

A. Enomoto, K. Takeda, H. Matsumoto, I. Sato and M. Oyamada*

National Laboratory for High Energy Physics

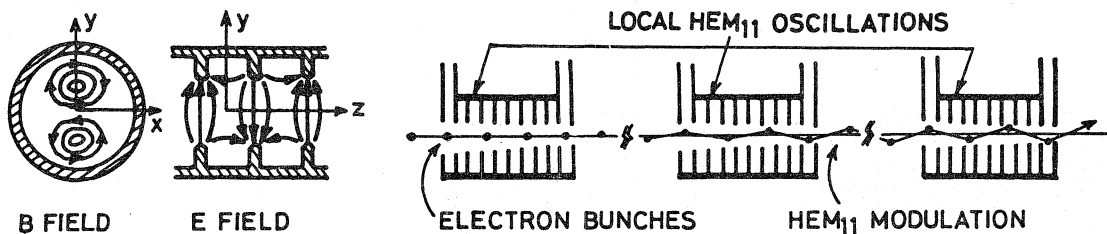
* Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

ABSTRACT

Beam blow up (BBU) was observed at the end of the PF 2.5 GeV linac. The BBU threshold current was about 300 mA under the conditions that the beam energy was 1.67 GeV and that the betatron wavelength of the focusing system was 100 m. This is two times higher than the SLAC BBU threshold current.

§1 はじめに

加速管が多数並ぶ長い電子線形加速器に於いては、マルチセクション型BBUと呼ばれるビーム発散現象が現われる。ビーム電流を増していき、ある電流値 I_{BBU} に達するとパルスの後方が欠けはじめ、 I_{BBU} を越えると急激に発散を始めるのがこの現象である。 I_{BBU} をBBUのしきい電流と呼んでいる。BBUはパルスの最初の電子が加速管に HEM_{11} モードの電波を励起し、これによって変調された後続電子が更に HEM_{11} モードを増幅し、最終的にパルス後方の電子がこの電波によって発散されてしまうこと¹⁾によって起こる。(オ1図)



オ1図 HEM_{11} モード及びマルチセクション型BBU

BBUは加速管の構造(BBU周波数、長さ、 Q 、シャントインピーダンス)による定数 C 、パルス幅 τ 、加速器の長さ Z 、加速電場の強さ $d\mathcal{E}/dz$ に関連し、

$$\left(\frac{C I_{BBU} \tau Z}{d\mathcal{E}/dz} \right) \approx const.$$

なる関係をもつ。¹⁾(但し、集束が弱い場合) PF2.5 GeV リニアックでは、最初からこのBBU対策を考慮し、加速管の構造、集束電磁石系の設計を行ってきた。今年(1982年)2月に、リニアックの試験運転を開始し2.5 GeV 50 mAの加速に成功し、引き続き電子貯蔵リングへの入射に移った。3月17日にはリニアックの大電流加速試験を行なったので、以下に報告する。

§2 大電流加速試験

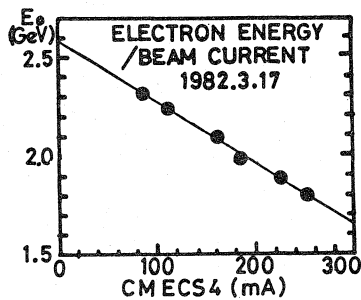
PF2.5 GeV電子リニアックについては、別に報告されるし、又既に加速管の基本構造及び試験、集束電磁石系の設計について論文が発表されているので簡単に述べる。オ2図に示す様に、PFリニアックは、電子銃、30 MeVインジェクター、5つのセクターに分かれた加速器から成っている。1つのセクターは8つのユニットに分かれ、1つのユニットに4本の2 m加速管が載っている。

即ち合計、 $4 \times 8 \times 5 = 160$ 本の加速管がある。加速電場は現在のところ無負荷状態で 8 MeV/m である。集束電磁石系は、オ1セクターは1ユニット(9.6 m)毎にQトリプレット、オ2~オ5セクターは2ユニット(19.2 m)毎にQトリプレットが配置されている。モニター系は、Jアモーター(CM)、プロファイルモニター(PRM)、ポジションモニター(PM)及びビームロスモニター²⁾の4種類である。

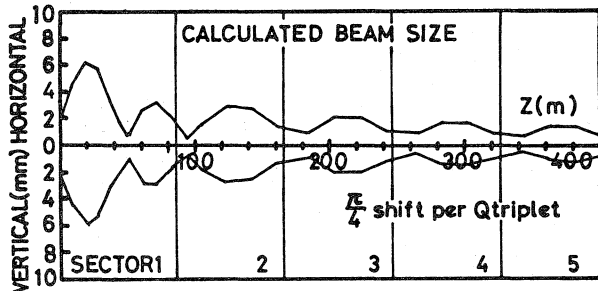


オ2図 PF 2.5 GeV リニアックの構成

大電流加速試験時の加速エネルギーとビーム電流の関係をオ3図に、又、集束系の状態(計算による予想)をオ4図に示す。オ3図に示す様に、負荷の影響は 3.1 MeV/mA ある。集束系のベータatron波長 $\lambda\beta$ は 2.5 GeV で 160 m 、集束電磁石の電流は固定したままだったのでエネルギーが低くなると、ほぼ比例して $\lambda\beta$ も短くなっていく。

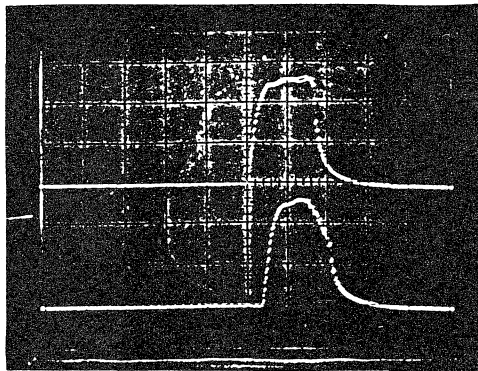


オ3図 加速エネルギー

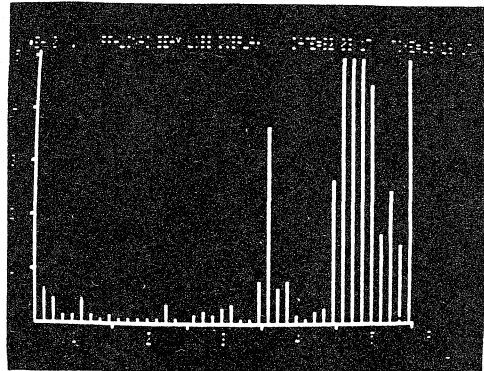


オ4図 ビームサイズ ($E = 5 \times 10^{-3} \text{ MeV/c.cm}$ とは計算)

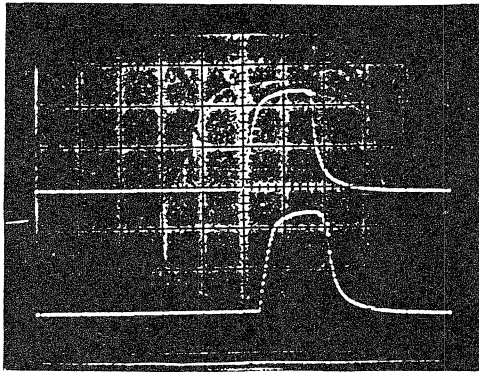
大電流試験では、集束電磁石系(主としてステアリングコイル)の調整を行ないながら電子銃の電流を増していった。パルス幅は $1.5 \mu\text{sec}$ で行なった。電流値を 300 mA まで上げたとき、はじめてBBUが観測された。オ5図(a)に、このときの電流波形を示す。上はオ5セクター入口、下はオ5セクター出口での波形である。出口でのパルスの後の方が欠け始めている。(b)はこのときのビームロスモニターの表示で、ビームがオ5セクターで発散していることがわかる。再び電流を下げ、約 280 mA にするとBBUは止まり、ビームロスもなくなっている。(オ6図)



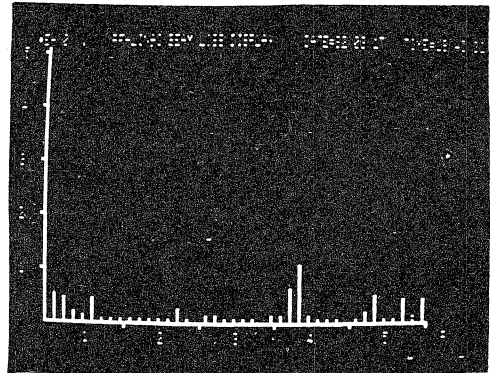
オ5図(a) 上CM5-0 F CMECS1 (300mA)



オ5図(b) ビームロス



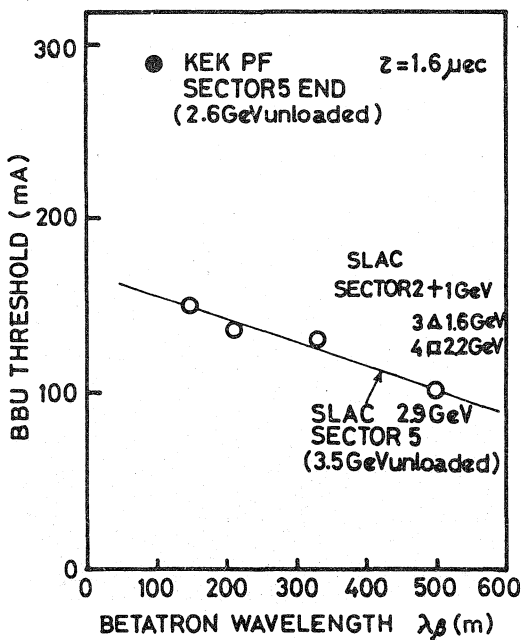
オ6図(a) 上CM5-0下CM Ecs1 (280mA)



オ6図(b) ビームロス

§3 議論と結論

以上の結果を、SLACの実験データと比較したのがオ7図である。横軸には集束系の強度をベータロン波長単位で記入した。今回のデータは³⁾1.67 GeV 300 mA、 $\lambda\beta \approx 100$ mのところにある。SLACのデータと比較して約2倍、しきい電流が高いことがわかった。検討材料として2つのリニアックのパラメータをオ1表にまとめる。KEK-PFとSLACの大きな違いは、①加速管の種類である。PFでは加速管(カップラ2個と54個の加速空洞から成る)の空洞寸法を4空洞ずつずらして5種類にしていること、そのため、HEM IIモードの共振周波数が、互いに重なりにくい、②カップラの電界を加速管中心軸に対して対称になる様に補正している、③集束電磁石系は、PFでは四極電磁石トリプレットである、点があげられる。これらの違いが、どれ位の比重で効いているかは今後の研究を待たねばならない。課題としては、BBUの周波数を測ること、集束電磁石系の強度との関係、加速電場の強度との関係、軌道のずれとの関係、トリプレットとリングレットの違いを調べるなどがあげられる。しかし、現在のPFの仕様(1 μ sec, 50mA)に対してはBBUに十分強い加速器であることが判明した。



オ7図 BBUしきい電流と集束系ベータロン波長との関係

参考文献

- 1) R.H.Helm, G.A.Loew LINEAR ACCELERATORS, B.1.4
- 2) H.Nakagawa, BEAM LOSS MONITORING SYSTEM FOR 2.5 GeV ELECTRON LINAC, Proc. 7th Meeting on Linear Accelerators (KEK Report, 1982)
- 3) private communication with G.A.Loew in SLAC

	SLAC	PF
加速管	長さ107メートル 利得7.3 MeV/m 定電界型 空洞型カチ(電界非対称) 本数4本/ユニット 8ユニット/セクター 1セクター ~ 100m	長さ1.89m 8.7 MeV/m 定電界型5タイプ 固定(電界対称補正) 同 1セクター ~ 80m
集束系	ユニット毎リングレット セクター毎ダブルレット	全トリプレット オ1セクター ユニット毎 1x4本 2ユニット毎

オ1表 加速管、集束系の比較