

[F16p12]

BEAM SIMULATIONS FOR A MESH GRIDDED ELECTRON GUN

M.Yamada, K.Hanakawa, N.Nakamura, H.Kobayashi^A, N.Nakamura^B, T.Koseki^B,
H.Takaki^B and Y.Kamiya^B

Communication Systems Center, Mitsubishi Electric Corporation
8-1-1, Tsukaguchi-honmachi, Amagasaki, Hyogo 661-8661, JAPAN

^AAccelerator Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
1-1, Oho, Tsukuba, Ibaragi 305-0801, JAPAN

^BThe Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo
7-22-1, Roppongi, Minatoku, Tokyo 106-0032, JAPAN

ABSTRACT

In a mesh gridded electron gun, a static lens effect changes with grid potential. It causes an increase of emittance. An electron gun for VSX Project of the University of Tokyo has been designed so as to make the effect as little as possible. As a result, we have obtained the beam parameters; 120keV, 600mA and 2.0π mm mrad.

メッシュグリッド付電子銃のビーム軌道解析

1.はじめに

東京大学高輝度光源計画では第1期として真空紫外高輝度光源の建設を計画している。ストレージリングの入射器として、ライナックはシングル (1ns)、セミロング (15~30ns) モードでピーク電流 400mA を想定している。さらにライナックを使っての低速陽電子発生用にロングパルス (4μ s) で 300mA を想定している。

電子ライナックの電子銃には、電子放出が安定で電流値の制御が可能なメッシュグリッド付き熱陰極が一般に用いられる。電子銃電極の設計にはシミュレーションコード EGUN[1]がよく利用され、空間電荷効果を考慮したビーム軌道解析によって電極形状が最適化されている。

実際の加速器においては、多くの場合電流値の制御をグリッド電位を変更することによって行っている。この場合、最適な電流値からのずれとメッシュグリッドでの静電レンズ効果によ

ってエミッタンスの増大が見込まれる。そこで我々はこの影響をEGUNを使ったビーム軌道計算によって解析し、低エミッタンスビームを供給できる電子銃を設計した。

2.ビーム軌道解析

検討する電子銃のエネルギーは 120keV、最大電流は空間電荷制限の 1.9A、最小電流はプリバンチャの透過率を約 2/3 と考え、600mA とした。

2.1 空間電荷効果の変化

1.9A、600mA のそれぞれについて電極の集束と空間電荷による発散効果を計算した。計算は二極管構成を仮定した。ビーム軌道を図1、2に示す。計算結果は、二乗平均規格化エミッタンスが 1.9A で 3.97π mm mrad、600mA で 0.31π mm mrad となった。この値が非常に小さいのは、グリッドを無視したためと考えられる。

従って、実際には三極管での計算が必要となる。

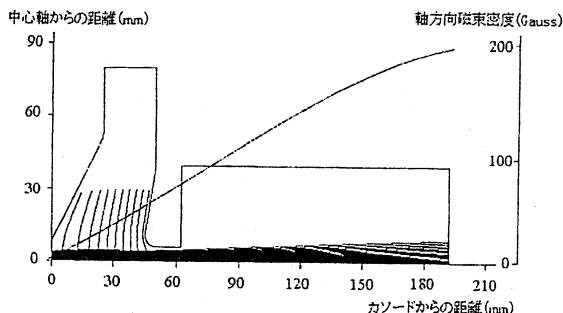


図1 二極管ビーム軌道図 (1.9A)

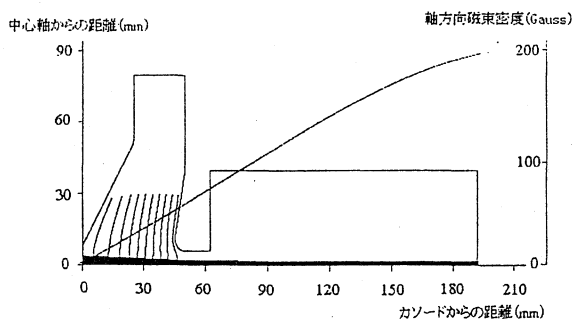
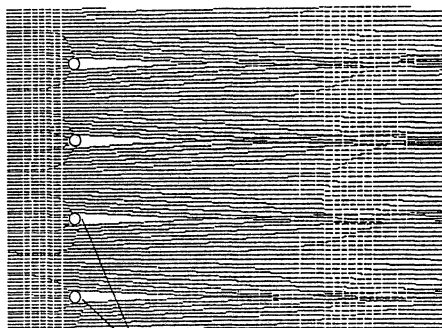


図2 二極管ビーム軌道図 (600mA)

2.2 グリッド電位による効果

電子銃熱陰極にはカソードから 100~200 μm の位置にメッシュグリッドの付いたアセンブリがよく用いられる。今回、我々は EIMAC 社製 Y845 カソードを用いることを仮定してグリッドのレンズ効果を調べた。Y845 カソードユニットはカソード-グリッド間の距離が 140 μm 、カソード面積は 0.5 cm^2 である。ビーム軌道計算はカソードから 1mm までとし、文献[2]を参考に三極管計算を行った。EGUN による計算結果の軌道を図 3、4 に示す。この結果、二乗平均規格化エミッタンスは 1.9A ($V_G=60\text{V}$) で 11.4 $\pi\text{ mm mrad}$ 、600mA ($V_G=20\text{V}$) で 16.4 $\pi\text{ mm mrad}$ となった。図 4 より、グリッドの効果によってビーム軌道が大きく曲げられ、規格化エミッタンスが増加したことがわかる。



カソード メッシュグリッド

図3 1.9A ($V_G=60\text{V}$) 軌道図

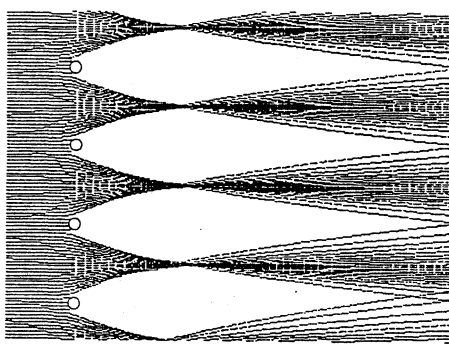


図4 600mA ($V_G=20\text{V}$) 軌道図

3. 電子銃最適化

2章の結果から、三極管の場合、ビーム電流が小さくてもレンズ効果によりエミッタンスが増加することがわかった。特に大電流（陽電子発生モード）用に電極を最適化すると、低ビームエミッタンスが要求される低電流、例えば低エミッタンスリングへの入射の場合にエミッタンスが悪化してしまう。これを防ぐために、アノードの下流にスリットを入れることとし、これを考慮に入れて電子銃の最適化を行った。検討は以下のように行った。

- ①二極管計算において、空間電荷制限領域で最大の電流を供給できるようなアノード、ウエネルト電極の形状、配置にする。
- ②三極管計算結果から、ビームがレンズ効果を受けないグリッド電位を決定する。
- ③運転モードに応じて、スリットで電流値を調整する。
- ④プリバンチャまでヘルムホルツコイルを使ってビームを発散させずに輸送する。

最適形状でのビーム軌道 (1.9A、600mA) と位相図 (600mA) の計算結果を図 5~7 に示す。尚、計算には三極管電子銃のグリッドの効果を取り入れられている。

その結果、カソードから 192mm の位置において 1.9A でビーム半径 7.6mm、二乗平均規格化エミッタンス $5.6 \pi \text{ mm mrad}$ となり、600mA ではビーム半径 3.8mm、二乗平均規格化エミッタンス $2.0 \pi \text{ mm mrad}$ となった。

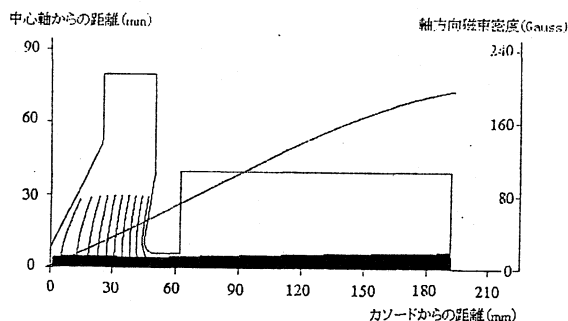


図 5 三極管ビーム軌道計算 (1.9A)

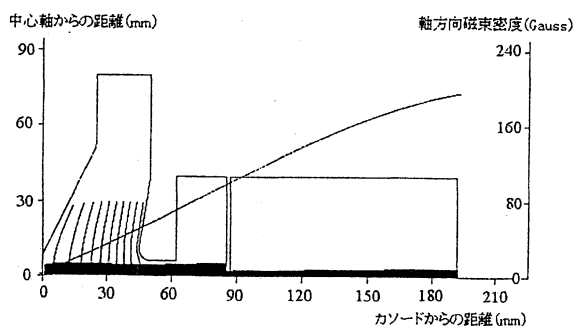


図 6 三極管ビーム軌道計算 (600mA)

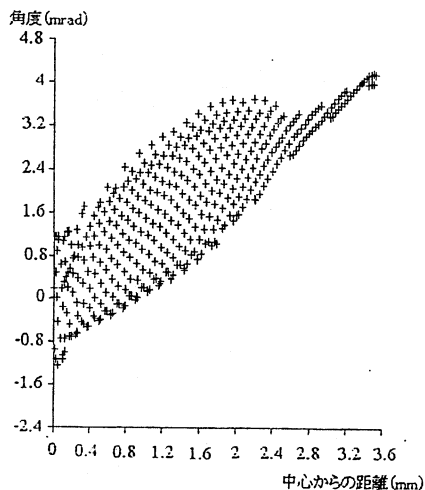


図 7 位相図 (600mA)

4.まとめ

EGUN を使った電子ビーム軌道解析によりメッシュグリッドによるレンズ効果を調べた。また、三極管電子銃の軌道計算により、低エミッタンス電子銃の電極構成を検討した。その結果 120keV、600mA で二乗平均規格化エミッタンス $2.0 \pi \text{ mm mrad}$ の値を得た。更にこの電子銃は二倍程度のエミッタンスの増大を許せば、最大 1.9A まで供給することができる。今後、電子銃の製作、実測を行い、本検討方法の有効性を確認していく。

参考文献

- [1] W.B.Herrmannsfeldt "EGUN-AN ELECTRON OPTICS AND GUN DESIGN PROGRAM" SLAC Report 331(1988)
- [2] C.Bourat "Beam Dynamics for FEL Injection of the linac Preinjector of ELETTRA" Nucl.Instr.Meth.A304(1991)317