

(様式第4号)

## 実施課題名：半導体デバイス用基板の結晶性評価

**English:** Characterization for perfection of substrates used in semiconductor devices

著者氏名：佐俣秀一、今井正人、森田悦郎、泉龍典、北村貴文、村中寿行、宮村佳児  
**English:** Shuichi Samata, Masato Imai, Etsuro Morita, Tatsunori Izumi,  
Takafumi Kitamura, Toshiyuki Muranaka, Yoshiji Miyamura

著者所属：株式会社 SUMCO  
**English:** SUMCO CORPORATION

### 1. 概要

BL09A で白色 X 線 Laue トポグラフィ法を用い多結晶 Si 基板の結晶欠陥観察を行った。多結晶 Si でも白色 X 線を用いた Laue トポグラフィ法により結晶欠陥の観察が可能であることが確認出来た。また BL15 に設置されている単色 X 線トポグラフィ装置を用いてサファイア基板を評価した。トポグラフィ像によりマクロ領域のひずみ分布の解析と転位のバーガーズベクトルの決定が可能であることが確認できた。

#### ( English )

We have observed crystal defects in poly crystalline silicon wafer by white X-ray Laue topography in BL09A. The results show the possibility to observe crystal defects in poly crystalline silicon wafer. We have also observed sapphire wafers by monochromatic X-ray topography in BL15. The results show the possibilities both to analyze macroscopic strains and to determine Burgers vectors of dislocations.

### 2. 背景と研究目的:

地球温暖化対策に代表される世界的なエコロジープームの中でソーラー発電は重要性をますます増している。ソーラー発電用材料には化合物半導体や有機物が開発されて来ているが変換効率や製造コストから Si、特に多結晶 Si が多く使われている。

ソーラー用多結晶 Si では変換効率の向上のため結晶性や不純物などの品質の向上が重要である。結晶性の一つの指標である結晶欠陥はエッチング法による評価が一般的であるが表面しか評価出来ないのが欠点である。バルク全体の結晶欠陥を評価する方法としては X 線 Lang トポグラフィ法があるが多結晶では難しかった。

本研究では、放射光を用いた白色 X 線 Laue トポグラフィ法により多結晶 Si の結晶欠陥評価が可能であることを確認する。

また省エネに LED が大きな注目を集めている。本研究では LED 用基板に用いられている市販のサファイア基板について転位の分布とそれにより発生する残留ひずみの関係を調べるために、X 線トポグラフィによる転位組織の観察、個々の転位の

バーガーズベクトルの解析及び格子面間隔の変化やねじれを高輝度で平行性が良く波長を自由に選択できるシンクロトロン光を用いて解析する。

### 3. 実験内容:

BL09A で用いた試料はソーラー用多結晶 Si 基板であり、大きさは 160mm 角、厚さは 180 $\mu$ m である。BL09A で白色 X 線を基板に垂直に入射し、透過回折パターンを IP (Imaging Plate) で撮影した。また各ラウエスポット内部の強度分布 (結晶欠陥像) を X 線フィルムで撮影した。

BL15 で用いた試料は (0001) 面の直径 100mm の片面研磨と両面研磨のサファイア基板である。反射配置と透過配置によりトポグラフィ撮影を行い、基板のひずみの解析と転位像の観察を行った。

### 4. 結果および考察:

#### (1) BL09

結晶粒サイズより入射 X 線サイズが大きい場合は複数の結晶粒からの回折 X 線が重なり多数のラウエスポットが観察されるため入射 X 線サイズを適切に設定することが必要であった。また試料の厚さ

が結晶粒サイズより大きい場合も同様に複数の結晶粒からの回折 X 線が重なるため試料の厚さも結晶粒サイズより小さくする必要があった。

図1には入射 X 線を 3mm 角とした場合の透過回折パターンの例を示す。ラウエスポットは全て四角形をしており入射 X 線はほぼ一つの結晶粒に入射していると見られる。またラウエスポットには晶癖が見られラウエスポットから結晶粒の方位は決定出来ると思われる。

ラウエスポットの一つを X 線フィルムで撮影した結果を図2に示す。多数見られる黒い線は転位と考えられ、入射 X 線サイズと試料の厚さを結晶粒のサイズ以下にすることにより結晶粒内部の結晶欠陥を観察出来ることが確認出来た。

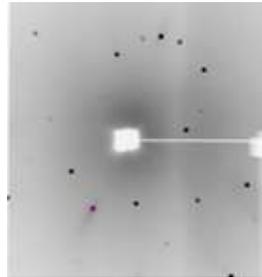


図1. 観察されたラウエスポット  
入射 X 線サイズは 3mm 角

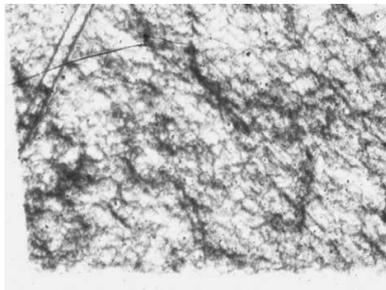


図2. ラウエスポット内部の回折強度分布

## (2) BL15

図3に片面研磨基板を反射配置の(1-10,10)回折において図中に示す角度だけ入射角を変化させて撮ったトポグラフ像を重ね合わせて示す。基板の位置による格子面の傾きを表している。(11-29)回折においても同様の結果が得られており、基板が表側(研磨面)に凹となるように反っていることを意味している。

図4は両面研磨基板の同じ場所を透過配置により観察された転位像である。(a)では、(b)に比べて、多くの転位像が消えているのがわかる。サファイア結晶中の転位の主すべり系は、(0001)の  $1/3\langle 11\bar{2}0 \rangle$  なので<sup>3)</sup>、 $[-1100]$ に対して垂直方向  $[11\bar{2}0]$ のバーガーズベクトルを持つ転位成分の

像が見えていないと考えることができる。反射配置及び透過配置により撮影したトポグラフ像からサファイア基板のマクロなひずみ分布の解析と転位のバーガーズベクトルの決定が可能であることが確認できた。

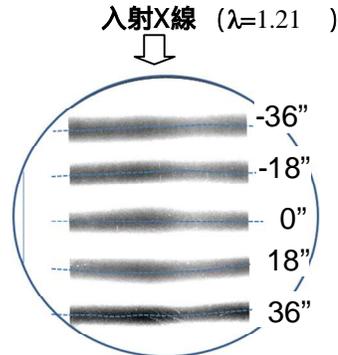


図3 反射配置によるトポグラフ像

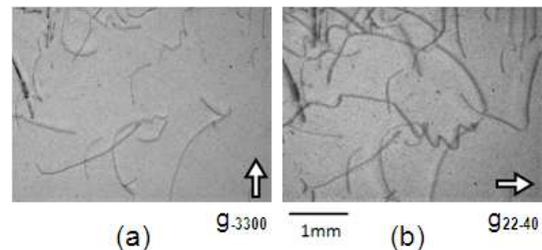


図4 透過トポグラフ法による転位像( $\lambda=0.713\text{\AA}$ )

## 5. 今後の課題:

BL09 では結晶性の定量化のために黒化度の測定を行ってみたい。また BL15 では格子面の傾斜と面間隔の変化を分離するため 2 / スキャンによる解析を試みたい。

## 6. 論文発表状況・特許状況

特になし

## 7. 参考文献

- 1) 高瀬伸光: SAGA-LS 平成 20 年度利用報告書
- 2) 新船幸二、他: Spring-8 利用報告書 2009A1347
- 3) 高野幸男、井上直久; 日本結晶学会誌 13, 344 (1977)

## 8. キーワード

・白色 X 線 Laue トポグラフィ

白色 X 線を試料に入射し回折で生じたラウエスポット内の回折強度分布を写真撮影することにより入射 X 線照射領域の結晶欠陥を観察する方法。

・X 線トポグラフィ(X 線回折顕微法)

単結晶のひずみによる回折強度の変化を利用して、ひずみの二次元的な分布を観察する方法。

