

# レーザ集光性能を高めたステルス ダイシング装置

浜松ホトニクス株式会社

代表取締役社長 晝馬 明

電子管事業部第6製造部	渥美 一 弘
電子管事業部第6製造部	内山 直 己
電子管事業部第6製造部	栗田 典 夫
事業化推進PRJインテグラルオプティクス部	福満 憲 志
電子管事業部技術部電子管設計第2G	福世 文 嗣
電子管事業部第6製造部	久野 耕 司

## はじめに

半導体ウェハなどのダイシングにおいて、従来のブレードダイシングやレーザダイシングでは、洗浄工程に伴う廃水処理や熱ダメージによる発塵等の問題があった。またメモリー素子においては、記憶容量を高めるために立体的にウェハを積層するため、ウェハの厚みを薄くしてダイシングする必要があり、チップングが生じるなど歩留まりが低下する問題があった。これらの問題を解決するためにステルスダイシング技術を開発した。ステルスダイシング技術は、「レーザを用いて、内部加工を行ってウェハを高品質に分割する」ダイシング方法である。今回、レーザ集光性能を高めることにより、従来の2倍加工速度を向上させたステルスダイシング装置を開発した。ステルスダイシング装置は、「完全ドライプロセス化の確立」や「切シロの極小化」などの実現により、世界中の量産工程で稼動している。

## 開発のねらい

半導体ウェハなどのダイシングにおいて、従来のブレードダイシングではチップングや発塵による歩留り低下や洗浄工程に伴う純水使用及び廃水処理を必要とする問題があった。また従来のレーザダイシングでは対象材料に対して吸収性の波長を有するレーザを使用するため、熱影響やデブリ汚染により歩留まりが低下する問題があった。これらの問題を解決するためにステルスダイシング技術を開発している。ステルスダイシングとは、対象材料を透過する波長のレーザ光をウェハ内部に集光して、ステルスダイシング (SD) 層と呼ぶ分断の起点となる改質層を選択的に形成し、テープエキスパンドなどの外力を加えることで、SD層から伸びる亀裂を表裏面に進展させ分割を行うダイシング方法である。透過光を使用するため、ウェハ表面に熱ダメージが発生しない。また、削りシロが無いため、ウェハあたりのチップ収率を究極まで高めることが可能である。弊社がこれまで世に送り出してきたレーザ加工装置やIC薄膜除去装置などで培ってきたレーザ技術、光学系技術を基

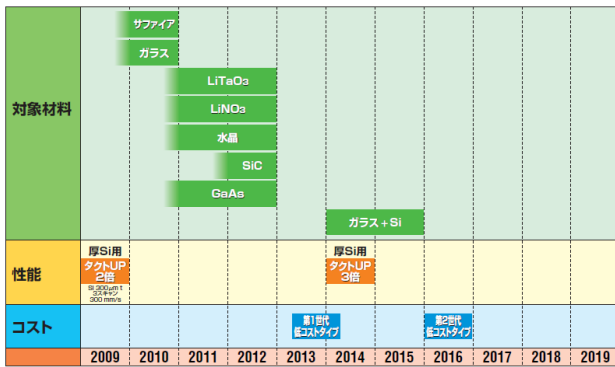


図1 開発ロードマップ

にして、ダイシング装置搭載用にユニット化したものがステルスダイシングエンジンである。2002年より開発を開始して、2004年12月にSi用のステルスダイシングエンジンを製品化した。それ以降Siウェハ、サファイアウェハ等の切断用として、エンジンの性能向上と各種材料へ適用できるように開発を続けている。図1に開発ロードマップを示す。

### 装置の概要

図2にステルスダイシングの基本概念を示す。使用されるレーザビームは、ビーム品質が高くパルス幅が短いため、SDエンジン内の高NAな光学系で集光すると時間的・空間的に圧縮されて局所的に非常に高いピークパワー密度状態を形成する。この集光過程において、あるピークパワー密度を超えると、非線形吸収効果により局所的に非常に高い吸収特性を示す現象が発生する。この現象を利用して、半導体ウェハ内部の焦点付近でのみ非線形吸収効果が発生するようにして半導体ウェハの表面や裏面にダメージを与えることなく、内部にのみ局所的・選択的なレーザ加工を可能にしている。ウェハ内部には、レーザ集光点付近にSD層と呼ぶ改質層が形成され、その上下端からウェハの表裏面に向かってクラックが発生する。

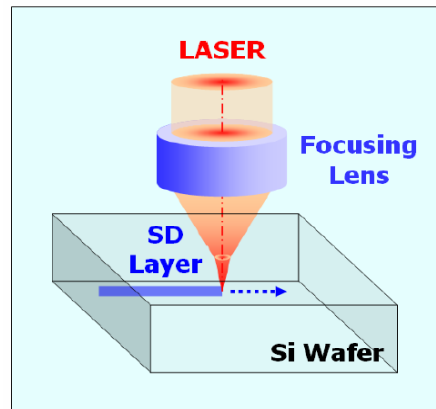


図2 ステルスダイシングの基本概念

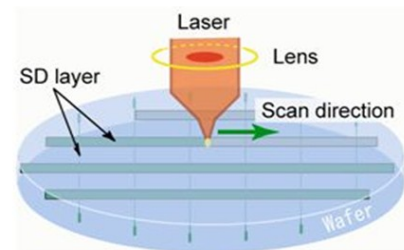


図3 レーザ加工工程

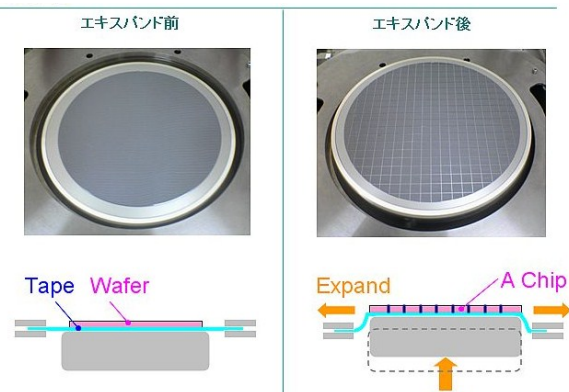


図4 分断工程

ステルスダイシングの加工工程は、①レーザを照射し、ウェハ内部にSD層を形成するレーザ加工工程と②ウェハに引っ張り応力を加え、SD層を起点としてウェハを分割する分断工程の2つの工程に分かれている。

#### 【レーザ加工工程】

図3にレーザ加工工程を示す。レーザ加工工程では、テープマウントされたウェハのダイシング予定ラインに沿ってレーザ光をスキャンし、ウェハ内部にSD層を形成する。ステルスダ

イシングでは 専用のレーザ及び、専用光学系により、ウェハ内の任意の位置に選択的加工を行うことが可能である。そのため、表裏面に加工による損傷や汚れを発生させることが無くて純水での洗浄を必要としないので、完全ドライプロセスが実施できる。また、専用 Auto Focus (AF) 機構により、高速加工が可能である。これらのレーザ加工工程は、ステルスダイシング搭載ダイサにて実施される。

### 【分断工程】

図4に分断工程を示す。分断工程では、レーザ加工工程を終え、切断予定ラインにSD層を形成済みのウェハに対し、テープエキスパンドなどで外力を与えることによって、SD層から垂直に伸びる亀裂を表裏面に成長させ、個々のチップに分割する。分割は亀裂の進展によって行われるため、削りシロは基本的には $0\mu\text{m}$ になる。そのため、分割面をアクティブエリアに近づけることや、極薄ウェハやMEMS (Micro Electro Mechanical System) ウェハをストレス無く分割することが可能である。

図5にブレードダイシングとステルスダイシングの加工比較を行った結果を示す。左側がブレードダイシングの加工結果である。チップのエッジにたくさんの欠けがあることが分かる。それに対して右側のステルスダイシングの加工結果には、欠けがなく極めてきれいな品質で加工されていることが分かる。

### 装置の特徴

図6に開発したステルスダイシング装置を示す。ウェハの上部にレーザ発振器と光学ユニットを内蔵したSDエンジンを配置して、ウェハをダイサのステージを使って高速に移動しながら加工する。またウェハ内部の決められた深さに加工で

きるようにウェハ表面の凹凸に沿って対物レンズを動かすAF機構を備えている。

SD層から上下に伸びる亀裂の長さが加工速度に影響する。また、加工進行方向に直線状に亀裂をつなげることが加工品質に影響を与える。これら2つの課題を満足させるように亀裂を制御するためには、以下のことが重要になる。レーザ発振器からビーム品質の良い安定したレーザパルス出力を得ることとAF機構を使って安定した加工深さを実現することである。今回加工速度 $400\text{mm/S}$ のステージ移動速度に対して、空気中で $2\mu\text{m}$ の精度で追従できる性能をもったAF機構を開発した。

またさらに長い亀裂を得るために、空間光変調器 (LCOS-SLM) を内蔵しているLBAユニットを開発した。ウェハ内の1点にレーザ光を集光させることが亀裂を伸ばすために必要である。しかし、深い位置にSD層を形成しようとする

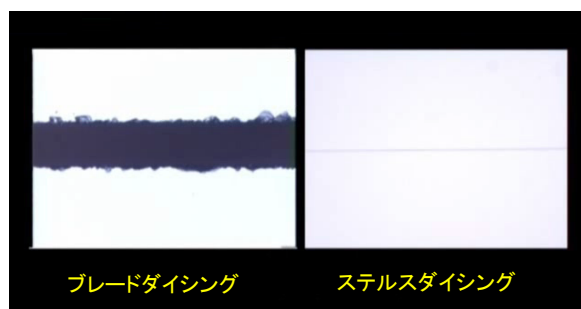


図5 ダイシング結果の比較

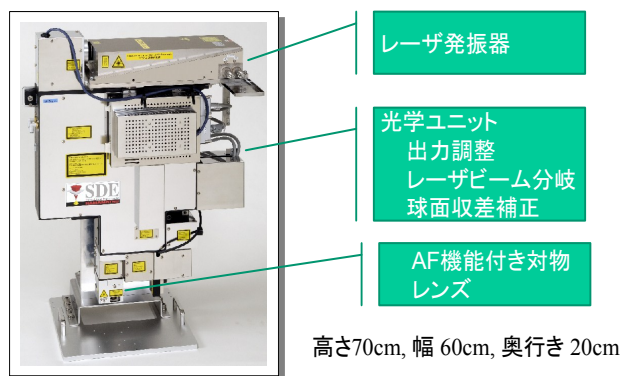


図6 開発したステルスダイシング装置

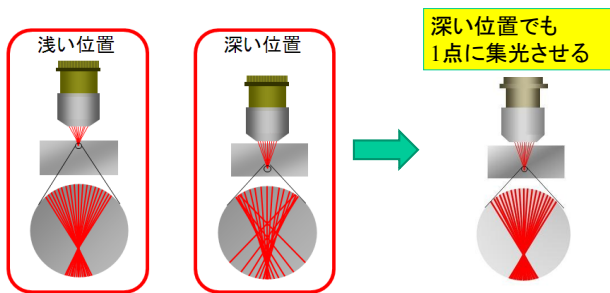


図7 球面収差補正の概念図

面収差によってレーザー光の集光性能が落ちるので、LBAユニットを使って、レーザー光がウェハ内に入射する際に受ける収差を補正した。概念図を図7に示す。

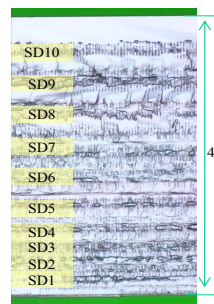
### 実用上の効果

ステルスダイシングは、チップ収率が高い技術である。内部加工によりチップングや発塵を抑制して歩留まりを向上させ、ダイシングストリートを狭めることでチップ収率を向上させている。さらに洗浄工程を必要としない完全ドライプロセスのため、純水や廃水処理を必要としない、環境にやさしい技術である。ステルスダイシングエンジン搭載装置は消費電力を68%削減可能（一定加工条件下）、さらに完全ドライプロセスである特徴から純水を必要とせず、純水製造・排水等まで考慮すると消費電力を77%削減可能である。

また、SDエンジンの集光性能を向上させることによって、加工速度を高めることが出来た。このことによって、ランニングコストの低減が可能になり、ステルスダイシングの普及が促進されると思われる。

図8に性能比較を示す。2004年12月に開発したステルスダイシング装置では、厚さ400μmのSiウェハを分断するのに10本のSD層が必要であった。これに対して、2011年2月に開発した装置では、LBAユニットを使って集光性を向上する

2004年12月 開発のエンジン



2011年2月 開発のエンジン  
タクトアップ2倍

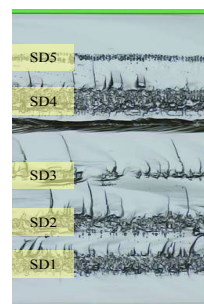


図8 性能比較

ことにより、亀裂をさらに伸ばして5本のSD層で分断することが可能になって、加工時間が半分になり加工性能が2倍向上した。

### 知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記のとおりである（2010年10月末現在）。

日本国特許第3408805号

名称：切断起点領域形成方法及び加工対象物切断方法

その他に以下のような数の特許を申請している。

	日本	米国	台湾	韓国	中国	EU	他
登録数	59	20	15	18	34	4	26
申請中	80	45	50	43	40	59	45

### むすび

ステルスダイシング技術は、現在の半導体ウェハのダイシングの課題を解決する画期的な方法である。また、この技術は脆性材料の切断に有効であり、エネルギー問題に対するキーデバイスとして期待されているSiCウェハの切断にも有効であることが分かっている。このステルスダイシングのより高い加工速度の向上と低コスト化を図ることによって、普及を促進して社会に貢献していきたいと考えている。