

化学強化ガラスへの内部吸収型レーザダイシング技術 の応用

—ステルスダイシング技術 (Stealth Dicing)—

浜松ホトニクス (株) 電子管事業部 第6製造部 市場開発グループ

河 口 大 祐

Application of the internal resorption type laser dicing technology for chemically tempered glass —Stealth Dicing—

Daisuke Kawaguchi

HAMAMATSU PHOTONICS K. K. Manuf. #6, Business Development Group Electron Tube Division

緒言

浜松ホトニクスは、既存の砥石切削型ダイシング技術の抱える問題点を解決し、さらに同工程における生産コストの削減にも寄与する新たなダイシング技術として、内部吸収型レーザダイシング技術 (ステルスダイシング技術) を開発した。

対象デバイスは極薄化の進む Flash Memory を始め、回路の高速化/高集積化に伴い層間絶縁膜開発の進む Low-k Device や、高速無線通信の RF IC、低コスト化の加速に伴い Wafer 単位での Die の取得率向上を狙った Discreet IC や Liner Image Sensor、などの Si Wafer を基板とした半導体の量産工場を中心に普及が加速してきた。

さらに、近年の白色 LED 市場の拡大を受け

て、Sapphire Wafer 向けの装置出荷台数を増やしてきた。また、Power IC 等にも採用が加速する SiC Wafer にも技術の適応を拡げている。

また、最近のスマートフォンに代表されるタッチパネルにおいては、主に化学強化ガラス (Chemically Tempered Glass) が採用されている。この化学強化ガラスの表裏面には強化層 (圧縮応力場) が形成されて、その強化層の厚さが強度に比例するため、タッチパネルの強度を求める市場ニーズに応じて、強化層厚さを増している。このようなガラスを既存工法で切断する事が困難であり、新たな課題となってきた。

しかし、弊社の開発したステルスダイシング技術を用いる事で、化学強化済みのガラスを精度よく、高スループットで加工する事が可能となる。

本稿では、はじめにステルスダイシング技術の原理的な説明をした上で、化学強化ガラスに対するステルスダイシング技術について紹介する。

内部吸収型レーザーダイシング（ステルスダイシング）

ステルスダイシング技術の基本的な原理を図1に示す^{[3][4]}。

ステルスダイシング技術とは、レーザーを用いた新しい概念のダイシング技術であり、我々は他のレーザーダイシング方法と区別するために「内部吸収型レーザーダイシング」と称している。

対象基板に対して光学的に透明な波長のレーザー光を用いて、Wafer内部の任意の位置に集光。集光点付近で、対象基板材料の加工閾値を超えるエネルギー密度となるよう調整された光学系で、その内部に局所的に改質層（SD層）を形成する。同時にこの形成過程でSD層に沿ったき裂が形成される。そのき裂をウェハ両表面に伸展させ、チップに小片化するダイシング方法である。

このステルスダイシング技術の特長を以下に示す。

- 1) 完全チップングレス
- 2) 発塵レス
- 3) 完全ドライプロセス
- 4) 切削幅=ゼロ
- 5) チップ収率向上

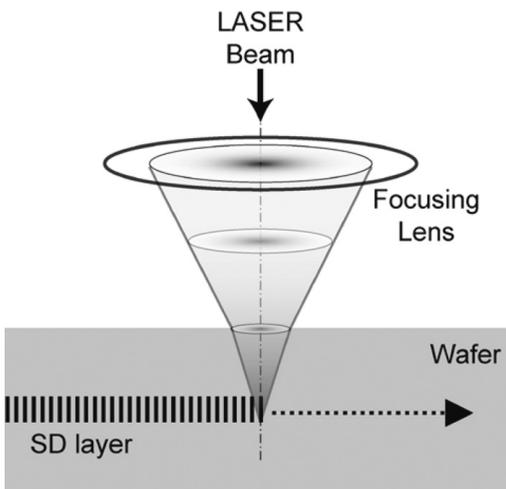


図1 レーザ内部吸収による改質層の形成（高転移密度層の形成）

内部吸収型レーザーダイシング技術と表面加工型レーザー加工技術

ステルスダイシング技術は内部吸収型レーザーダイシング技術であり、材料内部に分割の起点を形成し、外部応力によって切断する技術である。切削除去領域も無く、レーザープロセス時に表面及び裏面テープ材などに一切のダメージを与えることのない、対象材料に極めて低負荷なダイシング技術といえる。尚、レーザーダイシング技術というと、表面吸収型レーザー加工技術であるアブレーション型レーザー加工技術を想像されるケースが多いため、その詳細に関しては参考文献を紹介する^{[1][2]}。

図2に表面加工型レーザー加工技術との違いを示す。レーザー光をウェーハ表面に集光して表面加工した場合、ウェーハ内部に集光してレーザー加工した場合の加工結果を比較して示す^[5]。

ステルスダイシング技術の特徴はレーザー光をまず材料の内部に導光し、内部から加工を始める点にある。対象材料の表面に積極的にレーザー光を吸収させて、溝を掘っていく表面アブレーション方式とは明らかにその原理が異なる。

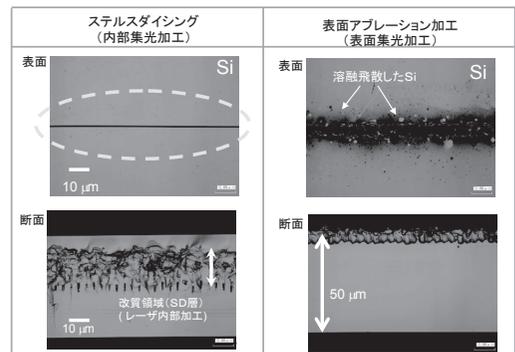


図2 ステルスダイシングと表面加工型レーザーアブレーションダイシングの比較

化学強化ガラスに対する Stealth Dicing 技術の応用

次にガラス材料に対するステルスダイシング技術について説明をする。

ステルスダイシング技術によって内部に改質領域を形成すると、その領域から亀裂が材料の結晶方位に沿って伸展する現象が確認される。ステルスダイシング技術ではその亀裂の力を利用して分割する工法であるので、ガラスのような非晶質な材料には不利とされていた。

通常のをガラスを分割する為には、ステルスダイシング技術では1 passあたりの加工速度が500 mm/s程度での加工を達成する事が出来るが、厚さ100 μmに対し1 pass程度の改質領域を形成する必要があり、厚い材料を切断する為には多くのパス数必要としてしまい、結果的にはスループットが低下するという課題もあった。また、非晶質な材料な為、レーザ改質時のクラックが様々な方向へ伸展してしまい、結晶性のある材料に比べると品質が低下する、といった課題があり、ガラス材料への適応が難しいとされていた。しかし、化学強化ガラスに対しては、ステルスダイシング技術と非常に相性が良いという事が判明した。

化学強化ガラスは、イオン交換法により、ガラス外周部のNaとKを置換したガラスであり、傷が付きにくく強度が高いというメリットがあり、特にタッチパネル用途として使用されるガラスである。

化学強化ガラスは表面付近に強力な圧縮応力場を形成しているため、それに釣り合う形で内部応力が存在している。これが、既存工法での切断を不可能にしている要因である。既存のメカニカルな分割工法では、化学強化後のガラスを切断しようとした際に、表面に傷をつけた瞬間に内部応力の影響でガラスが粉々になってしまう。その為、化学強化後のガラスの切断は不可能であり、未強化のガラスを指定サイズに切断加工してから化学強化処理を行う、というのが常識であった。

化学強化ガラスの内部応力を表す式として、以下の式があげられる。

$$CT = CS \times DOL / (t - 2 \times DOL)$$

CT：内部応力 (MPa)

CS：狙い強度 (MPa)

DOL：強化層深さ (μm)

t：ガラス厚さ (μm)

このCT (Central Tension) の値が高いガラスになる程既存工法では切断加工が困難になる。また、CSやDOLを低下させる事でCTを下げる事で加工性を向上させる、という手段もあるが、ガラスの強度を低下させる方向になるため得策とは言い難い。さらに、tを大きくする(ガラスの厚みを増す)事でCTを下げる事が可能ではあるが、重量が増え軽量化の妨げになると考えられる。

以下に化学強化ガラスのステルスダイシング技術での切断結果を添付する。図3は切断後の交差点で、図4はSDでの分割後のガラス断面である。化学強化ガラスの厚さは0.5 mm、CT

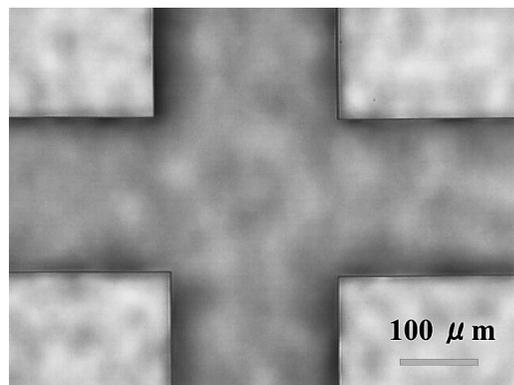


図3 分割後の交差点

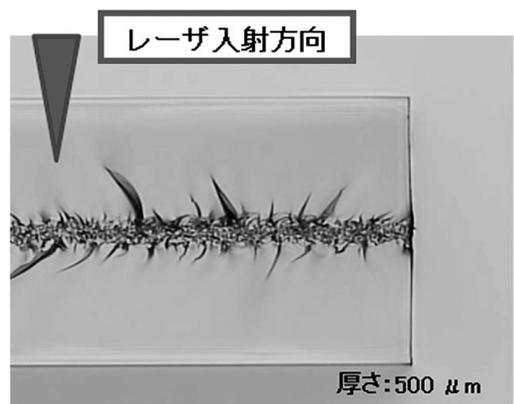


図4 分割後のガラス断面

値：65 MPaである。切断条件は、加工速度：500 mm/s で 1 pass である。従来の切断工法では化学強化後では硬すぎて切断が出来なかったCT値の高い化学強化ガラスでも、極めて高品質・高速に切断可能であることが写真からも判る。

また、既存の切断技術では、一定のCT値以下でないと切断加工する事が出来ないが、ステルスダイシング技術を用いた場合、高いCT値を持つ化学強化ガラスの方が高速かつ高品質に切断できる事も判ってきた。

高いCT値を持つ化学強化ガラスというものは、ガラス表面に強力な圧縮応力場を持ち、さらに内部には強力な内部応力が働いている。ステルスダイシング技術では、表面の圧縮応力場にキズをつけることなく、ガラス内部にレーザーを集光させて、その内部のみ選択的に改質させる。この時にその改質部は内部応力がゼロと等しくなり、そこで内部応力のバランスが崩れ、ガラスの内部応力が解放されて、元々表層近傍に形成されていた強化層（圧縮応力場）の方向へと亀裂が伸展する。その為、内部応力の強い（高いCT値を持つ）ガラスほど、低いレーザーエネルギーで少ないpass数で改質層を形成するだけで分割する事が可能となると、この現象を解釈している。

また、この時に分割する力は強力で、ステルスダイシング技術により内部に変質領域を形成しただけで、フルカットすることも可能である。

勿論、加工条件次第では、外部応力を印加して初めて小片に分割する工程を確立する事も可能であり、ニーズに応じて最適な加工レシピを提案している。

さらに、ステルスダイシング技術は、曲線などの自由な加工形状の加工も可能である。図5に、外周部にRの曲線を設けた化学強化ガラスの切断後のサンプルの一例を添付する。

このように、化学強化後の強化ガラスでも高速、高品質に切断・曲線加工する事が可能であ



図5 R曲線のある加工

るため、タッチパネルの歩留まり向上や、CoOの削減に寄与できる技術だと考えている。

従来技術では、化学強化前の強化ガラスを一旦指定サイズに切断し、外周部を研磨してR面を形成した上で、化学強化処理を行っていた。しかし、ステルスダイシング技術を用いる事で、予め大判のガラスパネルを化学強化処理まで完了した上で、最終的な加工形状に切り出す事が可能になる。

これにより製造工数の大幅な削減と、切断のスループットの向上を実現し、コストの削減に貢献する事が可能となる。

まとめ

今後、ますます薄く、高強度の求められるTablet PCやSmart Phone用のガラスパネル市場では、高いCT値を有する化学強化ガラスの切断技術の重要度は高まってくるものと考えている。

浜松ホトニクスは、これら化学強化ガラスの高CT値化に伴い、高品質かつ高速に切断可能なステルスダイシング技術の特長を生かし、同材料の切断加工プロセスの低コスト化、高品質化に貢献できる新たな技術開発を今後も続けて行く。

参考文献

- [1] B. Richerzhagen, D. Perrottet, and Y. Kozuki,

- “Dicing of wafers by patented water-jet-guided laser: the total damage-free cut”, Proc. of the 65 th The Laser Materials Processing Conference, 197-200, 2006.
- [2] P. Chall, “ALSI’s Low Power Multiple Beam Technology for High Throughput and Low Damage Wafer Dicing”, Proc. of the 65 th The Laser Materials Processing Conference, 211-215, 2006.
- [3] F. Fukuyo, K. Fukumitsu, N. Uchiyama, “Stealth Dicing Technology and Applications”, Proc. 6 th Int. Symp. on Laser Precision Microfabrication, 2005.
- [4] K. Fukumitsu, M. Kumagai, E. Ohmura, H. Morita, K. Atsumi, N. Uchiyama, “The Mechanism of Semiconductor Wafer Dicing by Stealth Dicing Technology”, Proc. 4 th International Congress on Laser Advanced Materials Processing, 2006.
- [5] Etsuji. Ohmura, Masayoshi ; Kumagai, Kenshi ; Fukumitsu, Koji ; Kuno, Makoto ; Nakano, and Hideki. Morita, “Internal Modification of Ultra Thin Silicon Wafer by Permeable Pulse Laser”, Proceeding of the 8 th International Symposium on Laser Precision Microfabrication, 2007.