

ELECTRON GUN AND NEW PREBUNCHER OF THE PF LINAC

S.Ohsawa, A.Asami, M.Yokota, Y.Ogawa, H.Iwata[†], N.Yamaguchi*, K.Inoue*,
Y.Iino*, H.Taki*, Y.Kamouchi*, S.Tuchiya*, S.Hujie*, and S.Hujiwara*

National Laboratory for High Energy Physics

[†]Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

*Mitsubishi Heavy Industries Co., Ltd.

ABSTRACT

As a result of several modifications in the vacuum system and focusing system of the electron gun, anode current increased considerably and became more stable. After the improvements, for about a year, a anode current of a short pulse beam (2ns) has been kept more than 200 mA. Injection time of the beam into the Accumulation Ring of TRISTAN has been normally less than 10 seconds. Meantime, slow leak had been found in the prebuncher operated so far, and a newly designed prebuncher was manufactured and installed last year. It is of traveling wave type and consists of 7 cavities including couplers. Rf characteristics of the new prebuncher will be described.

PFリニアックの電子銃の運転状況と新プレバンチャ

1. 序

PFリニアックの電子銃では、真空系の改造によって、オキサイドカソードのアノード電流と寿命が著しく改善されたが、このことについては前回報告した¹⁾。その後の運転で、1年間程であればほとんど問題なく、このカソードを使用できる事がわかった。今回は、長時間の運転で、アノード電流がどの様に変化したかについて報告する。

また、昨年、これまで運転に使用してきたプレバンチャに間欠的な微小リークが見つかった。このため、新たにプレバンチャを製作し、昨年の夏に設置した。これまでのものと同様 $2\pi/3$ モードの進行波型であるが、軌道計算に基づいて新規に設計し直したものである。旧プレバンチャはキャビティ間の接触がインジウムであったが、今回は電鍍にした。設計値や実測したRFの特性等について報告する。なお、三菱重工の名古屋航空機製作所には、RFの特性測定等でご協力を戴いた。

2. オキサイドカソードとアノード電流の長時間変動

改造前には、電子銃の下流側のゲートバルブを開けるとアノード電流が大幅に減少するといった問題があったが、それでもトリスタンの利用がなくPFリングにのみ電子ビームを供給していた頃には、1年間ほど同一のカソードを使用した実績がある。しかし、この場合は、グリッドバ

ルサーの出力電圧が可変である長パルスであったため、たとえカソードの放射電流が少々減少しても、パルス電圧を上げることによって、放射電流の減少分をかなり補うことが出来た。これが改造前でも、長期間のカソード使用が可能であった理由である。現在は、トリスタンの衝突リングに2 nsの短パルスビームを供給している。この短パルスを電子銃から得るのに使用しているグリッドバルサーは、出力電圧を大幅に変えることが構造上困難であるために、カソードが劣化して放射電流が減少すると、それを補うものがなくビーム電流が減少することになる。そこで、カソード電流の減少を極力抑えることが重要な課題になっている。

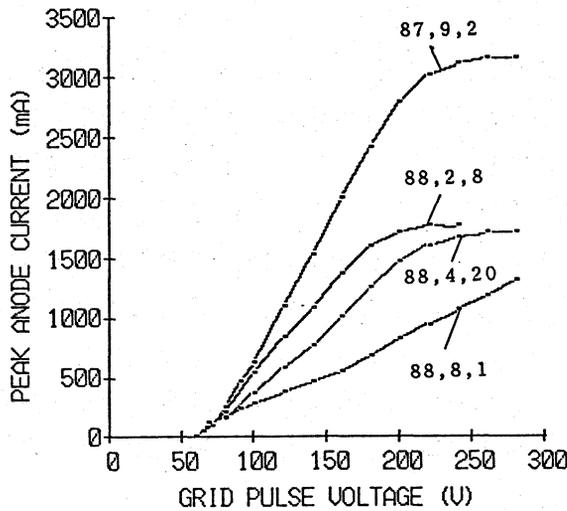


図1 アノード電流の時間的变化
長パルスの場合

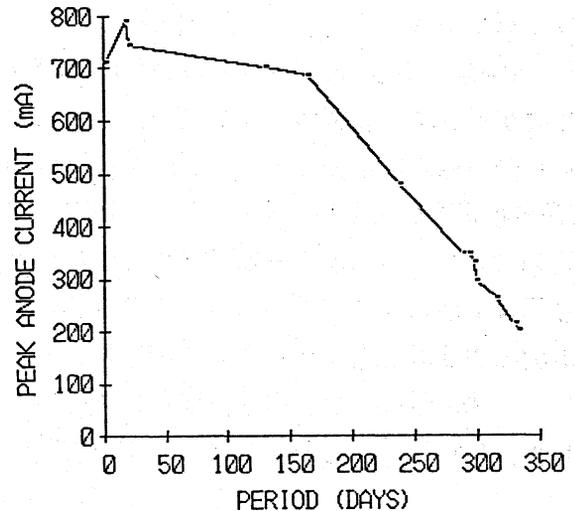


図2 2 nsパルスのアノード電流の変化
横軸はカソードを使用開始してからの日数
ヒータ電圧6.3 V, バイアス電圧65 V

改造後約1年間使用したカソードについて、グリッドパルス電圧を変えてアノード電流の変化を時々測定した。この結果を図1に示す。これは、パルス幅が約 $0.7 \mu s$ の長パルスの場合である。グリッド・カソード間の直流バイアス電圧は65 Vで、ヒータ電圧は定格の6.3 Vである。電子銃の使用を開始した昨年9月2日には、アノードの最大電流が3 A以上あったものが、次第に減少して、終了した今年8月1日には、1 A強まで低下した。それでも長パルスビームの場合は、通常使用するアノード電流が100 mA以下であるので、この程度のカソードの劣化は実用上全く問題にならない。

カソードの劣化が問題となるのは、図2に示す2 nsパルスの場合である。バイアス電圧、ヒータ電圧等の条件と測定日は長パルスの場合と同じである。前に述べたように、この場合はグリッドバルサーの出力電圧が一定であるので、カソードが劣化するとアノード電流が減少するため、トリスタンの衝突リングへの入射時間が増加する。この時間をどの程度まで許すかによってカソードの寿命が決まる。PFリニアックで2.5 GeVまで加速された2 nsの短パルスビームは、トリスタンの入射蓄積リング(AR)に、通常20 mAほど蓄積され、適当なエネルギーまで加速された後、主リング(MR)に入射される。ARにこのビームを蓄積するのに要する時

間は、カソードの使用開始時は数秒で、終了間際には10秒ほどであった。MRに所定の電流を蓄積するのに、リニアックからARに電子ビームを4回入射することを考慮に入れても、MRへの入射時間全体(30~40分程)に占めるこの電子銃の使用時間はまだ問題にならないように思われる。しかし、短時間で入射を終了し、かつ十分なアノード電流の領域で使うことが好ましいことを考慮すると、PF電子銃のオキサイドカソードは、1年程度で交換するのが妥当と考えられる。ただし、陽電子発生装置の電子銃のように、大電流を必要とする場合には、このカソードは寿命の点でまだ問題がある。

3. 新プレバンチャ

今回は、プレバンチャのみの更新であるので、設計にあたってはバンチャとの接続を従来と同じにする事を、前提条件とした。ただし、電子銃の高圧電圧を上げた場合に対応できるように、RFの位相速度を少し大きくした。軌道解析は前回と同じくディスクモデルで行い、空間電荷及び空間高調波の効果も考慮した²⁾。軌道計算の結果を図3に、またパラメタ値を表1に示す。入出力カブラからの反射波が同位相になるのを避けるために、キャビティの総数を前回の6個から今回は7個に増やした。これはカブラの調整を容易にするためである。また、前はキャビティの共振周波数を合わせるのに、仮組をしたプレバンチャにショートプランジャを挿入して、キャビティ間の位相シフト量を測定し、その値に応じて、スパーサの内径2bを加工する方法を採用した。しかし、この方法では、カブラの調整も同時に行う必要があるので、複雑になる上に収束

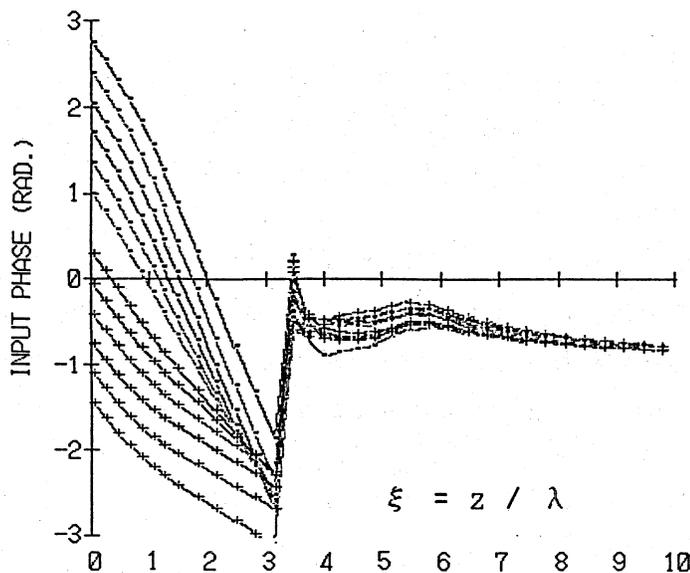


表1 新プレバンチャのパラメータ

NO.	α	β	2a	2b
1	0.034	0.6		
2	0.036	0.6	29.48	86.703
3	0.038	0.6	28.80	86.372
4	0.040	0.6	28.15	86.071
5	0.042	0.6	27.56	85.793
6	0.044	0.6	26.97	85.526
7	0.046	0.6		

するまでに長時間を必要とする。そこで今回は、別に作った供試体のデータからスパーサの2b寸法を精度良く決めてから、ディスクとスパーサ部分を製作し電鍍した。したがって、この時点でキャビティ間の位相シフト量はほぼ固定され、調整の必要な部分はカブラのみとなる。なお、ディスクとスパーサにはOFHC銅を使用した。次に、アイリス幅とプランジャの突き出し長によって、カブラの結合度と共振周波数を調整した。これは、RF測定でアイリス幅の目標値を1度では決められないため、アイリス幅を少し広げてはRF測定をする作業の繰り返しになる。カ

度では決められないため、アイリス幅を少し広げてはRF測定をする作業の繰り返しになる。カプラ部分の構造は複雑であるため精度の高い見積りが出来ず、かなり安全を見込んだ設計にせざるを得なかったのが実状である。従って調整を終了するまでにかなりの時間を要した。幸い、最近では3次元構造でも計算できるプログラムが利用可能となったので、設計段階で寸法の見積り精度が格段に上がり、これまでの状況がかなり改善されるものと期待される。

次に、最終状態で入力側からRFを入れて測定したVSWRとキャビティ間の位相シフト量を示す。VSWRは、使用する加速周波数(2856MHz)に対応する2855.1MHz周辺で、VSWRは1.2以下になり前回の1.8よりもかなり改善された。一方、位相シフト量の方は、 120 ± 8 度である。残留の反射とキャビティ間のばらつきが影響しているものと考えられる。前回は 120 ± 1.5 度であった。これは入力側の残留反射をスタブで打ち消した状態で測定した値である。今回も同様な測定をしてから比較すべきであるが、1波長ずれたグループ間の位相差から判断すると、キャビティ間のばらつきを調整した前回の方が、位相差が揃っている。

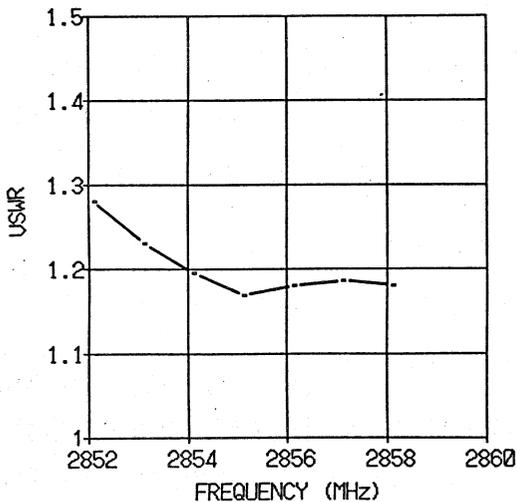


図4 入力側からみた反射波
2855.1MHzが2856MHzに対応する

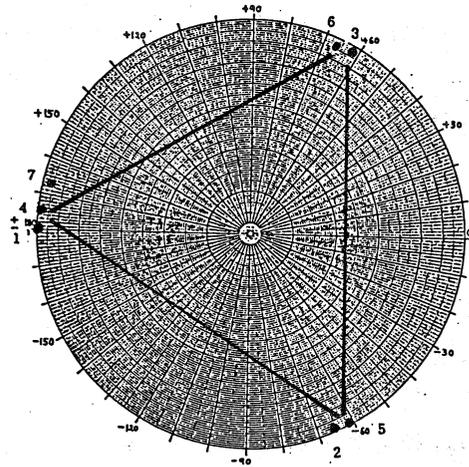


図5 キャビティ間の位相シフト量
入力側からRFを入れ、ショートプランジ
法で測定。番号は表1のナンバーに対応する

最後に、新プレバンチャを使用した場合のビーム集群効率であるが、正常時は電子銃のアノード電流の67%が2.5 GeVまで加速されている。この集群効率と同様、ビームのエネルギー幅についても、新旧のプレバンチャで明らかな差は認められなかった。また、旧プレバンチャの真空リークと、入力側からみたRFの反射波が起動時と定常時で変動する問題も解決した。以上で新プレバンチャを製作した所期の目的は達成された。

REFERENCES

- 1) S.Ohsawa et al., "Alterations in the System of the Electron Gun for KEK e- Linac" Proc. 12th Linac Meeting, Toukai, 1987, p168.
- 2) A.Asami et al., Proc. 4th Symp. Acc. Sci. and Tech., Riken, 1982, p125.