

Property of DSM Injector Linac

Toshinari TANAKA, Yoshiharu TORIZUKA, Kazuo SATO, Ken HAYAKAWA,

[^]Hisao YATOH and [^]Tatuya IIJIMA

Atomic Energy Research Institute, Nihon University

[^]College of Science and Technology, Nihon University

ABSTRACT

A test of beam acceleration in the 5 MeV injector linac has been performed. The energy gain and energy spread have been measured in terms of RF phases of prebuncher and buncher accelerator. The results are in agreement with a computer simulation using an electric field distribution obtained by a low power RF test, though the distribution is different from one simply expected from SUPERFISH calculation and model experiment. The simulation shows that less than 10 % of output beam from the gun are accelerated to 4.55 MeV.

DSマイクロトロン入射器の特性について

1. 序

ダブルサイデッドマイクロトロン(DSM)のための5 MeV入射器は、100 kV電子銃、RFチョッパー、プリバンチャー、バンチャーおよびプリアクセラレーターからなる。元々の仕様では、電子銃からのDCビームのうち、RFチョッパーによって位相幅60°分がプリバンチャーに導かれ、さらにバンチャー入口で10°にバンチされる。バンチャーとプリアクセラレーターでは約2 MeVずつ加速されてエネルギー幅2%分がDSM本体に導かれる。

DSMに入射するビームの縦方向の位相空間における分布は、入射後の加速におけるエネルギー幅とビームロスに大きな影響を与えるために、可能な限りエネルギー幅を最小にするようマッチングを取る事が重要である。このために、縦方向の分布を調整するバンチ調整用電磁石系が入射ビーム輸送系に設けられている。しかし、その調整範囲は大きくはないので入射器から得られるビームの分布を、あらかじめ調整範囲に入れておく必要がある。

ビームバンチの素性にはバンチャーの加速特性が大きく影響する。われわれは直接分布を測定する手段を持たないので、プリバンチャーとバンチャーのパワーと位相を変えたときのビームのエネルギーとエネルギー幅の変化を測定し、計算機シミュレーションとの比較からバンチの様子を推測する事で入射ビームの調整に役だてる事にした。

以下においてバンチャーの特性と、ビーム加速実験およびシミュレーションとの比較についてこれまで明らかになった点について述べる。

2. バンチャーの構成

バンチャーの位相速度 β の組み合わせは、SUPERFISHによって隣合う β 値の異なるキ

キャビティー間での電場の強さの比を求め、この比をもとに加速のシミュレーションを行い、2 MeV以上の加速を可能とする組み合わせを求めるという方法で決定された。ただし、バンチャーへの入射エネルギーは100 keVであるので β の最小値は0.6程度にとることが望ましいが、 β が小さすぎるとDAWキャビティーのワッシャー支持が問題となるため、最小値を0.7とした。また、シミュレーションでは β の等しいキャビティーでは同じ強さの電場が生ずると仮定した。¹⁾

第1表にバンチャーを構成するキャビティーの組み合わせを示す。バンチャーの全長は約2 mである。 E_{max} 、 E は各キャビティーの軸上にできる電場のピーク値および平均値で、 $\beta=0.7$ のキャビティーとの比をとっている。電場の値はSUPERFISHで求めたが、モデルキャビティーを製作して測定した結果は良く一致した。ただし、どちらの場合も各 β のキャビティーを1個ずつ組み合わせて得た結果である。

第1表 キャビティーの組み合わせ

β	個数	E_{max}/E^0_{max}	E/E^0
0.700	3	1.000	1.000
0.850	5	0.665	0.830
0.925	10	0.550	0.775
0.974	17	0.443	0.669

3. シミュレーションとビーム加速実験

実際に全てのキャビティーを組みあげて低電力で軸上の電場分布を測定した結果を第1図に示す。黒丸と実線で示される電場の絶対値は、プリバンチャーと組み合わせて約2 MeV加速したビーム加速実験の結果を再現するよう、シミュレーションで求めた各キャビティーでのピーク値である。この時のバンチャーの全長に渡る軸上電場の積分値が一致するよう設計上のピーク電場を求めると白丸と破線で示すような分布になる。

両者の電場分布の違いは明らかである。すなわち、実際のバンチャーでは β の異なるキャビティーが隣合っているところでは第1表の電場の比と良く一致しているが、同じ β 値のキャビティーでも β の小さいキャビティーに近いほど電場が弱くなる傾向がある。これはバンチャーの製作時に予想していなかった事であり、このため低エネルギー側での加速が不十分である。

白丸で表される電場分布を用いて行ったシミュレーションではビームは十分集束する事が確かめられた。しかし実際に生ずる電場分布である黒丸のデータでは100 keVのビームがバンチャーに入射しても十分加速されず集束されないことがわかった。この事は加速実験でも同様であった。これは明らかに低エネルギー側での加速が不十分なためRFの位相速度にビームが追いつかない事が原因である。そのため、プリバンチャーを集束よりも加速を目的として使用せざるをえなくなった。シミュレーションによると、プリバンチャーで10数keV加速されるとバンチャーで2 MeV加速されるようになる。

第2図に、プリバンチャーのパワーと位相を変えたとき、アナライザーを通して得られた加速ビームのエネルギーおよびエネルギー幅の測定結果を示す。縦棒はエネルギー分布の半値幅を示す。この結果はシミュレーションから予想される振舞いと良く一致する。シミュレーションが実際の加速の様子を良く再現すると考えると、リアクセラレーターでさらに4.55 MeVまで加速されてエネルギー幅2%に含まれ、DSM本体に入射可能なビームはDC100 keVのビ

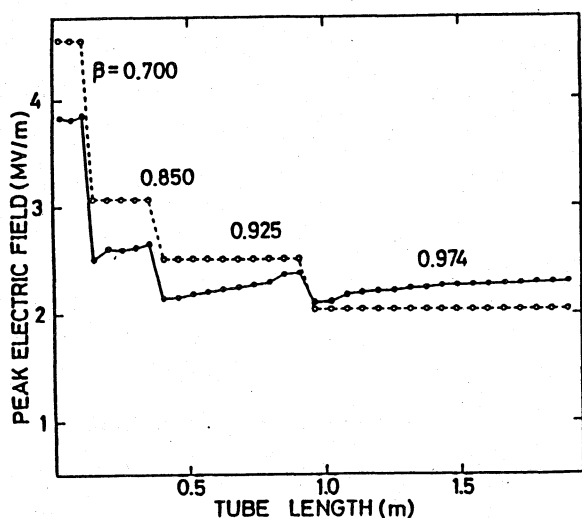
ームのうち位相幅にして高々 30° となる。この場合、入射に最適なバンチに調整可能な範囲に入っている。

4. まとめ

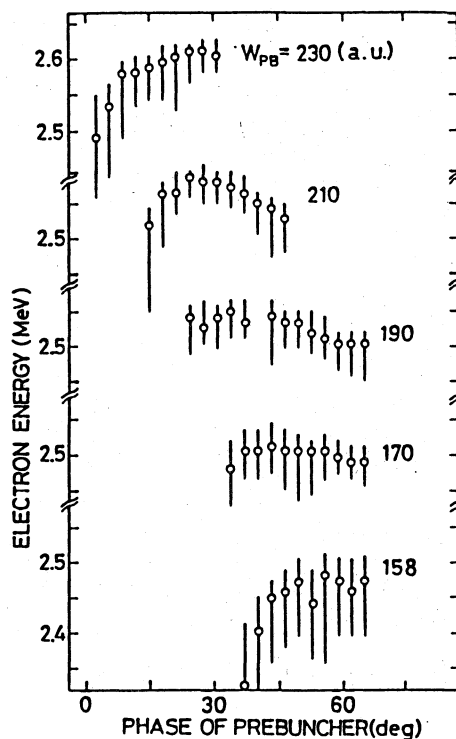
- ① β の等しいキャビティー間で電場分布に勾配があり、設計通りの加速ができない。この勾配について、原因はまだ解明していない。
- ② プリバンチャーを前段加速の目的に使う事で辛うじて必要なエネルギーが得られる。しかしチョッパーによってあらかじめ 60° の位相幅に相当するビームのみがプリバンチャーに入射される場合でもその半分以下しかDSMに入射できず、集群効率は悪い。効率をあげるためには電子銃高圧電源を 150 kV 程度にする必要がある。
- ③ 低電力試験の結果に基づくシミュレーションは加速実験の結果を良く再現するので、バンチの調整を行う上で非常に参考になる。

参考文献

- 1) O. Takeda, K. Sato, K. Hayakawa, T. Tanaka, K. Yoshida, M. Tagawa and M. Miyahara:
Proc. 11th Meeting on Linear Accelerators, KEK, Tsukuba(1986)105.



第1図 バンチャーの各キャビティーに生ずる電場のピーク値の分布。黒丸は測定値、白丸は設計値で、電場の積分値を等しくしてある。



第2図 プリバンチャーのパワーと位相を変えて、加速エネルギーとエネルギー幅を測定した結果。図中の数字はパワーに対応する。