

PRESENT STATUS OF ELECTRON LINAC LEENA AT UNIVERSITY OF HYOGO

Satoshi Hashimoto ^{#A)}, Sayaka Chin ^{A)}, Kenji Kawata ^{A)}, Dazhi Li ^{B)}, Sho Amano ^{A)}, Shuji Miyamoto ^{A)}

^{A)}NewSUBARU / Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry, University of Hyogo
1-1-2 Koto, Kamigori, Ako, Hyogo, Japan 678-1205

^{B)} Institute for Laser Technology

1-8-4 Utsubo-honmachi, Nishi-ku, Osaka, Japan 550-0004

Abstract

We have been upgrading the 15 MeV compact electron linear accelerator LEENA at University of Hyogo since last year. As a result, the electron beam transport efficiency and beam currents have been greatly improved. We have also succeeded in measuring both the synchrotron radiation from a bending magnet and Smith-Purcell radiation in a terahertz region.

兵庫県立大学電子線計加速器 LEENA の現状と性能向上

1. はじめに

兵庫県立大学ニュースバル放射光施設内にある LEENA (Laser Emitted ElectroN Accelerator) 加速器は電子ビームエネルギー15MeVの小型電子線形加速器であり、RF 電子銃、アルファ電磁石、S-band クライストロンおよび定在波加速管、偏向および四極電磁石、ビームダンプ、真空機器、制御システム等から構成される[1]。しかし加速器の製作・設置から既に 15 年以上が経過しておりシステムの旧式化・老朽化が著しく、性能や運用の面で様々な問題を抱えていた。そこで、本装置の性能を向上し最先端の研究開発、特にコンパクト加速器によるテラヘルツ光源の開発を目指し、平成 23 年度から加速器システムのアップグレード[2]を実施しており最近、ビーム電流の増大およびテラヘルツ領域のスミス・パーセル放射の観測に成功した[3]。

本発表ではこれまでに実施した加速器システムの改修、特に真空・制御・モニター系の改善による加速器性能向上の成果、現在実施中あるいは検討中の加速器システムの改善、テラヘルツ光源開発現状等について報告する。

2. 加速器の主要な性能

LEENA 加速器の主要なパラメータを表 1 に、また全体図を図 1 に示す。熱陰極(LaB6)を用いた RF 電子銃で生成した電子ビーム (エネルギー1MeV 以下) は 4 極電磁石で収束された後、アルファ電磁石により短バンチ化される。S バンド加速管で最大 15MeV まで加速された後、偏向電磁石で 90 度方向を変えて光源用直線部を通過し、ビームダンプで廃棄される。

直線部には現在スミス・パーセル放射用チェンバーが設置されており、内部には遠隔からの昇降操作が可能な銅製グレーティング、放射角度可変の放物面ミラーおよび平面ミラーがあり、テラヘルツ光

をチェンバーの外に取り出すことができる。

表 1 : LEENA の主要なパラメータ

電子銃	熱陰極 RF 型
RF 周波数	2856 MHz
ビームエネルギー	15MeV
マクロパルス長	5 μ s
マクロパルス繰返し周波数	1~10 Hz
マクロパルス平均電流	100mA
バンチ長	~ 30 ps
バンチあたり電荷量	35 pC

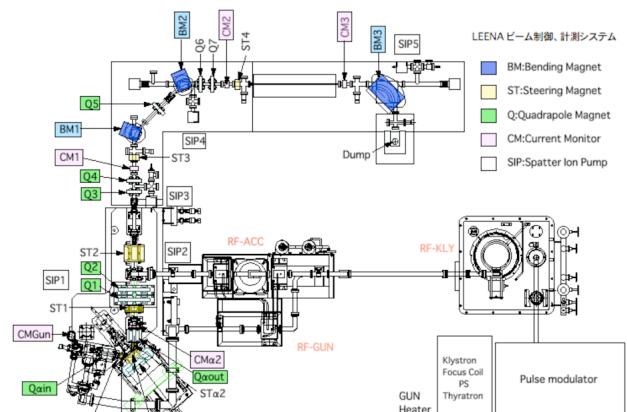


図 1 LEENA 全体図

3. 加速器システムの改善

3.1 制御系

[#] hashi@lasti.u-hyogo.ac.jp

以前の加速器制御系は PLC ベースのシステムであり、設定値の変更にはポテンショメータやタッチパネルによる手動での操作が必要であり、加速器運転の再現性・高精度な調整に問題があった。PLC を残しつつ柔軟な計算機制御が出来るように OPC server を介して PC と PLC が通信出来るようにし、LabVIEW で開発した GUI アプリケーションから機器の制御が出来るようにした (図 2)。

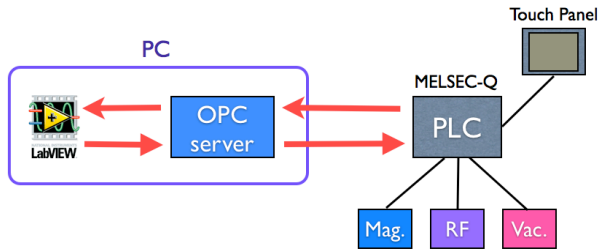


図 2 加速器構成機器の計算機制御

3.2 真空系

図 3 にビーム上流から下流への真空改善前後のイオンポンプ真空度を示す。イオンポンプの交換・増設、真空ベーキング、He リークディテクタによるリーク箇所への補修等を行った結果、加速器全域ではほぼ一桁の真空改善が得られた。

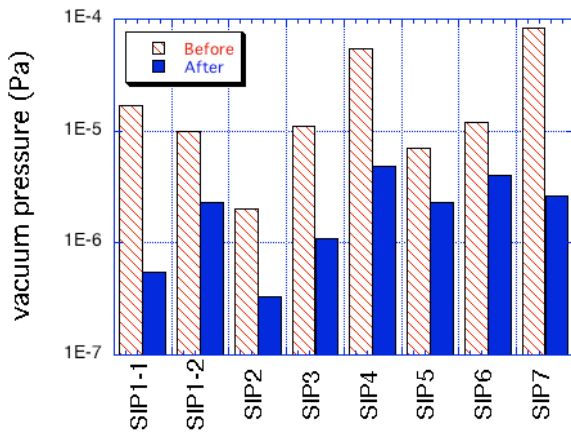


図 3 真空度の改善

3.3 モニター系

加速器の機器情報やビームモニターに関する機器について以下の様な改造を行った。

- 全てのモニター機器をネットワークに接続。
- データ取得のため、リモート IO デバイス (日本ナショナルインスツルメンツ NI-RIO) を遮蔽室と制御室に設置。
- スミス・パーセル光のミラー遠隔制御等のために、遮蔽室内に GPIB イーサネット変換器を設置。

- アルファ電磁石の入射点にスクリーンモニター (SCM- α) を追加した。図 4 に SCM- α で観測したビームプロファイルを示す。RF 電子銃からのビームを (Skew) 四極電磁石で収束しているため多少形状が歪んでいる。
- これまで BPM が使用されていなかったため、ビーム位置の補正が困難であったが、常時ビーム位置を計測できる様、BPM の設計を行った。平成 24 年末にインストール出来る予定である。



図 4 アルファ電磁石入射点でのビーム形状

3.4 ビーム輸送効率の向上

上記の加速器改善およびビーム調整の結果、ビームロスが低減しビーム輸送効率は改善された。図 5 に加速器の各場所に設置されている CT で計測したビーム電流波形を示す。

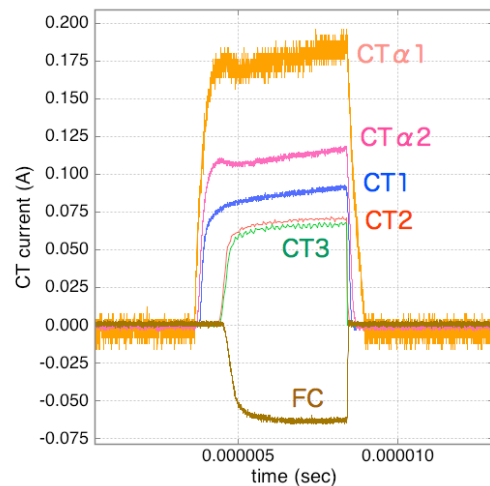


図 5 CT 波形

また図 6 にビーム輸送効率を示す。平成 24 年 6 月以前にはアルファ電磁石前後でのビームロスが大きかったが、SCM- α の導入により加速管直後で 100mA 弱までビームを輸送できる用になった。放射線安全上のビーム電流の上限は現在 100mA なので、これ以上のビーム電流は放射線変更申請が必要となる。

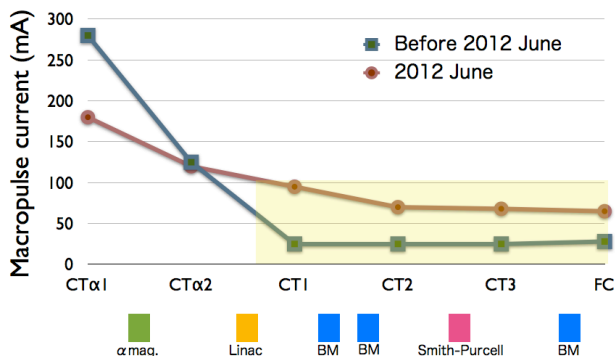


図6 ビーム輸送効率の改善

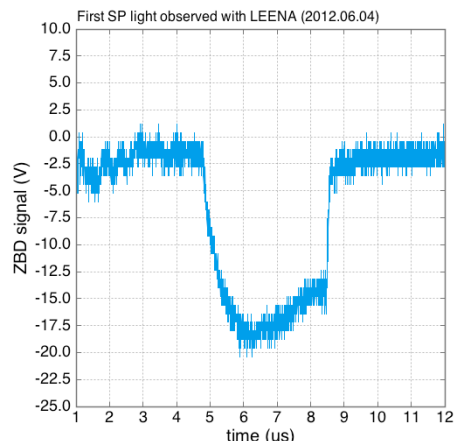


図8 LEENA で観測したスミス・パーセル光。
 ビームエネルギー15MeV, マクロ平均電流 40mA。
 ZBD の検出波長 110-170GHz。

4. テラヘルツ光源の開発

LEENA 加速器の電子ビームを用いて、偏向電磁石からのシンクロトロン放射およびスミス・パーセル放射によるテラヘルツ光源の開発を行なっている。図7に LEENA 加速器におけるテラヘルツ光の生成と計測の概要を示す。光源開発の詳細は本学会プロシーディングの別稿[3]を参照されたい。

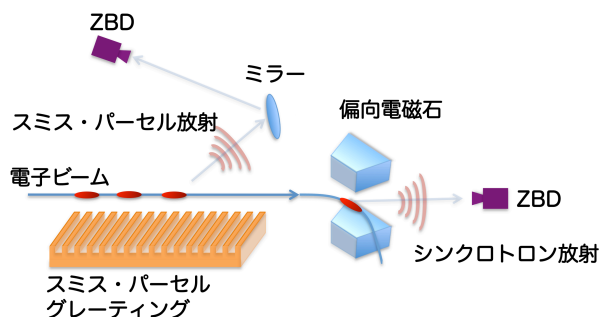


図7 LEENA テラヘルツ光の生成と計測

4.1 偏向電磁石からのシンクロトロン放射

ビームダンプ直前の偏向電磁石 BM3 から発生するシンクロトロン放射光を Zero Bias Diode (ZBD、0.1-0.17 THz)で計測した。予想されるバンチ長は ZBD の波長よりも長いいため、計測した放射光はインコヒーレント光である。ビューポートにはテラヘルツ光の透過できる水晶製ウィンドウを使用し、透過率の計測を行った。また水平偏光であるシンクロトロン放射光を使用して Martin-Puplett 干渉計で使用するワイヤグリッドの透過率・反射率の偏光依存性を計測した。

4.2 スミス・パーセル放射

金属製グレーティングの近傍を電子ビームが通過する時に金属表面に誘起される電流から電磁波が放射される(スミス・パーセル放射)。15MeV、40mA (マクロ平均電流) の電子ビームを用いたスミス・パーセル光を ZBD で計測するとその強度は 0.4 pJ/mm²/pulse であった[3]。

4. 今後の予定

将来的にはコヒーレント放射光によるテラヘルツ光の産業利用を目指す。当面の課題として以下を行う予定である。

- 短バンチ化に向けたアルファ電磁石の最適化
- Martin-Puplett 干渉計によるスミス・パーセル光のスペクトル計測
- 電子ビームバンチ長の評価
- ビームライン建設とテラヘルツ光利用のデモンストレーション
- 大電流化の検討 (放射線変更申請を含む)
- BPM、収束用ソレノイドコイルの新設

謝辞

LEENA 加速器の改修作業において多大なる御協力を頂きました JASRI 加速器部門の皆川康幸氏および竹村育浩氏に深く感謝致します。

参考文献

- [1] <http://www.lasti.u-hyogo.ac.jp/NS/facility/leena/>
- [2] S.Hashimoto, et al., “小型電子線形加速器 LEENA のアップグレード計画”, Proceedings of the 8th Annual Meeting of Particle Accelerator Society in Japan, Tsukuba, 2011
- [3] S.Chin, et al., “小型船系加速器 LEENA を用いたテラヘルツ光現開発”, Proceedings of the 9th Annual Meeting of Particle Accelerator Society in Japan, Osaka, 2012