

ビームディフレクターの開発(2)

小林 利明、安積 隆夫、花木 博文、鈴木 伸介、水野 明彦、谷内 努、柳田 謙一、
出羽 英紀、富澤 宏光

財)高輝度光科学研究センター(Spring-8)
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都 1-1-1

概要

2年前のこの研究会で、電子銃の長期間の使用により grid emission が発生して、この grid emission のみを径方向に蹴り飛ばす beam deflector^{[1],[2]}の開発を行っているという報告をした。

昨年冬の長期停止期間中に、modify した beam deflector system を製作して、Spring-8 線型加速器に install した^[3]。今までに得られた実験データについて報告する。

1. BAEM DEFLECTOR

実機の beam deflector の配置は、図 1(a)に示すように非常に狭い空間に deflector system を配置している。改造時にエミッタンスの増加を防止する目的と deflector system を現状の空間に配置できるように、大型のヘルムホルツコイル 1 台と ICF70 のゲートバルブ 1 台及び stepping motor control の iris の入った chamber を撤去した。その撤去した部分に deflector system を設置した。deflector system は、主に 2 つの chamber から成り立っている。平行で対になっている electrode が入っている chamber を deflector chamber と呼び、iris 及び screen が入っている chamber を iris chamber と呼ぶ事にする。

deflector chamber は longitudinal 方向に 253mm の長さで、iris chamber は 90mm である。また deflector chamber と iris chamber の longitudinal 方向の長さは、可能な限り短くした。electrode の大きさは 15mm × 100mm × 3mm で、チェンバー内に平行に設置している。electrode は、ダクト中心から片側 355mm と 183mm の長さの vacuum feed-through で真空との保持とサポートされている。この長さの違いは、electrode を電子銃アノードに近づけるため、電子銃チェンバーと deflector chamber の feed-through のセラミック部が電子銃チェンバーに干渉しないようにしたためである。また図 1(b)に Spring-8 linac に設置した deflector system の写真を示す。非相対論的な beam が磁化したダクトで曲げられるのを防ぐために、非磁性の SUS316L を使用した。それでも地磁気やイオンポンプの漏れ磁場による偏向に対処するため、deflector chamber の外側に小型のステアリングコイルを配置している。また、以前のパラメータでの運転を確保するために小型の helmholtz coil 2 台を deflector chamber に設置している。それぞれの磁場は最大磁場約 160gauss と 190gauss である。

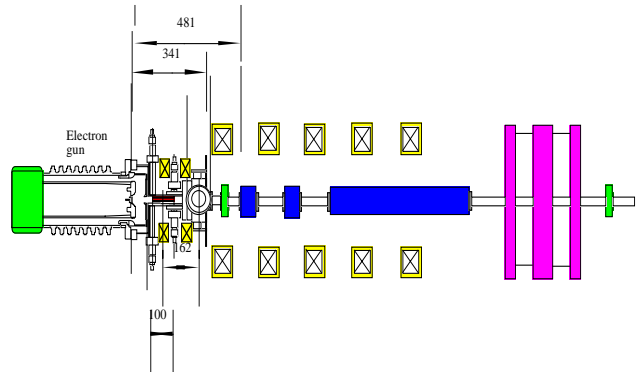


図 1(a). Spring-8 beam deflector system の機器配置図

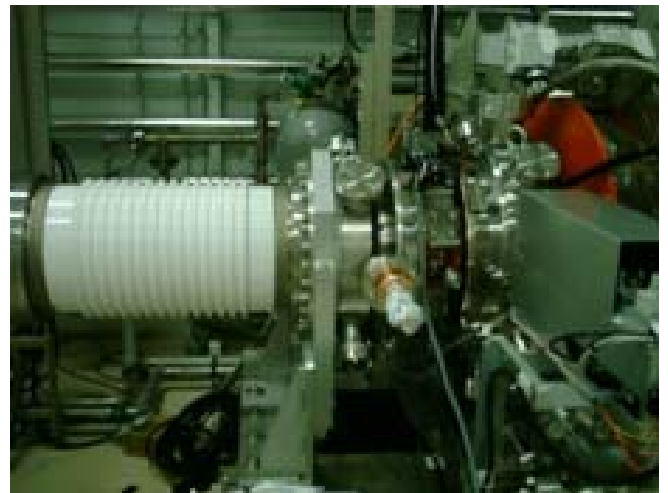


図 1(b). deflector system の写真

beam deflector system を図 2 に示す。実機に挿入した deflector chamber はテストベンチで使用したものと比べて、chamber 長が約 120mm 短くなっている。また Deflector electrode の長さを、200mm から 100mm と半分にし、deflector chamber には真空引き口と真空度モニター用 ICF70 フランジのポートを 4 箇所にした。現在、2 つの ICF70 のポートは NEG ポンプが設置され、残り 2 つは真空引きポートに使用している。

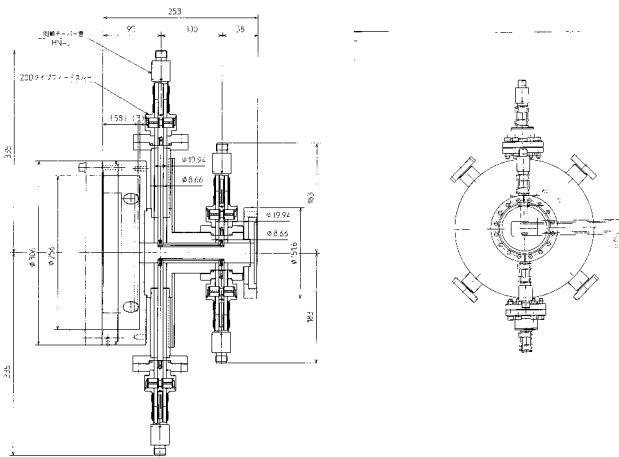


図2. Spring-8 linacに設置したbeam deflector

電界偏向したビームを通過させないようにするための圧空制御の iris や beam 形状を計測するための screen monitor を収納している長さ 90mm の iris chamber が、この ICF152 のフランジの後に設置した。iris chamber の iris の制御は圧空で片側 2 段階に制御でき、1.3、2、3、10 の 4 種類の iris を選択できるようにした。全体の長さは、deflector system を install する前より約 20mm 伸びた。またこの改造で電子銃部にあるゲートバルブは取り除いたので、電子銃などの交換時には、バンチャー部まで大気開放することになる。そこで電子銃部を 50l/s のイオンポンプ 2 台で真空保持していたが、今回の改造で 100l/s 2 台に置き換えた。

また、電子銃から出射されたビームが H0 加速管までの最も効率よく入射できるパラメータを parmela でシミュレーションを行った。バンチャー出口での最大通過効率 85%、エミッタンス $75\pi\text{mmrad}$ となる。この値は、deflector を電子銃部に install する前とほとんどかわらない。

2. DEFLECTOR PULSER とタイミング

ケンテック社の deflector 用パルサーの出力は、2つの HN コネクタ出力である。またその出力は、ヘリポットで +4.5kV から +7kV まで出力電圧の調整ができる。パルサー出力電圧の立ち上がりは、200ps 以下である。beam deflector で beam を取り出した時間を gate width とすると、この幅が 40ps 以上の幅で、ジッターを問題にしなければ、非常に幅広い時間にも設定できる。ジッターが問題になる場合には、スイッチによる選択で、40ns までなら非常に少ないジッター (20ps RMS) など可能となっている。

図3は、上から electrode1 のパルス高電圧波形、electrode2 のパルス高電圧波形、そして deflector が動作していない時にグリッドエミッション電流とメインビームが一緒に出てくるのをイメージした電流波形 (グリッドエミッション部分はかなりオーバ

ー気味に書いている)、最後に deflector を動作した時の電流波形を示す。gate width と呼んでいる部分のみ electrode の両電圧が ground level になる。従って、gate width である遅延時間を変える事でエミッション電流の通過できる時間が、任意に可変できるシステムである。

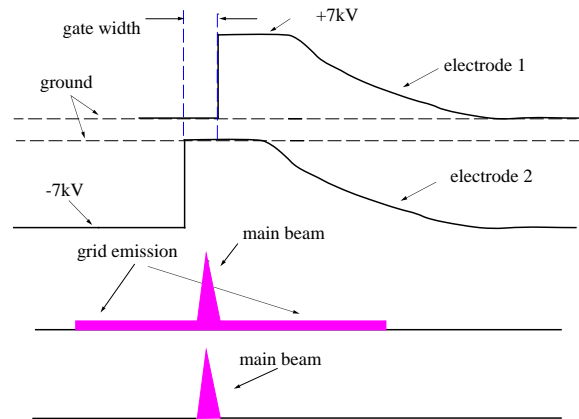


図3.Spring-8 deflector system のタイミングチャート

3. BEAM DEFLECTOR 試験結果

beam deflector の試験結果を図4に示す。180kV のパルス電圧の実機においても、予定通りに 40ns 幅のエミッション電流 (上) が、1ns 幅のエミッション電流 (下) に deflector の設定で加工できた。図5には iris による通過電流と伝送効率をプロットした。iris 径により、加速できる beam 電流は当然変わるが、伝送効率は何時でも 80% 以上である。

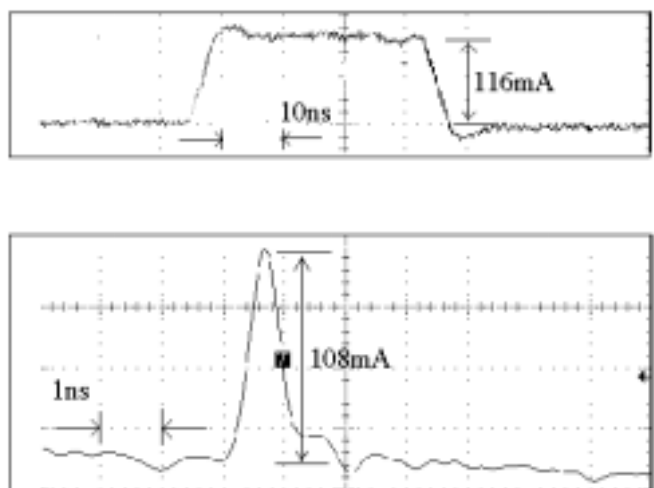


図4.deflector による 180kV emission 電流 deflection 試験 (40ns beam (上) が deflector により、1ns beam (下) に加工された)

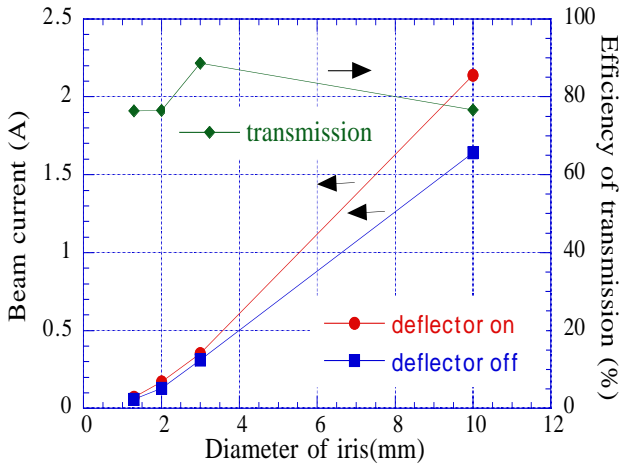


図 5. iris 径に対する通過電流と伝送効率

4. ビームスポット測定

iris chamber に設置した screen monitor でビームのスポット形状を計測した。図 6(a) は deflector pulser の電源を off した状態で、パルス電圧と bias 電圧共に deflector electrode に加えていない。この時のビームスポットは円形で、直径約 10mm であった。

次に deflector pulser の電源を on にして、pulse 電圧 5.75kV, bias 電圧 0V にした。図 6(b) は pulser 電圧 5.75kV で、bias 電圧を約 1.4kV 加えた。bias 電圧により、蹴り飛ばされていたビームが、iris を通過できるような位置に電界で押し戻されてきた。また蹴り飛ばされた beam が楕円になるのは、電界による水平シフトではなく、ビーム軸に helmholtz coil 磁場があるために、斜めに蹴り飛ばされるためである。

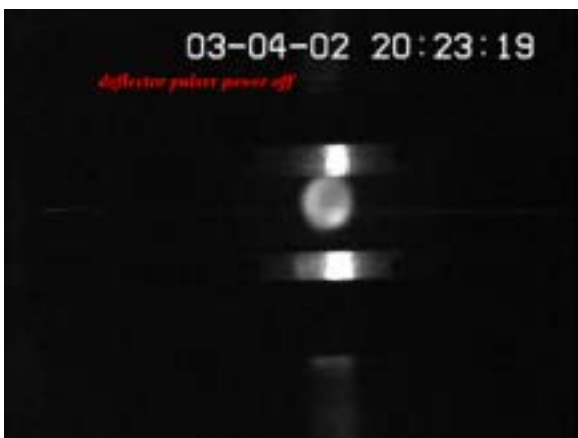


図 6(a)



図 6(b)

4. まとめ

SPring-8 線型加速器用に新規に製作した beam deflector を 2001 年冬期長期停止期間に設置した。その結果、実機においても deflector pulser の設定で 40ns 幅のビームが 1ns 幅のビームにエミッション電流の加工できる事が確認できた。今後は蓄積リング内での純度の高いシングルバンチ化を目指す。

参考文献

- [1] T.Kobayashi et al., "Development of the beam deflector ", Proceedings of the 25th Linear Accelerator Meeting in Japan, Himeji, July 12-14, 2000
- [2] T.Naito et al., "Multi-bunch beam with thermionic gun for ATF", Proceedings of the 1994 International Linac Conference, Tsukuba, August 21-26, 1994
- [3] T. Kobayashi et al., European particle accelerator conference, June, 2002, Paris, to be published