

DEVELOPMENT OF BEAM DEFLECTOR(4)

T. Kobayashi, H. Hanaki, T. Asaka, H. Dewa, A. Mizuno, S. Suzuki, T. Taniuchi, H. Tomizawa and K. Yanagida
Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/Spring-8)
Kouto, Mikazuki, Sayo, Hyogo, 679-5198

Abstract

We have already installed a beam deflector in SPring-8 linac just downstream a 180-kV electron gun, which reduces grid emission currents from the gun. Recently, we measured the energy spectra and intensities of dark currents from the gun and injector part of the linac. As a result, field emission currents from the first accelerator structure were found to be significant. We are trying to reduce the field emission currents by solenoidal magnetic fields in the first accelerating structure.

ビームディフレクターの開発 (4)

1. はじめに

線型加速器の電子銃ではヒータ電力を供給する事で、バリウムが蒸発する。そしてカソード近傍にあるグリッドに付着したバリウムが、電子銃に加えられる高電圧パルスで、制御不可能な電子ビームを引き出してしまふ。これがグリッドエミッションと呼ばれている。このグリッドエミッションを電子銃直後に設置したビームディフレクターで、径方向に蹴り飛ばし、グリッドエミッションを除去する。この装置を2001年に線型加速器に設置してから、この研究会で3回試験結果について報告してきた。

しかし、蓄積リング内のビームラインによる純度測定では、ディフレクターでも取りきれない暗電流が認められ、原因を探っていた。その結果ビームディフレクターの性能^{[1][2]}、動作には問題は見あらず、グリッドエミッション以外のダークカレントの発生箇所の特定を試みた。最近では入射部H0加速管がダークカレントであるフィールドエミッションのかなりの部分を発生させている事が確認された。そこで初段H0加速管に供給するRFパワーを調整すると、蓄積リングのシングルバンチの純度は3桁ほど向上した。

線型加速器入射部からどのようなエネルギーのダークカレントが出射されているかを調べるために、センチ付のフォトマルを初段H0加速管後方の8度バンド電磁石部に設置した。この磁石で曲げられたダークカレントのエネルギースペクトルを正確に測定することで、どこの場所から、どの位の量のダークカレントが発生しているか、調査できるようにした。また、以前の報告でH0加速管にステアリングコイルを仮設置し、フィールドエミッション除去試験について報告している。その追加試験と新たにH0加速管にソレノイドコイルを設置し、H0加速管からのフィールドエミッションを取り除く予備試験も行った。それらの実験結果について報告する。

2. ビームディフレクター

ビームディフレクターは図1のような構成でグ

リッドエミッションを電界により、径方向に蹴り飛ばす。蹴り飛ばされたグリッドエミッションは、ディフレクタープレート後方150mmのアイリスに当て、蹴り飛ばされた電子ビームを加速しないようにしている。プレートに印加するステップ状電圧波形とタイミングについて図2に示す。このそれぞれのステップ状パルス電圧の立ち上がりの時間間隔でしか、電子銃部から出射された電子ビームは加速されない。また、最短時間間隔は40psである。

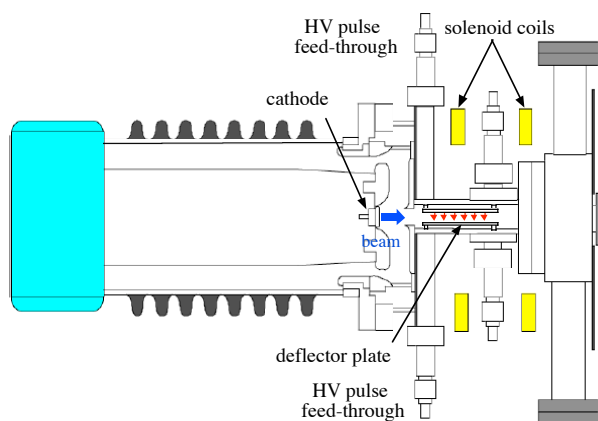


図1: SP8ビームディフレクターシステム

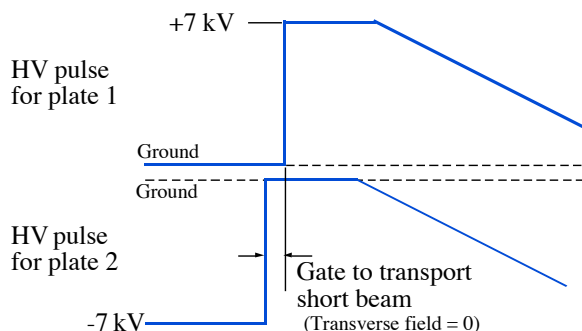


図2: ビームディフレクタータイミングチャート

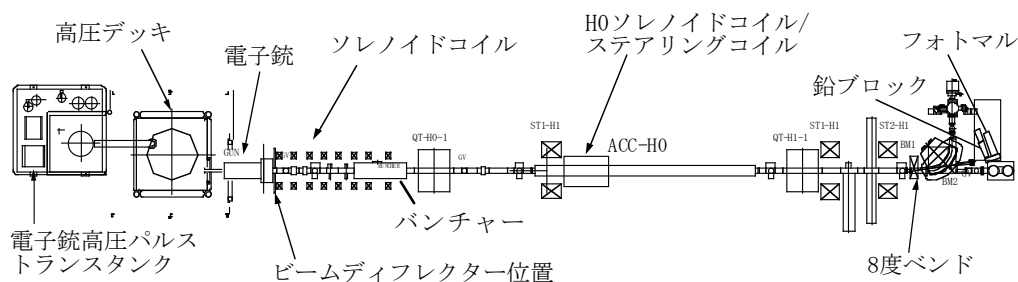


図3: 線型加速器入射部でのダークカレントエネルギースペクトル測定

3. エネルギースペクトル測定

8度ベンド部に設置したシンチ付のフォトマルで、ダークカレントのエネルギースペクトルを計測した。最大ビームエネルギーは60MeVで、ダークカレントのX線計測を行った。図3は加速器入射部を含めた計測システム図で、フォトマルからの出力は、加速器本体が入っている加速管室上にあるクライストロン室まで同軸ケーブルで送った。その信号はオシロスコープで平均化処理を行なった。前述のように、ダークカレントのソースとしてグリッドエミッション以外のものが存在するので、以下のように各ソースを分離できるように実験パラメータを設定し、各エネルギースペクトルを取得した。

3.1 電子銃部のダークカレント

電子銃からのグリッドエミッションを測定するために、電子銃高圧onとoffの場合のスペクトルを測定した。図4に示すように電子銃高圧off時には、ダークカレントが大幅に減少しているのが確認された。即ち、この場合グリッドエミッション電流は加速管からのフィールドエミッション電流より、はるかに大きい事が判る。従って、これ以下の実験ではグリッドエミッション以外のものを観測するために、フォトマルのゲインを上げて測定した。

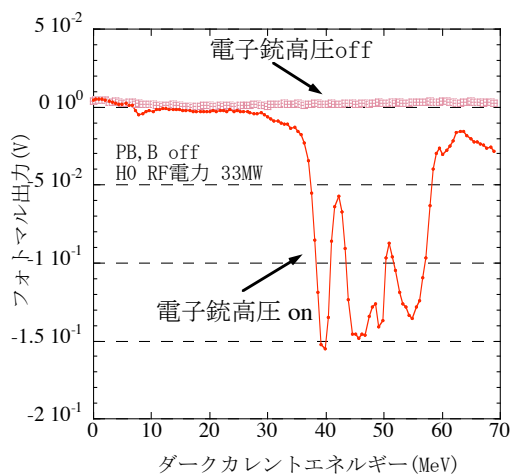


図4: 電子銃高圧on/offによるグリッドエミッションエネルギースペクトル

3.2 H0加速管からのダークカレント

図5に示すように初段H0加速管からのフィールドエミッションは、加速管に投入するRFを減少させる事で大幅に下げる事ができる。RFを現在の設定値の40%まで減少させると、フィールドエミッションはほぼ完全に発生を抑える事ができている。このRFパワーでもH0加速管の加速エネルギー30MeV (RF電力20MW)となり、ビーム運転は可能であるが、やはり50MeVが望ましい。

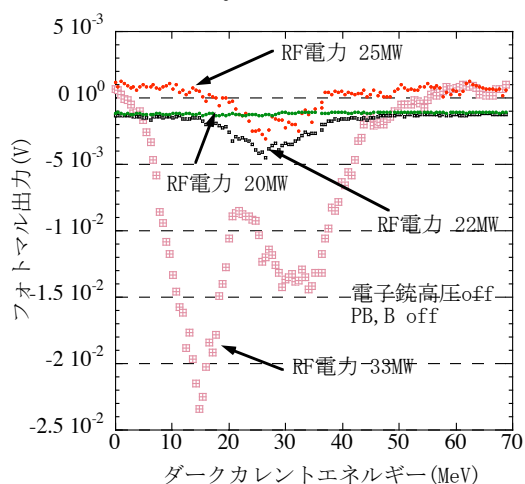


図5: H0加速管への投入電力とエネルギースペクトル

3.3 H0加速管のダークカレントの抑制

我々はH0加速管にステアリングコイルを取り付け、少ないステアリングコイル磁場でも、空洞で発生したダークカレントをすぐに偏向してしまえば加速されにくいという考えのもと、ステアリングコイルによるダークカレント除去試験を行った。

図6はH0加速管に大型のステアリングコイルを仮設置し、エネルギースペクトルを測定した。仮設のステアリングコイル (約3gauss, 1.5m) でもステアリングコイル磁場で、加速管のダークカレントを大幅に減少する事が確認できた。しかし、メインの電子ビームもかなり曲げてしまい、ビーム調整がうまくできそうもない。

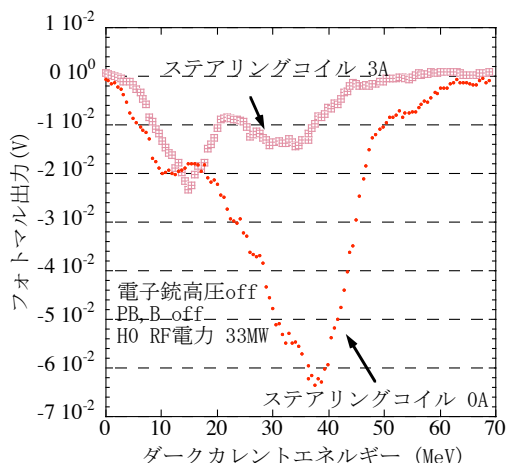


図6: H0ステアリングコイルによるダークカレントエネルギースペクトル

そこでソレノイドコイルがステアリングコイルの代わりに使用できないかの検討を行った。ソレノイドは中心を通過するメインビームには影響を及ぼさず、加速管等の空洞表面から発生するフィールドエミッションには偏向電磁石としての効果を望めるからである。ここではソレノイドコイルによる偏向のシミュレーション結果等は省くが、希望が持てる結果が得られた。

まず図3の実験体系でプレバンチャー、バンチャー部の既設ソレノイドコイル磁場を変えてダークカレントのエネルギースペクトルを測定した。ソレノイドコイルの長さは、約1mである。ソレノイドコイル磁場で、図7のように数分の1までダークカレントが抑えられている。

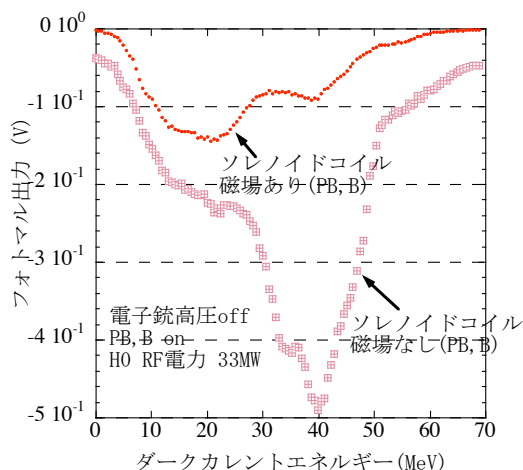


図7: 既設ソレノイドによるダークカレントエネルギースペクトル

次にプレバンチャー、バンチャー部のソレノイドコイル試験を踏まえて、H0加速管にソレノイドコ

イル(長さ15cm)を設置し、ダークカレントのエネルギースペクトルを測定した。既設ソレノイドと同様、図8のようにH0ソレノイドコイルでもダークカレントの除去効果が幾分認められる。このソレノイドでは加速管長に対して1/20の長さしかカバーできていないため、除去効果が顕著でないと考えている。この夏には、この結果をふまえて、H0加速管全体(長さ2.85m)にソレノイドコイルを取り付ける準備をしている。

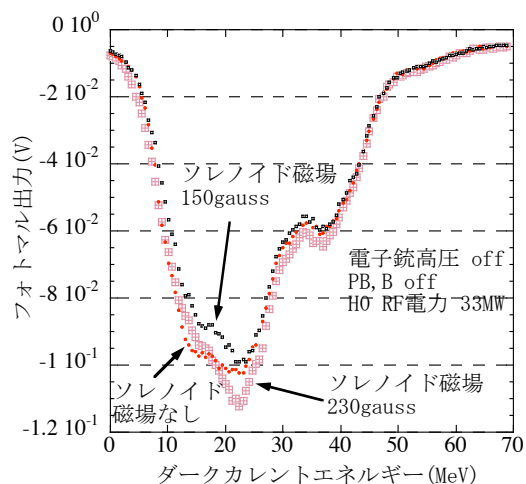


図8: H0ソレノイドコイルによるダークカレントエネルギースペクトル

4. まとめ

ダークカレントのエネルギースペクトルを偏向電磁石とシンチ付のフォトマルで計測した。グリッドエミッション電流に比べ、フィールドエミッション電流は少ない。入射部プレバンチャー、バンチャーのソレノイドコイル試験の結果、ソレノイド磁場がフィールドエミッション電流抑制に効果があることが判った。初段H0加速管にも小型のソレノイドコイルを設置したところ、同じくフィールドエミッション電流は抑制できる兆候が見られた。そこで新規のH0加速管用ソレノイドコイルを製作し、この夏に設置する予定である。

参考文献

- [1] T. Kobayashi, et al., "Beam deflector for Spring-8 linac" Proceedings of European Particle Accelerator Conference, Paris, France, June 2685-2687, 2002.
- [2] T. Kobayashi, et al., "Dark current reduction system for Spring-8 linac" Proceedings of European Particle Accelerator Conference, Lucernes, Switzerland, July 1324-1326, 2004