

The Emittance measurement of ATF high voltage electron gun

H. Akiyama, T. Naito, M. Akemoto, & JLC Study Group

KEK, National Laboratory for High Energy Physics,
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305 Japan

Abstract

The low emittance ($\gamma \epsilon < 3 \times 10^{-3} \text{ rad} \cdot \text{m}$) and high current (2×10^{11} electrons / RFPulse) beam is required for Japan Linear Collider (JLC). So, we have constructed a high voltage electron gun as an injector for Accelerator Test Facility (ATF) of JLC. This electron gun is designed so as to apply the accelerating voltage as high as 240 kV in order to realize these requirements. In this meeting, the emittance measurement of this electron gun is reported.

ATF 電子銃のエミッタンス測定

1. はじめに

KEK では JLC 実現のための開発研究を推進するために Accelerator Test Facility (ATF) の建設がトリスタン日光実験室で始められている⁽¹⁾。JLC の電子銃にはまず高電流 (2×10^{11} electrons/RFPulse) が要求される。またダンピングリングの入射口でのエミッタンスは $\gamma \epsilon < 3 \times 10^{-3} \text{ rad} \cdot \text{m}$ でなければならない⁽²⁾。これらの要求を満たすために ATF 電子銃は 240 kV の高電圧を印加可能であるよう設計された。図 1 は電子銃の構成を示す。この電子銃では、これまでに最大印加電圧 210 kV、最大ピーク電流約 7 A を得ている^(3, 4)。本研究会では、この ATF 用高電圧電子銃のエミッタンス測定について報告する。

2. エミッタンスの測定

エミッタンスを測定するためには「2スリット法」、「ペーパーポット法」などがあるが、今回採用したのはペーパーポット法である^(5, 6)。ATF の電子銃の場合、ビームは非常に安定している。そのために精度良くエミッタンスを測定するためには 2スリット法が優れている。にもかかわらずペーパーポット法を採用したのは現在開発を行なっているレーザートリガーのフォトカソードを用いた RF 電子銃との共用を考えたためである。この RF 電子銃で用いるフォトカソードは長寿命にすること自体が開発項目であり、開発初期の段階においてはカソード寿命が短く 1 ショットごとに状態が変化する可能性がある。従ってこの RF 電子銃でのエミッタンス測定を想定した場合、1 ショットでの測定に対応できるペーパーポット法を採用した。ペーパーポット法は図 2 のようなペーパーポットと呼ばれるスリットでビームを絞り後方のスクリーンでビームの拡がり測定してエミッタンスを求める方法である。光点の輝度がビームの密度と比例するとし、あるしきい値を決めそれ以上の輝度の部分の面積を求める。この場合スクリーン上の座標は x' 、 y' となる。この面積は図 3 における Σ_f 内の面積にあたり、

$$S(f, x_i, y_i) = \iint_{\Sigma_f} dx' dy' \quad (1)$$

で与えられる。この作業を各々の光点について行ない、下の式を用いて各面積の積分をとればエミッタンスを求めることができる。

$$\varepsilon_4(f) = (1/\pi^2) \int_{-\infty}^{\infty} dx \int_{-\infty}^{\infty} dy \int_{x_1}^{\infty} dx' dy' = (1/\pi^2) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(f, x, y) dx dy \quad (2)$$

以上のような原理によりエミッタンスを測定するが、今回製作したエミッタンス測定装置の概略図を図4に示す。電子銃から出たビームは図中のペーパーポットで絞られ、後方のスクリーンに当たって発光する。スクリーン上の発光を電子銃下流のCCDカメラにより観測し、画像をビデオテープに録画する。録画したスクリーン画像を画像解析装置を用い発光部の面積を求めエミッタンスを計算する。スクリーンには蛍光板（フランス、デマルケスト社製の蛍光板、材質：クロームをドーブしたアルミナ）を用い、電子の多重散乱による光点のぼけをを極力少なくするため厚さを0.3 mmまで削った。ペーパーポットとスクリーンは後方のフランジに支柱を用い取付ける。スクリーンの位置は取付けの際に適当に設定できる。後方のフランジはベローズとステッピングモーターを用い位置を動かすことができるためペーパーポットとスクリーンの位置を必要に応じて変化させることが可能である。また、後方のCCDカメラを電子ビームの直撃から保護する目的でスクリーン下流に永久磁石を置き電子ビームを除去する。電子ビームがペーパーポットに衝突した際にガスが発生し真空度を悪化させることを考慮して、上流に真空ポンプ引き口を配置した。

3. 実験

図5は電子銃下流のスクリーンにおけるペーパーポットパターンを示している。このデータはショートパルスモード（5 ns）、印加電圧 200 kV でのスクリーン画像である。この時の電流値は 4 A である。電流値は 51 Ω の抵抗を 10 個並列にした壁電流モニターで測定した。ここで得られた像を画像解析装置により各スポットにおいてしきい値以上の輝度部分の重心の位置と面積を求め、(2)式により4次元位相空間上での位相体積に変換しエミッタンスを求める。現在は、測定を終了し得られたデータを解析中である。本研究会で詳しく報告する予定である。

参考文献

- (1) Seishi Takeda, and JLC Study Group, "JLC計画とATF計画", this meeting
- (2) Junji Urakawa, and JLC Study Group, "ATFのダンピングリングの設計", this meeting
- (3) Hitoshi Kobayashi, Jun-ichi Odagiri and Linear Collider Study Group, "Design Study of High Voltage Electron Gun", 13th Linear Accelerator Meeting
- (4) Hiroshi Akiyama, and Linear Collider R&D Group, "Electron Source for JLC", 14th Linear Accelerator Meeting
- (5) Claude Lejeune and Jean Aubert, "Emittance and Brightness : Definitions and Measurements"
- (6) Shuichi Okuda, et al., "Beam Characteristics of the electron gun of the Osaka University 145-MeV Linac", 13th Linear Accelerator meeting,

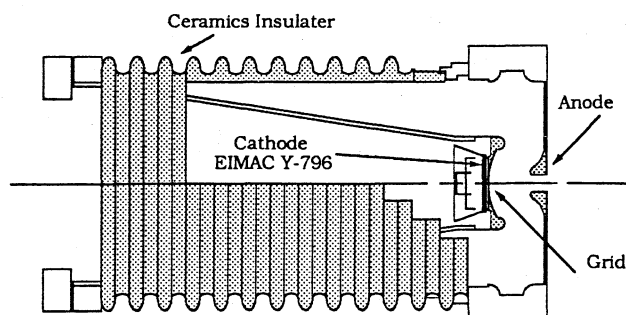


図1 ATF電子銃の構成

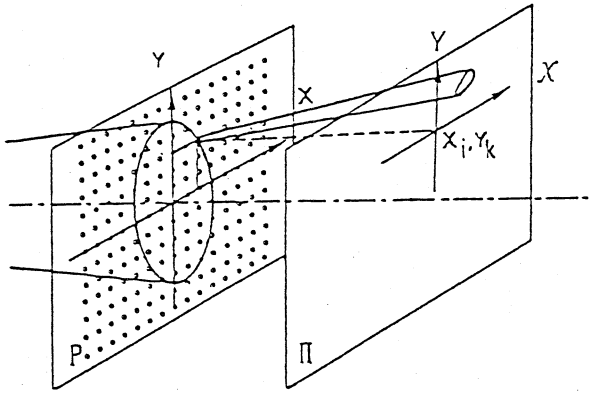


図2 ペパーポットで絞られるビーム
(5) Claude Lejeune and Jean Aubert,
"Emittance and Brightness" より

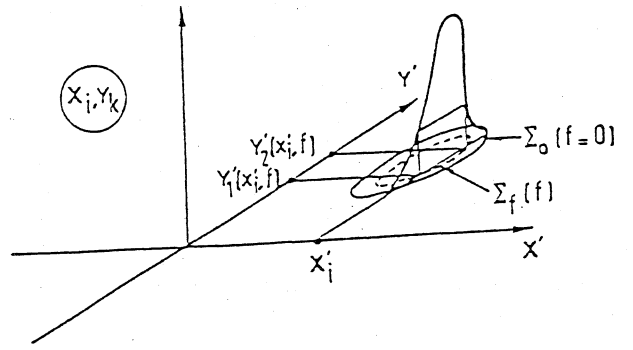


図3 スクリーン上での輝度分布
(5) Claude Lejeune and Jean Aubert,
"Emittance and Brightness" より

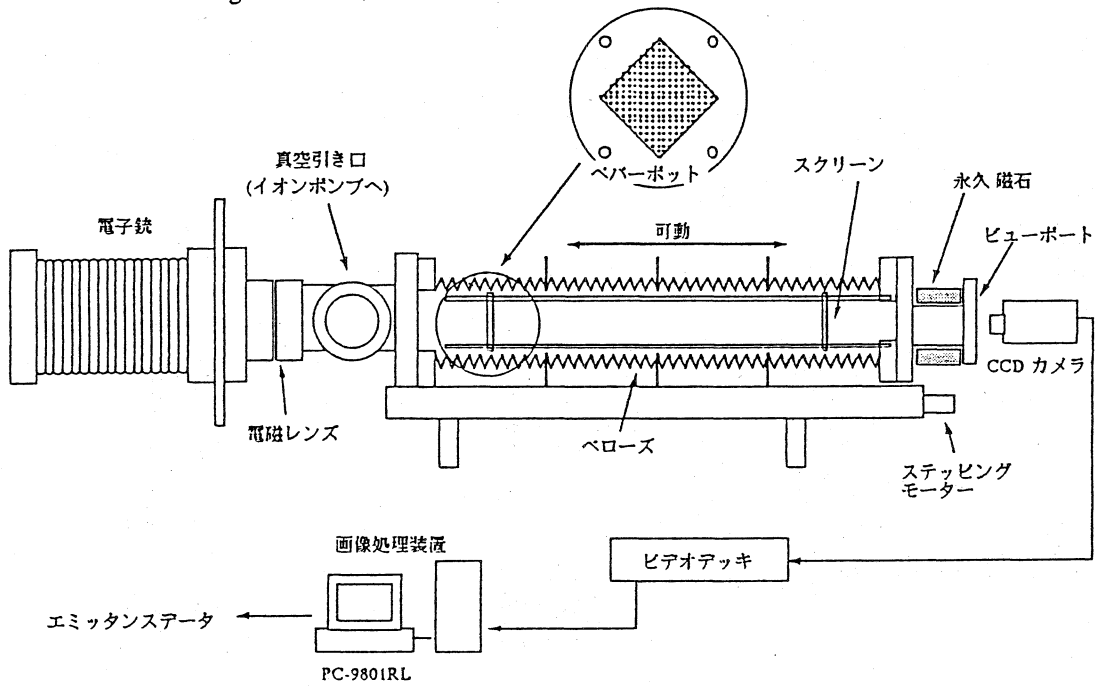


図4 エミッタンス測定システム

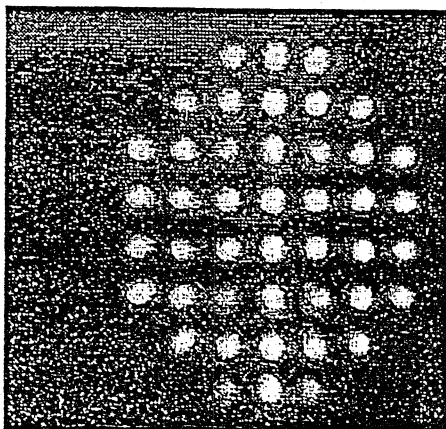


図5 ペパーポット画像