

BL20XU 医学・イメージング

1. ビームラインの概要

BL20XUは中尺ビームラインとして2本目であり、共同利用ビームラインとしては唯一アンジュレータ光源のものである。本ビームラインはイメージング一般と医学応用を主たるターゲットとして計画された。しかしながら、中尺ビームラインの特徴はそのビームラインの長さによって高い空間コヒーレンスを持つビームを利用できることである。その結果、利用研究の殆どすべてがマイクロビーム及びそれを利用した走査型顕微鏡、ホログラフィー、スペックル、干渉計、及び光学素子の評価実験といった高い空間コヒーレンスを必要とする実験に占められている。

また、BL20XUの特徴としては、分光器において通常のSi(111)(111)の二結晶配置だけでなく、第一結晶を(511)面の結晶に置き換えることによってSi(511)(333)の変則的な二結晶配置が可能なことである。その結果分光器の基本波を用いて8keV-113keVの広いエネルギー領域を利用可能である。特に高エネルギー領域をこのような形で利用できるのはアンジュレータビームラインとしてはBL20XUが唯一のものである。その結果、40keV以上の高エネルギー領域を利用したマイクロビームや結像顕微鏡の実験が行われるようになってきている。

2. 2003年度におけるビームライン及び実験ステーションに関する改造

コミッション初期から指摘されていた問題点として、分光器の振動によるコヒーレンスの劣化とベリリウム窓の欠陥によるスペックルノイズがあった。これらの問題に対して以下のような改造を試みた

2-1 分光器の振動

改造前の分光器結晶の振動は0.7秒(4 μ rad)程度であり、これによって明らかに垂直方向の空間コヒーレンスは劣化していた。通常の実験条件では分光器位置での縦方向ビームサイズは0.2mm程度であり、実際にはここが実効的な光源点になっている為に、かなりの問題が回避されている。また、高いコヒーレンスを必要とする場合は分光器下流のスリット/ピンホールを仮想光源として用いている。しかしながら、この振動によって影響を受ける実験も多く、また高エネルギー領域ではビーム強度の損失があることは明らかであった。例えば間接水冷の分光器では0.1秒程度の振動に押さえられているものもあり、液体窒素冷却を用いた分光器の場合でもBL47XUでは0.2秒程度の振動であること

から、なんらかの対策をほどこすことにより0.1秒程度の振動に押さえられる可能性はあると考えられた。

今回試みた改造は、可能な限り分光器内部の可動機構を省き分光結晶の位置決めに対する剛性をあげることであった。具体的には標準型アンジュレータ用の二結晶分光器から、二軸の結晶あり(Tx,Ty)面内回転軸()並進軸(Xx)を取り去り、結晶あり軸として一軸のスイベル軸ステージを新たに導入した。この改造は第一結晶第二結晶の両方に対して行った。さらに、冷媒である液体窒素フローによるフレキシブル配管の共振を低減するために、振動ダンパーとしてアルミフォイルと鉛箔板を巻いて固定した。

分光結晶の振動を評価する為には、図1に示すように二結晶間の角度走引によってあらかじめロッキングカーブ測定し、その後を結晶をこのロッキングカーブの半値になる位置に固定する。ここで分光器出射光の時間的な強度変動を測定することにより、第一結晶と第二結晶間の相対的な角度変動に置き換える手法を用いた。図2に改造前の振幅、図3に改造後の振幅を示すが、この改造によって、改造前の0.7秒から、0.1秒の振動に減少していることが確認された。

現状の振動レベルは通常の実験では問題にならない程度のものになってはいる。しかしながら、残りの0.1秒程度の振動に関してはまだ原因が特定されていない。この周波数帯域は30-50Hzにあり、液体窒素の循環に起因する配管の共振である400Hz前後の振動とは異なるものと思われる。

2-2 ベリリウム窓の欠陥

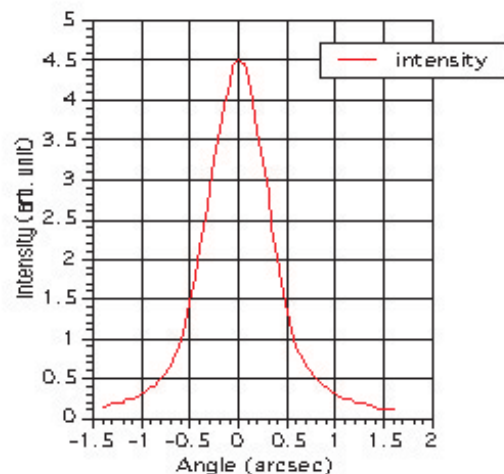


図1 ロッキングカーブ測定例

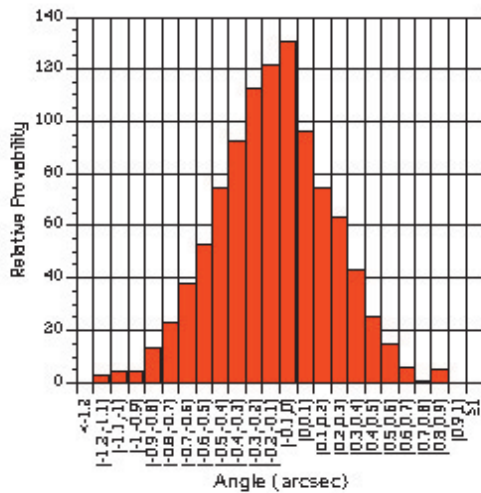


図2 改造前の振動 半値幅 0.7秒

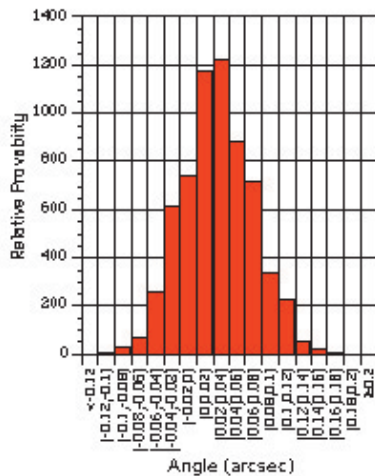


図3 改造後の振動 半値幅 0.1秒

ベリリウム窓の欠陥に関しては、原因はフォイル内部のインクルージョン（おそらく酸化ベリリウム粒子）と推定され、研磨等の表面処理で完全に取り除くのは困難と考えられた。また、このベリリウム窓による小角散乱が極小角散乱実験でのバックグラウンドになっている可能性も指摘されている。そこで、これまでの実験結果からもっとも欠陥が少なく、小角散乱が少なく、かつ容易に入手可能な材料としてポリイミド箔（カプトン膜）を窓材として用いることを考えた。直径100mm程度の窓に対してカプトンの125ミクロン厚さのフォイルを用いれば、大気圧の差圧に耐えられるだけでなく、リーク量も $10E-5 \text{ Pa m}^3/\text{s}$ 以下に出来ることが確かめられた。これは現状のビームライン輸送チャンネルの真空度にほとんど影響を与えない程度である。そこで、輸送チャンネルに使われていたベリリウム窓をこのカプトン窓に置き換える改造を行った。

しかしながら、カプトン窓はベリリウムに比較して機械的強度と放射線耐性に問題がある。特にBL20XUでは分光結晶冷却を液体窒素で行っており、不慮の窓の破損により

大気リークした場合の影響が深刻である。この問題に対処するため、結晶分光器セクションを高速遮断バルブで保護することにした。図4に光学ハッチ内の最下流セクションに組み込んだ高速遮断バルブ（VAT社製 Series75、ICF70口径）を示す。

現状では、殆どすべての実験がカプトン窓を用いて行われている。放射線損傷の問題に関しては、ビームラインの真空度をモニタし、若干の真空度劣化がみられた段階で予防的に窓を交換して対処している。BL20XUの第二実験ハッチは光源から250mの位置にあるため、フラックス密度は通常のアングレータビームラインの1/25程度である。その結果、125ミクロン厚のカプトン窓の耐久性はかなり良く、一般的なBL20XUの使用条件では2サイクル程度の寿命であり、実用上も問題無いと思われる。



図4 光学ハッチ内分光器下流に組み込まれた高速遮断バルブ

利用研究促進部門
顕微・分析グループ
鈴木 芳生