

## 光ファイバ側面からの漏洩光を援用したエッチングに関する研究

千葉大学 ○門馬佑昂, 千葉大学 ©比田井洋史, 松坂壮太, 千葉明, 森田昇

## 要 旨

基板表面にパターン形成する手法として、光ファイバ側面からの漏洩光を援用したエッチングを提案する。コアを露出させることで光ファイバの側面から光を漏れ出させ、ファイバ近傍のみ光アシストエッチングを行う。硝酸中で光ファイバをヒ化ガリウムに接触させることで、ファイバの形状を転写した。ファイバに入射するレーザー出力、エッチャント濃度を大きくすると、それぞれ得られる溝幅、深さが大きくなる傾向が見られた。

## 1. 緒言

光アシストエッチングは、エッチャント中の被加工物に対して光を照射し、光が照射された部分を選択的に溶解することで除去する、加工手法である<sup>1)</sup>。

本研究では、光源として、光ファイバの側面から漏洩する光を用いる手法を提案する。光ファイバのコアを露出させると、伝搬光の一部がファイバ外へ漏洩するため、光ファイバは線状の光源となる。露出したコアと被加工物をエッチャント中で接触させると、ファイバ近傍でのみ光アシストエッチングが行われ、ファイバの形が転写できると期待できる。機械加工などとは異なり表面に加工変質層が生じない<sup>2)</sup>ことから、太陽電池、液晶、エレクトロニクス部品など、多岐にわたった応用が期待される。

本稿では、光ファイバ側面からの漏洩光を援用したエッチング加工装置、およびその装置を用いた加工実験について述べる。また、被加工物には GaAs ウエハを、エッチャントには硝酸を用いた。

## 2. 実験装置・方法

本節では、エッチャント濃度、レーザー出力、加工時間、ファイバとウエハの接触方法を変えて行った実験について述べる。

本研究では、コア径 105  $\mu\text{m}$ 、クラッド径 125  $\mu\text{m}$ 、開口数 NA が 0.22 のマルチモード光ファイバ(Fujikura CT-07 High Precision Fiber Cleaver)を用いた。

光ファイバ側面から伝搬光を漏洩させるため、加工に用いる部分の被覆とクラッドを除去し、コアを露出させた。まず、被覆をカッターナイフで 1 cm 程度除去した。その後、被覆をはがした部分をフッ酸(46 wt%)に 20 分間浸し、クラッドとコアの一部を溶解させた。コアを露出させた箇所は、同様に処理を行っても、処理の度に差異が生じた。そのため、それぞれの実験ごとに、用いたファイバの露出したコア径を記す。

Table 1 に実験条件を、Fig. 1 に実験装置の概要を示す。(a)~(d)では、線状の加工痕を得るため、光ファイバコア露出部の上に、GaAs ウエハをかぶせるように乗せた。ウエハと光ファイバの接触を確かにするため、ウエハの上におもり(2.2 g)を置いた。また、Fig. 2 に (e)でのウエハ加工部の模式図を示す。(e)では、舟形の加工痕を得るために、光ファイバを曲げて固定し、コア露出部とウエハを接触させた。その後、ウエハと光ファイバの接触部分が十分に浸る量のエッチャントを垂らし、ファイバのコア内にレーザー光を照射した。露出処理後のコア径は、(a), (b), (c)が 69  $\mu\text{m}$ 、(d)は 65  $\mu\text{m}$ 、(e)は 70  $\mu\text{m}$  を用いた。レーザーは、波長 532 nm の連続波を用いた。

## 3. 実験結果・考察

Table 1 に実験結果を、Fig. 2 に(a)~(d)のウエハ表面を示す。(a)~(c)の加工幅と加工深さは、Fig. 2 中に矢印で記した箇所を測定した。(d)については、異なる方法で評価を行うため、加工深さは後に示

Table 1 Experimental condition and result

Experimental condition	Laser output [mW]	Etchant concentration [wt%]	Etching Time [min]	Groove width [ $\mu\text{m}$ ]	Groove depth [ $\mu\text{m}$ ]
(a)	200	15	10	42.4	10.6
(b)	200	20	10	116	57.7
(c)	100	20	10	61.9	20.1
(d)	200	20	0.5		
(e)	100	5	1	13.2	0.854

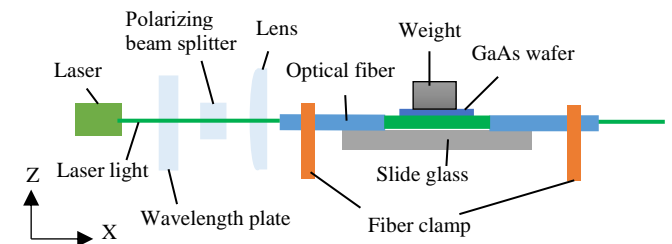


Fig. 1 Schematic of experimental device

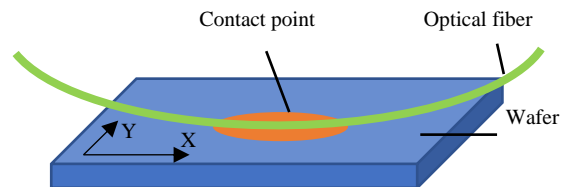


Fig. 2 Enlarged view of the processing section

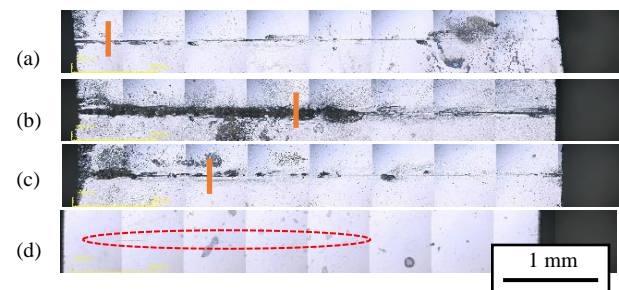


Fig. 3 Photos of etching groove (a)  $L=200$  mW  $E=15$ wt%  $T=10$  min, (b)  $L=200$  mW  $E=20$  wt%  $T=10$  min, (c)  $L=100$  mW  $E=20$  wt%  $T=10$  min (d)  $L=200$  mW  $E=20$  wt%  $T=0.5$  s ( $L$ : Laser output  $E$ : Etchant concentration  $T$ : Etching time)

す。

(a)と(b)はレーザー出力を同一とし、エッチャント濃度を変えて行った実験である。溝幅・溝深さ共に、(b)の方が大きかった。これは、エッチャント濃度が高いと、ウエハ表面の単位面積あたりに触れる反応種が多いため、溶解反応がより進んだと考えられる。

(b)と(c)はエッチャント濃度を同一にし、レーザー出力を変えて行った実験である。溝幅・溝深さ共に、(b)の方が大きかった。これは、レーザー出力が大きいと、ウエハに露光される光量も多くなるため、溶解反応がより進んだと考えられる。

また、(a)-(d)で得られた加工溝のそれぞれは、同一加工痕上でも、その加工量は場所によって差異があった。その原因として、コア露出処理時のエッチングが不均一であり、光ファイバから漏洩する光量が場所によって異なっていたこと、ウエハと光ファイバの接触が均一でなかったことが考えられる。

Fig. 4に、(d)の加工溝の拡大図を示す。また、Fig. 5に、Fig. 4中の(I), (II), (III)地点それぞれの断面プロフィールを実線で、光ファイバの外径に見立てた直径  $65\ \mu\text{m}$  の円を破線で示す。ファイバは、真円であり、溝内面と接していたと仮定した。ファイバの沈み込みは、(a)  $0.102\ \mu\text{m}$ 、(b)  $0.048\ \mu\text{m}$ 、(c)  $0.077\ \mu\text{m}$ であり、3地点で加工量が異なっていた。原因として、光ファイバ側面から漏洩する光量のばらつき、ウエハとファイバの接し方の不均一性が考えられる。また、溝形状は円形ではなく、荒れが生じていた。原因としては、同じように、光ファイバ側面から漏洩する光量のばらつき、ウエハとファイバの接し方の不均一性が考えられる。

Fig. 6に、(e)で得られた舟形の加工痕を、Fig. 7に Fig. 6中の橙色線で示した部分の断面プロフィールを実線で、光ファイバの外径に見立てた直径  $70\ \mu\text{m}$  の円を破線で示す。溝幅  $13.2\ \mu\text{m}$ 、溝深さ  $0.854\ \mu\text{m}$  が得られた。また、溝底に荒れ、Fig. 7中の赤破線円内に点状のくぼみが観察された。両者も原因として、光ファイバ側面から漏洩する光量のばらつき、ウエハとファイバの接し方の不均一性が考えられる。

今後は、溝底の荒れの原因、点状の加工痕の発生原因を調査し、断面プロフィールが円形となるような、溝の作成方法を探求する。

#### 4. 結言

- (1) エッチャント濃度、レーザー出力を大きくすると、加工溝が大きくなる傾向が見られた。
- (2) 溝の生じ方は、ウエハの表面でばらつきがあった。原因として、光ファイバ側面から漏洩する光量のばらつき、ファイバとウエハの接し方の不均一性が考えられた。
- (3) 溝底には荒れが生じていた。原因として、光ファイバ側面から漏洩する光量のばらつきがあったことが考えられた。

#### 参考文献

- 1) 小藪国夫, レーザアシストエッチング, 精密工学会誌, 第54巻, 第9号, (1988), 1673-1677.
- 2) 堀池靖浩 坂上弘之, レーザーエッチング, 日系技術図書株式会社, (1992), 378-398

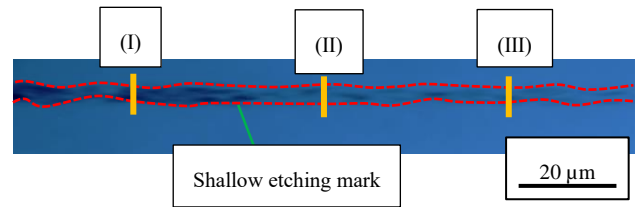


Fig. 4 Enlarge view of etching mark formed in (d)

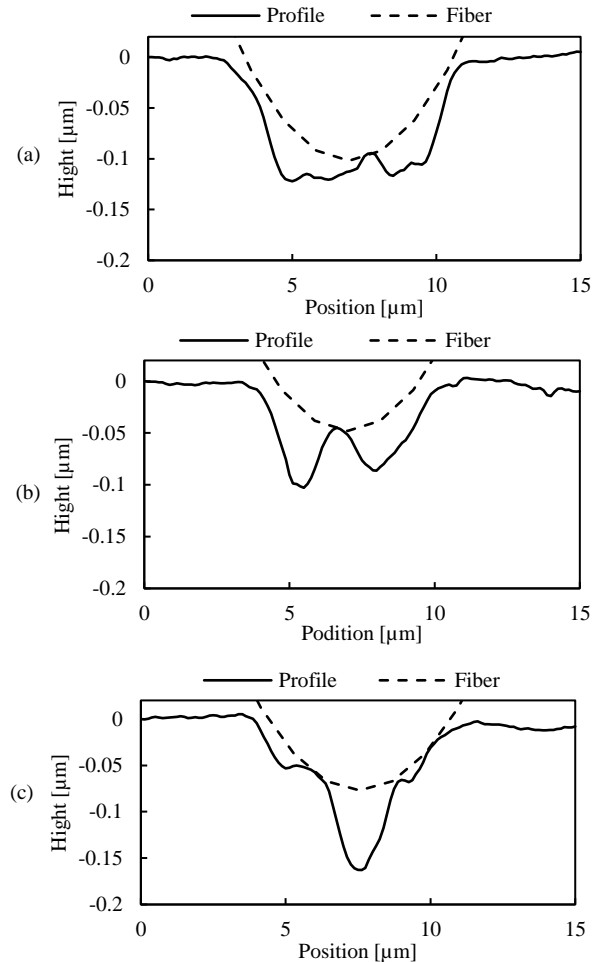


Fig. 5 Comparison between groove shape and contour of optical fiber

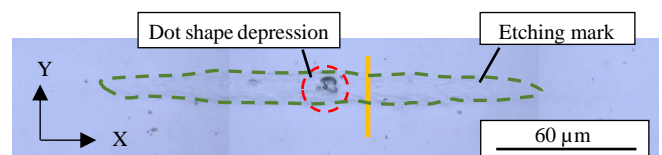


Fig. 6 Etching mark formed in (e)

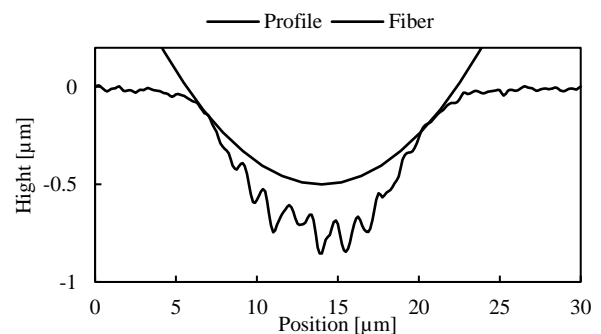


Fig. 7 Section profile of etching mark formed in (e)