

BL40XU 高フラックス

1. はじめに

本ビームラインは1999年夏に建設され、同年10月より2000年3月末までコミショニングを行い、2000年4月より共同利用が開始され現在に至っている。共同利用では時分割小角散乱実験、時分割回折実験、蛍光X線分析などが行われ、注目すべき成果が生まれつつある。

2000年1月から2001年3月までの期間内に本ビームラインでは、おもに高調波の低減を目的として水冷ミラーのコーティングの改造を行った。本稿ではその詳細について報告する。

2. 水冷ミラーの改造

すでに報告してあるように^[1, 2] BL40XUはヘリカルアンジュレータを光源とし、分光器を用いないことにより、高輝度X線の利用を可能にしたビームラインである。すなわち、ヘリカルアンジュレータの放射軸上に集中して放射される一次光をフロントエンドスリットによって切り出し、分光することなく実験ハッチに導くことで、二結晶分光器を用いて単色化された光の100倍以上の輝度を持つX線の実現している。実験に使用できるX線のエネルギーは、アンジュレータのギャップを変えることにより変化する一次光のエネルギーによってきまり、そのエネルギー領域は8keV～16.5keVである。本ビームラインの光学系は非常にシンプルで、水平集光用（長さ400mm、幅70mm、厚さ50mm）および垂直集光用（長さ400mm、幅50mm、厚さ50mm）の2枚の水冷ミラーと2組の水冷スリットから構成されている。フロントエンドスリットによって一次光のみに切り出されたX線は、2枚のミラーによって集光される。ミラーは光源とフォーカス点を4：1に分ける位置に設置されているので、全体として4：1の縮小光学系となっている。集光はそれぞれのミラーをSPring-8標準のクラブ回転型湾曲機構により湾曲させることによって行われる。ミラーの湾曲を最適化した場合、サンプル位置でのビームサイズは垂直40 μ m×水平250 μ m（FWHM）である。アンジュレータからの光を直接受けるので、母材には熱特性の優れたシリコン単結晶を使用し、どちらのミラーにも間接冷却機構が取り付けられている。ミラー上でのビームのフットプリントを大きくし、熱不可を少なくするため上流側に水平ミラーを3mradの視射角で配置した。また高調波の除去を目的として、下流側に垂直ミラーを4mradの視射角で配置した。建設された当初2枚のミラーはどちらもシリコン単結晶の母材上にロジウムがコーティングされたもの

であった。これは4mradの視射角を持つロジウムコーティングのミラーでは、16keV以上のX線の反射率が非常に低くなる、すなわちサンプル位置では高調波が非常に低い割合でしか観測されないという計算に基づいたものであった。しかし、コミショニングや共同利用実験を通してさまざまな条件での測定が行われるうちに、特に8keV～10keV程度のエネルギー領域における各種測定では、高調波（おもに二次光）の回折や高調波によるバックグラウンドの増加といった現象が確認され、かなり深刻な障害となっていた。この時点ではサンプル位置での二次光を低減させる効果的な方法はなく、12keV以上のエネルギー領域で測定を行うか、どうしても10keV以下のエネルギー領域で実験を行う場合は、X線が輸送チャンネルを抜けてくる条件内で40cmミラーの視射角を深くして、二次光の低減を図る程度であった。そこで、2000年夏期長期シャットダウン中にミラーのコーティングの改良を行った。反射率の計算より、コート材にはニッケルとロジウムが選ばれた。また母材であるシリコン表面もミラーとして利用するためコーティングは図1に模式的に示すような設計とした。それ

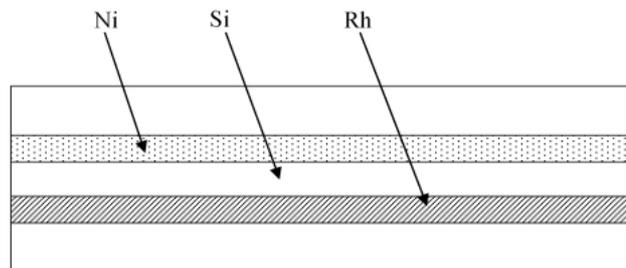


図1 ミラーコーティングの模式図

ぞれのコーティングの幅は10mmで、ミラーを垂直方向、水平方向にそれぞれ並進させることによりコーティングの切り替えを行う。コーティングの改良は70cmおよび40cmのどちらのミラーに対しても行われた。

改良されたミラーを使って、2000年9月より調整および試験運転を行った結果、8keVから10keVのエネルギー領域では70cmがシリコン、40cmがロジウムの組み合わせが、10keV以上のエネルギー領域では70cmがニッケル、40cmがロジウムの組み合わせがフラックスを落とすことなく、最も効果的に二次光を除去できることが確認された。図2に各エネルギーにおけるエネルギースペクトルを示す。これらのスペクトルは、フロントエンドスリット垂直

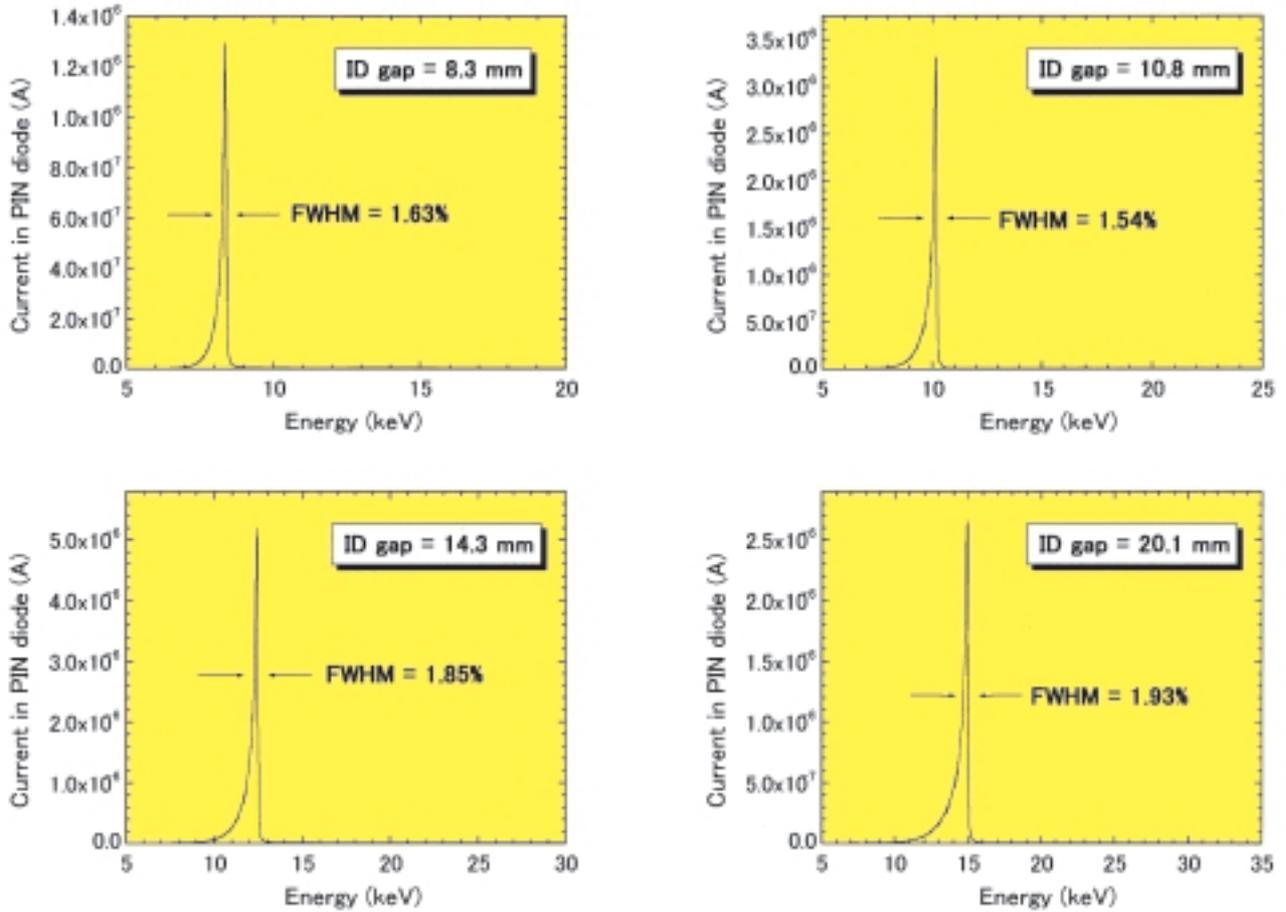


図2 各エネルギーにおけるエネルギースペクトル

0.165mm (見こみ角 $5\mu\text{rad}$) \times 水平0.5mm (見こみ角 $15\mu\text{rad}$)の条件で、サンプル位置に置いたSi (111) のアナライザ結晶を用いて測定された。どのエネルギーにおいても、スペクトルには一次光のピークしか観測されず理想的に二次光が除去されていることがわかった。またミラーの湾曲を最適化したときのビームサイズは、どのエネルギーにおいてもコーティングを改良する前と全く変わらなかった。さらに、二次光が除去されていることから、各エネルギーにおけるフラックスをより正確に測定することができ下記のように見積もられた。

- 6.5×10^{14} photons/sec (@8 keV)
- 9.0×10^{14} photons/sec (@10 keV)
- 3.0×10^{15} photons/sec (@11.5 keV)
- 1.0×10^{15} photons/sec (@12.4 keV)
- 6.0×10^{14} photons/sec (@15 keV)

2000年10月以降の共同利用実験では改良されたミラーが、各ユーザーによりそれぞれの実験に最適な組み合わせで使用されており、より精度の高いデータ収集が行われている。

(井上 勝晶)

文献

- [1] K.Inoue, et al. : Nucl. Instr. and Meth. **A 467-468** (2001) 674 .
- [2] 井上勝晶 他 : SPring-8 利用者情報誌 Vol.5, No.3 (2000) 189-193 .