

§4. ビームライン

4-3. カーボンワイヤー型光プロファイルモニター

塩飽 秀啓

日本原子力研究所・大型放射光開発利用研究部*

Carbon Wire Type Beam Profile Monitor

Hideaki SHIWAKU

Synchrotron Radiation Facility Project, Japan Atomic Energy Research Institute

The beam position and profile monitor using a carbon wire as a photo-electron probe has been developed for insertion devices, and installed in the X-ray undulator beamline of the TRISTAN Super Light Facility at KEK. The monitor consists of a graphite wire, a copper mesh for electric shielding and a motor-driven linear guide, but it requires no water cooling system. We have found that the peak photoemission current, of order of several decade μA , is proportional to the power density of the radiation. Even when the wire crossed the beam during the experiment, there were no effect on the user's experiments.

1. はじめに

放射光実験ではより低エミッタンスで大強度な放射光が要求されるために、放射光光源は従来の偏向電磁石光源から挿入光源へと移行しつつある。放射光の位置を常時モニターすることは、精密実験を行う為だけでなく、挿入光源の調整最適化や低エミッタンス放射光蓄積リングの運転の側からも求められる。従来の光モニター¹⁻⁷⁾、例えば三角電極型放射光位置モニターなどは、偏向電磁石からの放射光の位置測定にとっても有効であるが、電極が溶解してしまうほど強力な挿入光源ビームラインに設置することは技術的に困難であり、また挿入光源のギャップ変更に伴う放射光空間分布変化やそのスペクトル変化に対するモニタ

一の校正もかなり難しい。挿入光源放射光、特にアンジュレータ放射光を測定できる光モニターは、ESRF, APS でこれまでいくつかのタイプが開発中である^{8,9)}。

現在、次世代の挿入光源に対応でき、放射光の空間的な位置とビームプロファイルを正確に測定できる X 線光モニターの開発を行っている¹⁰⁾。そのひとつとして、熱的に優れたカーボンを用いたワイヤー型光モニターを開発し、MR 放射光施設に挿入してその有効性について実験を行った。

この光モニターの特徴は、プローブの材質としてカーボンワイヤーを用いることである。カーボンは X 線透過性に優れているため、下流で行われている利用実験にほとんど影響を与えること無

* 日本原子力研究所大型放射光開発利用研究部 〒678-12 兵庫県赤穂郡上郡町 SPring-8
TEL 07915-8-0831 FAX 07915-8-0830 e-mail shiwaku@spring8.or.jp

く測定が可能となる。またカーボンの耐熱特性により、アンジュレータ放射光中でも測定が可能であり、特別な冷却構造（水冷システム）を備えることなく利用できる。

2. 装置

測定を原理を図1に、概略を図2に示す。光電効果を利用してプローブから出る光電子を、バイアス電圧を掛けた電極で捉え、その電流値を測定する。プローブには、100 μm 厚のカーボンシートから切り出した、幅0.5 mmのリボンを用いた。プローブはセラミック製の基板に固定され、直線導入器により走査する。周囲からの電子を拾わないように銅メッシュでプローブ部を囲み、またその銅メッシュにバイアス電圧（500 V）を印加し、カーボンから飛び出す光電子のみを捉え、アンプで増幅し信号を得る。

光モニターは、MR放射光ビームラインの上流水冷マスクの上流側（上流部：光源から約16.5 m）、中流水冷マスクの上流側（中流部：約48.8 m）、水冷Xスリットの上流側（下流部：約83.4 m）の3カ所に、それぞれに水平方向・垂直方向測定用光モニターを2台ずつ合計6台を配置した。上流部光モニター（2台）は、トリスタン主リングが稼働中であれば常に位置測定ができるように、 γ 線シャッターの前に設置した。また、挿入光源の「生」の光を測定できるように、上流部光

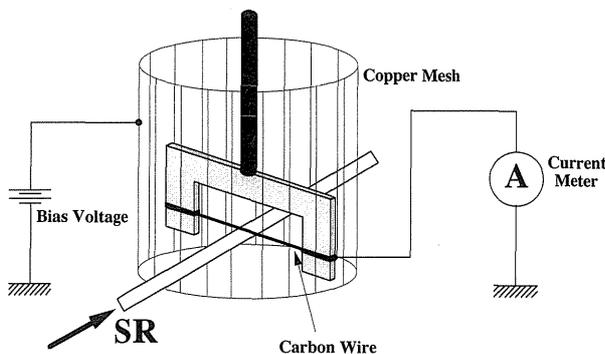


Figure 1. A principle of the scanning wire beam monitor.

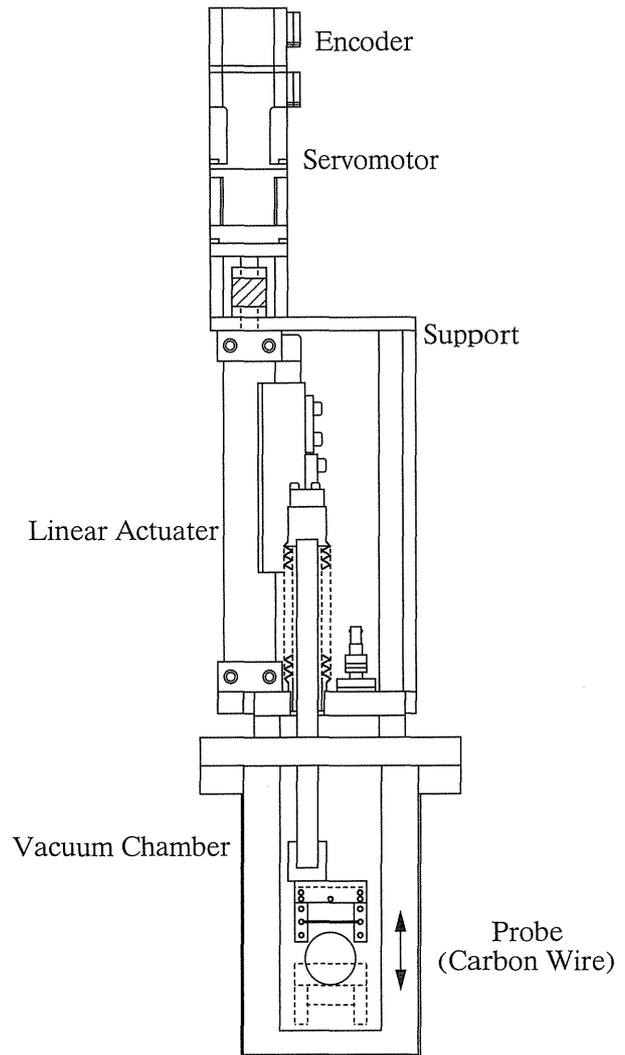


Figure 2. A side view of the wire beam monitor.

モニターの上流側には放射光を遮るフィルター等は挿入していない。

3. 実験と結果

この光モニターでは、放射光に対しワイヤーをスキャンするプロファイル測定と、ワイヤーを強度半値位置に固定する経時変化測定が可能である。プロファイル測定には、放射光ビーム中心から ± 5 mmの範囲を41点測定するとおよそ70秒間を要した。ビームの位置と傾きを水平方向、垂直方向について測定するためには、6台の内4台の光モニターを使い5分以内で測定できる。

はじめに基礎的特性評価を行った。測定は、バ

イアス電圧, 走査方向, リングカレント, アンジュレータのギャップ値 (磁場強度) などをパラメータとして光モニターの基本的な性能の評価を行った。

(1) プローブ周囲の銅メッシュに印加する電圧を 0 V ~ 1000 V まで変化させ信号強度との関係を調べた。その結果, 0 V ~ 100 V までは電圧と共に増加し, 100 V を越えたところではほぼ一定の値になった。

(2) ワイヤをスキャンする方向については, CW/CCW どちらの方向も同じ結果となり, 走査方向によるプロファイルの差は見られなかった。

(3) 蓄積リングの蓄積電流値と信号強度の関係を図3に示す。プローブをピーク強度半値の位置に固定して, 信号の経時変化測定した。光モニタ

一の信号強度は, 数十 pA ~数十 μA の範囲で得られている。図3(a)では, 入射による電流値の変化に対応して, 光モニターの信号が変化の様子がよく表れている。図3(b)は, 光モニターの信号強度を蓄積リング電流値に対しプロットしたもので, $R=0.99$ の線形関係が見られた。その直線は暗電流のためグラフ原点を通らなかった。

(4) アンジュレータのギャップ変化とそれに伴う放射光プロファイルの関係を図4(a)(b)に示す。加速電圧 8 GeV , 蓄積電流 $10\text{ }\mu\text{A}$ でアンジュレータのギャップを 200 mm から 31 mm まで変化させた。ギャップ値 31 mm では半値幅が 8.1 mm もあるが, これはカーボンの性質上, エネルギーの低い放射光に感度が高く, 大きく広がった VUV 光を捉えているためと考えられる。アンジュレータ放射のような場合, 放射パワーの重心と

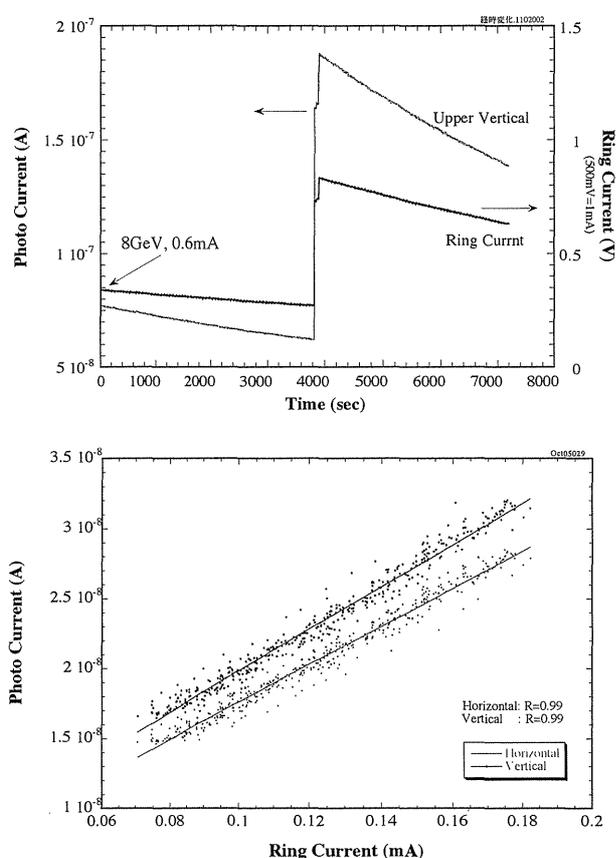


Figure 3. Photoelectron of the wire beam monitor. (a) Photoelectron current with the elapse time. (b) Photoelectron current vs. ring current of the TRISTAN accumulation ring.

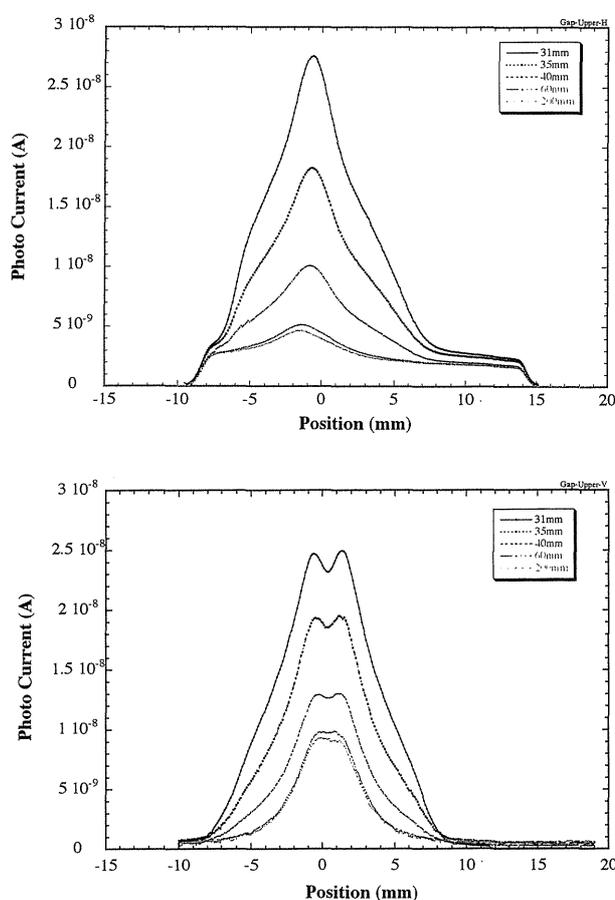


Figure 4. Photoelectron current vs. the wire position. (a) Horizontal scanning, (b) vertical scanning.

利用する光子の重心が一致することから、この光モニターでは重心を見ることで放射光の中心位置を測定できることが分かった。さらに、垂直方向のプロファイル測定したところ、2つのピークを持つプロファイルが観測された。ピークの深さはアンジュレータのギャップ値の変化に伴い変化することから、アンジュレータ由来であることは確認できる。詳細な解析を現在行っているところである。

(5) ワイヤー同士の干渉について、下流モニターでプロファイル測定中に上流モニターを走査するとそのワイヤーの影を検出した。光電子放出を捉えているため、より長波長のX線に感度が高いためと考えられる。ワイヤー同士の干渉を避けるために、プロファイル測定は個々に光モニターを走査する必要がある。

(6) 長期安定性については、およそ3.5ヶ月の測定期間においてプローブに特に変化は見られなかった。10 GeV・10 mA 運転時に、光源から16.5 m位置に設置したモニタープローブが、薄く赤熱する現象が見られたが、外見上ワイヤーに変化は見られなかった。

4. まとめ

実験の結果、以下のことが分かった。

位置の空間分解能はワイヤーの幅に依存し、およそ0.3 mmであった。細いワイヤーを用いることで更に分解能が上がると予想される。6台のモニターを駆動した測定時間は、±5 mmの範囲では約7分かかった。これは、電流値読み取りにオートレンジを用い、またチャンネルを切り換え

ながら行ったため、データの読み出しに時間を費やしたと考えられる。読み出し回路を改良することで測定時間の短縮が可能である。信号強度と蓄積リングの電流値(リングカレント)には、直線性が見られ、その強度は数十 pA~数十 μ A の範囲であり充分測定可能であった。原理は単純であるが特別な冷却システムを必要とせず、非常に使い易い光モニターといえる。

5. 最後に

本研究は、張 小威(高エネ研・放射光)、杉山 弘(高エネ研・放射光)、山本 樹(高エネ研・放射光)、籠島 靖(高エネ研・放射光、現: 姫路工業大学)、原見太幹(原研・大型放射光)、大野英雄(原研・大型放射光)、安藤正海(高エネ研・放射光) 方々の共同研究のもとに行われており、ここに感謝の意を表したい。

文献

- 1) Photon Factory Activity Report, No. 4, 67 (1986).
- 2) P. M. Stefan et al.: NIM **A255**, 598 (1987).
- 3) S. M. Heald: NIM **A246**, 411 (1986).
- 4) Photon Factory Activity Report, No. 4, 66 (1986).
- 5) A. Koyama et al.: Rev. Sci. Instrum. **60**(7), 1953 (1989).
- 6) T. Mitsuhashi et al.: Proc. of IEEE Particle Accelerator Conference, 576 (1987).
- 7) B. A. Karlin et al.: Rev. Sci. Instrum. **63**(1), 526 (1992).
- 8) E. D. Johnson et al.: Rev. Sci. Instrum. **60**(7), 1947 (1989).
- 9) T. Mitsuhashi et al.: Rev. Sci. Instrum. **63**(1), 534 (1992).
- 10) X. W. Zhan et al.: Rev. Sci. Instrum. **66**(2), 1990 (1995).