

## Development of an Electron Gun for High Power CW Electron Linac (II)

Masahiro NOMURA, Shin'ichi TOYAMA and Satoshi OHSAWA\*

Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation,  
Oarai Engineering Center, Technology Development Division  
4002 Narita, Oarai - machi, Ibaraki - ken, Japan  
\*National Laboratory for High Energy Physics (KEK)  
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki - ken, Japan

### Abstract

We are developing an electron gun for a high power CW electron linac. A cathode is very important for high-current low-emittance beam and so the conditions of the cathode surface, work function and energy distribution of emitted electrons have been investigated. This paper presents the preliminary result.

## 大強度CW電子線形加速器用電子銃の開発 (II)

### 1. 序

核分裂生成物の核変換に適用し得る高出力の加速器の開発を目的に、試験用の大強度CW電子線形加速器の研究開発を行なっている。電子銃の主な仕様は、

加速電圧 : 200KV  
パルス出力電流 : 400mA  
パルス幅 : 4msec  
Duty factor : 20%

であり、目標としている規格化エミッタンスは  $5\pi\text{mm mrad}^2$  以下である。

大電流かつ高品質のビームを発生させるためには電子銃のカソードは非常に重要である。すなわち大電流を得るためには、カソードの放出電流密度を高くし、また高品質のビームを得るためにはカソード面積を小さくする必要がある。これは結局高品質のビームを得るためにも放出電流密度を高くしなければならないことを意味する。しかし一般的に放出電流密度を高くするとカソードの寿命は短くなる。この寿命の問題は我々が開発している高いデューティーファクターの加速器にとっては非常に重要な問題となる。過去においてこの様な条件で使用されたカソードは無く、寿命の問

題については実際の使用条件に近い状態で長時間試験を行なうという実証的方法が必要となる。

上に述べたような長時間試験を行なう時に簡単にカソードの状態を知ることができればカソードの寿命に対してより多くの情報が得られる。そこで今回カソード材質の表面状態を調べる為に簡単な実験を行なったのでその結果について報告する。

### 2. 実験

カソードの状態を表す物理量としては仕事関数が挙げられる。またこの他にビームの質に影響を与える物理量として放出電子のエネルギー分布がある。これら二つの物理量を正確に求めることは難しい。そこでこれらに関係した量を以下の方法により測定した。

仕事関数については、ビーム電流値は仕事関数に依存しているので、引き出し電圧を一定にし、カソード温度を変化させた時の電流値の測定を行なった。また放出電子のエネルギー分布については、カソード温度を一定にし、逆バイアスを変化させながら電流値の測定を行った。エネルギー分布はこの電流値を微分したものである。序でも述べたように、カソードの状態をできるだけ簡単に

測定することが重要なので、電圧は直接電子銃のカソードとグリッド間にかけて。電流値は電源とカソードの間に抵抗を入れその電圧を測定することにより求めた。またカソードの温度は、パイロメータを使用しカソードの明るさにパイロメータのヒータの明るさを合わせ、その時のヒータの温度から求めた。図1に測定系の概略を示す。

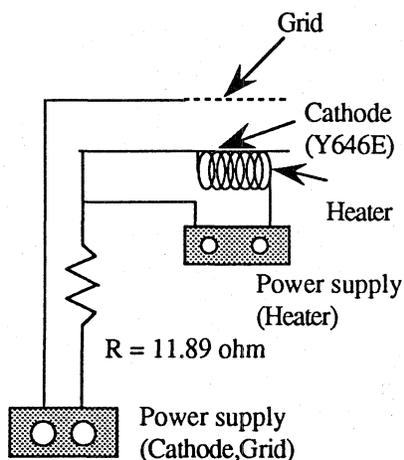


図1 測定系概略図

なお実験は高エネルギー物理学研究所の電子銃テストベンチを使用し陽電子発生装置の電子銃室で行なった。実験条件を表1に示す。

表1 実験条件

真空度	$4 \times 10^{-6}$ Pa
カソード	Y646E (EIMAC)
仕事関数測定	電圧 (カソード、グリッド) 3.1 V
	カソード温度 1000~1200K
エネルギー分布測定	電圧 (カソード、グリッド) -1.4~0.2 V
	カソード温度 1050K

### 3. 結果及び考察

ビーム電流のカソード温度依存性の結果及び Richardson - Dushman の式  $I = AT^2 e^{-\phi/KT}$  による計算値を図1に示す。(計算する上で、仕事関

数としては含浸型カソードの標準的な値 1.0eV を使用した。また定数A は熱電子放出定数を表わす。) 。Richardson - Dushman の式は理想的な場合の金属からの熱電子放出を表しているので、実験値を再現する為には幾つかの補正をしなければならない。補正項目としては、電子が金属表面のポテンシャル障壁を通過する際の量子効果、引き出し電圧が低いことによる空間電荷制限の影響があると考えられる。これらを考慮に入れると大まかには実験値を再現していると考えられる。すなわち、ビーム電流のカソード温度依存性を測定することにより間接的に仕事関数を測定できたと考えられることができる。

放出電子のエネルギー分布は、金属の表面の状態に非常に強く影響されるため理論計算から正確に求めることはできず、今回のようにして実験から求める以外ない。放出電子の電場方向に対するエネルギー分布の実験値を図2に示す。実験値をみると0.5eV以上のエネルギーを持つ電子は、指数関数的なエネルギー分布を示している。これは

エネルギースペクトルの式が  $\exp\left(-\frac{\epsilon_z}{KT}\right)$  の項を含んでいるからである。また0.5eV以下の領域で傾が緩やかになるのは先に述べた量子効果によるものと考えられる。つまり古典力学ではポテンシャルよりも高いエネルギーを持つ粒子はすべて外に出ることができる。しかし量子力学では、ポテンシャル障壁による反射があり、全粒子が外に出ることはできない。このため低いエネルギーの電子の分布が少なくなったと考えられる。

以上述べたように仕事関数及び放出電子のエネルギーの分布に関する情報を実験的に求めることができた。

### 4. 今後の予定

今後は数週間程度の長時間試験の間にこの種の試験を行ない、カソードの状態の変化を測定することによりカソードの寿命を定性的に調べていく予定である。

### 5. 参考文献

- 1) M.Nomura *et. al.*: Proc. of the 17th Linear Acc. Meeting in Japan, 37 (1992)

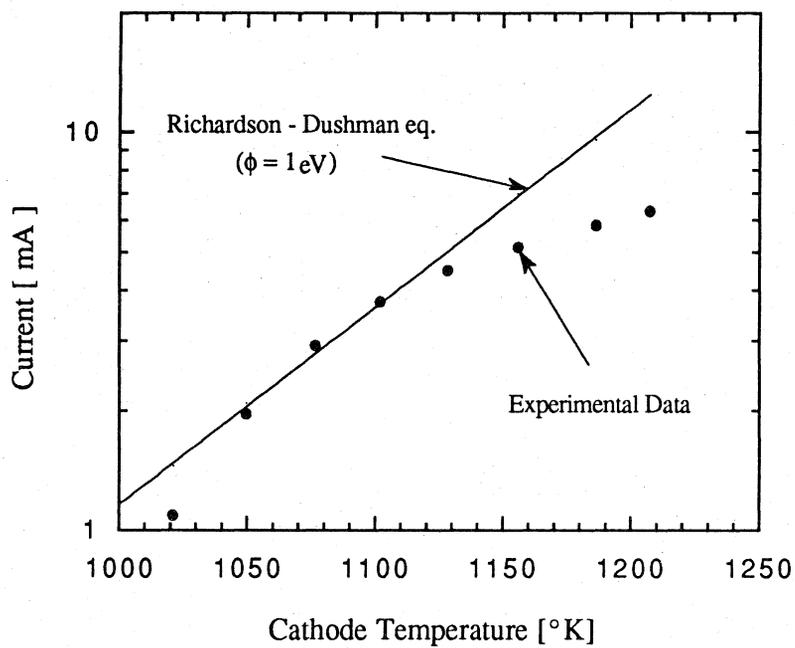


図2 ビーム電流のカソード温度依存性

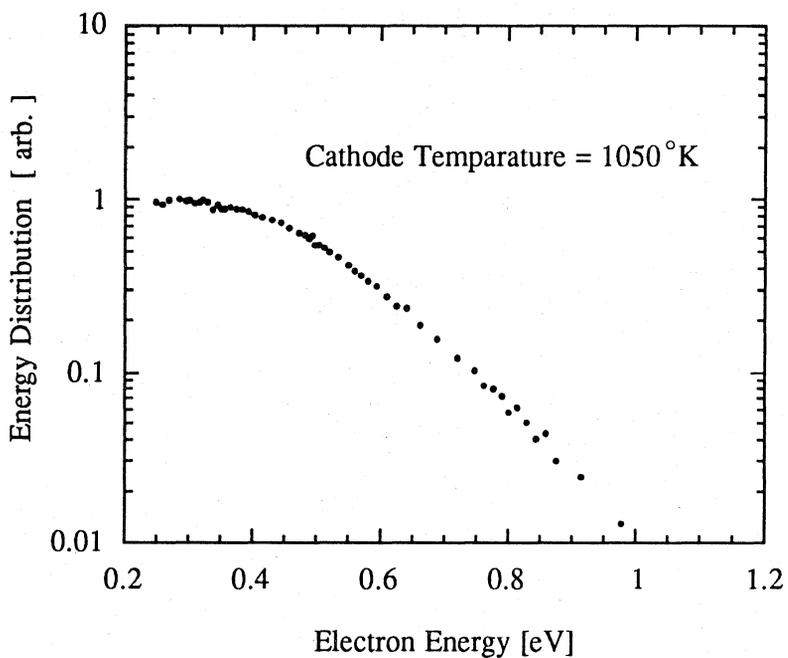


図3 放出電子のエネルギー分布