

BL20XU 医学・イメージング II

1. X線取り出し窓の高度化

BL20XUはハイブリッドタイプの水平偏光真空封止アンジュレータを光源とし、多様なイメージング技術とその応用を目的とした中尺ビームラインである。高真空下にあるビーム輸送チャンネルから大気中にある実験ステーション機器を隔てる真空窓には、X線透過率と機械的耐性の見地から従来ベリリウムが用いられているが、内包する不純物による介在物や微小欠陥によるスペックルノイズの問題があった。また、金属ベリリウムではX線照射による光化学反応による酸化の問題があるため、直接大気中への窓材として用いることは難しく、大気側をポリイミド薄膜としてベリリウム窓との中間をHe置換する方法が一般的であった。BL20XUではベリリウム窓材によるスペックルノイズを避けるために、最下流のX線取り出し窓にベリリウムを使わず、これまでは125 μm 厚さのカプトンのみで真空窓としていた。しかしながら、有機高分子であるカプトン等では放射線損傷とそれに伴うスペックルノイズ発生の問題があった。放射線損傷の影響は特に吸収が強い低エネルギー領域（10 keV以下）で顕著であり、定期的な（およそ1週間程度での）交換が必要であった。また、長時間連続照射条件での安定性にも問題があった。

この問題を解決するために、放射線耐性が高く、かつ均質なX線窓材である非晶質SiNに置き換えることを試みた。放射線耐性と機械的強度および化学的安定性（X線光化学反応による酸化耐性）の点ではこれまでにX線リソグラ

フィーのマスクメンブレンとして開発されているダイヤモンド、SiC、非晶質SiN等が優れた特性を有している。機械的強度とX線透過率の点では、ダイヤモンドとSiCが優位であるが、これらは多結晶体であるため回折によるスペックルノイズの問題が考えられるため、今回の高度化では非晶質SiNを選択した。

SiN膜はNTT-AT社で製作されたものであり、厚さ0.625 mmのシリコンウェハ上にCVD法により製膜された厚さ6 μm の非晶質膜である。X線窓開口部は10 mm \times 10 mmの正方形であり、基板シリコンをKOHケミカルバックエッチングで除去することによって形成されている。ビームラインのX線窓として使用するために、図1(a)に示すようにVF40相当のブランクフランジに11 mm四方の開口部を加工し、そこにSiN窓の単結晶シリコンフレームをエポキシ樹脂で接着して真空窓とした。図1(b)に示すようにビーム輸送チャンネル終端部に設置する場合はICF152-VG40の変換フランジを介して結合している。厚さ6 μm のSiN膜のX線透過率は7 keVで89%、8 keVで92%となるため、通常のエネルギー領域では吸収損失が問題になることは無い。

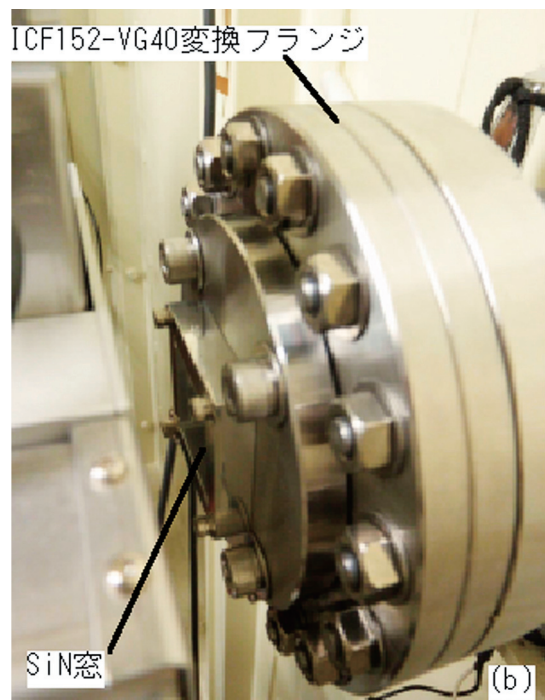
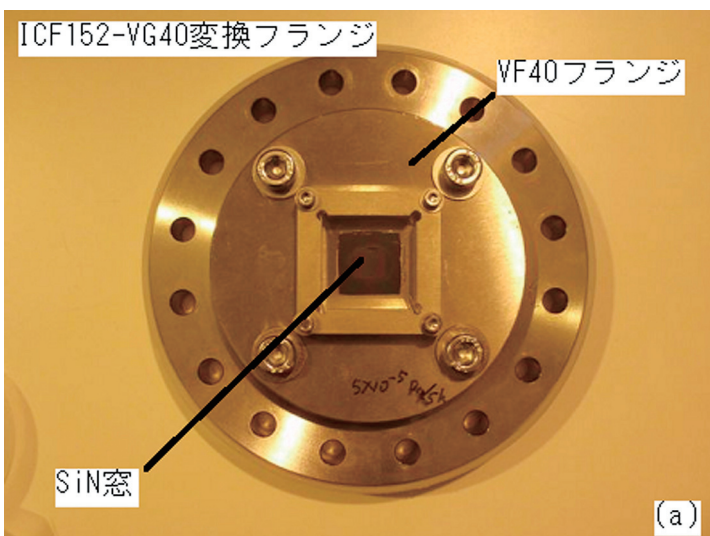


図1 (a) SiN窓フランジの構造、(b) ビーム輸送チャンネル終端部に設置したSiN窓

現状のBL20XUの最下流におけるX線ビームサイズは最大で5 mm × 5 mm程度であるため、窓開口10 mmは光軸変位が無ければ十分な余裕がある。ビームラインに設置して性能テストを行ったところ、真空封止性能はベリリウム窓と遜色が無く(到達真空度 2×10^{-5} Pa以下)、ビーム均一性と放射線耐性に関してもカプトン窓より遙かに優れた結果が得られている。

2. 光学ハッチ内真空ポンプシステムの改造

従来の光学ハッチ内の真空排気は5台のターボ分子ポンプ(TMP)に対して個々の粗排気用のスクロールポンプが設置される排気系になっていた。それに加えて分光結晶液体窒素冷却系の断熱真空部の排気のためにスクロールポンプ1台が使われており、合計で6台のスクロールポンプが光学ハッチ内に配置されていた。このスクロールポンプからの発熱のため光学ハッチ内の温度変動が大きいという問題があった。フォアラインポンプとして必要な排気速度は、大気圧からの立ち上げ時を除けば、必要以上に大きくなっている。定常運転時には5台のTMPに対して1台のスクロールポンプで十分な排気速度が得られていることが実験的に確認された。そこで、光学ハッチ内の6台のスクロールポンプを1台で置き換える改造を行った。

改造にあたっては、以下の点に留意した。

- (1) 光学ハッチ内の熱源および震動源を出来る限り少なくする目的で、定常運転時用のスクロールポンプは光学ハッチ外部に設置し、既存のケーブルダクトを通してフォアライン排気系を接続する。
- (2) 大気圧からの立ち上げを考慮して、既存のスクロールポンプを残し、必要に応じて切り替え可能とする。これによって、従来と同じく、輸送チャンネルの個々の独立した真空セクションは個別に排気可能となる。

またこれまでは結晶分光器の真空排気には二系統のTMPとスクロールポンプが用いられていたが、この部分を1台のスクロールポンプに対して2台のTMPを並列接続する構造に変更した。

これによって、スクロールポンプの総数は従来と同じ6台であるが、定常運転時にはハッチ外の1台のみを運転し、個々の真空セクション(輸送チャンネル4系統、結晶分光器液体窒素冷却系断熱真空1系統)は必要に応じてそれぞれ独立して真空排気可能となった。

本改造における副次的な効果として、5台分のスクロールポンプユニットがほとんど休止状態にあるため、スクロールポンプの定期保守作業の軽減という利点があった。

利用研究促進部門

バイオ・ソフトマテリアルグループ

鈴木 芳生