

DESIGN OF THE ELECTRON GUN FOR THE INS-ES LINAC

Yoshinori HASHIMOTO, Yasuhiro TAKEDA and Katsuhide YOSHIDA

Institute for Nuclear Study, University of Tokyo

3-2-1 Midori-cho, Tanashi-shi, Tokyo 188

ABSTRACT

We are preparing a new electron gun for the INS-ES linac. Two cathode-wehnelt assemblies using dispenser cathode Y-646E (EIMAC) have been designed with the computer simulation program EGUN by W.B.Herrmannsfeldt¹. The acceleration voltage and the peak beam current is 100 kV and 1.0 A, respectively, with a pulse width of 1.5μ sec. The different point of the guns is the angle of wehnelt to the beam axis; one is 67.5° and the other is 90° . Both guns have almost the same beam characteristics: The beam radius is 1.95 mm and the maximum beam spread is 2.8 mrad at 186 mm from the cathode.

核研ライナック電子銃の設計

1. はじめに

現在INS-ESライナックでは、含浸型カソードを用いたピアス型電子銃が使われているが、使用期間が10年以上に及び、真空漏れ等のトラブルが発生し老朽化が危ぶまれてきた。新しい電子銃の設計に際し、カソードとしてEIMAC製のディスプレイ型カソード(Y-646E)を選んだ。その理由としては、KEKをはじめ内外各所の電子銃で実績があること、比較的低い真空度($\sim 10^6$ torr)よりエミッションがとれ、グリッド電圧及びカットオフ電圧が低く(それぞれ、 ~ 50 、 ~ 100 V)取り扱いが容易なことが挙げられる。

設計においては、電子軌道解析コードEGUNを用いてビーム軌道のシミュレーションを行ないほぼ同等の性能を有する2種類の電極形状を決定した。

ここでは設計方針、シミュレーションで得られた2種類の電極における電極形状がビームに及ぼす効果の比較及びビーム特性の比較を扱う。

2. 設計方針

ビーム電流はライナックの捕獲効率およびシンクロトロンからの要求を考慮し、1A(パルス巾 1.5μ sec, 繰り返し21Hz)とし、加速エネルギーは現有の電源に合わせて100 keVとした。

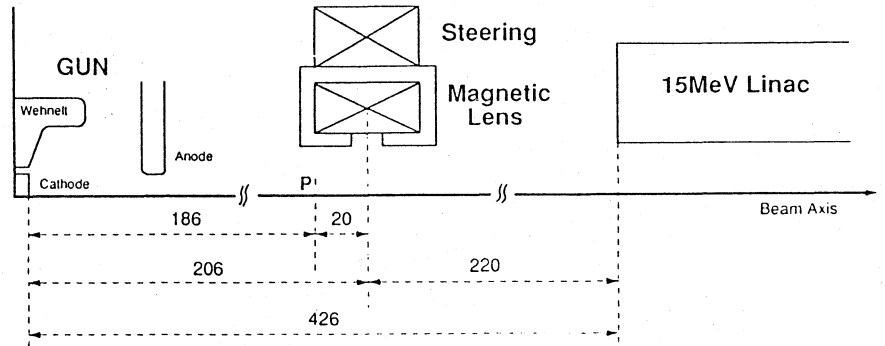
Y-646Eのカソード面積は 1.0 cm^2 であるためビームサイズは比較的小さくなり、低エミッタ

スのビームにすることが可能となる。また得られるビームエミッションは最大1A以上であり、要求される条件には十分である。

電極形状の決定にはEGUNを用いたが電極形状にグリッドは入力していない。これはY-646Eのグリッド~カソード距離が ~ 0.1 mmと非常に小さく、この精度での計算はEGUNにおける差分方程式の計算点の上限9999を越えてしまい全電極の範囲を計算することが不可能となるためである。ただし、収束電極の電位はグリッドと同電位であるためカソードに対し50 Vとした。この方法での注意点としては2極管としての計算となるため実際のビーム電流を見積る際にグリッドでのスクリーニングファクタ10~15%を考慮しなければならないことである。また、収束電極とアノードの最短距離は放電限界を考慮してKilpatrick²のDCに対する基準値に等しい12 mmとした。ビームパルス巾は 1.5μ secであるため放電限界はファクタ2程度上がると想定している。

実際の計算にあたっては、定石であるピアスの計算法³を1次までの近似で求めたモデルよりスタートし、電極の形状は可能な限り単純化し最小のものとなるようにした。例えばアノードノーズはピアスのモデルを考慮し計算初期のモデルには付けられていたが、収束効果が小さいために収束は全て収束電極ですませるといった様に計算を行った。また電極形状の決定に際しては、ある位

図1 GUN ~ LINAC 概略



置でのビームサイズ、角度広がり が決定要因となる。電子銃～ライナック入口の概略を図1に示す。図から解かるように中間に収束用の電磁レンズが設置されている。ライナックへのビーム入射の軌道をどのように選ぶかが問題となるが、電磁レンズの収束作用を積極的に利用して電磁レンズの位置でビームサイズを最大にしライナック入口で最小にする方法、わずかに電磁レンズの収束効果を使用しビームエンヴェロープの変化を最小にしてライナックに入射する方法の2つが考えられる。今回はその後者を採用した。電磁レンズの中心より20mm手前の位置で最小のビーム広がりを持ち、かつ最小のビームサイズとなることを電極形状の決定の条件とした。

とした場合の解 (A-type) であり、(B) はそれを無視し最も単純な形状とした場合の解 (B-type) である (B-type は A-type に比べ収束電極内半径が 1.5 mm 小さくなっている)。両者共に1Aで最適化してあるが、電磁レンズ手前 20 mm の位置Pでビームサイズ S (半幅) が 1.95 mm、ビームの角度広がり α は 2.8 mrad と等しい。

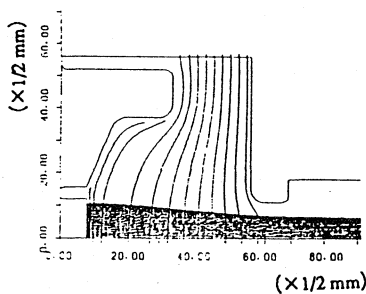
次にビーム電流を 0 ~ 2 A と変化させた場合の同位置での S 、 α の変化を図3 (A), (B) にそれぞれ示す。両図においてビーム電流の変化に対し A, B-type はほとんど一致した変化を示しており、この電流の範囲では A, B-type の特性は等しいといえることができる。

このことは図2 (A), (B) においてカソードの電位面の形状を視覚的に考えた場合に A, B-type 共にカソードに平行な面となり一致していることに起因すると考えられる。すなわち平坦なカソード面を使用し、私達の選んだ出来るだけ他の収束要素 (電磁レンズなど) の収束効果をほとんど利用せ

3. 電極形状の決定及びビーム特性

2.の条件を考慮して得られた電極形状及びビームシミュレーションを図2 (A), (B) に示す。(A) は収束電極角度をピアスの計算より求まる 67.5°

(A) A-type



(B) B-type

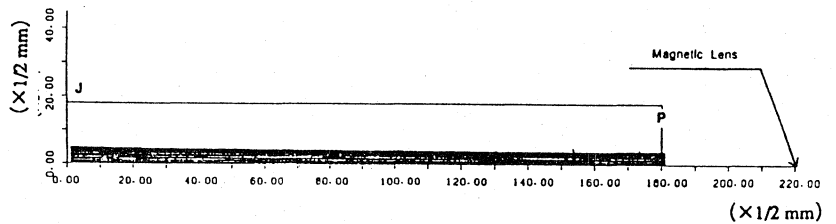
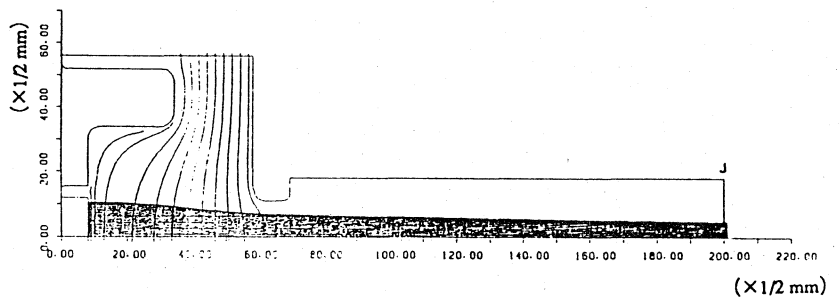


図2 電極形状及びビームシミュレーション

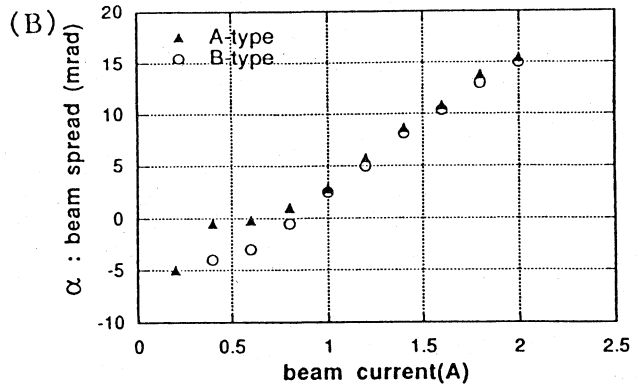
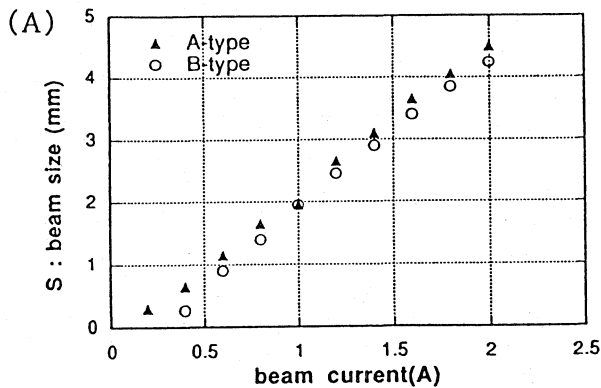


図3 ビーム電流とビームサイズ、広がり関係 (P点: cathode ~ 186mmにおいて)

ず出来るだけフラットなビームをライナックに入射するという設計方針においては、収束電極の角度は $67.5 \sim 90^\circ$ の範囲で任意に選んでもほとんど等しいビーム特性が得られるといえる。これとは異なりパービアンスの大きい、またはビーム電流のより大きな電子銃では、電極においてさらに大きな収束効果をもたせ他の収束要素の効果をj使用することが必然性をおびてきて今回の結論の範囲外となると予想される。

4. まとめ

ピラス近似より出発し電極形状を設計したが、解としてピラス型 (A-type) 及びピラス近似を用いないシンプルな型 (B-type) という2種類の同等の性能を有する電極形状を決定することが出来た。これとは逆にピラス型をさらに複雑にしても同様な解は見つかるとも考えられるが、シンプルな形状 (B-type) とすることで電極の工作及び取付け精度が高められることが期待できる。また、カソード~収束電極の間隙による電場の乱れが、わずかではあるがビームに影響を及ぼすとの指摘もあるようであり、そのような観点からもカソード近傍

で電位面がほとんど平坦であるB-typeが有利であると予想される。

A,B-type共に現在核研電子銃テストベンチに設置され両者の特性測定を行なおうとしている段階である。これによりビームシミュレーションとの比較が精度良くなされれば、核研においてもEIMAC製ディスペンサー型カソードを用いた電子銃の設計の知見を得ることとなる。

5. 謝辞

今回の設計にあたりKEK小林 仁助教授には多くの有益な助言を頂きました。EGUNを用いた計算方法について核研 田辺徹美助教授、白壁義久氏にお世話になりました。また、EGUNの計算は核研計算機室 FACOM M780により行なわれました。ここで感謝致します。

6. 参考文献

- [1] W.B.Herrmannsfeldt, SLAC Report 226, (1979)
- [2] W.D.Kilpatrick, Rev. Sci. Instrum. 28 (1975) 824
- [3] J.R.Pierce "Theory and design of Electron Beams", D.Van Nostrand Company. Inc.