

THE DEVELOPMENT OF THE BEAM DIAGNOSTICS FOR THE FEL

*J.Sasabe, **R.Hajima, R.Nagai, M.Sawamura, M.Sugimoto, E.Minehara,
***N.Kikuzawa, M.Takao, K.Mashiko, M.Ohkubo, Y.Kawarasaki, and Y.Suzuki

Japan Atomic Energy Research Institute

*Hamamatsu Photonics Co.Ltd., **Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, University of Tokyo, ***Kyushu Univ.

Shirakata Shirane 2-4 Tokai-mura Naka-gun, Japan

ABSTRACT

Beam monitors have been developed for the beam diagnostics in JAERI free-electron lasers(FEL) experiments. In this injection system, these monitors are mainly consist of ceramic screen monitors and amorphous core monitors, and bunching monitor. In addition to these monitors, preliminary result of a newly developed OTR monitor is reported here.

FELにおけるビーム診断装置の開発

1. はじめに

自由電子レーザー(FEL)では、より高効率、大出力化を実現するためにより高輝度な電子ビームが要求されているとともに、このビームのパラメーター(位置、強度分布、電流波形、エネルギー、エミッタンス等)をできれば非接触、リアルタイムで測定可能なビームモニターの開発が望まれている。

本報告では、原研・物理部で計画している超伝導加速空洞を用いたFELの入射系におけるビームモニターと、新しいスクリーンモニターとして開発を進めているOTR(Optical Transitin Radiation)モニター(東大工学部との協力研究)について報告する。

2. 入射系におけるビームモニター

図1に入射系の配置図を示す。加速電圧250kV、パルス幅4ns、ピーク電流100mAの電子ビームがSHB(Sub-Harmonic-Buncher)、Buncherでエネルギー変調を受けて約40psに圧縮される。

1) スクリーンモニター(ビーム位置、強度分布の測定)

蛍光の発光強度の強いセラミック(デマルケスト社:AF995R)に電子ビームを照射し、その発光パターンをズームレンズを取り付けたCCDカメラで測定する。ビームによるチャージアップ、あるいは熱的応力によるダメージが問題となるので低繰り返し(10~100Hz)で動作させている。またFELでは一般的にビーム径が小さい(~1mm)ので、セラミックでの発光の分解能の確認を予定している。

2) アモルファスコアモニター(電流波形の測定)

このモニターは①非接触測定である、②S/Nが大きい、③高速応答である、¹⁾等の特徴を持っている。アモルファスはCo系(Tokin社製)のもので、2次側の結線は1ターンで行っている。図2に電子銃出口にて、このモニターとファラデーカップを用いて測定したデータを示す。立ち下がり1ns以下、感度16V/Aが得られている。

3) バンチングモニター (40psのバンチビームの測定)

40psのバンチビームのパルス幅は、このビームを厚さ1mmのサファイア($n=1.85; \lambda=248\text{nm}$)のスクリーンに入射させ、そのチェレンコフ光をストリークカメラで観測することを計画中である。電子銃の加速電圧が200kVの場合、バンチビームは $(200 \pm 50)\text{kV}$ に変調されているので、チェレンコフ放射角($\theta = \cos^{-1}(1/\beta n)$)が時間的に変化する。従って、パルス幅を正確に再現するには全放射角の光をカメラまで導く必要がある。

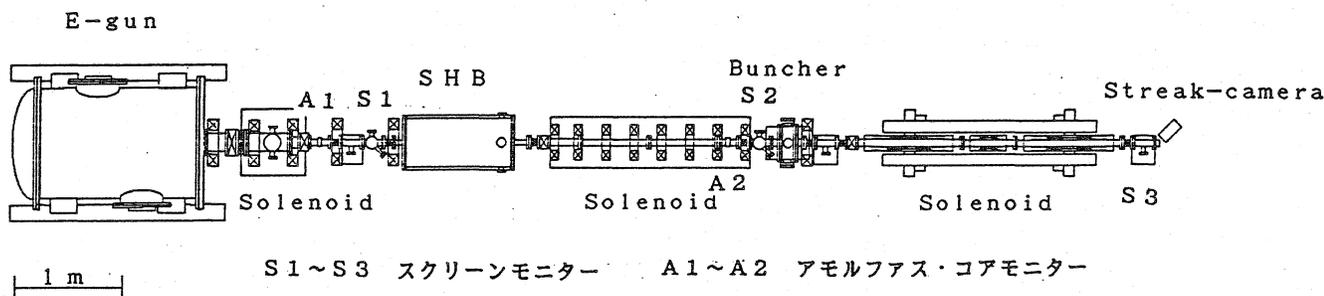


図1 原研FEL 入射系配置図

3. OTRモニター

OTRモニターは従来のセラミック等を用いた蛍光を利用するのではなく、荷電粒子がスクリーンに入射する際に、真空中とスクリーン材質の境界面で発生するOTR光を利用する。スクリーンとしては金属、高分子膜等の薄膜を用いる。このため、荷電粒子の透過率が高くなり、多数箇所、同時刻でのモニターが可能となる。また、X線等の放射線の発生強度が格段に低くなり、窓、CCD素子等の損傷が軽減される。同時に蛍光を用いないので、より高い分解能が期待される。

図3に東大原子力工学研究施設で行われた、OTRモニターの基礎実験の配置図を示す。OTR光は、発光効率が低いのでCCDカメラの前にはII (Image-Intensifier)を入れて感度を高めている。ズームレンズの焦点をOTRスクリーン(S2)上に合わせることでビームプロファイルを観測できる(図4)。ここでCCDカメラでモニターした画像はビデオ・フレームメモリーに蓄積され、後に画像処理される。²⁾ またセラミックスクリーン(S1)とS2により電子ビームの軸を出し、これにHe-Neレーザーの光軸を合わせて測定システム(ズームレンズ+II+CCD)の位置決めを行う。ズームレンズの焦点を無限遠にすることでリング状のOTR干渉像が得られる(図5; 周辺の像は散乱光と考えられる)。この像にはエネルギー、エミッタンスの情報が含まれており、IIのゲート信号のタイミングを変えることでこれらのパラメーターの時間情報も得ることが可能であると考えられる。

原研FELでは、アンジュレーター内、前後の電子ビームのスクリーンモニターとして、金属薄膜と撮像管を用いたOTRモニターを計画している。

4. 今後について

現在、電子銃出口におけるエミッタンスを求めるために、ソレノイドレンズとスクリーンモニターにより測定を行ったが、空間電荷効果によりきれいな双曲線カーブが得られず、検討中である。また、分解能の高い($\sim 0.1\%$)エネルギー分析器を開発する必要がある。

RFライナックを用いたFELは、これから短波長化、高効率化が進むにつれ、より精度が高く、時間分解が可能な測定が要求されていくものと考えられる。

参考文献

- 1) T.KOBAYASHI et al; Proc. of the 15th Linear Accelerator Meeting in Japan pp141-143(1990)
- 2) T.Ueda, T.Kobayashi, Y.Yoshida, M.Washio and Y.Tabata: Proc. of the 13th Linear Accelerator Meeting in Japan P5(1988)

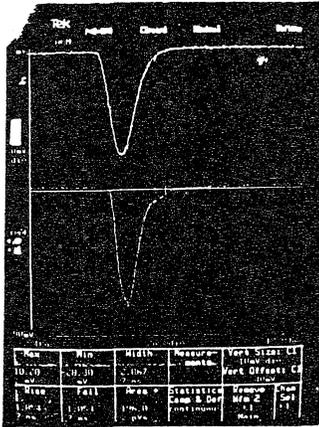
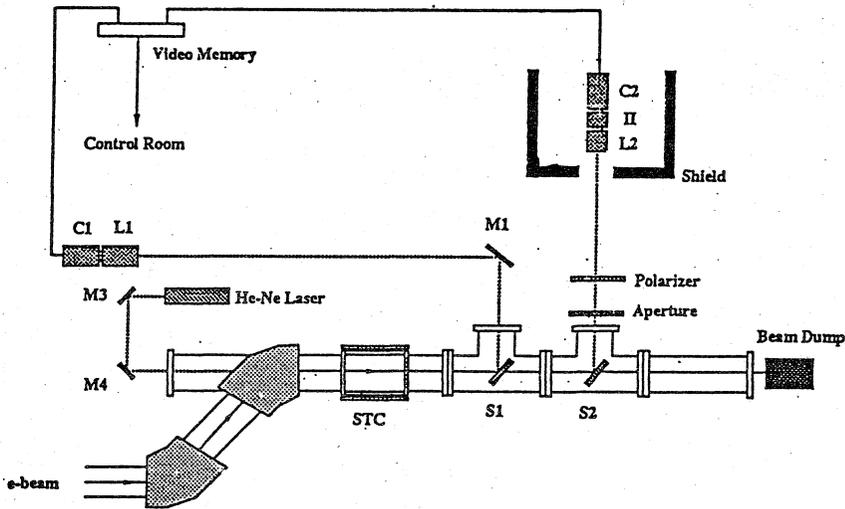


図2 電子ビーム電流波形

2 ns / div

上： アモルファス・コアモニター波形
下： ファラデーカップ波形



C1: CCD camera (Omron), L1: lens (f=2000mm), C2: CCD camera (Hamamatsu C3077), L2: lens (Victor 75mm F1.8), II: image intensifier (Hamamatsu C4237), M1-4: mirror S1: ceramic screen, S2: OTR screen (quartz mirror), STC: steering coils

図3 OTRモニター実験配置図

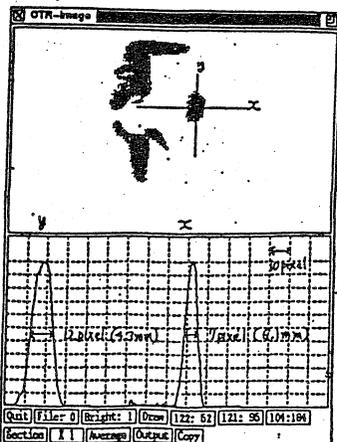


図4 OTR光によるビームプロファイル



図5 OTR干渉像