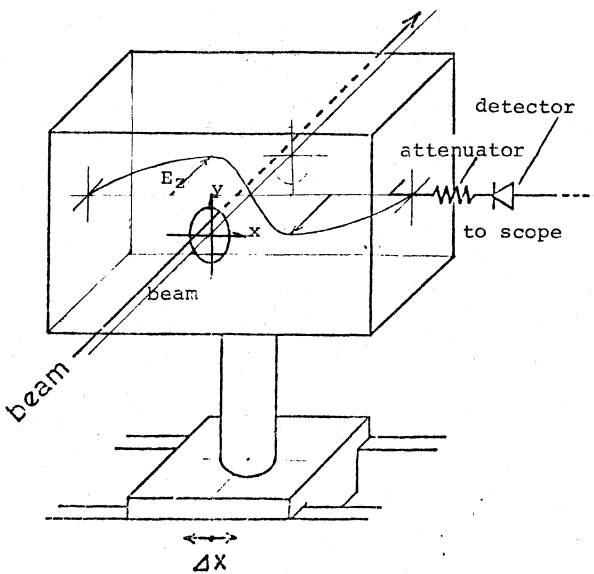


Fig. 1 Experimental setup for cavity type beam position monitor

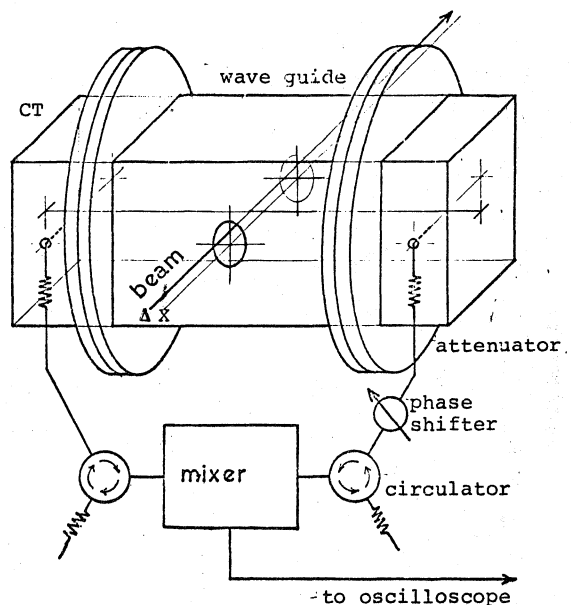


Fig. 2 Experimental setup for traveling wave beam monitor

$\sim 100 \mu\text{W}/\text{mA}^2\text{mm}^2$) 又ビームが空洞中心を通るとき出力が最小になること(2)左右のずれの違いも 180° の位相差を検出するだけでよい(3)ため信号検出回路が簡単で(従って安価)調整と容易で精度のよい位置検出ができることである。一方進行波型モニターは、(1)左右のバランスは一方の信号取出し径路に移相器を入れて予め決められたビームの位置で左右の信号の位相差が0になる様に調整する。言替れば零点は移相器により任意の位置に選取できること(2)変位方向が左々右々はDCレベルの極性によって知ることができることである。

(文責 榎本 桂)

§ 空洞共振器型モニター

空洞としては2856 MHzに共振する矩形共振器を作りLカップルによってビームで励起された TM_{210} モードの電波の出力を取り出す。カップリングはオーバーで $Q_L \approx 500$ 位にした。実験は東大工学部35 MeV リニアックで行ない、ビーム強度を約 80 mA で一定に保ちモニターの方を左右に動かした。今回の実験ではビームが左右に変位したときの電波の 180° の位相差は検出せず、ただ検波した出力波形をオシロスコープで観測した。図3に信号波形を示す。クライストロンパルサーによると思われる定形のノイズが重なっているのでデータはパルスの立ち上がりから $3 \mu\text{sec}$ 付近の一定の位置で読み取り、信号パルスの線の太さを考慮して読み取り誤差をつけた。図4に測定データを示す。変位の零点で出力が0にならないのはバランスが左右にぶらついていることによると思われる。しかしこの実験から、位置分解能は 0.5 mm 以上あり、今後信号の処理を行えば、更に位置検出精度も良くなりリニアックのビームコントロール用としても適当と思われる。(文責 榎本)

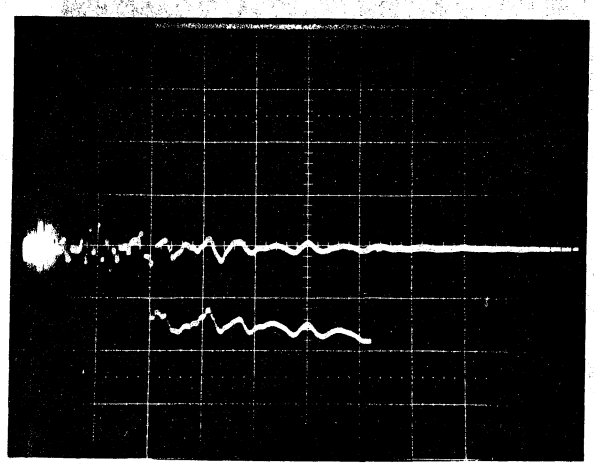


Fig. 3 Detector output at $\Delta X = +5.7 \text{ mm}$
 Vertical axis 0.1 V/div
 Horizontal axis 1 $\mu\text{sec}/\text{div}$.

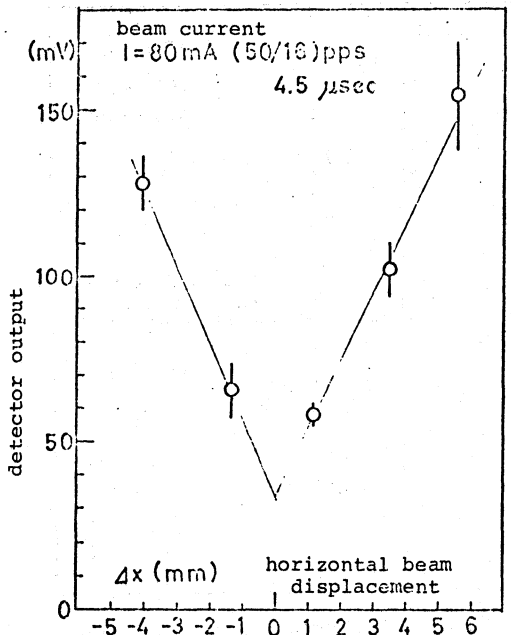


Fig. 4 Detector output vs. beam displacement

8 進行波型モニター

導波管はTE₀₁モードを利用すべく高さ72.1mm(管内波長153.1mm)に選び、ビームを垂直壁面の中心にあけた円形の穴に水平方向から入射させる(図2)。導波管の両端に同軸導波管変換器(CT)を取付け、左右に伝播して来た信号をそれぞれ減衰器、サーキュレータを経てダブルバランスミキサーで加えて位相差をDC信号として取出す。実験結果を図5に示す。ビーム移動量 Δx (mm)に対して位相差に比例したDC出力をmVで示す。信号強度は35MeV 100mAの電子ビームを使ったとき、減衰器20dBを左右のCTの出力側に入れた状態で、変位1mm当り19.6mVである。穴の半径は10mmであるがビーム自身の広がりもありビームが周辺に当たらない範囲で最大変位は約 ± 6 mmである。データはオシロスコープ上のパルス波形(図6)を写真撮影したのから読取った。問題点として(a)信号は十分大きいけどノイズを出来るだけ減らすためには減衰器を小さくしてS/Nの改善をはかるのが望ましい。それに依りてミキサーの入力容量も増さなければならない。(b)CTの左右から出た信号をミキサーに導く経路はループ状なので周辺のノイズを拾い易い。ミキサーまで含めて系全体を完全密封型に作るべきである。(c)ビーム強度が変動するような場合にはたとえビームの位置変化がなく位相差が同じでもミキサーからの信号は変動してしまう。これを避けるには出力レベルで規格化するが、レベルを一定に保つためにリミッターを入れる必要がある。(文責桂)

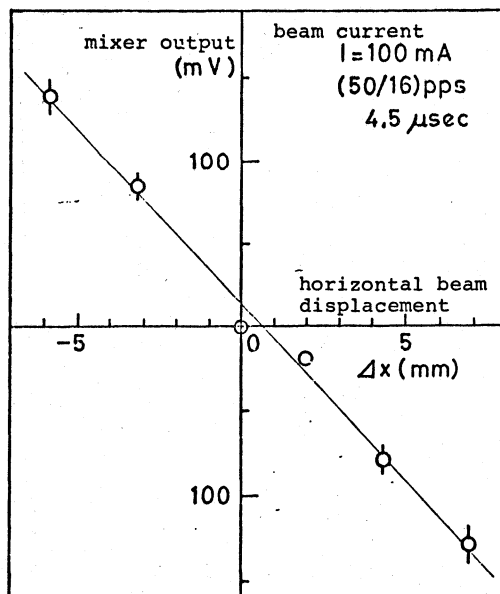


Fig. 5 Double-balanced mixer output vs. beam displacement

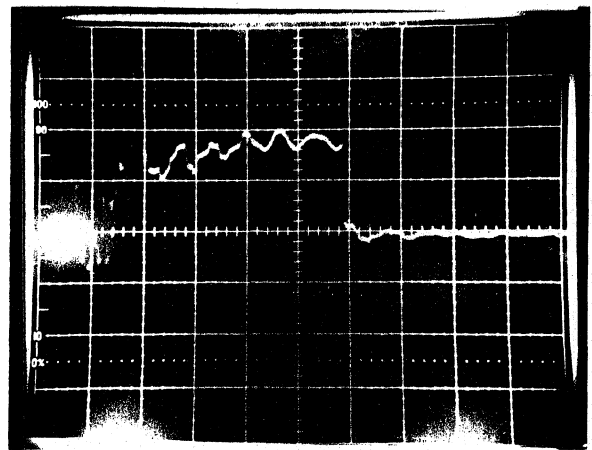


Fig. 6 Mixer output at $\Delta x = -3.16$ mm
Vertical axis 50 mV/div
Horizontal axis 1 μ sec/div.