

エバネッセント光を用いた GaAs ウェーハ加工に関する研究

千葉大学工学部機械工学科 ○兒玉賢亮, 千葉大学大学院 ◎比田井洋史 松坂壮太 千葉明 森田昇

エバネッセント光を用いて GaAs ウェーハ表面をレーザアシストエッチングにより加工し、深さ制御することを目的として実験を行った。ガラスの表面にエバネッセント光を発生させ GaAs ウェーハをのせ、さらに界面を希硝酸で満たした。この結果、GaAs ウェーハに深さ数百 nm オーダーの加工痕を生成できること、また、入射角度によって加工深さを制御できることがわかった。

1. 結論

レーザアシストエッチングは化学反応性の雰囲気中に置かれた材料の表面にレーザを照射することによって、レーザの照射された部分のみエッチングを行う加工である。レーザアシストエッチングはエッチングによって加工が行われるため、機械加工と違い加工変質層が生じない。しかし、レーザアシストエッチングはマイクロメートルオーダーで加工深さを制御することは困難であると考えられる。そこで局在する光であるエバネッセント光をレーザアシストエッチングに利用した加工方法を提案する。エバネッセント光は波長程度の領域のみに光を照射することができる。これによって、被加工物の表面の凸部を選択的に除去加工し、表面の平坦化を行えると考えられる。また、エバネッセント光は入射角を変更することによって存在する領域を変えることができ、これによってサブマイクロメートルオーダーでの加工深さの制御が可能であると考えられる。

本研究では、エバネッセント光を用いたレーザアシストエッチングの可能性を検討した。

2. 実験装置

実験装置の模式図を図 1 に示す。レーザ光がレンズにより集光されて二枚のミラーによって反射してプリズムに入射する。入射角が臨界角以上の場合、カバーガラス表面でエバネッセント光が発生するようになっている。プリズムとイマージョンオイルとカバーガラスは屈折率が 1.52 と同じものを使用し、一つの全反射媒体とした。二枚目のミラーは θ ステージによって入射角度を変えられるようになっている。実験系の両端に空気清浄機を配置し、実験系内にほこりなどのごみが入らないようにした。また、実験で使用するレーザの仕様を表 1 に示し、実験試料には GaAs を用いた。

3. エバネッセント光の調査

3.1 実験装置

本実験の実験装置は、図 1 の実験装置からレーザ、レンズ、露光系を取り外し、露光系のカバーガラス表面をレーザ顕微鏡で観察できる様に組み立てた。露光系で全反射現象が生じるように水平にレーザを照射している。

3.2 実験方法

カバーガラスは表面にナノ粒子が付着しているものとしていないものを用意した。ナノ粒子は直径が約 150nm のポリスチレンを使用し、ナノ粒子が入っている懸濁液を希釈した液体を垂らし、乾燥させることによってナノ粒子をカバーガラスに付着させた。エバネッセント光の散乱光を確かめるために次の条件で観察した。(a)の何も付着していないカバーガラスを観察した場合、(b)のカバーガラスにナノ粒子を付着させて観察した場合、(c)のレーザを照射しない状態でナノ粒子を付着させたカバーガラスを観察した場合、(d)の照明を用いてナノ粒子を付着させたカバーガラスを観察した場合の 4 種類の条件である。

3.3 実験結果・考察

実験結果を図 2 に示す。(a)は何も写っていない。(b)には緑色の光る点がいくつか観察できた。(c)は(a)と同様に何も写っていない。(d)には丸で囲んだところにナノ粒子らしき白いものが観察できる。

これらの結果から(a)に何も写っておらず、カバーガラス表面には伝搬する光が存在しないことがわかる。(b)の場合は緑色の光が

観察できたが、(c)では(a)と同様に何も写っておらず、(b)で観察できた光はレーザを照射することによって生じたものであることがわかる。(b)で観察した緑色の光はナノ粒子によってエバネッセント光が散乱したことで生じた散乱光だと考えられる。これは(d)に写っている白いナノ粒子の位置といくつかの散乱光の写っている位置が一致していることから正しいと考えられる。よって、本実験装置の露光系表面ではエバネッセント光を発生させることができることを確認した。

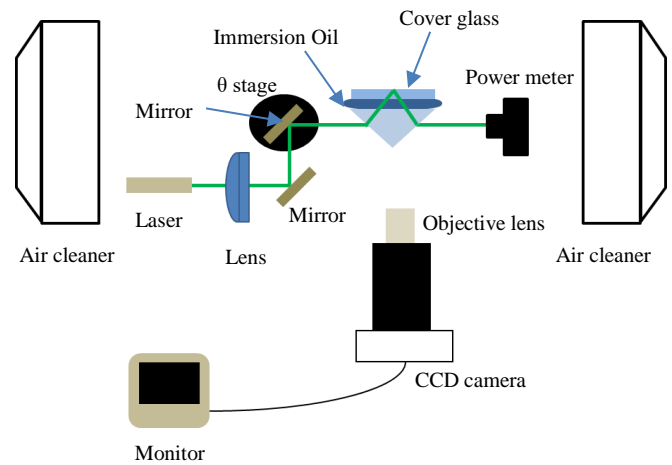


Fig. 1 Schematic diagram of experimental equipment

Table 1 Laser specification

Wavelength[nm]	532
Power[mW]	5.11
Beam size[mm]	3.5

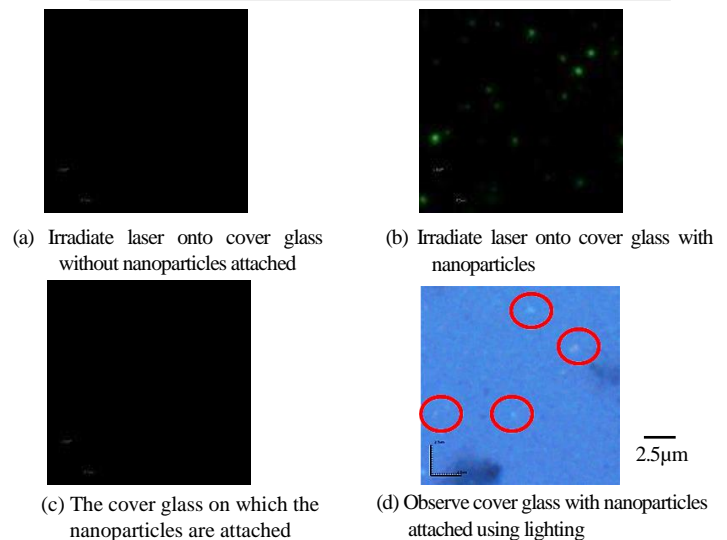


Fig. 2 Scattered light of evanescent light by nanoparticles

4. GaAs ウェーハ加工実験

4.1 露光時間を変更しての実験

4.1.1 実験方法・実験条件

実験方法は、臨界角以上の入射角度の 74 度で光をプリズムに入射させ、カバーガラス表面にエバネッセント光を発生させる。エバネッセント光が発生しているカバーガラス上に GaAs ウェーハを置き、エッチング液を垂らして所定の時間露光させた。実験条件を表 2 に示す。

4.1.2 実験結果・考察

すべての露光時間で加工痕が観察できた。図 3 の(a)に露光時間 50 分でのエッチングの加工痕を示す。谷のような形状の断面曲線をしていることがわかる。これは使用しているレーザーの形状がガウシアンビームであることによるものだと考えられる。図 4 に入射角 74 度での加工深さと露光時間の関係を示す。図 4 から加工深さは露光時間が 20 分から頭打ちになっており、これはエバネッセント光が伝搬しないという性質によるものと考えられる。したがってカバーガラス表面ではエバネッセント光が発生し、それによってエッチングが起きていると考えられる。

4.2. 入射角を変更しての実験

4.2.1 実験方法・実験条件

本実験は入射角を 72 度として 4.1.1 と同様の方法で行った。

4.2.2 実験結果・考察

図 3 の(b)は入射角 72 度、露光時間 50 分の時の加工痕の断面曲線である。谷のような形状の断面曲線をしており、これは入射角 74 度、露光時間 50 分の時の加工痕の断面曲線と同様である。入射角 72 度での加工痕の加工深さと露光時間の関係を図 4 に示す。図 4 から入射角 72 度の方が入射角 74 度の時よりも深く加工されていることがわかる。この結果からエバネッセント光によるエッチングは入射角度に依存すると考えられる。

4.3 全反射条件を崩しての実験

4.3.1 実験方法・実験条件

実験条件は入射角を 45 度、50 度、55 度と臨界角未満の角度とし、エバネッセント光ではなく屈折光が発生する条件で実験を行った。露光時間は 50 分、角度以外は 4.1.1 と同様の条件で照射した。

4.3.2 実験結果・考察

実験結果を図 5 に示す。入射角を 45 度、50 度、55 度の場合では加工深さは 30 μm 以上だった。全反射条件を満たし、エバネッセント光が発生している入射角の 72 度、74 度と比べて加工深さが 10 倍以上大きくなっていた。これは、エバネッセント光はレーザーの波長の程度の領域に局在する光であるのに対して、屈折光は伝搬する光であるという違いによるものだと考えられる。この結果からもエバネッセント光によってエッチングが起きていると考えられる。

5. 結論

- (1) 製作した実験装置のカバーガラス表面には全反射時にエバネッセント光が発生していることがわかった。
- (2) GaAs ウェーハを本実験装置でレーザーアシストエッチングしたところ、加工痕が確認できた。
- (3) 加工痕の加工深さは露光時間に対して飽和することが確認でき、これから限られた範囲のみ加工できることがわかった。
- (4) 加工痕の加工深さは入射角によって変化することが確認でき、これから入射角によって加工深さを制御できることがわかった。
- (5) 臨界角未満の入射角でレーザーアシストエッチングした結果、加工深さが 10 倍以上大きくなった。

参考文献

- 1) 小薮国夫, 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) 西岡宏晃 他, 定在エバネッセント光による超解像顕微法の提案, 2005 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 487-488.

Table 2 Experimental conditions

Wavelength[nm]	532
Power[mW]	5.11
Refractive index of prism, cover glass and immersion oil	1.52
Etchant	HNO ₃ :H ₂ O=1:15
Experimental sample	GaAs wafer
Angle of incidence[deg]	74
Exposure time[min]	5,10,20,50
Sample size[mm ²]	10×10

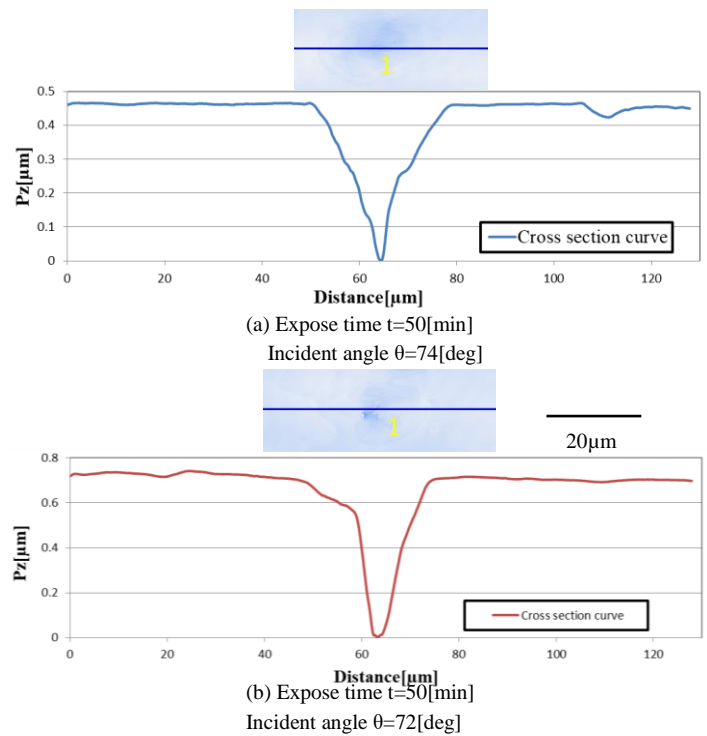


Fig. 3 Processing mark and cross section curve

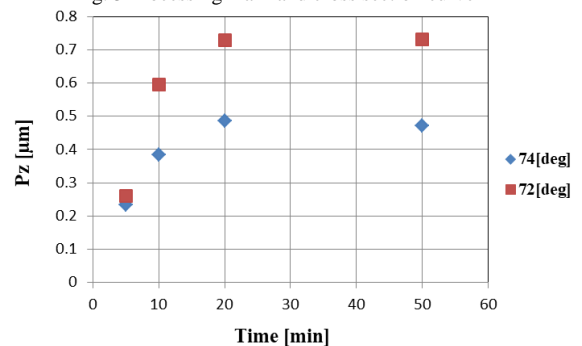


Fig. 4 Relation between exposure time and processing depth

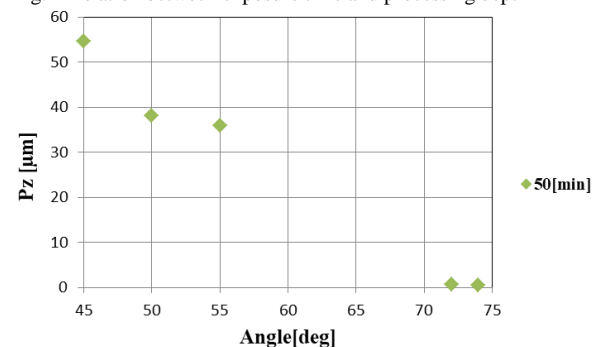


Fig. 5 Relation between incidence angle and processing depth