

異常 GI-SAXS による埋めこまれた Ge ナノドットの RTA 処理に伴う 構造変化の解明

Nanostructure evolution of Ge nanodots buried in a Si layer during RTA treatment examined by anomalous GI-SAXS

奥田浩司、小川高志、村瀬功、坂田修身*

Hiroshi Okuda, Takashi Ogawa, Isao Murase and Osami Sakata*

京都大学国際融合創造センター/工・材料工学、JASRI*
Kyoto University, and JASRI*

GI-SAXS はキャップ層などの被覆材料下のナノ構造評価には有効な手段である。本申請では Si キャップ層に覆われた Ge ナノドットの定量評価、特にポストアニリングによるナノドット界面での相互拡散など、界面構造変化の定量評価の可能性を検証することを目的として、Ge 吸収端でのコントラスト変化を GI-SAXS 解析に応用する試みをおこなった。反射率測定で求められる良い角度制御性を担保した上での GI-SAXS 測定が可能なセットアップの実現と動作確認をおこなうことができたが、実測定を開始する前に台風により施設が閉鎖されたため、データ取得には至らなかった。

An anomalous GI-SAXS measurement at Ge K absorption edge was attempted at beamline 13XU to assess the microstructural evolution of Ge nanodots with Si cap layer during RTA treatment. We designed a small-angle scattering to be mounted on the multicircle diffractometer of 13XU. Although the GI-SAXS alignments were confirmed to work fine, GISAXS data were not obtained because of the shutdown of the facility due to typhoon.

背景と目的

GI-SAXS は表面および表面近傍のナノ構造の評価手法として注目されている。透過配置での小角散乱実験と比較した場合、その特徴として表面（近傍）敏感であることと、基板垂直方向と水平方向に異方性のある組織の評価にはとり得る散乱ベクトルの向きのために有効であることが上げられる。一方、透過

配置での小角散乱と比較した場合、強度の規格化方法には課題が多い。Si 基板上の Ge ナノドットは半導体の自己組織化構造としてはよく評価されている材料の一つであるが、キャップ層をつけた場合にどの程度の相互拡散層を持つか、あるいは、それがより高温での熱処理過程でどのように構造変化するかという点については定量的な評価がなされてい

い。これらは既に実用化の進んでいる量子井戸構造の場合を見れば明らかなように、材料の特性評価においては重要な知見であるにもかかわらず、まだ満足の行く評価がおこなわれていない。小角散乱は界面構造評価という面では有効であると期待される半面、GI-SAXS を利用する場合には強度絶対値化に課題があり、Ge アイランドの実際の組成の見積もりが困難であると予想された。そこで我々は Ge 吸収端でのコントラスト変化を利用して GI-SAXS 強度の規格化を試みることにした。GI-SAXS の測定には小角散乱ビームラインに試料の方位制御機構(小型ゴニオ)を設置するか、あるいは反射率の測定可能なビームラインに小角散乱光学系を設置するかのいずれかが必要になる。今回は波長を変えたときの角度制御などの問題を含め、後者の手法をとることが適当であると考えて 13XU での実験を計画した。

結果と今後の方針

上記の手法を実現するため、BL13XU の多軸回折計のアームに軽量小角散乱槽を製作してマウントし、試料より後方については小角散乱としての調整が、また試料部分については反射率計としての試料マウント、制御が可



Fig.1 GI-SAXS chamber installed at BL13XU in the present experiment.

能な構成として小角散乱光学系としての調整をおこなった。Fig.1 はビームタイム時に設置した GI-SAXS の光学系の写真である。ビームタイム中に Ge 吸収端での吸収曲線によるエネルギー校正および SAXS チャンバの反射率計へのマウントと位置調整をおこなった。ダイレクトビームストップの位置調整などの最終光学調整中に台風による施設のシャットダウンとなり、実際の SAXS 強度測定が不可能となった。

今回のビームタイムにおいては Ge 吸収端の GI-SAXS 測定は遂行できなかったが、Fig2 に参考として Cu-K α 近傍のエネルギーの X 線を利用して PF で取得した GI-SAXS パターンを示す。形状など定性的な解析では第二世代の固定波長の実験で十分な測定が可能であるが、界面構造解析に必要な GI-SAXS 強度のダイナミックレンジや、異常分散効果を利用したコントラスト変化の解析には 13XU での A-GISAXS が必要である。Fig2 においては扁平な Ge ナノドットの散乱と、キャップ層起源のオフセットスペキュラー的な振動成分が観測されている。ナノドットの小角散乱成分は成長温度より 90°C 高い温度で

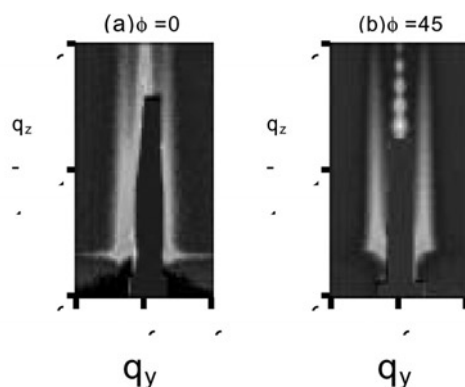


Fig.2 GI-SAXS of as-grown Ge dots capped with Si layer measured at PF. The intensity was measured with Imaging Plate. A well-defined I-SAXS from Ge dots were observed, still insufficient for power-law analysis.

の短時間熱処理ですでに消失していることがわかっているが、その過程を定量的に評価することには成功していない。1.3 Å での AGISAXS により、RTA 初期過程における構造変化を今後明らかにする予定である。

キーワード

GI-SAXS、反射率、異常散乱、ナノドット