

## DEVELOPMENT OF THE ELECTRON GUN EMISSION CURRENT FEEDBACK SYSTEM AT LEBRA\*

Keisuke Nakao<sup>1,A)</sup>, Ken Hayakawa<sup>A)</sup>, Toshinari Tanaka<sup>A)</sup>, Yasushi Hayakawa<sup>A)</sup>,  
Isamu Sato<sup>B)</sup>, Takeshi Sakai<sup>B)</sup>, Kyoko Nogami<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup>Laboratory for Electron Beam Research and Application (LEBRA) Nihon University  
7-24-1 Narashinodai Funabashi Chiba 274-8501

<sup>B)</sup>Advanced Research Institute for the Science and Humanities (ARISH) Nihon University  
7-24-1 Narashinodai Funabashi Chiba 274-8501

### Abstract

At the Laboratory for Electron Beam Research and Application (LEBRA) at Nihon University, the emission current of the electron gun feedback system is developed. This system adjust emission current by controlling remotely of grid pulse voltage. The range of fluctuation of emission current is controlled to about  $\pm 0.3\text{mA}$  by this system.

### 日本大学電子線利用研究施設における電子銃エミッション電流 フィードバックシステムの開発

#### 1. はじめに

日本大学電子線利用研究施設 (LEBRA) の 125MeV リニアックで使用している 100kV DC 電子銃のエミッション電流に、1mA 程度の変動が観測されている。この原因は現在不明である。グリッドパルスおよびグリッドバイアス電源の安定度不足ではないかと考えられたが、実測の結果 0.01% の安定度があり、安定度は十分であった。この変動は FEL パワーの変動と相関がある事がわかっている。そこでこのエミッション電流の変動を抑制するフィードバックシステムを開発し、現在試験中である。このフィードバックシステムは、電子銃のグリッドパルス電圧でエミッション電流を調整する。

以下において、日大 125MeV リニアックにおける電子銃エミッション電流フィードバックシステムの概略を報告する。

#### 2. LEBRA DC 電子銃

日大 125MeV リニアックで使用している電子銃は、引き出し電圧 100kV の DC 電子銃で、EIMAC Y646B カソードを使用している [1]。運転時には通常グリッド電圧 45.4V、グリッドバイアス 52.9V で、エミッション電流は 190mA 程度で使用している。

グリッドパルスおよびグリッドバイアス使用し

ている電源は、KIKUSUI 社製の PMC110-0.6A である。この電源は、外部から制御電圧を印加することで出力電圧を制御する事ができる。

グリッドパルス電圧と、エミッション電流の関係を測定した。エミッション電流を測定する Current Transformer #1 (CT#1) は、プリバンチャの上流にあり、電子銃から 50cm ほど下流にある。グリッドパルス電源は 100kV 高圧ターミナルの上ののっており、CT#1 はグラウンドレベルにあるため、有線でグリッドパルス電源に制御信号を送ることができない。そこで無線 LAN (IEEE802.11b) を用いて通信することとした。測定装置を図 1 に示す。図 1 の点線で囲まれた部分は高圧ターミナルの上に乗っている部分であり、MOXA とは Ethernet-シリアルコンバータである。D.M. とはデジタルマルチメータで、直流電源の電圧を測定している。

この測定に用いた直流電源は、TAKASAGO 社製 KX-100H である。この電源はシリアルポートにコマンドを送ることで出力電圧を制御することができ、簡易に測定装置が組めるため採用した。PC は無線 LAN を通じてグリッドパルス電圧を変え、グラウンドレベルにある CT#1 の信号をオシロスコープで測定し記録する。この測定で得られた結果を図 2 に示す。図 2 から、グリッドパルス電圧 1V あたり、エミッション電流が 23.9mA 変化すること

<sup>1</sup> E-mail: [nakao@lebra.nihon-u.ac.jp](mailto:nakao@lebra.nihon-u.ac.jp)

\*文部科学省学術フロンティア推進事業 (継続) (H.17-H.19)

がわかった。これからエミッション電流を1mA変化させるには、グリッドパルス電圧を41.8 $\mu$ V変化させる必要がある。

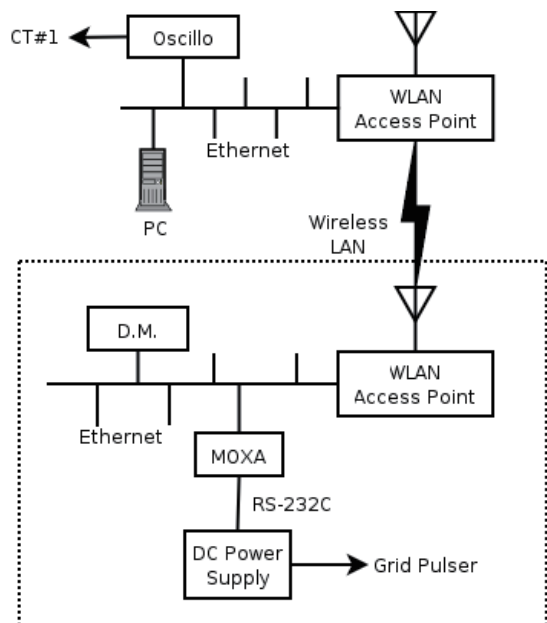


図 1: グリッドパルス電圧とエミッション電流の関の測定に用いた測定装置

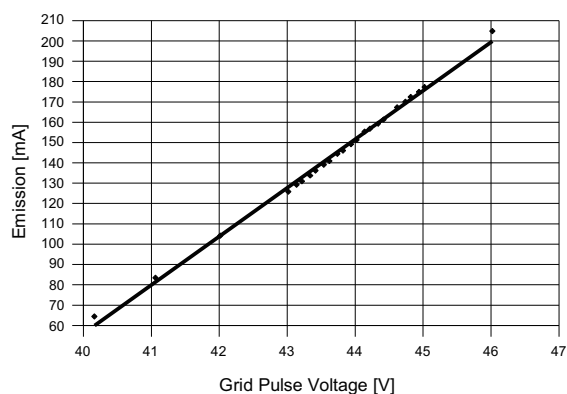


図 2: グリッドパルス電圧とエミッション電流の関係

### 3. フィードバックシステム

フィードバックシステムの構成を図3に示す。図1とほぼ同様であるが違いは通常使用するグリッドパルス電源が電圧制御のため、PCからのコマンドを解釈し、制御信号に変換するグリッドパルス電源遠隔操作回路がMOXAとグリッドパルス電源の間に追加されていることである。

PCにはこのシステムを管理するフィードバッ

クプログラムが動作しており、オシロスコープでエミッション電流を測定し、エミッション電流の変動を抑制するようにグリッドパルス電圧をグリッドパルス電源遠隔操作回路に通じて調整する。

グリッドパルス電源遠隔操作回路は、PCから受信したコマンドにしたがって、グリッドパルス電源の出力電圧を操作するものである。この回路はルネサステクノロジー社のCPUであるH8/3069Fを使用している。

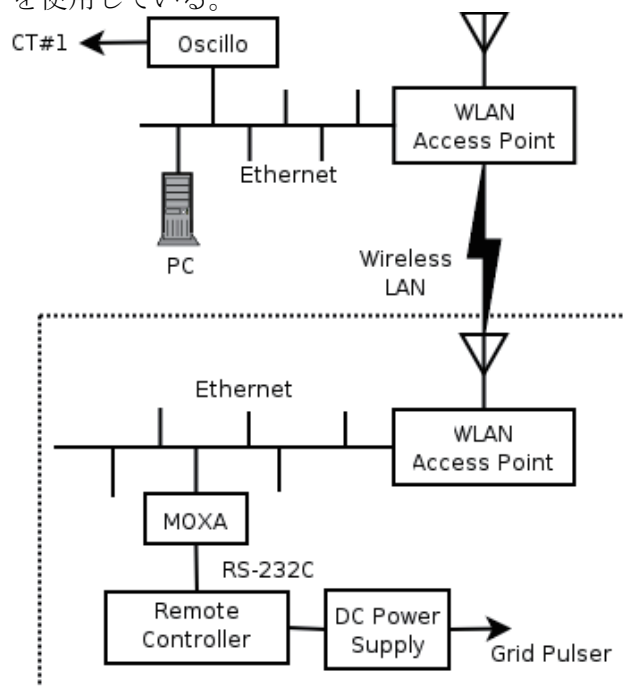


図 3: フィードバックシステムの構成

グリッドパルス電源は、外部制御端子に印加する電圧に比例した電圧が出力される。この電源の出力範囲は0~110Vであり、外部制御端子の入力範囲は0~10Vである。よってエミッション電流を1mA変化させるには、グリッドパルス電源の外部制御端子に印加する電圧を3.80 $\mu$ V変化させる必要がある。運転時のグリッドパルス電圧は45.4Vであるから、4.1V程度の電圧をグリッドパルス電源に入力していなければならない。またエミッション電流1mAを制御するのに10倍の解像度が必要だとすると、1digitあたり0.38 $\mu$ Vの解像度が必要である。たとえばフルスケール5Vとすると、解像度が24bit以上のD/A Converter (DAC)が必要になる。24Bit DACは手持ちがなかったため、DACの出力に約4V程度オフセット電圧を加えたアンプを作成し、8bitのDACをフルスケール2.5mVで用いることとした。この回路で使用したCPUは8bit DACを内蔵しており、このDACを使うことで回路を簡便なものにすることができた。

## 4. フィードバックの効果

エミッション電流の時間変化および分散を図4、図5に示す。

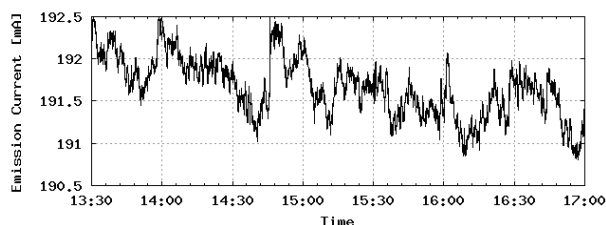


図 4:a フィードバック OFF時のエミッション電流の時間変化(2007年6月8日測定)

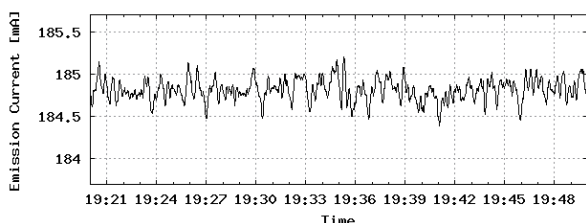


図 4:b フィードバック ON時のエミッション電流の時間変化(2007年6月8日測定)

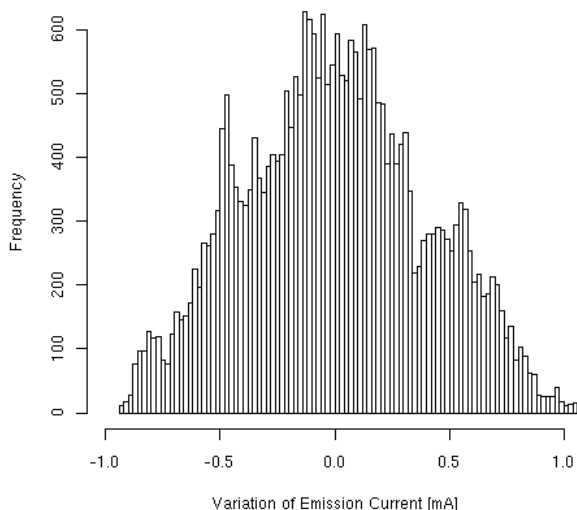


図 5:a フィードバック OFF時のエミッション電流の分散

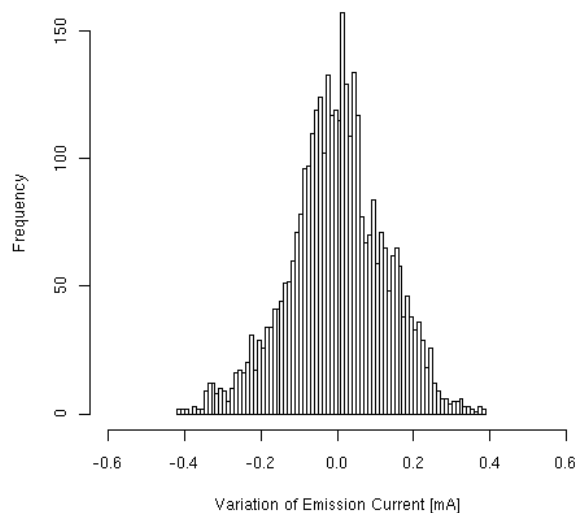


図 5:b フィードバック ON時のエミッションの分散

図3から、フィードバック停止時に見られたエミッション電流の変動が抑制されていることがわかる。フィードバックOFF時のエミッション電流の標準偏差は0.4mAで、フィードバックON時は0.12mAであった。よってこのフィードバックシステムによってエミッション電流の変動幅を±0.3mA程度に抑えることができた。グリッドパルス電源遠隔操作回路の出力のノイズレベルを測定したところ、0.92mV<sub>RMS</sub>であった。これはエミッション電流に換算すると0.24mAに相当する。これはフィードバックON時のエミッション電流の標準偏差の2倍と一致することから、この回路ではこれが限界であると言える。

## 5. まとめ

日大125MeVリニアックの電子銃のエミッション電流にある変動を抑制するために、フィードバックシステムを開発している。本システムは電子銃のグリッドパルス電圧を遠隔制御することで、エミッション電流を制御している。本システムにより、±0.8mA程度の変動を±0.3mA程度に抑制することができた。

## 参考文献

- [1] K.Kanno et al., Proceedings of the 26<sup>th</sup> Linear Accelerator Meeting in Japan (Tsukuba, Aug.1-3,2001)