

課題番号 :2022A-E09  
利用課題名 (日本語) :レーザ照射履歴を有する電子デバイス試料の X 線回折実験  
Program Title (English) :X-ray diffraction experiment of laser irradiated semiconductor  
利用者名 (日本語) :奈良康永<sup>1)</sup>, 城 鮎美<sup>2)</sup>, 尾崎 典雅<sup>3)</sup>, 中村 浩隆<sup>3)</sup>, 上村 拳生<sup>3)</sup>  
Username (English) :Y. Nara<sup>1)</sup>, A. Shiro<sup>2)</sup>, N. Ozaki<sup>3)</sup>, H. Nakamura<sup>3)</sup>, G. Kamimura<sup>3)</sup>  
所属名 (日本語) :1) 浜松ホトニクス株式会社, 2) 量子科学技術研究開発機構, 3) 大阪大学

キーワード: レーザ内部加工, 高圧相, X 線回折

## 1. 概要 (Summary)

試料内部へレーザを精密に集光するとレーザ照射による改質領域が試料内部のみに限定される。これにより、試料外部との物質の移動やひずみの開放を伴うことなく、レーザ照射による変質が凍結された加工変質層が生成される。本実験は、X 線回折法によりその結晶構造を明らかにすることを目的に実施された。

過去の同種実験では試料を微小柱状に処理することで母相由来の背景信号を抑制した高品位な回折信号が得られることを明らかにしている。本実験では X 線を集光し、試料上でスポット径を約 36  $\mu\text{m}$  とすることで S/N 比と位置分解能を改善した。その結果、高圧相由来と思われる明瞭な回折スポットが複数確認され、それらの回折スポットが出現する位置が局在していることを明らかにした。これは、形成された高圧相がある程度の配向性を有するためであると考えられる。

## 2. 実験(目的,方法) (Experimental)

本実験の目的は、レーザ照射により内部にのみ強い残留応力を伴う改質領域が形成された試料について、その改質領域の結晶構造からの回折ピークを、残留応力を保持したまま非破壊で収集することである。

試料の前処理として、母相からの回折信号の影響を最小にするために、改質領域周辺の残留応力が保持できる最小限の厚さまで母相を除去し、改質領域を内包する微小柱形状の試験片を用意した。

プローブとなる X 線は、結晶分光器で 20 keV に単色化した後に、Compound refractive lens (CRL) を用いて集光した。試料設置位置での X 線スポットサイズはおおよそ直径 36  $\mu\text{m}$  であった。

回折プロファイル収集時の配置は、X 線照射方向より、

試料の直前に設置した散乱 X 遮蔽用のアパチャ、応力・イメージング測定装置に設置した試料、試料と検出器の間に設置したダイレクトビームストッパ、2 次元検出器 (Pilatus300K) とした。図 1 に実験配置の概略図を示す。

回折は、試料を回転させながら、露光時間 2 秒で収集した。なお、 $\theta$  方向の送りステップは実験装置の最小分解能である  $0.004^\circ$  とした。

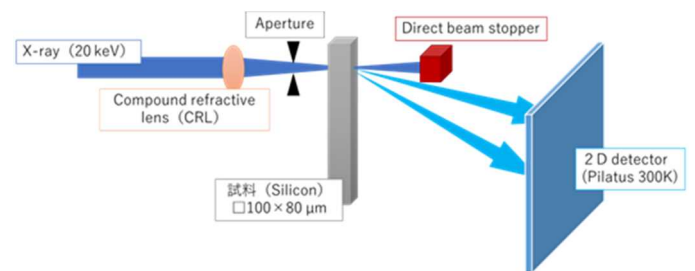


図 1 : 実験配置

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

X 線がレーザ照射によって形成された改質領域に照射されるよう調整しながら、入射角を約 34 度の範囲で走査して得られた回折信号に対し、積算やバックグラウンド減算などのデジタル処理を経て得られた回折プロファイルの一例を図 2 に示す。 $\beta$ -Sn 構造に由来する回折ピークが明瞭に表れており、結晶性の高い  $\beta$ -Sn 構造がレーザ照射後も残存していると考えられる。

$\beta$ -Sn 構造に由来する回折ピークは同一回折角で複数のスポットが  $\chi$  方向に偏って得られていることから  $\beta$ -Sn 構造が強く配向して形成されている可能性がある。 $\beta$ -Sn 構造に由来する回折ピークを取得する際に 2 次元検出器で得られた回折プロファイルの一例を図 3 に示す。左下の赤色楕円で囲まれたスポットが、Si の高圧相である  $\beta$ -Sn 構造に由来する回折信号であるが、ここでは  $\chi$  が  $\pm 2$  度程度

の範囲に集中している。配向性の評価については、同種試料の追加分析を含めて解析を検討中である。

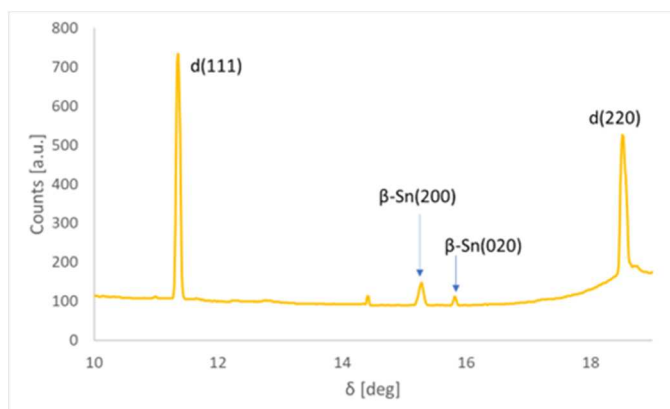


図2:  $\theta$  走査により得られた回折プロファイルの一例

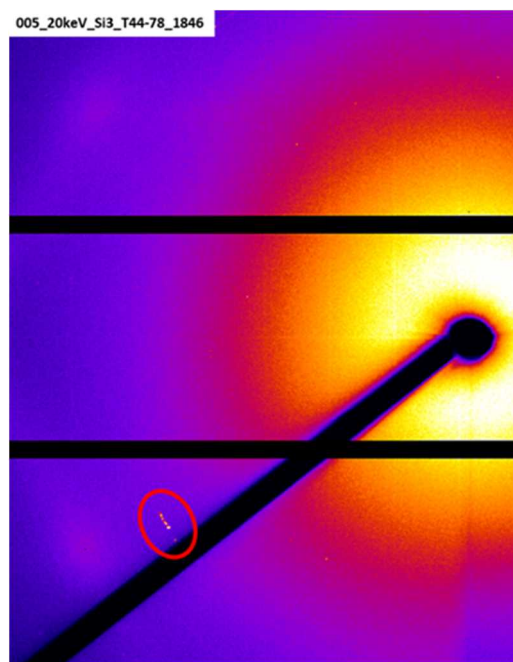


図3: 2次元検出器で取得された回折プロファイルの一例

#### 4. その他・特記事項 (Others)

共同研究者

日本原子力研究開発機構

菖蒲敬久