

# DEVELOPMENT OF MICROWAVE ELECTRON GUN WITH A MESH GRID

Hitoshi KOBAYASHI, Takao URANO, Atsushi ENOMOTO,  
Takao OOGOE, Satoshi OHSAWA

National Laboratory for High Energy Physics

## ABSTRACT

A microwave electron gun (RF GUN) with a mesh grid has been being developed. A LaB<sub>6</sub> cathode with a diameter of 3 mm is used. Present status of development of the RF GUN is described.

## RF GUN の開発

### 1. はじめに

自由電子レーザーが一つの引金になって、高輝度ビーム加速に対する要求が高まってきている。高輝度ビームの必要性は、それだけではなく、加速器の応用を広めていく上で、非常に重要なことと考えられる。この様な背景から、最近国内でも、RF GUN 開発の気運が高まってきている。高エネ研では、二つのグループが、RF GUN の開発を始めている。一つは、従来より推進されている、レーザートロンの技術応用のフィールドとしてホトカソードとレーザーの組合せによるRF GUN の開発を行なうものであり、他の一つの放射光入射器では、熱陰極を用いたそれに着手した。

放射光入射器の2.5 GeV ライナックは、年々その稼働率が向上し、昨年度は、ついに5100 時間を越えた。その稼働の状況は、春、夏、正月の保守時以外は、殆ど連続運転で、保守用部品のテスト、モニタの較正、開発、その他保守に必要なテスト等にも時間がとれない状況となっている。この様な状況から、上記の保守に関連したビームテストや、ライナックの一般的なスタディ、少し先の展望として自由電子レーザーの研究等、汎用的な意味で小型のテストライナックの建設に着手した。

ここに述べるRF GUN も近い将来には、単体での特性はもちろん、このテストライナックと組み合わされてビームスタディに用いる予定である。

RF GUN 及びテストライナックは、両方ともその計画がスタートし、一部着手した状況であるが、ここでは、RF GUN について述べる。

## 2、RF GUN

RF GUN の利用には、二つの側面があると考えられる。一つは、商業ベースでの利用で、小型でシンプルなライナックを作ることが出来ると考えられること、他の一つは、ビームの質の改善に多大な寄与をすると考えられるので、ビーム輝度の向上を目的とするものである。ここでは、二番目のビームの質の向上または、後に述べる入射ビームのバンチの長さが、コントロール可能と言うことより、加速器に関する一般的なスタディ用として用いることをその目的としている。

RF GUN の特色としては、以下のことが考えられる。

1)、BIカソードクラスの温度の電子銃の輝度  $B_n$  は、カソードの電流密度  $J$  ( $A/cm^2$ ) で次のように表わせる。

$$B_n = 4 \cdot 10^9 J \quad (1)$$

平行平板の電子銃は、その空間電荷制限領域では、電流密度  $J$  ( $A/cm^2$ ) は、アノードカソード間の距離を  $d$  (cm) として次の式で表わせる。

$$J = 2.3 \cdot 10^{-6} V^{3/2} / d^2 \quad (2)$$

従って、電子銃の輝度は、電圧で表わせば、次のようになり、アノードカソード

$$B_n = 9 \cdot 10^3 \cdot V^{3/2} / d^2 \quad (3)$$

間の距離をそう大幅に変えられないとすれば、電子銃に印加する電圧を高くしなければならないことになる。RF GUN では、従来のタイプの電子銃に比して、大幅に高い電圧の印加が可能と考えられ、高輝度ビームが期待できる。もちろんここでは、一定電流をとるためには、電圧を上げ、電流密度が上がるので、カソード面積を小さくすることになるが、カソードそのものが大きな電流密度で動作するかは、別の重要な問題である。

2)、高電界の発生が可能で、短い距離で加速できるので、スペースチャージの影響を減らすことが出来る。

3)、出力ビームのエネルギーは、RF の位相によって決まる。エネルギー幅を選択することで、バンチ幅を任意に選択できる。このため、バンチャー部で生じるエミッタンスグロスを軽減出来ると同時に、そのテストに適したビームを供給できる。

## 3、RF GUN の開発

### 3-1、概要

開発は、いくつかのステップに分かれると考えられるが、当初は、ごく単純なケースで経験を積むことを考えている。システムの構成は、RF GUN 本体、エネルギー分析系、ペーパーポット式のエミッタンスモニター、スクリーンモニタ、等

である。これを用いて、RF GUN の全体を把握することを第一の目標にしている。RF GUN の全体の概略を、図-1 に示す。特に我々のところでは、グリッド付きの GUN と言うことで短パルス大電流ビームの特性、グリッドコントロールの特性、その他、RF GUN では、その出力ビームの一部がカソード方向に戻ってくるが、それがカソードに与える影響の調査等多くの経験をここで積む必要があると考えている。

### 3-2、空洞

ピルボックスタイプのRF GUN においては、カソードが熱陰極の場合その温度保持のため、空洞の構造材と適度な隙間をとる必要がある。その場合に、チョーク構造を用いるなどの工夫をしないとカソード表面での電界強度が得られないことになる。このチョーク構造については、スーパーフィッシュ等を用いて検討を進めている。但し、本計画では、将来はチョーク構造を用いるかも知れないが、当面は、前述のように、グリッドメッシュを張り、その面に強い電界を発生させる。したがってシンプルな形状で現在空洞の試験をしており、その詳しい内容は、本研究会で、浦野らが述べる。<sup>1)</sup>

### 3-3、電子銃

電子銃のカソードは、当面、焼結形のLaB<sub>6</sub>（ほう化ランタン-電気化学工業）とし、そのカソード直径は、3 mm である。十分な試験、トレーニングの後、単結晶のそれへと移行する予定である。

ここでは、短パルス大電流の取り出しも一つの重要な目的とするので、前述の通り、グリッド付きのRF GUN を最初に開発する。その電子銃部を図-2 に示す。

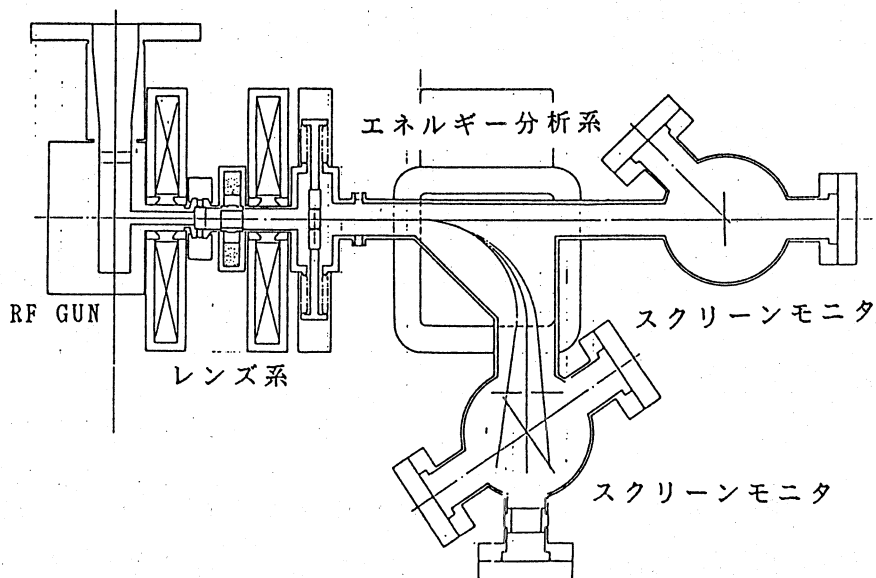


図-1 RF GUN 全体の概略図

さて、この様にグリッドをつけた場合、さきに述べたカソード面で、電界が強い事による高輝度が得られると言うRF GUNのメリットが失われる可能性がある。しかし、現在入手可能なカソードでは、通常の短パルス電源でその能力を十分引き出せると考えている。

#### 4. まとめ

以上述べたように、計画は、部分的には試作の段階のもの、現在設計中のもの等有り全体での試験はもう少し先の事になる。RF GUNはその本来もっている特性より、非常に優れたビームが期待できると同時に、それを安定に、現在一般に用いられている電子銃と同様に用いるには、多くの試験や、改良が必要のようである。

この電子銃の重要な特性である加速部に精密にコントロールしたパルス幅のビームを供給できるという事は、輝度の向上をスタデイしていく上で、非常に重要であり、早期の実用化を目指したい。

#### 参考文献

- 1)、T.URANO et al. this meeting

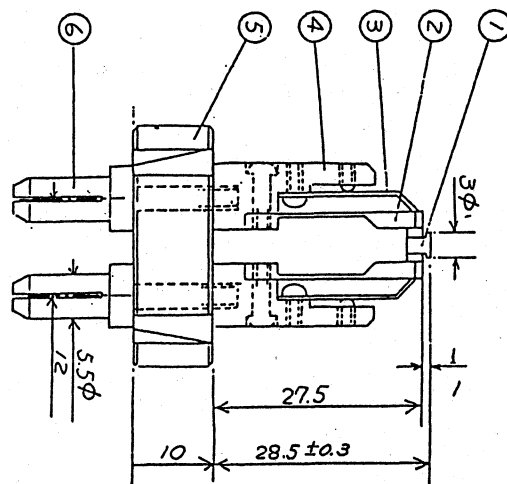


図-2、電子銃の断面図