Development of Grid Pulse Voltage Remote Controller for the LEBRA Linac

Keisuke Nakao[1,A)], Ken Hayakawa[A)], Toshinari Tanaka[A)],Isamu Sato[B)], Takeshi Sakai[B)],
Yasushi Hayakawa[A)], Kyoko Nogomi[A)], Manabu Inagaki[B)]
[A)] Laboratory for Electron Beam Research and Application (LEBRA), Nihon University
7-24-1 Narashinodai Funabashi Chiba 274-8501 Japan
[B)] Advanced Research Institute for the Sciences and Humanities (ARISH), Nihon University
12-5 Gobancho Chiyoda-ku Tokyo 102-8501 Japan

Abstract

In the Laboratory for Electron Beam Research and Application (LEBRA) Nihon university, the feedback control system of the electron gun emission current is developed. This feedback system monitors the emission current in CT, and it controls the emission current at grid pulse voltage. In this study, the emission current remote control circuit which control the emission current remotely was developed.

LEBRA Linacにおける電子銃グリッドパルス電圧遠隔制御回路の開発

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おり、この変動が、FELパワーの変動と相関があることがわかっている。この変動の原因は不明であるがグリッドパルス電圧を調整することで、この変動をフィードバックすることが可能であることが、昨年の試験で確認された[1]。本研究では、エミッション電流フィードバックシステムのコンポーネントの一つである、グリッドパルス電圧の遠隔制御回路を実装した。本稿では今回実装したグリッドパルス電圧遠隔制御回路の詳細を述べる。

2．LEBRA DC電子銃

LEBRA 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[2]。運転時には、グリッド電圧45.4V、グリッドバイアス52.9Vで使用しており、およそ190mAのエミッションを得ている。

グリッドパルス電源及びグリッドバイアスに用いている電源は、菊水社製の安定化電源PMC110-0.6Aで、出力電圧0ー110V、最大電流0.6Aである。この安定化電源の電圧安定度を実測した結果、0.01%の安定度があった。この結果から、前述のエミッション電流変動の原因が、グリッドパルス電源の安定度不足とは考えにくい。

グリッドパルス電圧とエミッション電流の関係を図1に示す。図1から、グリッドパルス電圧を1V変化させると、エミッション電流が23.9mA変化する。すなわち41.8mVグリッドパルス電圧を変化させると、エミッション電流が1mA変化する。

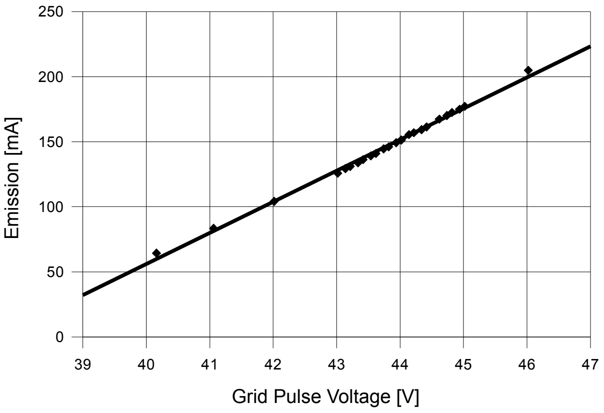

図 1:グリッドパルス電圧とエミッションの関係

3．グリッドパルス電圧遠隔制御回路

グリッドパルス電源に用いている、菊水社製PMC110-0.6Aは、外部制御端子に印加した電圧に比例した電圧を出力する機能を持っている。グリッドパルス電圧を遠隔制御するには、加速器のオペレータから設定値を受信し、制御電圧に変換し、グリッドパルス電源の外部制御入力端子に入力すればよい。

この回路の要求スペックとして、現在使用しているエミッション電流から±10%以上制御できること、および電流の精度は0.1mA以下とした。

1 E-mail: nakao@lebra.nihon-u.ac.jp

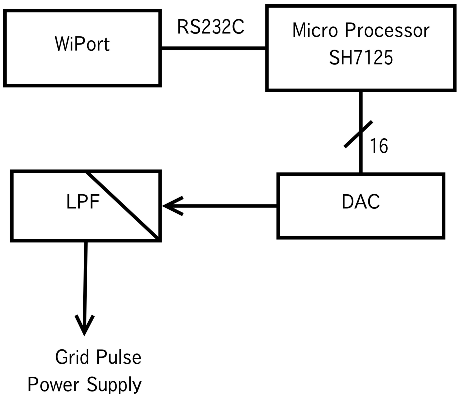

図 2:グリッドパルス遠隔制御回路の構成

実装したグリッドパルス電圧遠隔制御回路の構成を図２に示す。この回路は、シリアルー無線LANコンバータ、CPU、16bit D/Aコンバータ、バイアス回路から構成される。

本回路は、電子銃の100kV高圧ターミナル上に設置されるため、グランドレベルと100kVの電位差がある。そのため銅線を用いて電気信号を送受信することはできない。現在電子銃の制御は光ファイバを用いたシリアル信号を用いているが、この光の通信経路を使用するためには高圧ターミナルの改造が必要となってしまう。できるだけ既存の機器類に手を加えたくなかったこともあり、無線LANを用いて外部PCと遠隔操作回路との通信を行うこととした。

本回路に用いたマイクロプロセッサは、ルネサステクノロジ社製SH7125である。このマイクロプロセッサはSH/Tinyシリーズの製品で、SuperH-2コアの32bit RISC CPUで、周辺機能としてシリアル通信(SCI)機能を3ch、I/Oポート等を持っている[3]。外部PCが無線LAN経由で、マイクロプロセッサと通信するために必要な、無線LANーシリアルコンバータは、Lantronix社製WiPortを用いた。WiPortは、無線LAN、ネットワークインターフェース、シリアルポート、CPU等で構成され、RTOS、TCP/IPプロトコルスタックやWebサーバを持っているため、簡単に無線LANを用いた機器を作成することができる。

昨年の試験では、ネットワークインターフェースを持ったマイコンボードと外付けの無線LANアクセスポイントを用いていたが、今回WiPortを用いることで回路をコンパクトに実装することができた。

グリッドパルス電源の外部制御端子に、制御電圧を0〜10V印加することで、出力電圧を1〜110Vの範囲で線形に変化させることができる。図１からエミッション電流を1mA変化させるには、制御電圧を3.8mV変化させる必要がある。一方運転時のグリッドパルス電圧は45.4Vなので、制御電圧は4.1V程度である。フルスケールを10V、16bitD/Aコンバータを CPUのIOポートに接続し、必要な制御電圧を得る。

４．動作試験

本回路の動作試験及びノイズレベルの測定を行った。動作試験は、DACへの16bitの入力データを変化させて、本回路の出力電圧を、デジタルマルチメータで測定した。DACへの入力値と出力電圧の関係を図3に示す。図3の通り、DAC入力値に応じて線形に出力電圧は変化している。

次に出力端子におけるノイズレベルを測定した。本回路出力端子とオシロスコープを同軸ケーブルで接続し、DAC入力値0x0000でのノイズレベルを測定した。この測定の結果、ノイズレベルは標準偏差で0.4mVであった。この値をエミッション電流値に換算するとおよそ0,1mAである。

これにより、0.1mA程度の分解能で電子銃エミッション電流を制御できると考えられる。

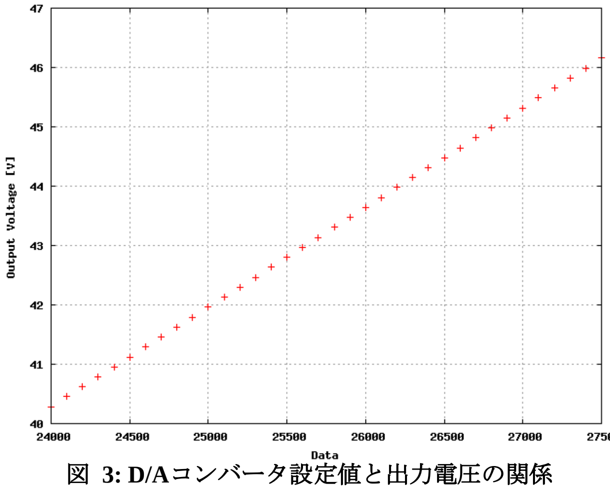

図 3: D/Aコンバータ設定値と出力電圧の関係

５．まとめ

電子銃エミッション電流フィードバックシステムの構成要素であるグリッドパルス電圧遠隔制御回路を作成した。この回路の動作試験およびノイズレベルの測定により、本回路はエミッション電流を0.1mA程度の分解能で遠隔制御できる性能を持つことが確認された。

参考文献

[1] K. Nakao et al., Proceedings of the 4th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 32nd Liner Accelerator Meeting in Japan (August 1-3, 2007, Wako Japan) pp.697-699

[2] K. Kanno et al., Proceedings of the 26th Liner Accelerator Meeting in Japan (Tsukuba, Aug. 1-3, 2001)

[3] ルネサス32ビットRISCマイクロコンピュータハードウェアマニュアルSH7125グループ、SH7124グループ