

MEASUREMENT OF SPATIAL RADIATION DISTRIBUTION FROM SCREEN BEAM MONITOR WITH PB SHIELD

Yoshihiko Shoji^{#A)}, Yasuyuki Minagawa^{B)}, Takahide Shinomoto^{B)}

^{A)} LASTI/NewSUBARU, University of Hyogo

1-1-2 Kouto, Kamigori-cho, Ako-gun, Hyogo, 678-1205

^{B)} Japan Synchrotron Radiation Research Institute(JASRI)

1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198

Abstract

In order to buildup the radiation shield for the screen beam profile monitor, we measured the spatial distribution of the radiation at the downstream of the Pb block shield. A classical technique using a fluorescent screen and ICCD camera enabled an easy measurement. Using the result of the measurement, we succeeded to build an efficient radiation shield.

スクリーンモニター用鉛遮蔽設置と線量分布計測

1. はじめに

電子蓄積リングニュースパルの 1 GeV 入射ビームトランスポートラインに、ビームプロファイルモニターとして、スクリーンモニターが設置されている。従来このモニターの使用頻度は少なかったが、入射マッチングの R&D を進める過程で使用頻度が増加し^[1]、放射線遮蔽設置の必要性が出てきた。

遮蔽設計に当たって、線量分布シミュレーションを行う余裕は無く、トライ・アンド・エラーで鉛遮蔽形状を決めた。スクリーン下流に鉛ブロックを配置し、スクリーンを直視できるラインは鉛で遮るようにしたが、十分な遮蔽効果が得られなかった。遮蔽形状の変更にあたって、(a)遮蔽厚増強、(b)遮蔽領域の拡大のいずれを重視するかの選択が必要になり、放射線レベル分布の簡易測定を実施する事にした。

モニターの条件は

- (1) 簡易で安価である事。
- (2) 0.5m X 0.5m 程度の領域で空間分解能 1 cm 以上。
- (3) パルスの放射線に対してのみ、高感度。

である。イメージングプレートは条件(3)から省かれ、最終的な選択は、古典的な手法である蛍光スクリーンの使用であった。このスクリーンからの発光を、手持ちの高感度ゲートカメラで計測する事により、線量の空間分布を知る事ができた。

計測結果に基づき、線量レベル増加に寄与していたのは、スクリーン下流のビームパイプで散乱された、2次、3次粒子であると推定できた。続いて(b)を重視した遮蔽変更を行い、有効性を確認する事ができたので、報告する。

2. スクリーンモニターの現状と遮蔽

入射トランスポートから蓄積リングに至るレイアウトを Fig.1 に示す。運転上の問題点は、スクリーンモニター(M3)を高頻度(1Hz 程度)で使用すると、下流の線量モニター(IM1)で瞬間 γ 線量がリミット値を越え、インターロックが働く事であった。このインターロックは入射異常を逸早く検出し、電子銃を止めるためのもので、積算線量としてはごく微量の放射線を対称としている。対策として、線量モニターの方向だけを遮蔽する事は勿論許されず、周辺の線量レベルを効果的に下げる遮蔽を追加する事にした。

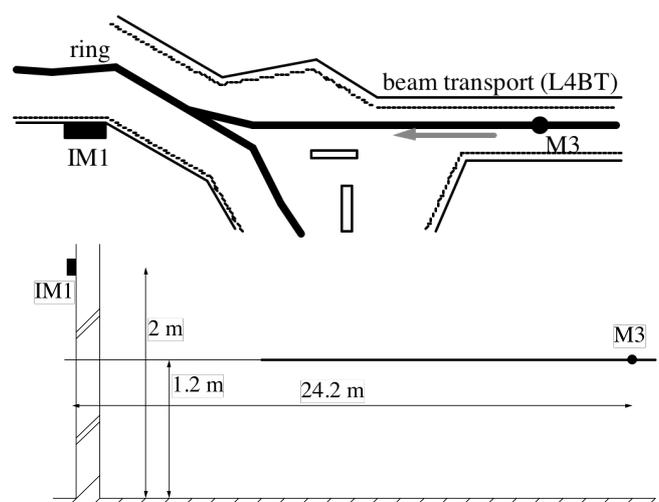


Fig.1: Lay out of the profile screen monitor (M3) and radiation monitor (IM1).

まず、M3 下流 4 箇所鉛遮蔽を設置した。この断面を Fig.2 に示す。上流からそれぞれ PB-1~PB-4

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

と呼ぶ事にする。この状態ならば、IM1は5cm以上の鉛で直接電子が当たるスクリーンから遮蔽されている。しかし、遮蔽効果は不十分で、インターロックが動作してしまった。線量を定量的には見ていないが、桁落ちではなかった。

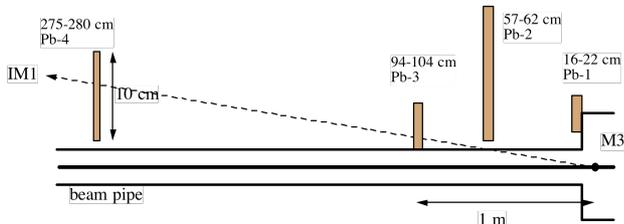


Fig.2: Layout of the PB shields.

3. 線量分布計測

遮蔽増強にあたって、(a)遮蔽厚増強、(b)遮蔽領域の拡大のいずれを重視するかを選択が必要になり、放射線レベル分布の簡易測定を実施する事にした。

必要なモニターの条件は

- (1) 簡易で安価である事。
- (2) 0.5m X 0.5m 程度の領域で空間分解能 1 cm 以上。
- (3) パルスの放射線に対してのみ、高感度。

である。積算線量は微量なので、運転中に加速器トンネルに設置しておき、後で積算線量分布を計測する種類のモニターは使う事ができない。最終的な選択は、古典的な手法で、蛍光スクリーンの発光を可視光カメラで捉えるというものであった。大面積であっても蛍光紙は比較的安価である。

鉛遮蔽 Pb-2 の M3 側に 30cm X 40cm の蛍光紙を置き、M3 に電子ビームを当てたときの発光を ICCD gate camera で確認した。Fig. 3 が記録画像である。

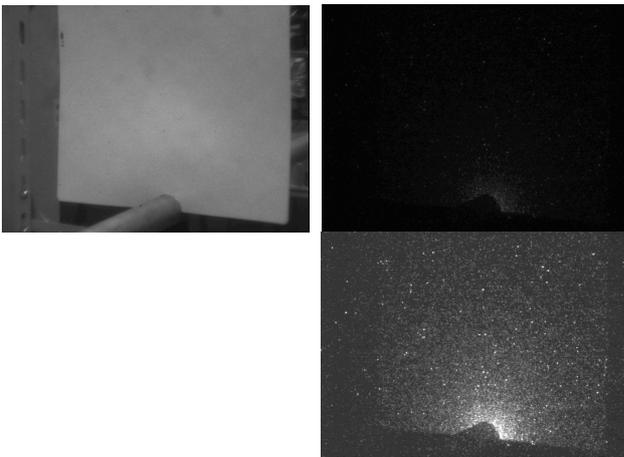


Fig.3: 蛍光スクリーン画像。(左上)電子ビームを当てない状態を弱い照明で撮影したもの、(右上)照明を消し、M3に電子ビームを当てたときの発光を撮影したもの、(右下)それを画像処理したもの、である。中央下のに写っているのはビームパイプ。

Fig.4は、ビームパイプ中心から右方向と上方向の蛍光の明るさ分布である。分布は広がっており、蛍光板の端も確認できる。更に上流の鉛遮蔽 Pb-3 と Pb-2 のの影らしき段差も見える。この段差は、外側の鉛ブロック遮蔽と隙間を埋めたパテの遮蔽能力の差と解釈できる。

この遮蔽の影(段差)は小さなもので、放射線強度はパイプを中心に広く分布している。従って(1)鉛遮蔽はほとんど効果がない、または(2)放射線の多くはビームパイプで散乱されたもの、のいずれかと解釈できる。

我々は、1次粒子(電子ビーム)にほぼ平行なビームパイプギリギリの線量が高い事から、後者であろうと推測した。

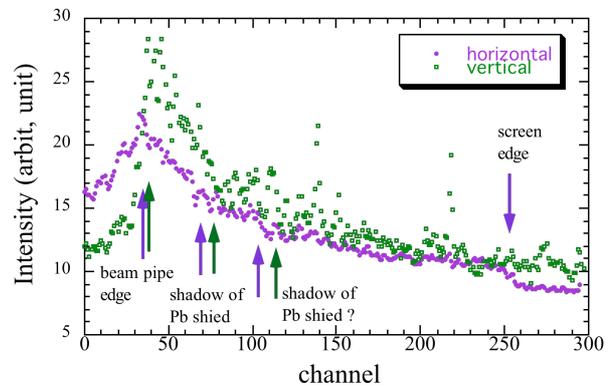
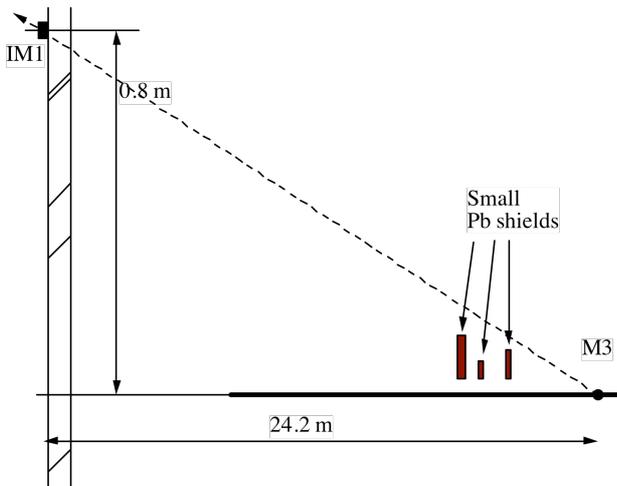


Fig.4: Radiation distribution from the beam pipe centre to the right and the above.

4. 遮蔽増強効果

この推測を確認する為に、遮蔽 Pb-4 下流のビームパイプ上部3箇所低い遮蔽を置き(Fig.5)、IM1の放射レベルが変わるかを確認した。これらは、M3スクリーンとIM1線量モニターを結ぶ直線上に無いので、上述の仮説(2)が正しい場合のみ遮蔽効果が現れる。

遮蔽追加前後で、それぞれ19発と14発パルスを打ち、入射電荷とIM1(γ)の平均を得た。追加前は、 11.33 ± 0.91 uSv/h/pulse ; 0.252 nC/pulse 追加後は、 9.19 ± 0.68 uSv/h/pulse ; 0.246 nC/pulse であった。従って追加遮蔽による放射線レベルの減衰は、 $17\% \pm 10\%$ であった。遮蔽できたのはビームパイプの一部であったが、遮蔽効果があった可能性が高い。



低い瞬間線量の高い、パルス加速器に最適と言える。

6. まとめ

Screen beam profile monitor の放射線遮蔽増強にあたり、蛍光スクリーンを使った線量分布計測を行った。この計測結果を元に、有効な遮蔽増強を行う事ができた。



Fig.5 追加遮蔽は、遮蔽パテ（右）を2箇所と鉛毛を（左）1箇所を設置。この時点で遮蔽できたのはビームパイプのごく一部である。遮蔽はプロファイルモニター(M3)と放射線モニター(IM1)を結ぶ直線からは外れている（上図）。

5. モニターとしての応用

ここでは光量不足を考え、ICCD カメラを使ったが、もちろん最大ゲインでは無く、しかも single shot 画像である。

これに対して Fig.6 は通常の工業用 CCD カメラで撮影した画像で、やはり 1 shot である。Multi-shot で画像を積算すれば使用に耐えるものであったことがわかる。

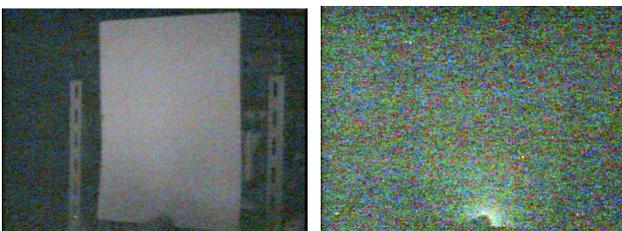


Fig.3: 通常のカメラで撮影した蛍光スクリーン画像。(左)電子ビームを当てない状態を弱い照明で撮影したもの、(右)照明を消し、M3に電子ビームを当てたときの発光を撮影し、更に画像処理したもの。

我々が用いた古典的計測方法は、大面積で高い位置分解能を持つ。蛍光スクリーンと高感度カメラ、または通常カメラでも画像積算ソフトの併用で、高感度が期待できる。例えば、1m X 1m といった大面積モニターも安価に用意できる。特に、積算線量は