

# 内部集光型レーザダイシングを用いた イオンスライサーのための前処理手法

[研究代表者] 岩田博之 (工学部電気学科)  
 [共同研究者] 高木 誠 (工学部機械学科)  
 [共同研究者] 坂 公恭 (総合技術研究所)  
 [共同研究者] 河口大祐 (浜松ホトニクス)

## 研究成果の概要

イオンミリング法はFIB法が持つ局所選択性には劣るが、良質な広い観察領域を得る本質的に優れた方法である。しかし最終工程のミリングまでには、幾多の切断/研磨作業が必要であり、高い習熟度が必要であった。これら作業を画期的に減らした手法にイオンスライサー法があり [1, 2]、前処理工程が減り利便性が増した。必要な作業は唯一、 $2.8\text{mm}(\pm 0.1\text{mm}) \times 0.5\text{mm}(\pm 0.4\text{mm}) \times 100\ \mu\text{m}(\pm 10\ \mu\text{m})$ の短冊状小片の切り出し/研磨作業が残っていた。

本報告はこの切断砥石による短冊切り出しと  $100\ \mu\text{m}$  厚への研磨作業を内部集光型パルスレーザ加工(ステルスダイシング[3, 4])に置き換え、高アスペクト比にかかわらず直接的に短冊小片を容易に作製できる事を示す。特に半導体ウェハに最適で、時短、歩留まり、精度、自動化、省資源、大量製作、ドライ、非接触などの特徴を持つ。必要な作業は試料台への試料貼付けのみと言って過言でない。

研究分野：透過型電子顕微鏡，レーザプロセッシング，顕微鏡試料作製

キーワード：TEM，STEM，顕微鏡試料作製，イオンスライサー，ステルスダイシング，ボイド，転位

## 1. 研究開始当初の背景

半導体・セラミックス・金属などバルク試料から透過型電子顕微鏡 (TEM) 試料を作製する代表的手法に、イオンミリング法とFIB (Focused Ion Beam)法がある。

FIB法は数 $\mu\text{m}$ 以下の領域をピンポイントで選択できることに最大の優位性がある。イオンミリング法は、局所選択性はFIB方に劣るが、高品質(試料のイオン損傷が少ない)な観察領域を広く得ることができ本質的に優れた方法である。しかし、最終工程のイオンミリング加工までには、幾多の切断/研磨作業が必要であり、高い習熟度が必要であった。

これら作業を画期的に減らす手法にイオンスライサー法があり [1, 2]、必要な作業は唯一、 $2.8\text{mm}(\pm 0.1\text{mm}) \times 0.5\text{mm}(\pm 0.4\text{mm}) \times 100\ \mu\text{m}(\pm 10\ \mu\text{m})$ の短冊状小片の切り出し/研磨作業が残っていた。

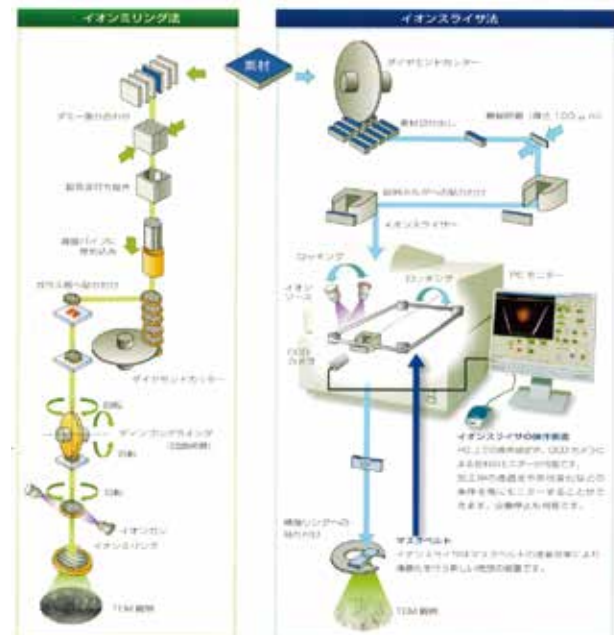


図1 イオンミリング法とイオンスライサー法の工程比較[1]

イオンスライサーへ持ち込む  $2.8\text{mm} \times$

$0.5\text{mm} \times 100\ \mu\text{m}$ の短冊小片の典型サイズの根拠は、長辺の

2.8mmはTEMに導入可能な最大長辺に由来し、短辺の0.5mmはウェハ等の原材料の厚さに由来する(可変可能)。仕上げ厚さ $100\mu\text{m}$ は、厚さ $30\mu\text{m}$ のマスキングベルトを介してアルゴンイオンビーム照射により薄片化する(図2(b)参照)イオンスライサー法の加工原理の根本に由来する。この厚さが試料の出来具合と作業効率に直結し[2]、高い精度( $\pm 10\mu\text{m}$ )が要求される。また、照射面の表面性状は滑らかであることも試料の仕上がりに直結する。

## 2. 研究の目的

従来、短冊試料小片の切り出しは回転式の切断砥石により切り出し後、ダイヤモンド砥粒を用いた研磨により $100\mu\text{m}$ 厚さへ薄片化していく必要があった。これら作業をレーザー加工技術で代替することを試み、試料作製の効率と精度の向上を試みた。

レーザー加工法としてステルスダイヤモンド(SD)法を用いた[3]。SDは一般的なレーザー加工原理である表面アブレーションとは異なり、ウェハ内部にレーザーを集光させるため、ウェハ表層部に損傷を与えないことなしに、ウェハ内部に応力を誘起させることができる。また、透過性のパルスレーザーを水平方向

にスキャンすることによりウェハ内部に応力集中点の列を形成する。その後、ウェハにレーザー走査線と垂直な方向に引張応力を加えることにより、応力集中点を起点として亀裂がウェハ上下に進展し、ウェハを割断することができる[3, 4]。

## 3. 実験方法

近赤外パルスレーザー(パルス幅90ns、エネルギー $3.3\mu\text{J}$ )を、厚さ0.4mmのSi(001)ウェハの上部から $\langle 100 \rangle$ 方向にレーザー掃引した。掃引間隔はX方向に2.8mm、Y方向は $100\mu\text{m}$ である。

## 4. 研究成果



図4. SDにより切り出した大量のTEM用短冊小片

図4はレーザー掃引後のSiウェハである。Y方向の間隔 $100\mu\text{m}$ 対し厚さは4倍の $400\mu\text{m}$ の高アスペクト比にかかわらず、精度高い大量の自立短冊が形成できた。同様の加工を結晶方位(110)、(111)および各種ドーピングタイプのウェハに対しても歩留まりに若干の差はあるが良好に加工ができた。短冊の側面にはレーザー痕が見受けられるが、その痕跡はイオンビームにより研磨され透過電子顕微鏡試料の観察領域には残留しない事が確認された。本手法を用いれば必要な手作業は試料台への試料貼付けのみとなり、作業効率が飛躍的に向上することを確認した。

### 参考文献

- [1] JEOL, Ion Slicer -Only one instrument- Applications [2] 川原尚, イオンスライサー断面試料を作る為に, JEOL 試料作製セミナー, 東京, 1-55 (2011)
- [3] <https://www.hamamatsu.com/jp/ja/technology/innovation/sd/index.html>
- [4] Iwata H, et al., Microscopy, 66 328-336 (2017)

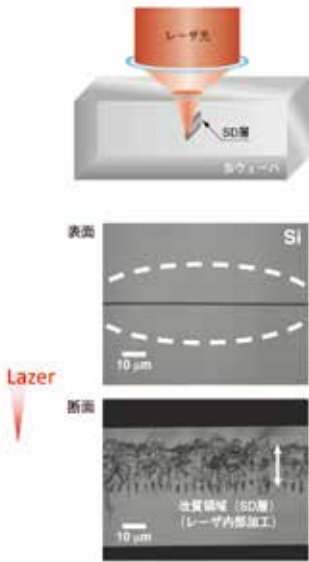


図3. ステルスダイヤモンド(SD)加工されたSi試料