

Tender 領域の GISAXS の 1.5keV 以下の領域への拡張 Extension of GISAXS measurements below 1.5 keV region

奥田浩司^{1,*}, 櫻井伸一², 北島義典³

¹京都大学工学部 〒606-8501 京都市左京区吉田本町

²京都工繊大, 〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎橋上町

³KEK-PF, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

Hiroshi OKUDA^{1,*} Shinichi Sakurai² and Yoshinori KITAJIMA³

¹Kyoto University, Sakyo-ku Kyoto 606-8501 Japan,

²Kyoto Institute of Technology, Sakyo-ku, 606-8585, Japan

³KEK-PF 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

1 はじめに

GISAXS は薄膜内部のナノ構造を評価する有効な手段として応用されており、BL-15A2 の利用開始から 2.1keV 程度から高エネルギー側については Pilatus を利用した優れたシステムが稼動している。

一方、われわれが軟 X 線領域の GISAXS のメリットのひとつとして BL-11B での実験で示した Si の異常分散効果の利用による基板反射による散乱強度の変調の影響の低減のような用途を考えると、BL-15A2 ではビームラインの構造 (モノクロ) の制限から Si 吸収端までは到達できず、また、Pilatus 検出器自体が現行の構造では検出エネルギー的にも極めて厳しい状況にある。また、深さ分解能を追求するという観点では 2.1keV よりもう少しやわらかいエネルギーを利用できれば軽元素からなる薄膜の深さ分解能の制御が容易になると期待される。このような観点から、以前の課題で BL-11B を利用して達成できた Si 吸収端よりもさらにやわらかいエネルギー領域での GISAXS 測定の確立と、深さ分解測定をめざし、エネルギーとして Al-K および Mg-K 吸収端近傍までのエネルギー領域で、検出器として CCD を利用した計測系による GISAXS 測定の確率を目指す実験を進めた。試料としては Si 基板上のブロック共重合体薄膜を用いた。

2 実験

測定は Al ならびに Mg の K 吸収端近傍のエネルギーでの 2 次元計測を進めていた BL-11A での課題で製作した CCD での 2 次元計測システム^[1]を利用し、試料チャンバー内部に GI ステージを設置することによって 1.3~1.5keV 領域での計測試験を進めた。また、計測に使用する薄膜構造については BL-6A で試料の予備評価と条件、試料のフィルタリングを、また、フィルタリング後の試料についての深さ分解測定の対照データ取得のために BL-15A2 での 2.1keV 領域での GISAXS 測定を Pilatus2M システムを利用しておこなった。これまでの BL-11A で

の Al, Mg 吸収端で透過異常小角散乱測定ではフラックスの関係で不要であったシャッターによる制御が必要となったため、CCD を改造してシャッター開閉の同期と対応するシステムとした。

3 結果および考察

図 1 は BL-11A での GISAXS 配置によって 1.3keV のテンドー X 線で得られた SEBS8 の GISAXS 像である。規則構造による小角回折点のうち、最も内側のもののみ、30 分以上の露光で何とか確認できるというレベルであるものの、今回の課題で 1.3keV のエネルギーでの GISAXS 測定が可能であることを示すことはできた。ただし、BL-11B での Si 吸収端で試みていた GISAXS 測定ではフルサイズの IP の利用が可能であったのと比べ、検出器面のサイズが圧倒的に小さいため、ビームサイズとの関係で明らかに強度、分解能ともに最終的に目標としている薄膜内部での構造形成過程における深さ分解の精密構造解析には厳しいと考えられた。そのため、深さ分解

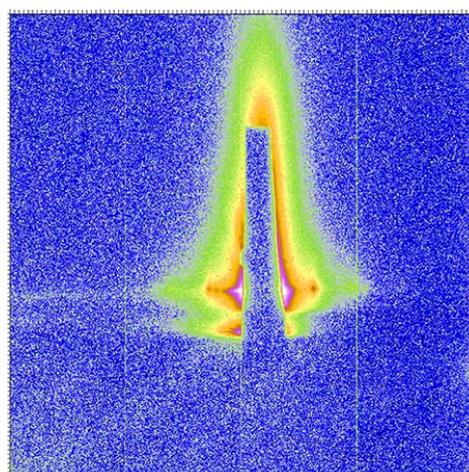


図 1 : BL-11A での長時間露光による GISAXS プロファイル例

GISAXS の試行は tender 領域の挿入光源である SPring-8 の BL27SU で試行した。図 2 はその結果の例であるが、BL-11A での試行では最もよく規則化した試料のバルク散乱がわずかに見えていた程度の試料に対し、深さ分解で回折ピークの形状が変化していく様子が観察されることがわかる。

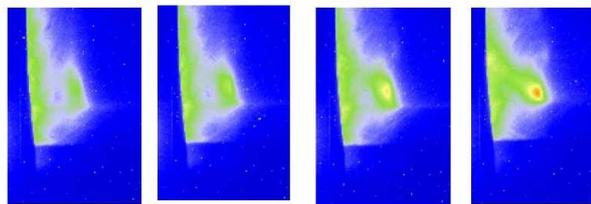


図 2 図 1 に相当する試料の挿入光源 (BL27SU, SPring-8) での測定結果

4 まとめ

このように、本課題で検討、作成した GISAS システムによって 1.3keV での深さ分解計測が技術的に可能であることまでは標準的な試料を使うことによって確認することができた。ただし、定量的な深さ分解計測には現状ではビームの輝度の問題から、挿入光源の利用が必要であると考えられる。今回の実験においては PF と SPring-8 との間の運搬により検出器の光学接続部分の不具合が頻繁に起こり、ビームタイム時に測定が不可能になることがあるなどのトラブルが解消されない状態である。今後この点をどのように解決するかが実際上の測定遂行の課題となると思われる。

謝辞

本システムでは科研費基盤研究 25286085 の助成により作成した Al および MgK 吸収端での異常小角散乱測定システムを利用した。

参考文献

[1] H.Okuda et al., J.Appl.Crystgr. 49(2016)1803.

* okuda.hiroshi.5a@kyoto-u.ac.jp