

マイクロビームシステムの性能

松山成男、石井慶造、寺川貴樹、遠山翔、伊藤駿、笠原和人、佐多大地、関大輝

東北大学大学院工学研究科

1. 目的

現在開発中の波長分散型マイクロ PIXE システムにおいては、数ミクロン程度の分解能で十分であるものの数 nA 程度の大電流が必要である。そこで新たに波長分散型マイクロ PIXE 用にマイクロビームシステムの開発を行っている。ここでは、開発したマイクロビームシステムの性能を評価した。

2. ビーム径の測定

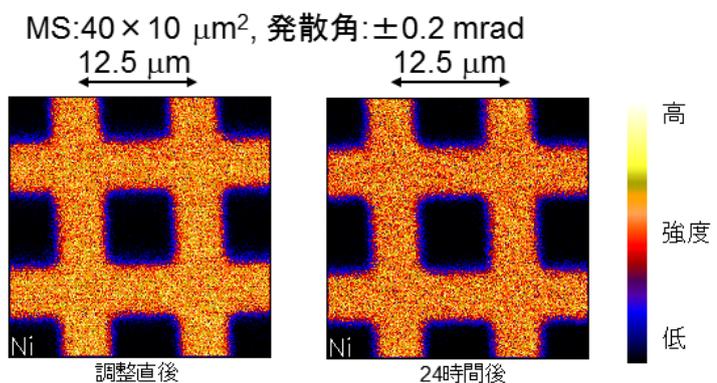
ビーム径は、2000 ライン/インチの Ni メッシュを用いて、ビームを走査し、X 線収量を求めることにより測定した。測定したメッシュイメージを図に示す。ビーム径はマイクロスリットのサイズが $40 \times 10 \mu\text{m}^2$ の時、 $1 \times 1.5 \mu\text{m}^2$ となり予定通りの性能を示した。

本システムは、スイッチング電磁石直後に取り付けてあるため、高精度のエネルギー分析システムを有していない。

そのため、数日間の使用でビームのエネルギーが変化する可能性がある。そこで加速器の高電圧のドリフトを GVM により測定した。その結果、最初の一時間程度は電圧の上昇が見られるが、その後はほぼ一定で、約 50V/1h 程度の緩やかな上昇が見られた。これは 1kV/day の電圧変動となるが、 $\sim 5 \times 10^{-4}$ に相当し、本ラインに要求される 10^{-4} 程度の変動よりやや大きい。そこで実際、調整した 24 時間後にメッシュイメージを確認したところ、図に示すようにビーム径の変動は見られず、実際の使用では問題ないと考えられる。

2. ビーム輝度の測定

大電流のマイクロビームを得るためには、輝度の高さが要求される。本マイクロビームシステムは、は加速器から非常に近いため、加速器のレンズ系を含めた輸送系の条件の最適化が必要である。シミュレーションの結果、通常の運転時よりも、引き出し電圧を下げて加速管での集束効果を高め、さらに、加速管への入射系のレンズ強度を下げる方が、マイクロスリットの通過率も高く、発散成分も少なくなり、ビーム強度を上げられることがわかった。そこで、これらの計算結果を基に、主に引き出し電圧と入射系レンズ電圧を変化させ、その他のパラメータも電流値が最大となるように設定して輝度の測定を行った。その結果、輝度の最大値は $2.35 \text{ pA}/\mu\text{m}^2/\text{mrad}^2/\text{MeV}$ となり、さらに発散角を増加させても大きく低下しないことがわかった。得られるビーム電流は、輝度と発散角の 2 乗の積で求められるため、発散角を大きくすればするほどビーム量が増加することがわかった。ダブレットシステムにおいては、球面収差と色収差係数が小さいため、発散角を 0.2mrad 程度で使用する。この条件でのビーム電流は 300pA 以上を期待できる。



作成者：松山成男