

[F16p06]

Improvement of the electron gun at JAERI FEL

N. Nishimori, R. Nagai, K. Kikuzawa, E.J. Minehara, M. Sawamura and M. Sugimoto

Japan Atomic Energy Research Institute

2-4 Shirane, Shirakata, Tokai, Naka, Ibaraki 319-1195, Japan

ABSTRACT

The electron gun system at the JAERI FEL was improved. After improvement, the micropulse width of the electron beam is below 3ns, fluctuation of micropulse height is reduced below 3% and the normalized emittance is reduced to $32.4 \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}$.

原研 FEL 電子銃の改良

1. はじめに

原研自由電子レーザーの電子銃は、カソードに Y646B を使用した熱陰極型であり、-230kV の電圧で運転している。グリッドパルサーには Koonts の論文 [1] を元に製作したものを用いている。

電子ビームの電流量がマイクロパルス毎に大きくばらついている直接の原因が、グリッドパルサーの故障であることに昨年気づき修理を行った [2]。その結果、ほぼ様な電子ビームをマイクロパルス毎に得ることができるようになり、FEL 発振に至る一つのきっかけとなった。

その後、問題点として以下のようなものがあることがわかった。1) 前段加速器のビームによる大きな負荷、2) それに伴う加速器の不安定性、3) 前段加速器の前後でビーム量が半分になっている、4) ビームのサイズが大きい。

特に 1)、3) の問題はビームのマイクロパルス幅が大きいことが原因と考えられる。電子銃からの電子ビームを圧縮するのに利用する SHB の周波数が 83.3MHz であることから、4ns 以下のパルス幅を持つ電子ビームを入射することを想定していたが、5~6ns 程度のパルス幅を持つ電子ビームを入射していた。そこで、パルス幅が 4ns 以下になるように改良した。

また、マクロパルスの最初の $1\mu\text{s}$ を過ぎてからマイクロパルス高のパルス毎のばらつきが目立ち不安定であった。このビーム変動は、SHB 等でビームを圧縮していくと一層目立つようになり、ビームの横方向の調整時や、発振の安定性にも関わる問題であった。その変動を押えるように改良を行うために、再度電子銃のグリッドパルサーに手を加えることにした。

2. グリッドパルサー

グリッドパルサーの周波数は 10.4125MHz であり、

基準パルサーからの信号を光に変換して高圧ターミナルに供給している。光ファイバーのトランスミッターとレシーバーには東芝 TOED100 と TORX100 をそれぞれ用いている。TORX100 からの 50ns 幅の TTL 信号を、ECL 回路を用いて 20ns 幅の TTL 信号に変換し、Fig. 1 のグリッドパルサーの入力部に供給する。その後 FET を 3 段組み合わせ合わせた増幅回路で板極管 7211 の駆動信号を作り Y646B へのパルサー信号とする。ここで使われている FET は全てエンハンスメント型なので、N タイプはゲート電圧がソースに対してプラスになった時、P タイプはマイナスになった時に ON となる。すなわち、ドレインとソースの電圧が等しくなる。

回路図の動作を追ってみる。10.4125MHz で 20ns 幅の TTL 信号が入力されると、下表のように各 IC は動作する。この回路は、入力信号が +5V の時に ON となるように設計されている (正論理)。

入力 TTL	0V	5V
VP109N3 (Q2)	ON	OFF
VN109N3 (Q3)	OFF	ON
VN109N3 (Q4)	OFF	ON
VP109N2 (Q5)	OFF	ON
VN109N2 (Q6)	ON	OFF
K298	OFF	ON

3. 変更点

これまで、グリッドパルサーの信号の半値幅が 10ns であった。これは、パルス高を安定にするという必要上、スナップオフダイオードとクリップラインを使用していなかったことに原因があり、これらを正しく動作させることで、半値幅が 5ns 以下にできた。

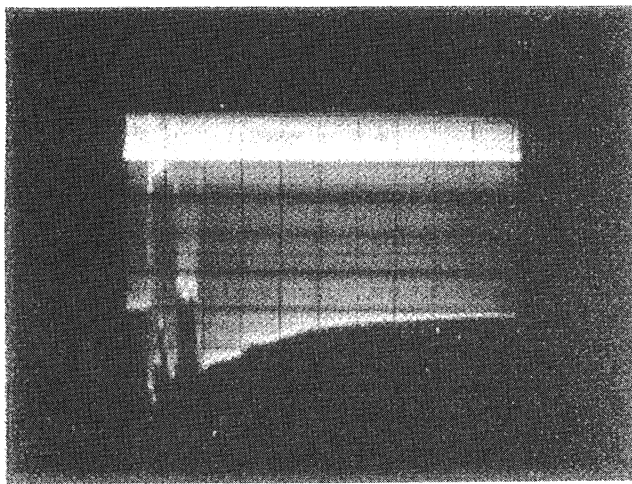
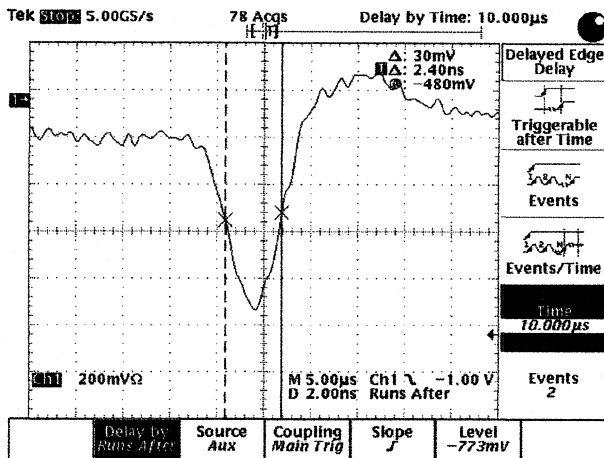


Fig. 3: コアモニターによる電子銃直後の電流測定。
上: 200mV/div, 2ns/div. 半値幅は 2.4ns. 下: 200mV/div,
5μs/div. ミクロパルス毎のバラツキは 3%以下。

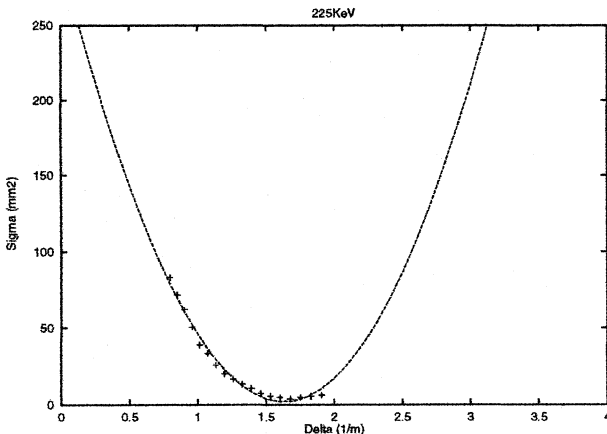


Fig. 4: 電子銃直後のソレノイドを使用して測定した規格化エミッタンス。

ウェネルトを使用していた。また、250kVを想定して製作した電子銃を 195kV と比較的安定な低めの電圧で動作させていた事もあり、電子銃直後のエミッタンスは $88.2\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ と大きな値であった。

今回、セラミック加速管の内壁にスパッターにより付着していた銅をサンドブラストで除去し、225kV程度まで安定に動作するようになった。また、ウェネルトの径も 6ϕ に変更後、エミッタンスの測定を行い $32.4\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ という結果を得た。

しかしながら、今のところ電子銃出口のエミッタンスの改善による前段加速器の transmission の向上や undulator 内でビームサイズを $5\text{mm}\phi$ 以下に絞るといふ目的は達成されていない。

6. まとめ

電子銃からの電子ビームのパルス幅を 6ns から 3ns にして、SHBで充分 capture できるようにした。また、ミクロパルス毎の電子ビームの変動を 3%以下に押えることができた。電子銃からの電子ビームのエミッタンスを $88.2\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ から $32.4\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$ へと小さくした。しかしながら、前段加速器への入射ビームを全量、主加速器に導けていないし、undulator 内でのビームを十分に小さく絞ることができていない。

以上を踏まえて今後の課題を考えると、カソード位置が加速管の奥にあるという製作時からの問題がネックになっていることが考えられる。真真空に悪いだけでなく、最初のソレノイドまでの距離が 60cm もあり、ビームを細く絞ったまま SHB に通す事が難しい。そこで、現在カソードの位置を変更し、カソードから SHB までの距離も短くするように準備中である。

カソード位置の変更により前段加速器の通過率が良くなるのであれば、横方向だけでなく、縦方向の問題とも考えられる。従って入射系の縦、横両方の計算を早急にやり直し、必要なら対策を講じなければならない。

参考文献

- [1] Roland F. Koonts, SLAC-PUB-2261 (1979)
- [2] N. Nishimori et al., Proceedings of the 22th Linear Accelerator meeting in Japan, 341 (1997)