

BEAM CHARACTERISTICS OF KEK e^+ INJECTION SYSTEM

S. Ohsawa, S. Anami, Y. Ogawa, S. Fukuda, A. Enomoto, O. Azuma*, Y. Saito
M. Yokota, K. Nakao, H. Honma, I. Sato, A. Asami, J. Tanaka,

National Laboratory for High Energy Physics
*Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co. Ltd

ABSTRACT

Acceleration characteristics of the Positron Generator have been studied to increase e^+ beam for TRISTAN by varying injection voltage and rf power and phase. A subharmonic buncher was introduced to compress pulse width of an e^- beam from 5ns to less than 2ns, and to increase an e^+ beam current in order to satisfy a requirement to obtain a high intensity single bunched beam in TRISTAN. The SHB operates at 119MHz, the 24th subharmonic frequency of the accelerating frequency 2856MHz. Injection voltage of the gun has been increased recently from 115kV to 150kV and as a result the performance of the accelerator has been much improved. More than 70% of the current injected into a prebuncher is successfully accelerated to a conversion target and yields a positron beam of 23mA at the end of the Positron Generator. Beam characteristics are described in detail.

1 まえがき

陽電子発生装置では、今秋から本格化するトリスタンリングへの e^+/e^- の入射に向けて、昨年来短パルスの陽電子電流を増強するための努力がなされてきた。当初陽電子ビームは、PFリニアックの終端で1mA(約2.5GeV)程度で、幅が10~20nSであった。これを、トリスタンへの入射条件を満たすように、電流を増大することと、トリスタンリングで蓄積した時に単バンチになるように幅を2ns以下にすることが課題であった。改善の一環として、電子銃から入射するビームは幅を5nS程度に抑え、SHBでこの幅を2nS以下に圧縮して電流を増やした¹⁾。最近になって電子銃の入射電圧を115kVから150kVまで上げたが、この結果、ビームの性質がかなり向上してビームの加速効率が良くなり、陽電子発生装置の出口で23mA(約250MeV)の陽電子ビームが得られた。なお、プレバンチャーとバンチャーの加速高周波は入力電力が不足ぎみで、まだ改善の余地がある

2 入射電流

電子銃のビームには、幅5nSと10nSの二種類を用意した。これを遠隔操作で切り替える²⁾。電子銃のビーム電流は入射電圧115kVから150kVの範囲では殆ど一定で、それぞれ5.7Aと10Aである。これは、現在のところグリッドパルサーの出力電圧と電流で決っている³⁾。パワーを増強して入射電流を増加するために、グリッドパルサーの開発を現在も進めている⁴⁾。10nSの幅のビームは、電荷量を増やして、スクリーンモニターで陽電子ビームの形状を見やすくするために準備したもので、トランスポートの調整時にのみ使用する。

3 SHBとビーム電流

電子が陽電子に変換される効率は、約0.3%と極めて小さいので、十分な陽電子電流を得るためには大電流の電子ビームが必要となる。電子銃は現在、パービアンスが $0.26\mu A/V^{3/2}$ である³⁾ので、グリッドパルサーの電力に十分な余裕があれば、115kVでは10A、150kVでは15Aの電流を期待できるが、それ以上の電流は、空間電荷で制限されるため望め

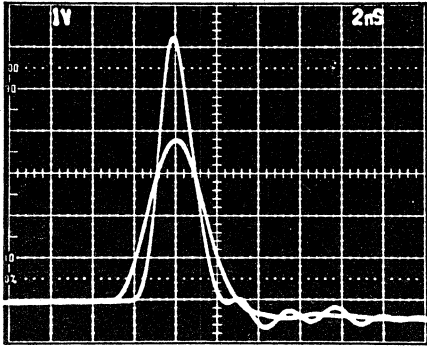


図1 SHBの電力をon/offして測定したビーム波形、3.5 kW、第一加速管後部

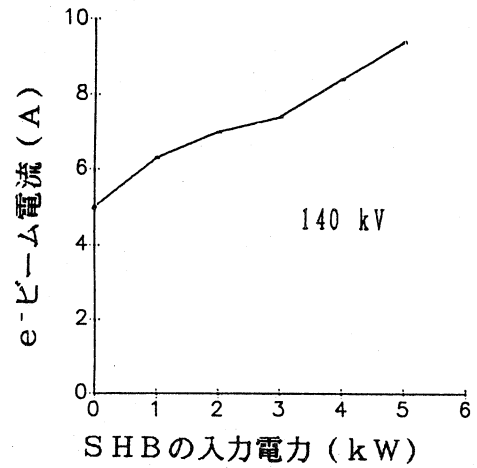


図2 SHBの電力とe⁻ビーム電流
WMはプレバンチャー入口上流

ない。そこで電流をさらに増強するために、電子銃とプレバンチャーの間にSHBを設置した。これは、プレバンチャーやバンチャーと同様に、高周波でビームに速度変調をかけ、パルス幅を圧縮して電流を増大させるものである。SHBには幅の広いビームを入射することになるため、グリッドパルサーの製作が容易になる利点もある。SHBの周波数は、トリスタンリングの加速周波数508MHzの1/4に近い119MHzである。これはリニアックの加速周波数2856MHzの1/24である。

SHBの効果をみるために、119MHzの電力を変えて加速されるビーム電流の変化を調べた。SHBをon/offして測定したビーム波形を図1に示す。壁電流モニター(WM)の場所は、第一加速管(2m)の下流である。SHBにより電流は4.4Aから7.4Aに増加して約1.7倍になっている。図1では、パルスの幅が2ns以上あるが、これはモニターの特性と、ケーブルによる高周波成分の減衰のため、実際のビームの幅はこれよりも充分小さくなっている。このことは、蓄積リングに入射して単バンチが得られたことから分かるが、ストリークカメラでも確認した。図2は、プレバンチャーの上流で測定した電流であり、図3は、陽電子発生装置の最終加速管の出口における、陽電子の電流(約250MeV)である。測定の範囲内では、SHBの入力電力が増加すると、ビーム電流はいずれの場合も増大している。

次に、SHBの高周波の位相を変えて、ビーム電流の変化を見る。ビーム電流は119MHzの周期で変動するのは勿論であるが、図4のように、2856MHzの周期でも増減する。これは、SHBで集群されたビームが幅せまくなっている(半値幅~1ns)ために、プレバンチャーの高周波(2856MHz)のどの位相に、ビームのピークを合わせるかによって、その後の集群効率が変化するためである。従って、安定したビーム電流を得るためには、119MHzのジッターを2856MHzと同程度とすることと、プレバンチャーで最良の集群が得られる位相にビームを合わせて、時間変動に対して電流変動が小さくなるようにすることが重要である。

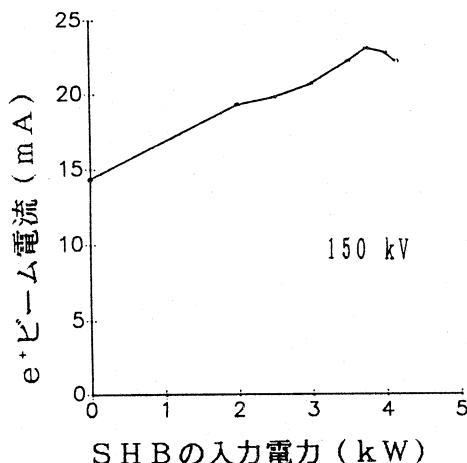


図3 SHBの電力とe⁺ビーム電流
WMは陽電子発生装置の終端

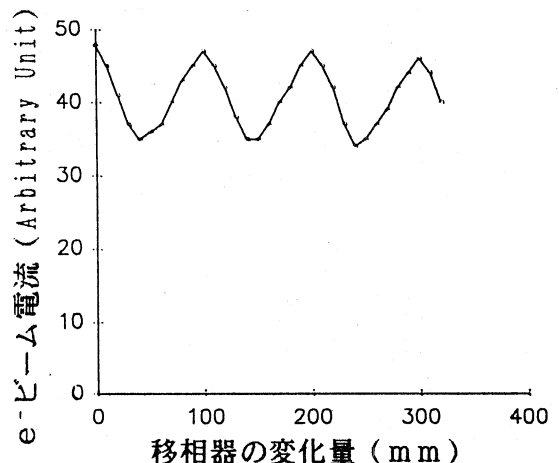


図4 SHBの位相とe⁻ビーム電流
WMは第一加速管の後部

4 入射電圧とビーム電流

電子銃の電圧を変えて、加速されるビーム電流が場所によりどう変化するかを調べた。図5は、入射電圧が、115 kVと150 kVの場合である。いずれも、SHBを使用した場合と使用しない場合を測定した。電子銃の電流が一定の場合、プレバンチャーの上流までは、ビーム電流が入射電圧にあまり依らないが、115 kVの場合には、第一加速管に至るまでに電流が急激に減少する。陽電子を生成するターゲットに至るまでに差はさらに大きくなって、陽電子の電流は図5の右端に示すように、115 kVと150 kVでは1.5から2倍もの差が生じる。入射電圧が上昇すると、図6に見られるように、陽電子の電流（陽電子発生装置の終端）が急激に増加している。この傾向は、SHBを使用して電流が増加しても変わらない。

ディスクモデルを使ったバンチングの計算では、入射電圧が115 kVと150 kVで、バンチの大きさにあまり差がない。プレバンチャーとバンチャーの電力や位相を調整すれば、いずれの場合もバンチは10度以下になる。従ってこの計算では、ビーム電流の透過率には大きな違いが出てこない。導径方向の変化も考慮した2次元以上の計算をする必要がある。

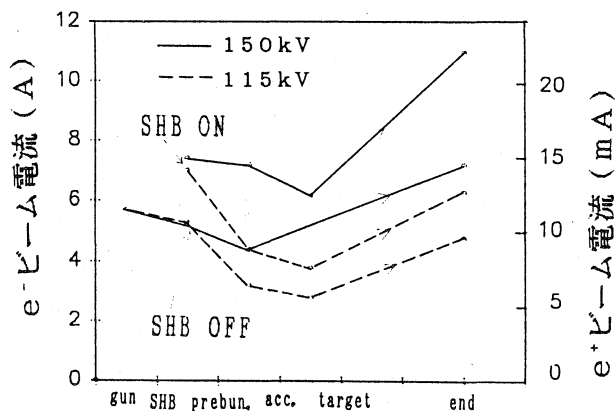


図5 加速電流の変化

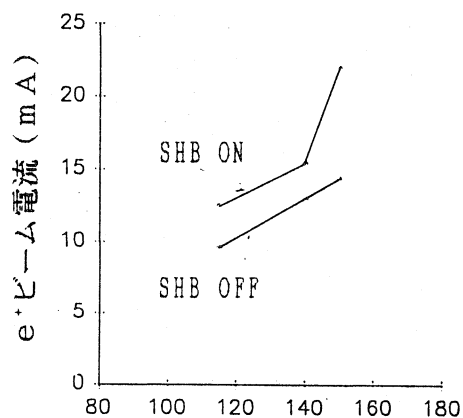


図6 入射電圧とe+ビーム電流

5 加速高周波とビーム電流

プレバンチャーとバンチャーに入力する電力を変えて、加速されるビーム電流の変化を調べた。結果は、いずれも最大電力を入力した場合に、加速される電流が最大になった。そこで、これらの入力電力を増強して試験することになった。現在、バンチャーにはクライストロンの出力の1/4を入力しているが、これを1/2にして電力を2倍にする。プレバンチャーの電力は、バンチャーに入力する電力を一部分割したものであるから、こちらも2倍になる。プレバンチャーに入力する電力を変えた場合に、加速されるビーム電流の変化する様子を図7に図示する。入射電流の少ない場合でも、入力電力の増加とともに加速される電流は増加している。

参考文献

- 1) A. Asami et. al., "Injector of the Positron Generator", Linear Acc. Conf., 1986, SLAC, U. S. A.
- 2) O. Azuma et. al., "A Pulse Width Selecting System of the Positron Beam", This Meeting
- 3) S. Fukuda et. al., "Electron Gun for the Psitron Generator", Linear Acc. Conf., 1986, SLAC, U. S. A.
- 4) Y. Otake et. al., "Short Pulse Grid Pulser for the Gun of the Positron Generator", This Meeting
- 5) Y. Ogawa et. al., "Electron Gun of KEK e+ Linac", This Meeting

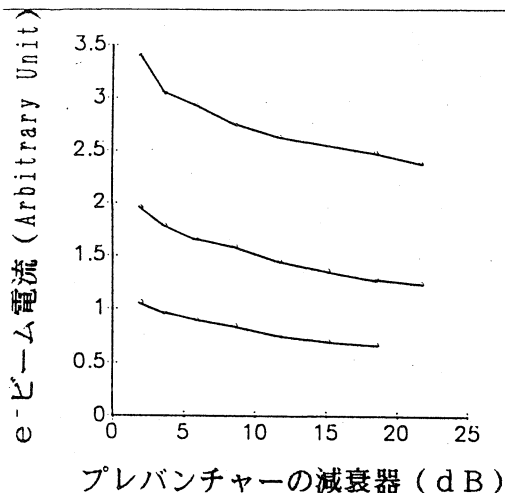


図7 プレバンチャーの電力とビーム電流
WMは第一加速管の後部