

特集：高輝度 X 線(Ⅱ)—MR 放射光利用—

§4. ビームライン

4-2. モノクロメーター

杉山 弘*, 東 保男**, 荒川 悦雄***

*高エネルギー物理学研究所・MR 超高輝度放射光計画推進室,
高エネルギー物理学研究所・工作センター, *東京学芸大学・物理科

Monochromator

Hiroshi SUGIYAMA*, Yasuo HIGASHI** and Etsuo ARAKAWA***

*Tristan Super Light Facility, Photon Factory, National Laboratory for High Energy Physics,

**Mechanical Engineering Center, National Laboratory for High Energy Physics,

***Department of Physics, School of Education, Tokyo Gakugei University

The double crystal pre-monochromator system on the MR-BW-TL had a two-storied structure because there were 4.5 m height of difference of between the light source and the experimental room. Available range of twice Bragg angle of this monochromator was limited from 36 to 52 degrees. The 1st crystal of monochromator was cooled by liquid nitrogen. Radius of curvature of 1st crystal was more than 500 m.

§4-1で述べたように実験室の位置関係から、モノクロメーターは4.5 mの高低差に対応しなければならなかった。そこでモノクロメーターの第1結晶部を光源の高さに、第2結晶部をSR実験室の高さに設置し、第2結晶部を並進移動する構造とした(§4-1の図2参照)。図1に仮組段階でのモノクロメーターの全容の写真を示す。建築物の構造上の問題で 2θ (θ はブラッグ角)は35度以上にしなければならなかった。各利用実験で使用するエネルギー、アンジュレーターの1次光のエネルギー範囲 (§3)、さらには実験室の広さ等を考慮して、 2θ で36~52度の範囲でSi 220, 400回折とその高次光だけを用いて8 keV以上を切れ目なく取り出せるようにした(図2)。この

際、第2結晶のエネルギー変化に伴う並進移動量は約2.7 mになる。また使用するエネルギーに応じてSi(110)と(100)結晶を適宜交換する必要がある。Si111回折はこの角度範囲では6.4 keV以上のX線に対応できないためここでは使用しなかった。

モノクロメーターは高次回折を使用した数十keVでの実験や光評価を念頭に置き、十分な制御精度を目指した。開発時間等の制限から市販の全周ゴニオメーター(HUBER 430, 420)、ゴニオヘッド(HUBER 5204.2, 5204.1)を用いた。モノクロメーターは第1, 第2結晶 ω 軸, 第2結晶並進軸それぞれにエンコーダーを取り付け、コンピューター制御のクローズドシステムで精密

* 高エネルギー物理学研究所・MR 超高輝度放射光計画推進室 〒305 つくば市大穂 1-1
TEL 0298-64-5699 FAX 0298-64-5707 e-mail hiroshis@mail.kek.jp

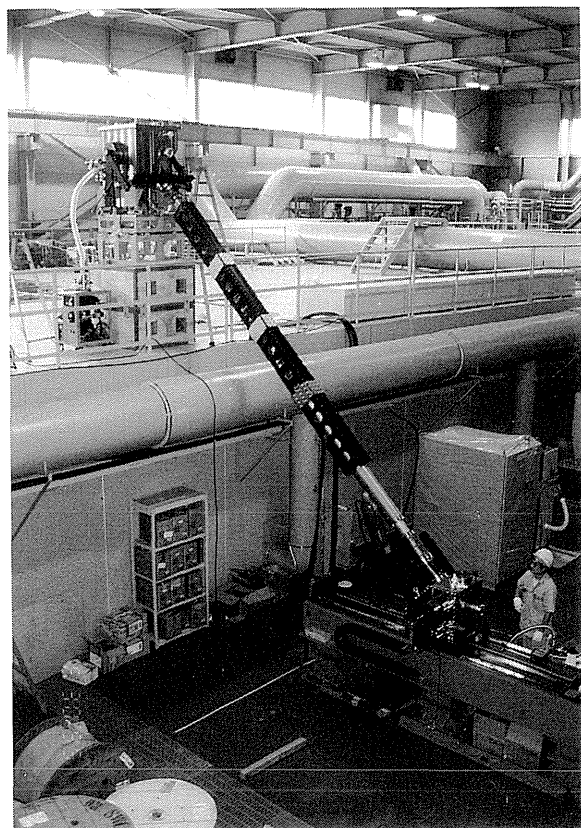


Figure 1. A picture of the monochromator as tentative construction.

制御をすると共に、第1, 第2結晶の連動を行った。ゴニオメーターは全周型であるにも関わらずタンジェンシャルバー、ピエゾ等を使用せずに0.01秒程度の角度分解能を実現できた。また第2結晶並進の平行性も10秒以下であった。第1結晶部は液体窒素冷却を行うためターボ分子ポンプによる高真空とし、第2結晶部はHe雰囲気とした。

中間部は第2結晶部の並進に伴い約1.9 m伸縮するベローズシステムである。中間部分には単色X線シャッターを設けた。また余分な散乱ができるだけSR実験室側に来ないように4象限スリットを取り付けた。真空中には第1結晶部とつながっており、SR実験室側から独立のターボ分子ポンプによって排気した。第1結晶全体と中間部の加速器トンネル側部分を鉛で被うことによって加速器トンネル-SR実験室間の放射線遮蔽を行った。

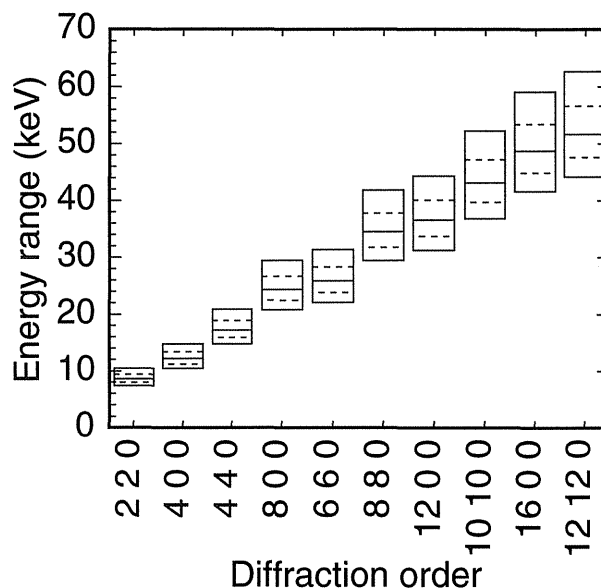


Figure 2. Energy range of Si 220, Si 400 and their higher harmonics provided that available range of twice Bragg angle was limited from 36 to 52 degrees.

第1結晶は液体窒素冷却をした。ここでの熱負荷に対しては水冷でも対応可能であるが、水冷では冷却能力不足であるため結晶の熱バンプや水圧による結晶の湾曲が発生する¹⁾。これによってX線の波面の乱れや輝度の減少などが起こる。液体窒素温度ではSiの熱伝導率および熱膨張率が室温より約1桁良くなる。したがって冷却効率が高く、塊状の結晶が使用でき、変形も少ないことから、このような結晶性の劣化を防ぐことができる。実際に第1, 第2結晶(+, -)660配置、26 keVでの第1結晶を回転させて測定したロッキングカーブの半値幅は6.8 μrad であった(図3)。ビームサイズ等を考慮に入れると500 m以上の分光結晶の曲率半径に対応する。さらに結晶性は熱負荷の変化(加速器の蓄積電流の変化)によってほとんど変化しなかった。

図4に液体窒素供給システムの概念図を示す。第1結晶自体が加速器トンネル内にあり液体窒素補給等のために頻りにアクセスできない。そこでSR実験室側に置いた500リットルのメインタンクから約50 m離れた第1結晶横の20リットルサブタンクへいったん液体窒素を加圧して送り、

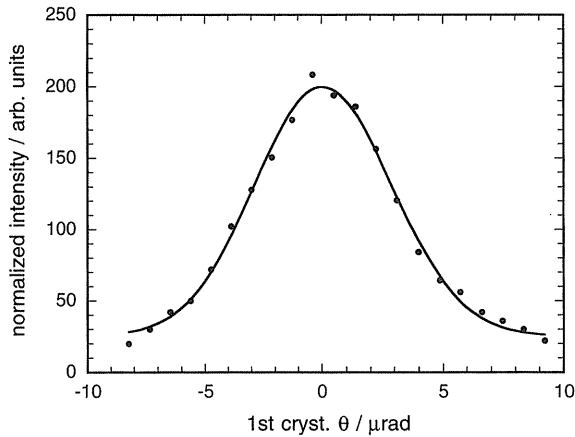


Figure 3. A rocking curve of monochromator with (+, -) Si 660 at 26 keV. The full width at half maximum of this rocking curve was 6.8 μ rad.

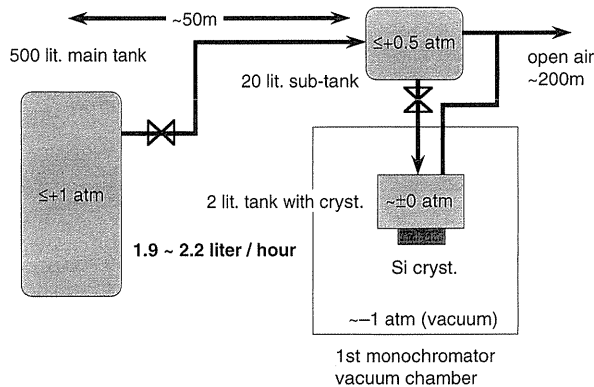


Figure 4. A schematic structure of supplying system of liquid nitrogen for 1st crystal.

そこから重力で結晶タンクへ送るようにした。メインタンク-サブタンク間、サブタンク-結晶タンク間には電磁弁を設けそれぞれサブタンク、結晶タンク内の液体窒素量で制御した。メインタンク→サブタンク、サブタンク→結晶タンクへの液体

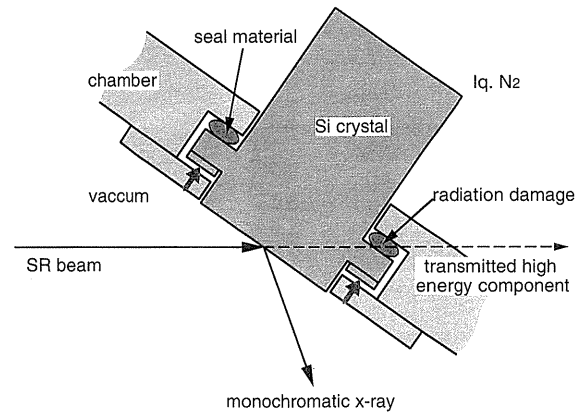


Figure 5. A schematic cross-sectional structure of cooling chamber of 1st crystal in the vacuum chamber.

窒素の充填時間はそれぞれ約1時間、約1分であった。消費量は放射光照射時最大で2.2 liter/hour、照射してない場合でも1.9 liter/hourであった。液体窒素供給開始後、数時間から1日程度は温度が安定しないためか強度の振動があった。また実験日程の最後の方では強度の振動がみられた。これは結晶部分の樹脂製シール材（オムニシール）が放射線ダメージを受けて液体窒素漏れが起こり始めていたからではないかと考えている（図5）。

文献

- 1) T. Mochizuki, X. Zhang, H. Sugiyama, J. Zhao, M. Ando and Y. Yoda: Rev. Sci. Instrum., **66**, 2167 (1995).
- 2) 杉山 弘, 東 保男 編: MR放射光用モノクロメーター技術報告会報告書 (KEK Proceedings 96-7, 1996) において技術的な詳細を報告しているので本セクションの参考にされたい。