

# 結晶欠陥の可視化—X線トポグラフィーによる観察—

## はじめに

X線トポグラフィーは、単結晶材料の結晶欠陥観察手法としてTEMと共に有効な評価手法であり材料開発の現場で長年使用されてきました。

最近、X線検出器(CCD)の発達によりオールデジタル方式で $10\mu\text{m}$ 以下の解像度を持つXRT装置が開発されて詳細な欠陥観察(転位像)が簡便に行えるようになってきました。当社ではこれまで色々な単結晶材料をIP方式(大ラング)及びCCD方式(BedeScan)を用いてXRT撮影してきました。本誌では、その一例を紹介します。

## X線トポグラフィーとは

X線トポグラフィー(XRT)は、結晶内の欠陥や歪み等の分布や形などを2次元マッピング画像として観察する欠陥評価法です。X線トポグラフ画像は、サンプルにX線を照射(Bragg条件)して回折してきたX線の強度を色濃度に変換してマッピング表示した画像です。結晶欠陥の周囲では結晶格子の歪みにより回折X線強度が増大しXRT画像上で色濃度が濃くなります。この濃淡模様で描かれた図柄から欠陥の形や分布を観察することができます。

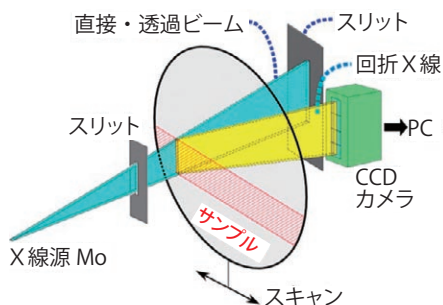


図1 透過XRTの模式

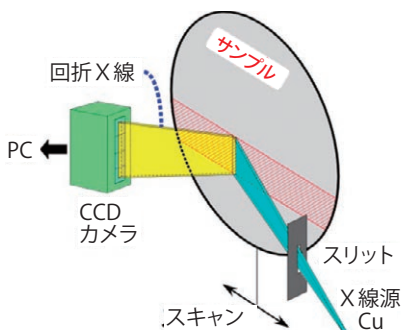


図2 反射XRTの模式図

## 測定方法

X線をスリットでシート状に絞りサンプルにブラッグ角で入射させます。サンプルで回折したX線を検出器で捕捉した状態でサンプルをスキャンすることにより回折X線強度のマッピング画像を撮影します。

X線トポグラフィーには透過法(図1)と反射法(図2)があります。透過法ではサンプル板厚全ての欠陥情報が得られ、反射法では表層の数 $\mu\text{m}$ ~ $20\mu\text{m}$ 程度の欠陥情報が得られます。

## 評価事例

### (1) シリコンウェハ

図3(A)に解像度 $100\mu\text{m}$ で撮影した8インチSiウェハの透過XRT画像を示します。

ウェハ外周部で $\langle 110 \rangle$ 方向に長さ $10\text{mm}$ ほどのスリップラインが発生している様子や3点のピン支持によるボート接触痕および酸素striaionが明瞭に観察されます。

図3(B)は、図3(A)のスリップ発生箇所を高解像度( $\sim 3\mu\text{m}$ )で反射XRT撮影した転位像です。スリップ転位がウェハ表面に貫通してスポット状の模様を表しており $\langle 110 \rangle$ 方向に列をなして並んでいる様子が明瞭に観察されます。(各スポットが転位線1本に対応することは選択エッチング&TEM観察により検証済み)

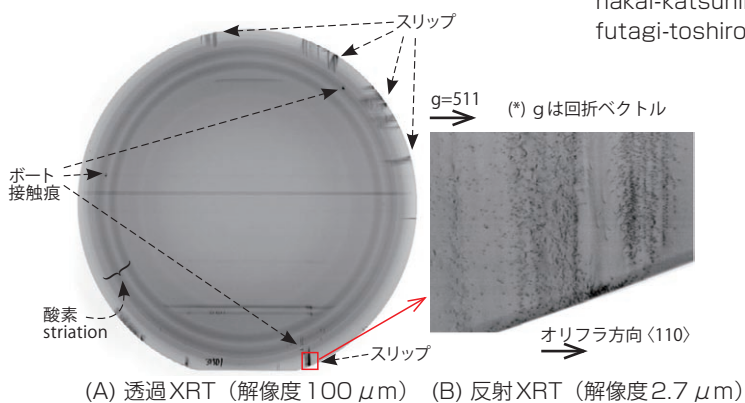


図3 Siウェハの撮影例

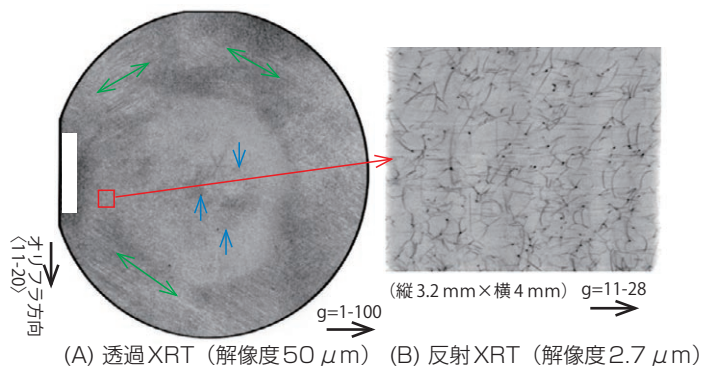


図4 SiCウェハの撮影例

### (2) SiCウェハ

図4(A)にSiCウェハの透過XRT撮影結果を示します。この画像から、

- ・マイクロパイプはウェハ中央付近に数個存在(青矢印)。
- ・比較的転位密度の低いエリアがウェハ中央部にドーナツ状に分布。
- ・ウェハ外周部に基底面転位が比較的揃っているエリアが存在(緑矢印)。

などを読み取ることができます。

図4(B)に高解像度反射XRTによる転位像を示します。ライン状の模様は基底面転位、スポット状の模様は貫通転位を表しており典型的なSiCの転位像が観察されます。

## おわりに

XRT観察はバルク基板の欠陥のみならずエピ層欠陥、デバイスプロセス起因の欠陥、加工起因の欠陥等々単結晶材料に関係する全ての欠陥観察に用いられています。また、トポ観察欠陥のサンプリング~TEM評価・格子像観察も行っております。是非、お気軽にご相談ください。

### お問い合わせ先

富津事業所 解析ソリューション部 構造解析室  
野網 健悟 中居 克彦 二木 登史郎  
TEL: 0439-80-2866 FAX: 0439-80-2767  
E-mail: noami-kengo@nsst.jp  
nakai-katsuhiko@nsst.jp  
futagi-toshiro@nsst.jp

## トピックス 外部表彰受賞



公益財団法人 腐食防食学会 貢献賞

尼崎事業所 材料評価部 南専門主幹が平成25年度腐食防食学会貢献賞を受賞しました。腐食防食学会の運営と事業の発展に永く貢献したことが認められたものです。