

Si ナノ微結晶層の構造解析 Structure Analysis of Si Nano-crystalline Layer

大森 廣文, 大場 竜二
Hirobumi OHMORI, Ryuji OHBA

(株)東芝 研究開発センター
CORPORATE RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER, TOSHIBA CORPORATION

次世代メモリ用二重接合トンネル膜構造における Si ナノ微結晶層の結晶構造を、in-plane X 線回折法及び、微小角入射 X 線小角散乱法により調べた。その結果、結晶粒径の平均値が見積もられ、結晶粒の分散状態は不均一であることが示唆された。

キーワード： Si、in-plane X 線回折、小角散乱、粒径、二重接合トンネル膜

背景と研究目的：

昨今次世代メモリの微細化が加速しているが、従来の素子構造では限界があり、それを打破する方策として我々は、Si ナノ微結晶から成る層と、それを上下に挟む薄いシリコン酸化膜で構成される二重接合トンネル膜構造を提案した[1]。

この Si 微結晶群の詳細状態（面密度や粒径の分布、及び Si 微結晶間の間隙の状態）が、メモリ素子特性を決定する根幹となるため、今回この Si ナノ微結晶の結晶構造を、in-plane X 線回折法及び、微小角入射 X 線小角散乱法により調べた。

実験：

■ 試料

Si 基板表面に 1nm の熱酸化膜を形成して、CVD により Si 微結晶層を形成。その上にさらに 1nm の酸化膜を形成した（→図 1）。用いた試料を表 1 に示す。

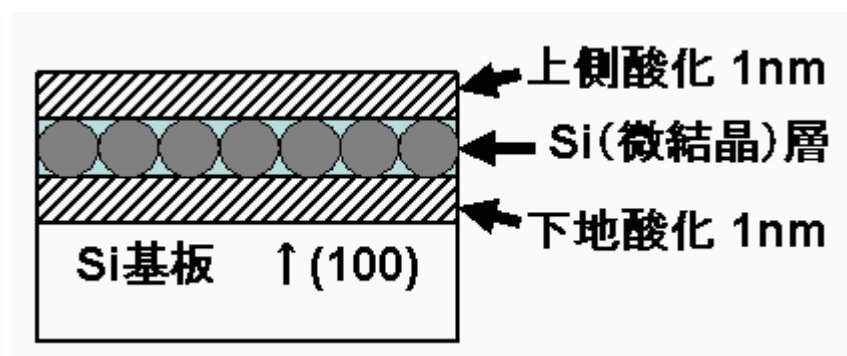


図 1．試料の構造を示す図

表 1．測定に用いた試料

試料名	推定微結晶径	備考
試料 a	3nm	TEM で結晶粒が観測される
試料 b	1nm	TEM で結晶粒の観測困難

■実験方法

12.4keV の X 線を用い、in-plane X 線回折法及び、微小角入射 X 線小角散乱法（反射型）による実験を行った。測定的光学系を図 2 に示す。

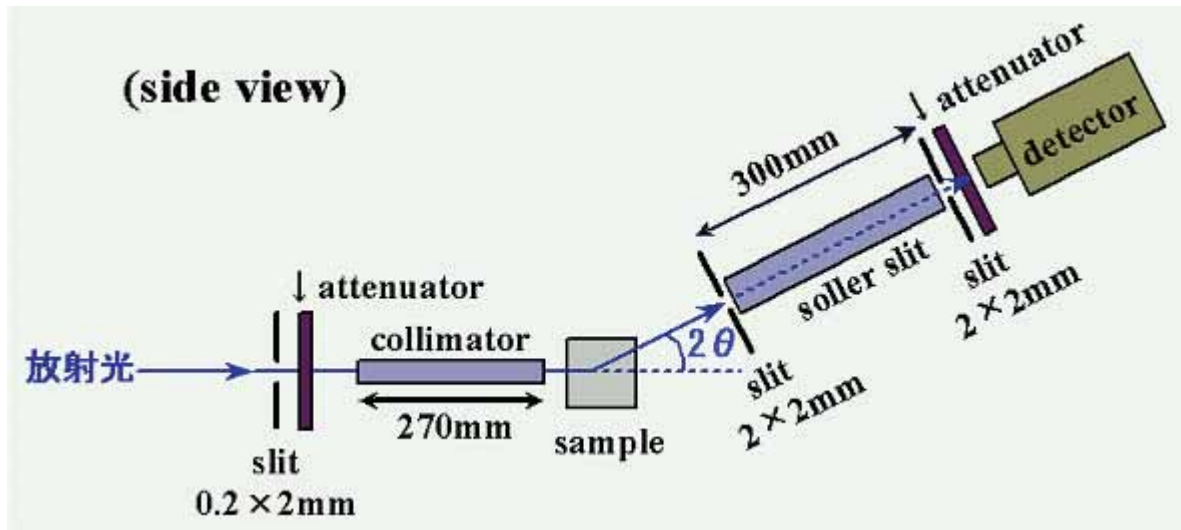


図 2．測定的光学系を示す図

結果および考察：

試料 a 及び試料 b の in-plane X 線回折パターンを図 3 に示す。

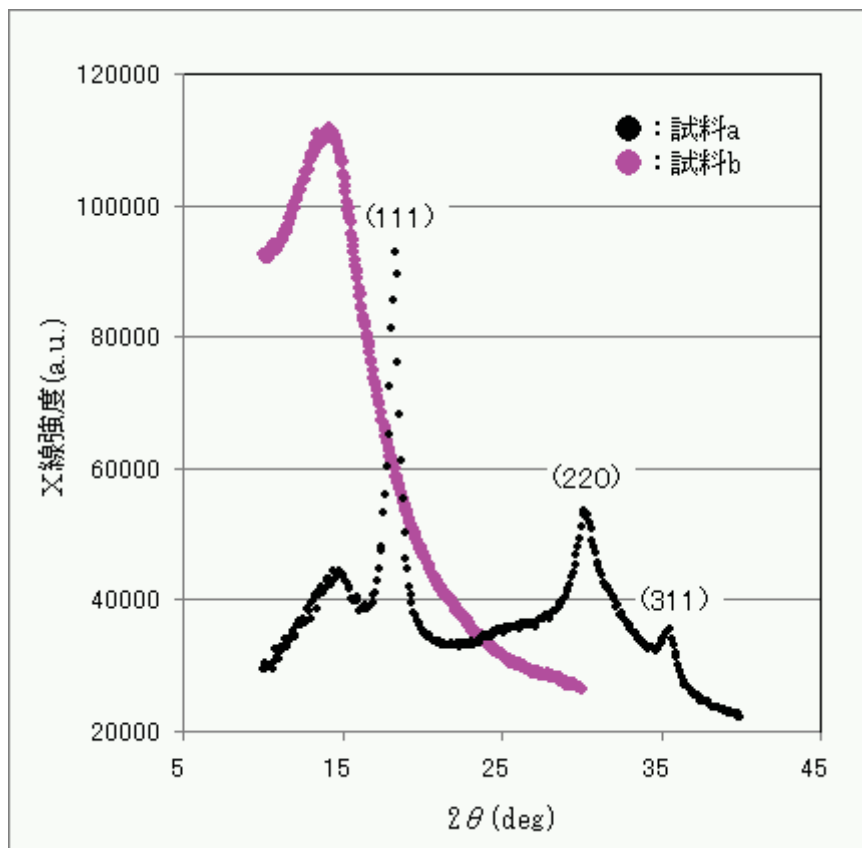


図 3．試料 a 及び試料 b の in-plane X 線回折パターン

試料 a では、ブラッグピークが明瞭に観察され、結晶質の存在が明らかである。最も強度の強い(111)回折線の半値幅を用いて、Scherrer の式より結晶粒径の計算を行った。その結果、試料 a の結晶粒径として、約 3nm が得られた。

一方、試料 b では、ブラッグピークが観測されなかった。よって、試料 b は、結晶質が存在しないか、或いは X 線で検出できないほど小さな微結晶であると言える。

次に、微小角入射 X 線小角散乱法による測定を行った。図 4 に、球体の単一分散モデルを用いてシミュレーションを行い得られたフィッティング曲線（青線）と実験で得られたプロファイル（黒線）、及び枠中に解析結果を示す。

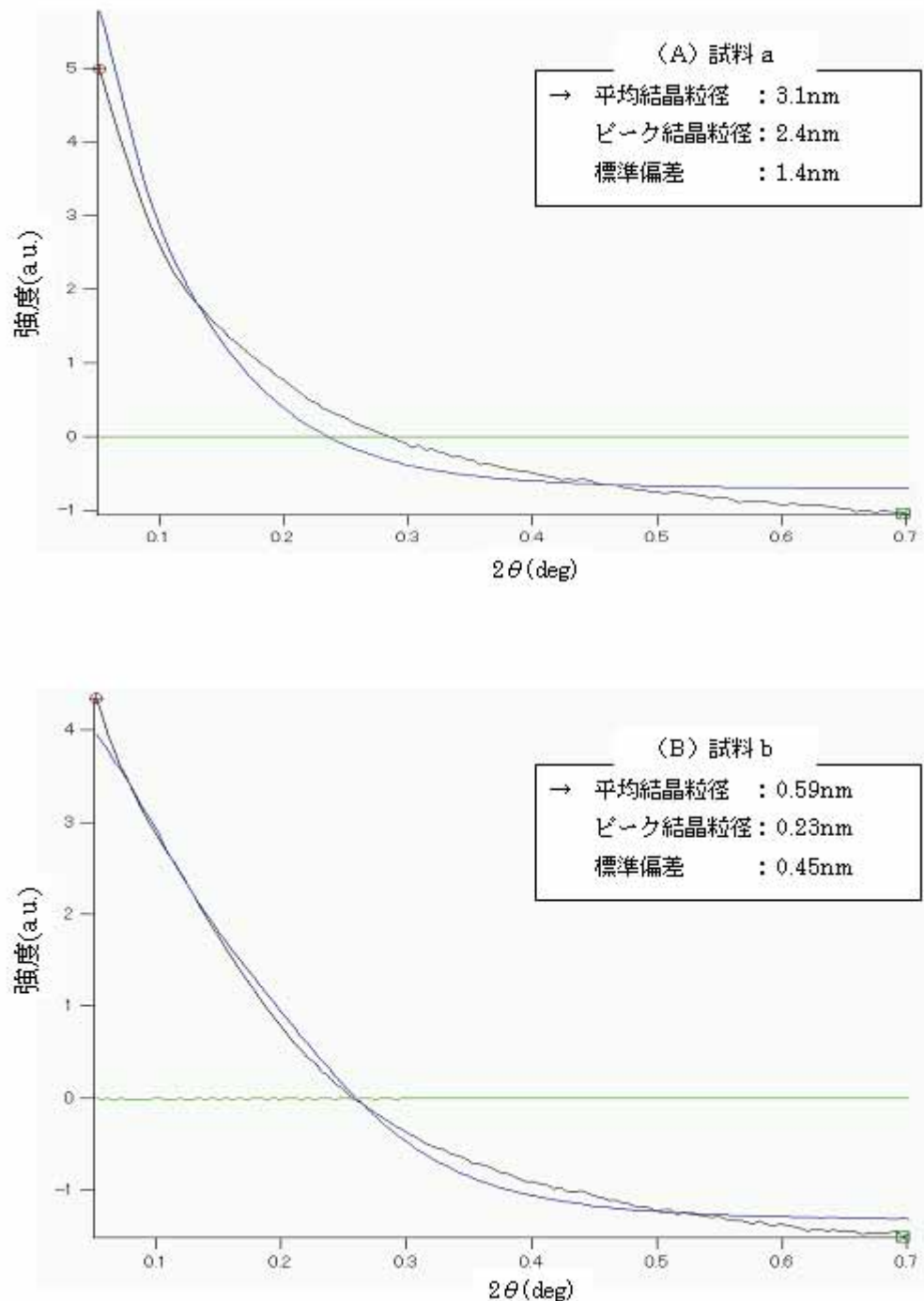


図 4. 微小角入射 X 線小角散乱 profile（黒線）と、シミュレーションにより得られた結果（青線：フィッティング曲線）を示す図

試料 a、b 共に、実験プロファイルと理論曲線との良い一致が見られなかった。従って、球体の単一分散モデルでの解析には無理がある事が考えられる。すなわち、測定した試料の“微結晶層”中には、結晶粒が存在したとしても、均一でない複雑な分散状態である可能性が考えられる。

今後の課題：

TEM で結晶粒の観察が困難だった試料の結晶構造の詳細解析

参考文献：

[1] R. Ohba et al. : IEDM Tech. Dig. p.75 (2007)