

# 技術説明会2022

2022年12月

# ウェーハ個片化技術の未来

## 将来の見通しに関する注意事項

このプレゼンテーションに掲載されている当社の現在の計画、見通し、戦略、その他の歴史的事実でないものは、将来の業績に関する見通しであり、これらは現在入手可能な情報から得られた当社の経営者の判断に基づいております。

実際の業績は、さまざまな重要な要素により、これらの業績見通しとは大きく異なる結果となりうることをご承知おきください。

実際の業績に影響を与えうる重要な要素には、世界・日本経済の動向、急激な為替相場の変動ならびに戦争・テロ活動、災害や伝染病の蔓延等があります。

- ブレードダイシングの他にレーザやプラズマによるダイシング装置もラインナップ
- シリコンの加工を例にそれぞれの特徴を紹介します。

	ブレード	レーザ (アブレーション加工)	レーザ (ステルス加工)	プラズマ
イラスト	<p>ブレード</p>	<p>集光レンズ 短パルスレーザ ウェーハ</p>	<p>集光レンズ 短パルスレーザ ウェーハ 改質層</p>	<p>フッ素プラズマ</p>
加工法	ブレード（砥石）で削る加工	局所的にレーザを集中させ、固体を昇華・蒸発させる加工	レーザをワーク内部に集光し改質層を形成後、外力により割断する加工	プラズマ化したエッチングガスにより、切断箇所を除去する加工
断面		<p>SEM×400 ウェーハ厚み：50μm</p>	<p>SEM×500 ウェーハ厚み：100μm</p>	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・汎用性が高く、ブレード交換により、さまざまな素材に対応</li> <li>・実績多数で、技術的に確立している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非接触加工で、機械的負荷が小さい</li> <li>・ブレードでは難しい硬質材料に対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内部加工のため加工屑が少ない</li> <li>・水を使用しないドライ加工が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウェーハ全面を一括加工するため、微小チップ向け</li> <li>・加工ダメージが小さく高チップ強度</li> </ul>
用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大半のIC/LSI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高速なロジックICに使われる機械的強度が低い絶縁膜(Low-k膜)の除去</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・微小な機械構造のMEMSデバイス</li> <li>・加工屑を嫌うイメージングデバイス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・RFIDなど</li> </ul>

- ブレードの自生発刃を利用した切削加工

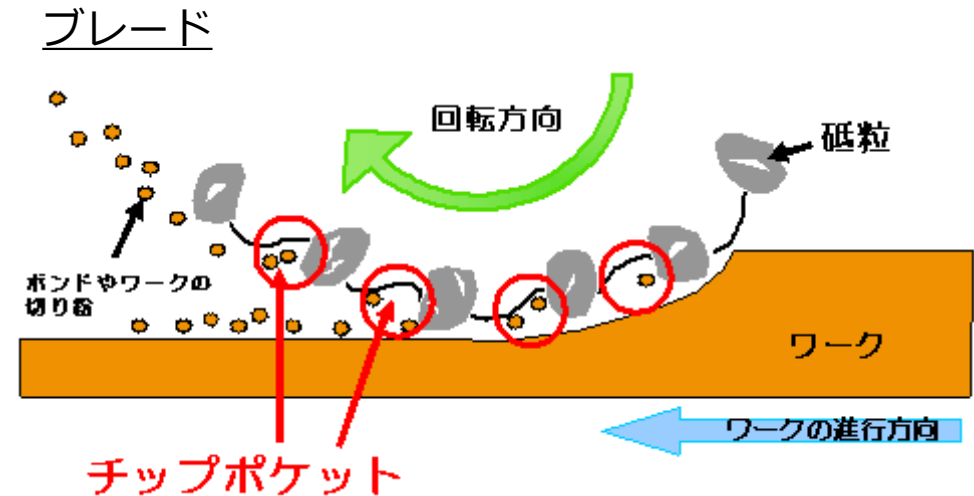
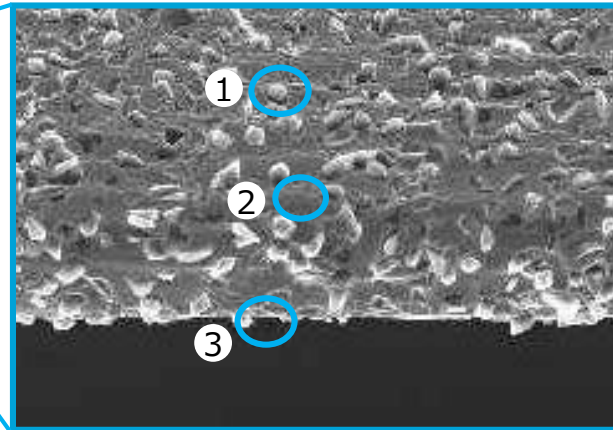


## 砥石の3大要素

ダイシングブレード



① 砥粒	加工を行う刃
② ボンド	ダイヤモンド砥粒の保持
③ チップポケット(気孔)	加工屑の掻き出し、切削水を巻き込み冷却

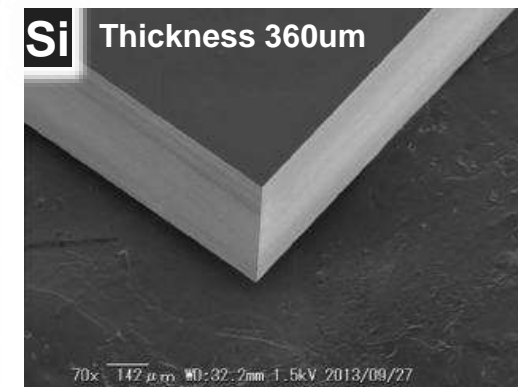


- チップポケットが、切り粉を掻き出す役目を担う
- また、ブレードでは水を溜め込むことで、冷却の役目も果たす

- 半導体IC、LSIをはじめ、様々な精密部品の切断に使用
  - しかし、構造の進化、材料の変化で加工技術への要求も高度化

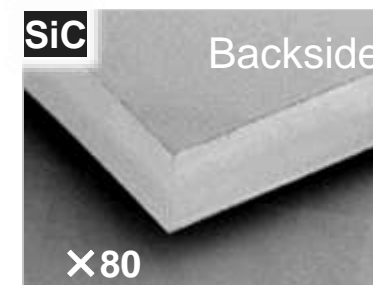
## 形状 / 構造の変化

分類	デバイス	変化の傾向	現状
半導体	DRAM	基板の低背化	Si厚み 50-150 $\mu$ m
	NAND	セルトランジスタの高層化 基板の低背化	Si厚み < 50 $\mu$ m
	ロジック	回路の微細化、高集積化 基板の低背化	Si厚み < 50 $\mu$ m
	RFID	チップサイズの小型化	チップサイズ < 1 mm
電子部品	セラミックコンデンサ	内部電極の多層化 チップサイズの小型化	コンデンササイズ 0.2 x 0.4 mm
医療部品	超音波プローブ(PZT)	高周波数化	周波数 2 - 12 MHz

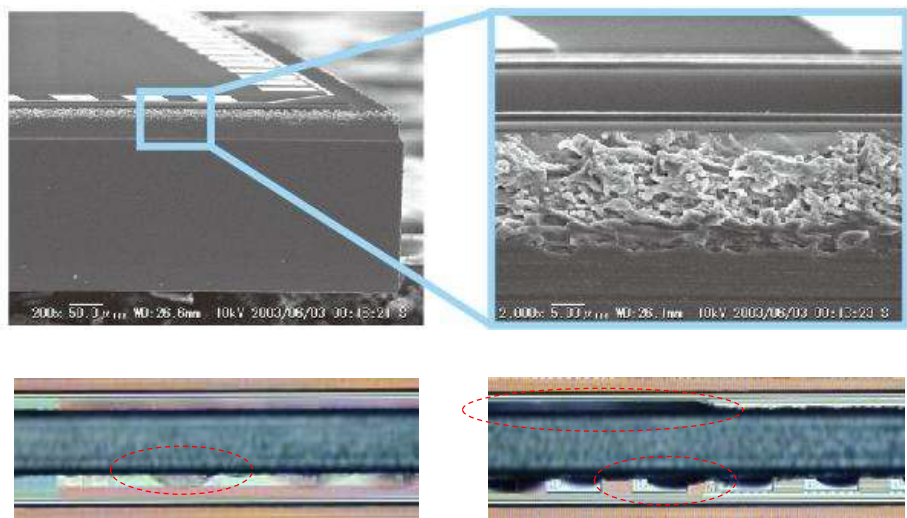


## 素材の変化 (従来はシリコン基板)

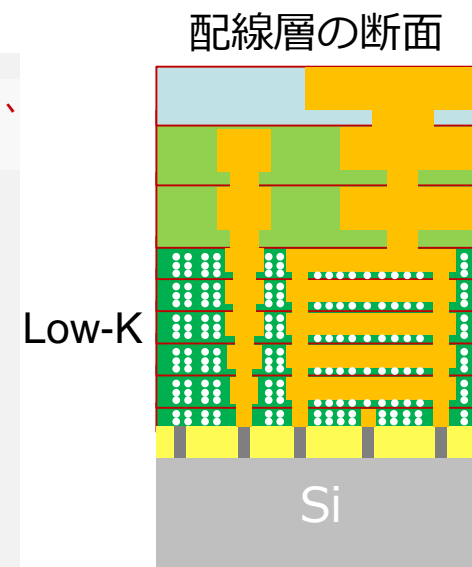
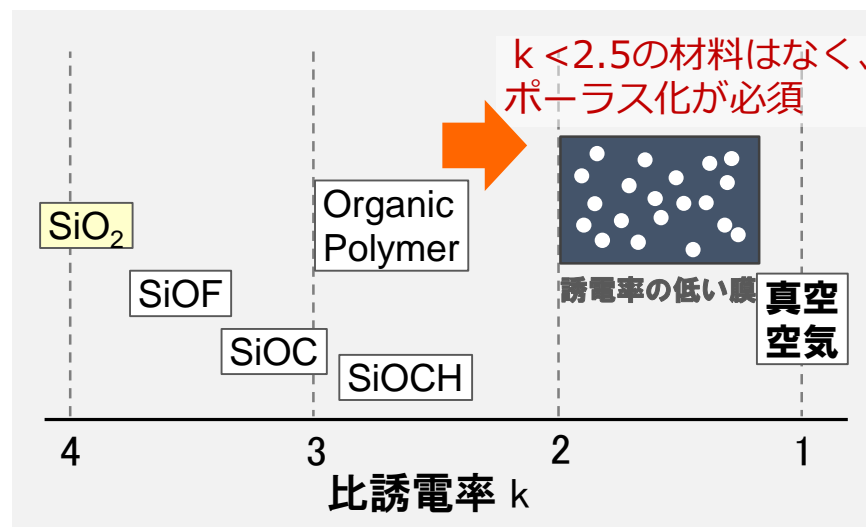
分類	デバイス	変化の傾向	採用拡大中
半導体	パワーデバイス	省電力化 小型化	SiC GaN(窒化ガリウム)
電子部品	SAWフィルタ	高周波対応	LiTO3(タンタル酸リチウム) LiNbO3(ニオブ酸リチウム)



- LSIの微細化、多層配線化
- 層間絶縁膜に低誘電率(Low-k)材が採用
- 機械的強度が弱いため、ブレード加工による膜剥がれ発生



誘電率を低く抑えるため、膜全体にナノレベルの空洞が形成  
機械的強度が低下



中間にLow-k層があり  
機械的加工で地盤沈下

➡ 機械的負荷が低い加工が必要

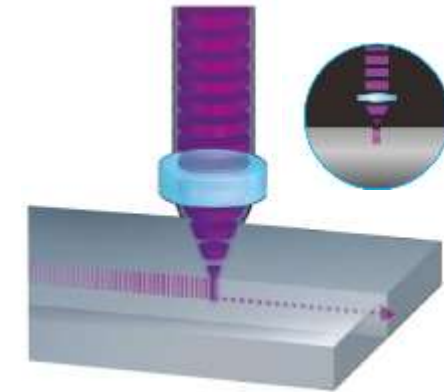
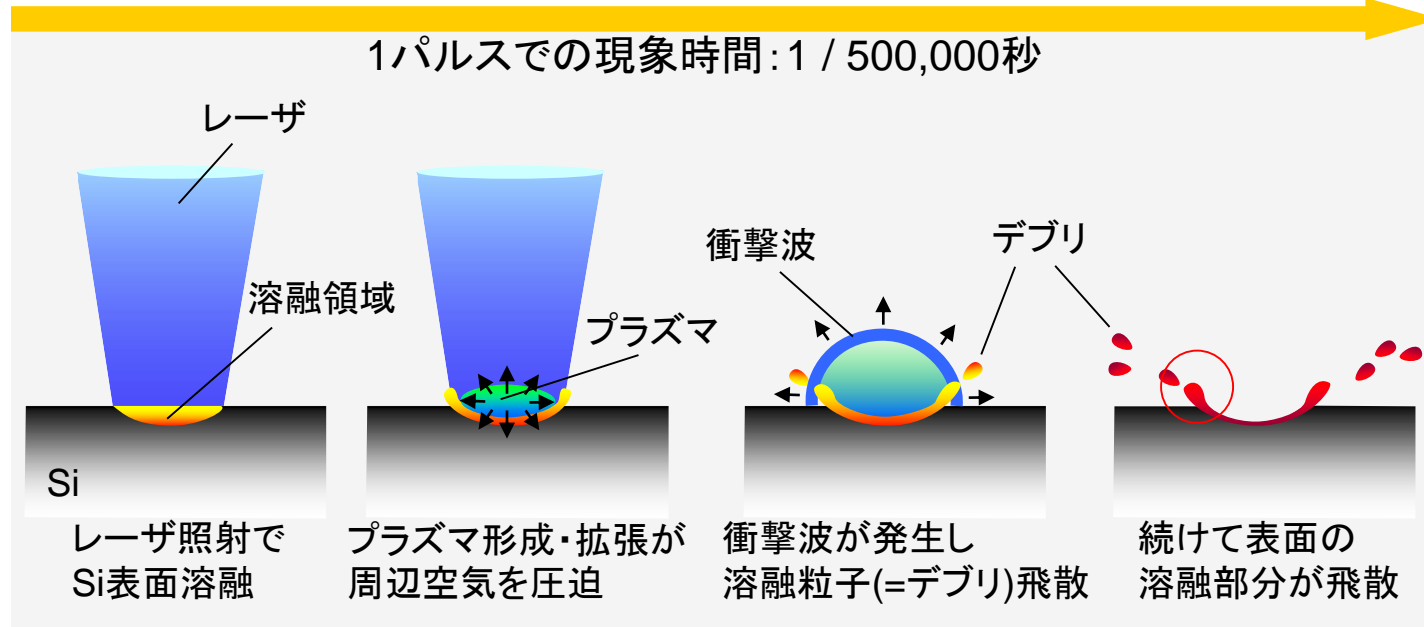


- 主に2つの加工方法を提供

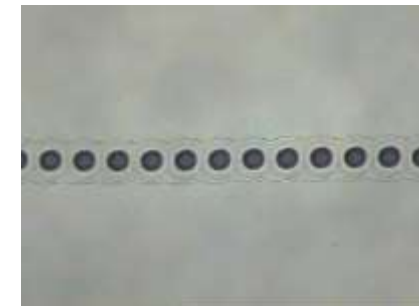
プロセス	アブレーション	ステルスダイシング
加工方式	<p>表面にレーザを集光</p>	<p>材料内部に集光</p>
メリット	アプリケーション適用範囲が広い	狭カーブ ドライブプロセス
デメリット	デブリの発生	SD加工可能なワークに制限あり (e.g. 素材、チップサイズ、金属膜の有無など)
主な デバイス	ロジック コントローラ BSI(イメージセンサ) LCDドライバ	MEMS NANDフラッシュメモリ ラインセンサ

- レーザを被加工物に吸収させ表面から気化させる方法
- 被加工物に対して吸収が良いレーザが必要

## 加工現象イメージ図



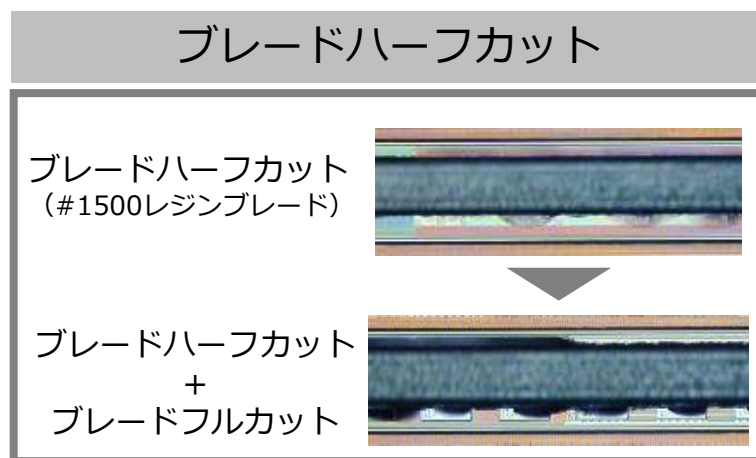
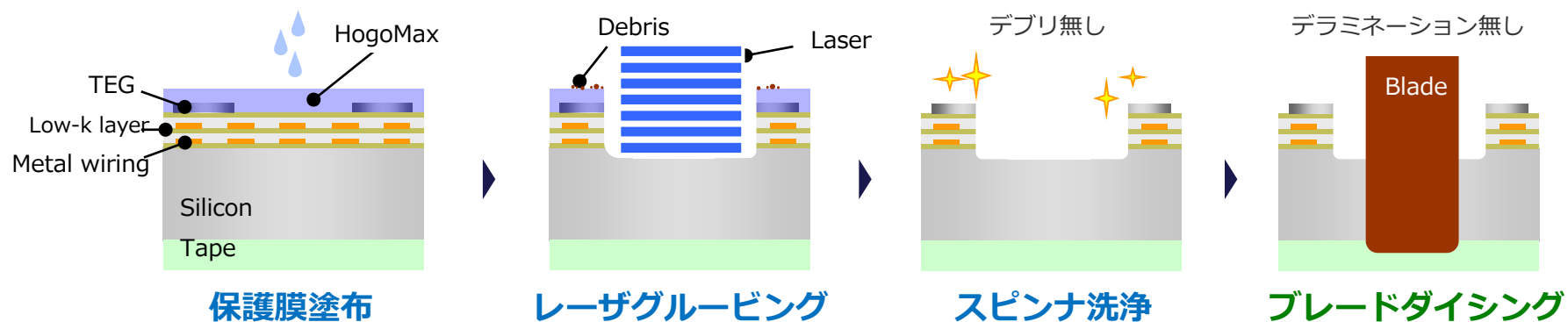
シリコンの加工例  
パルスを重ねない場合



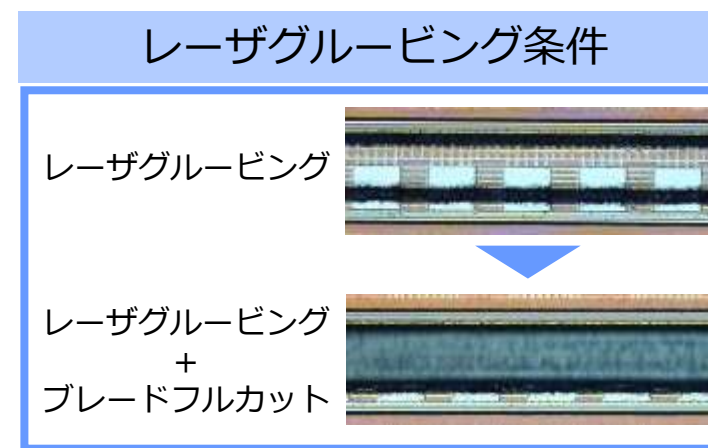
表面にエネルギーを集中→様々な材料の加工が可能



- 非接触のレーザーで配線層を除去
- 機械的な加工負荷を加えないため、層間絶縁膜の剥がれなし



ダイシングによる膜剥がれ発生

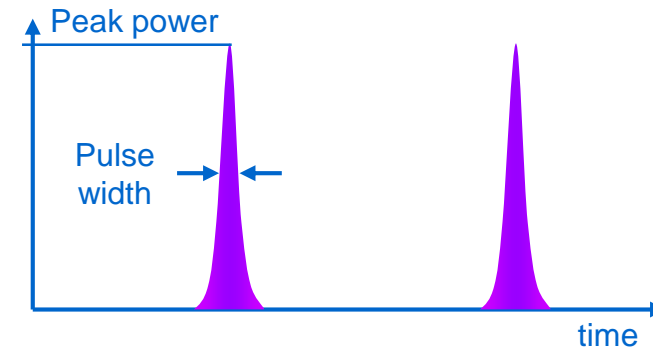
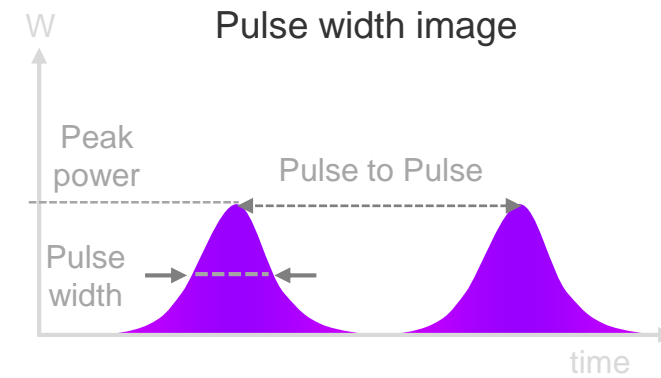


膜剥がれ&デブリ無し

- 熱ダメージの少ないレーザー加工
  - 従来レーザーと比べ、1パルスの時間が短く加工時の溶融が少ない
  - レーザヘッドは外部調達のため光学系の設計が重要

## Application example: Si laser grooving

Pulse width	cross section	
Current laser		
Short pulse laser (under dev.)		



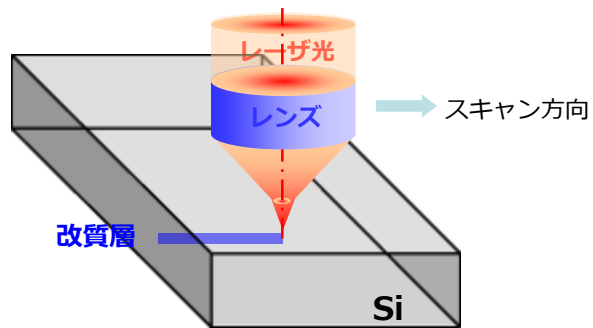
メリット	デメリット
熱負荷が少ない	深掘りしづらい 光学部品の劣化

- SDプロセスフロー

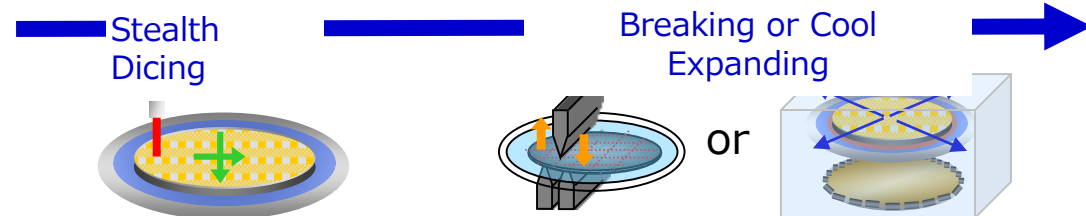
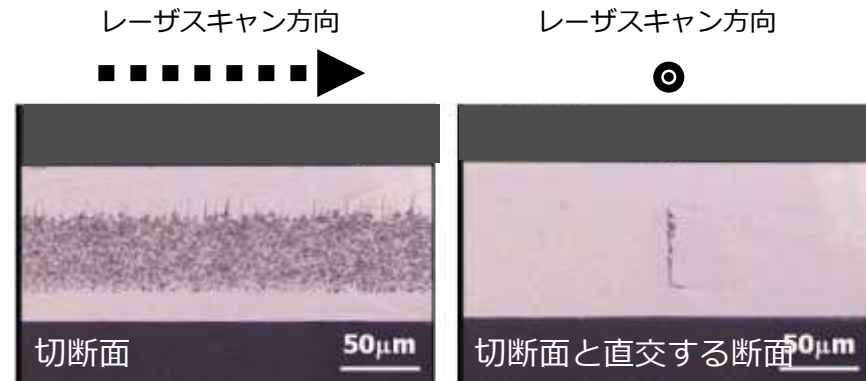
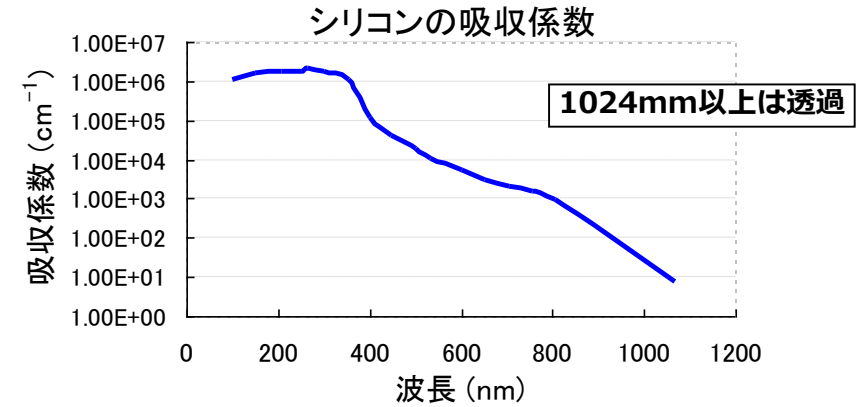
- 改質層の形成

- Siを透過する光を集光することにより、非線形吸収を発生させる
      - ▶ 集光点以外ではダメージを与えない

- 改質層の形成



伸縮性のあるテープに貼り付け



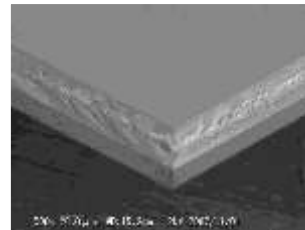
- 水を全く使わないドライプロセス
  - 水を嫌うMEMSウェーハも、破損なく加工可能
- 加工時にワークに機械的負荷がかからない
  - 強度の低い極薄ウェーハ / MEMSも加工可能

ダイシングソーと比較して、  
年間で25mプール  
約10杯分の純水を節約

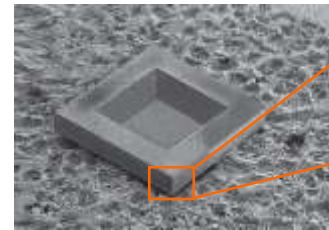


シリコンデバイス

狭ストリートの  
ウェーハ



DAF付き  
薄ウェーハ



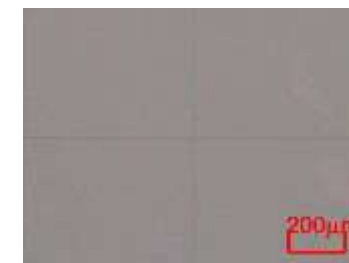
MEMS

加工に水が使えないMEMSウェーハ



- コンタミネーション発生なし
  - ワーク内部の改質により、加工屑が出ない
- カーフ幅ほぼゼロの加工
  - カーフ幅を極限まで細くできるため、チップ収量が向上

SD後



エキスパンド後



## • アブレーション

- 配線間に絶縁膜(Low-k材料)が採用されているデバイス

- ロジック
- コントローラ
- BSI
- LCDドライバ

- アナログデバイス

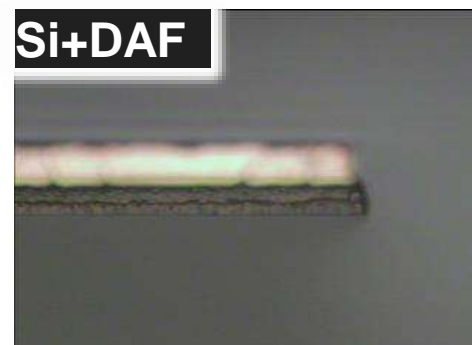
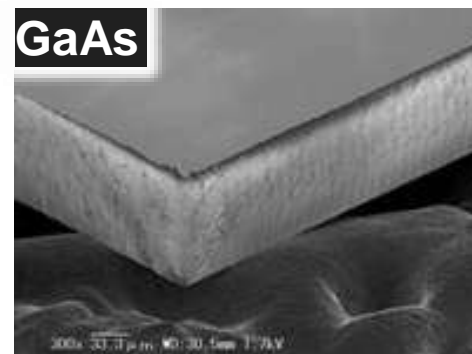
- RFIC

- パワーデバイス

- IGBT など

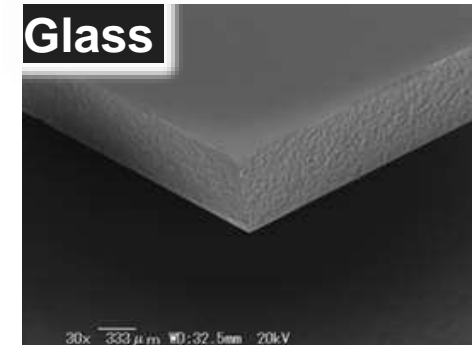
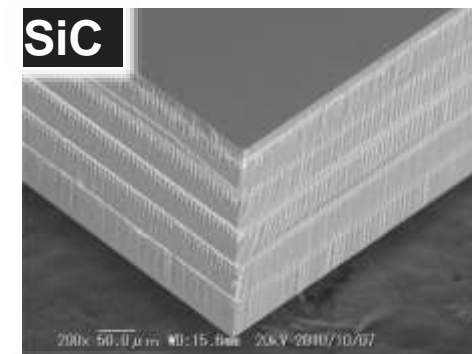
- その他

- DAFカット



## • SD

- 水使えない
  - MEMS (Siマイク)
- 極薄デバイス
  - NANDフラッシュ
- 長尺 or 小チップ
  - ラインセンサ
- 脆性材料
  - SAWデバイス
- 光り物
  - 青色LED
- その他
  - 積層DRAM
  - シリコンフォトニクス

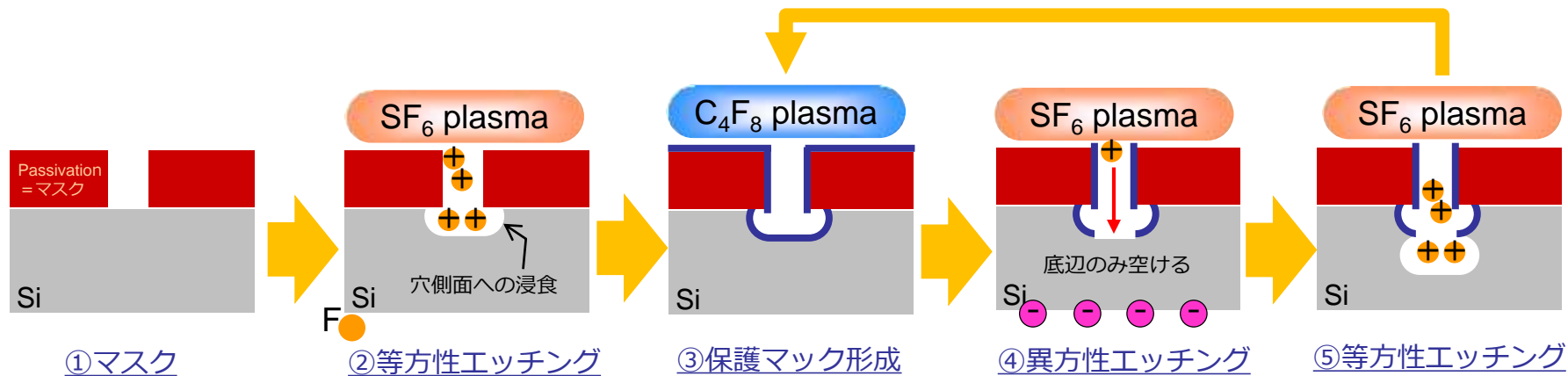


レーザの優位性で多くの分野で採用履歴あり  
→ ほとんどがブレードダイサの補完 or できない分野

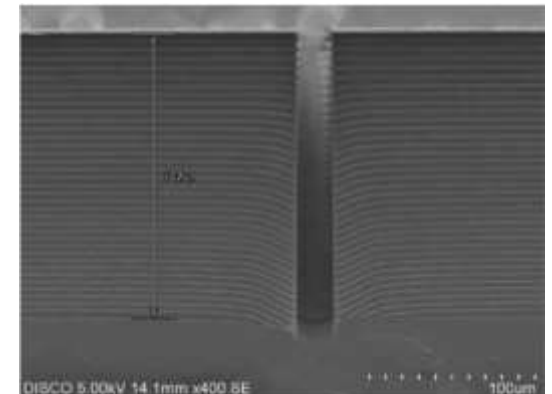
➡ 機械的負荷は無い。だが無傷ではない

- 基本原理は反応性ガスを使ったドライエッチング
  - 細く深い穴を掘る場合、通常エッチングでは側面への浸食が発生（図②）
  - そのためBoschを採用。（ドイツRobert Bosch社によって1992年に開発されたプロセス）
  - 『エッチング』と『成膜』を交互に繰り返す事で、深掘りが可能となった

## “Bosch process”

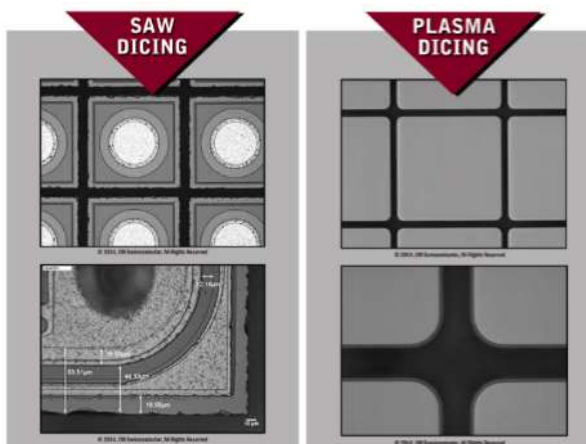


加工結果例

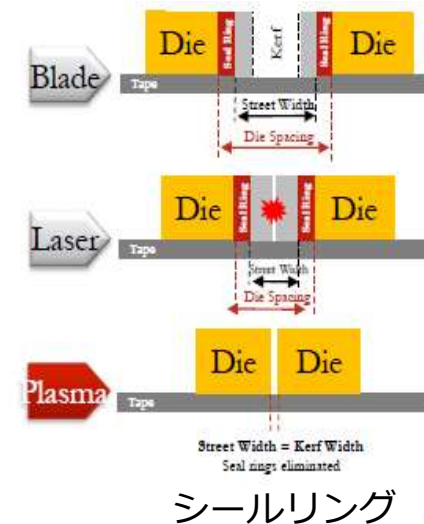




- チップ強度向上
  - 無クラック・無チップングが実現可能
  - 物理的、熱的ダメージが無い
- 高UPH
  - 面加工で全ラインを同時に分割
- ストリート幅の狭小化でチップ取り個数が増加
  - ドライエッチングによる狭カーブ
  - チッピングがない為、シールリングが不要
  - カットシフトが無い



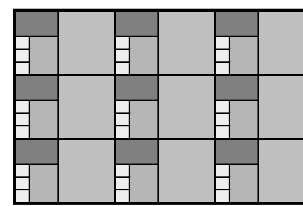
チップ強度



- 異形状の加工が可能
  - ラウンドコーナー
  - 四角以外のヘキサゴン
  - MPW, 円形など



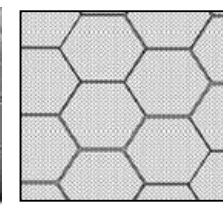
Round corner



MPW

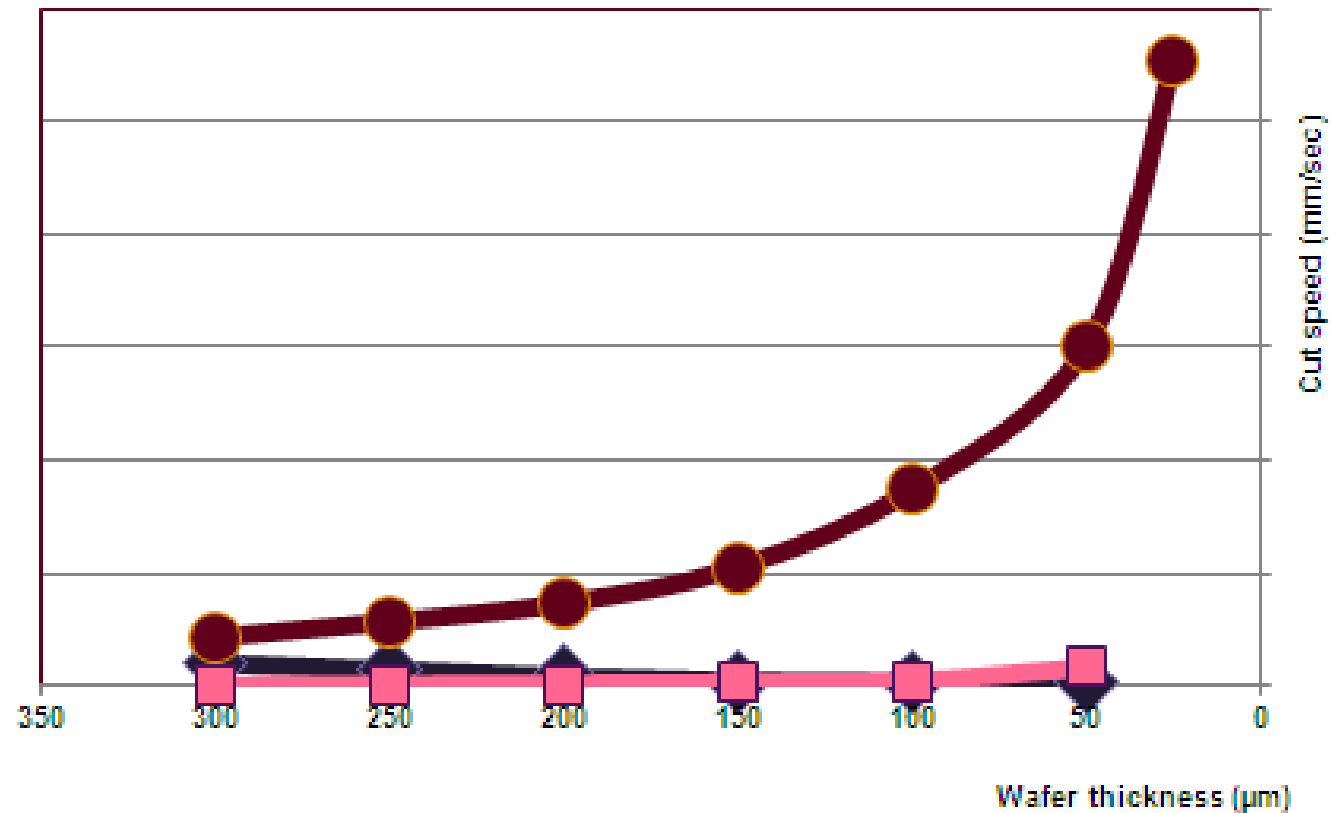


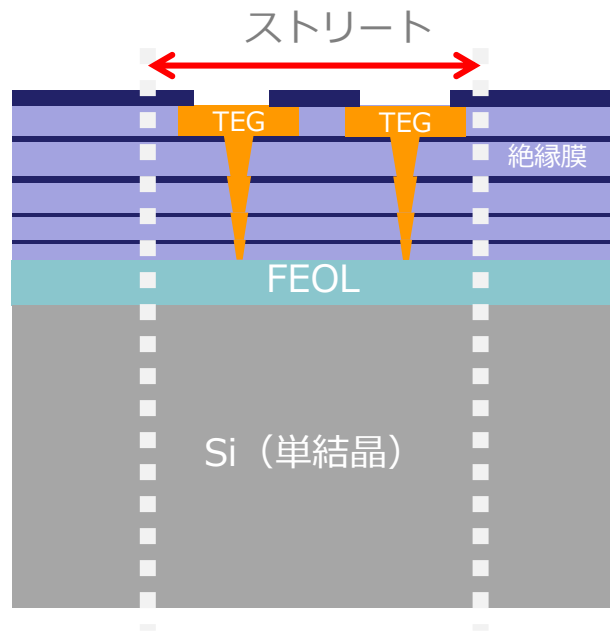
Round



Hexagon

- 薄ければ薄いほど飛躍的にUPH増加
  - 厚いデバイスにプラズマダイシングは不向き





ストリート（ダイシング箇所）には

配線層：SiNやSiO<sub>2</sub>、層間絶縁膜、配線金属

FEOL層：p型Si、n型Si、酸化膜、コンタクトメタル

Si基板：単結晶Si（ドーパント量で物性変わる）

ブレード	ラフな加工なので、被加工物を選ばない。目詰まりしなければ加工可能。機械的にデリケートな素材は不向き
レーザ	使用するレーザ波長と被加工物（吸光率）の相性がある。昇華せず、溶融してしまうと加工品質悪化
プラズマ	素材がハマれば高品位加工だが、万能なエッチングガスはない マスク処理や排ガス処理など高コストになりやすい

- プロセスフロー比較 (薄化後の切断)

<p><b>ブレードダイシング</b></p>	<p>シンプルで工程数も少ない</p>  <p>Blade dicing</p>
<p><b>レーザアブレーション</b></p>	<p>工程数&amp;消耗品が増加</p>  <p>HogoMax coating   Laser grooving   HogoMax removal   Blade dicing</p>
<p><b>ステルスダイシング</b></p>	<p>加工できる素材が限定的</p>  <p>Stealth Dicing   Tape Remount   Tape expanding</p>
<p><b>プラズマダイシング</b></p>	<p>工程数、消耗品が増加。ガス処理設備が必要。適応素材が限定的</p>  <p>Resist coating   Laser grooving   Remote plasma   Resist removal</p>

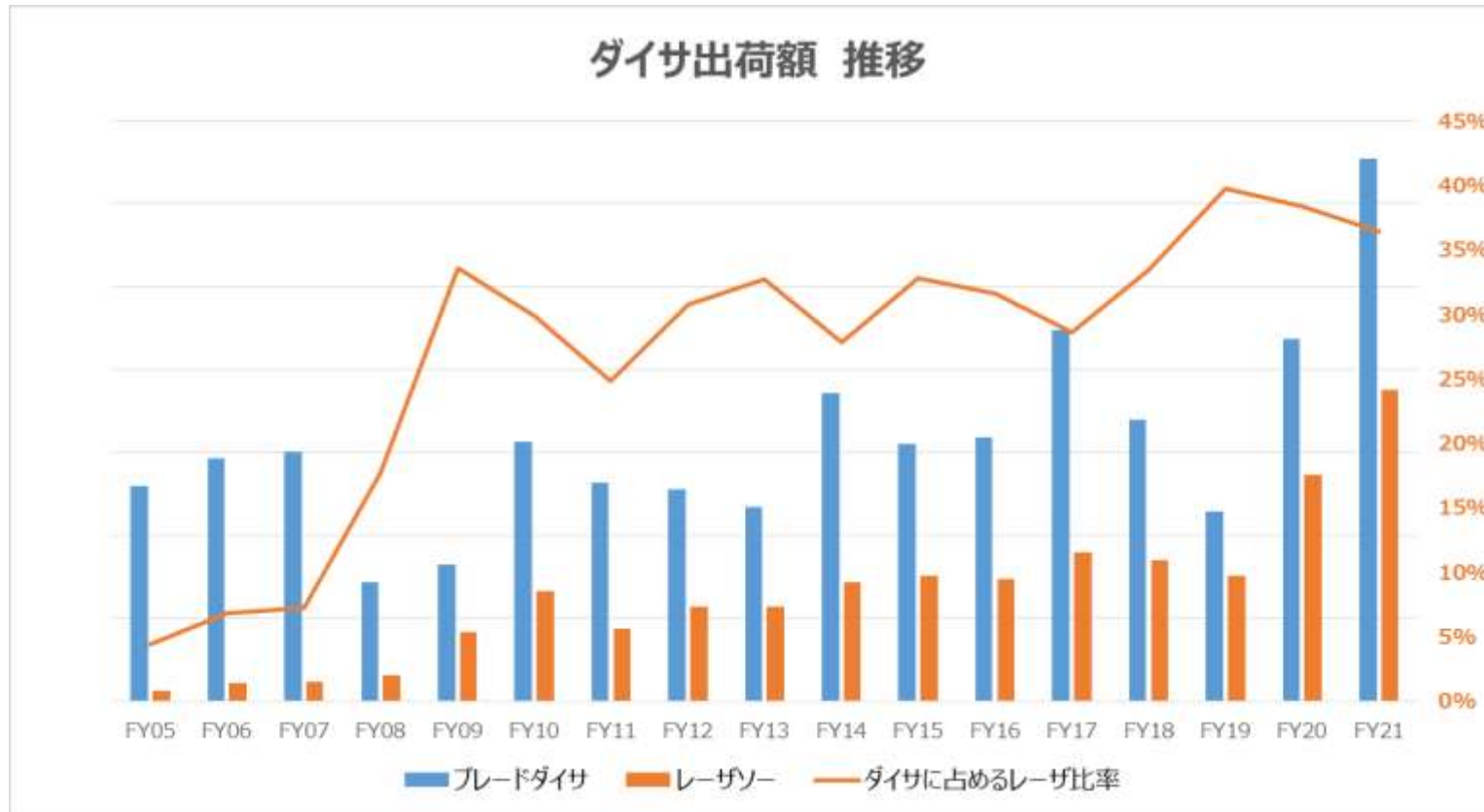
- アプリケーションはどれも一長一短
- プラズマダイシングはデバイスがハマれば優良手法
  - 車載向けなど安全を重視したもの
  - φ300mmシリコンで、小さくて、薄くて、高付加価値

<イメージ>

	ブレードダイサ	レーザアブレーション	ステルスダイシング	プラズマダイシング
フルオート装置価格	1	3 ~ 5以上	4~7以上	6 ~10以上
消耗品 / year	1	1 ~ 5以上	1	2~6以上
水・エア・電気	1	0.1以下	0.1以下	5?
加工処理枚数 / h	1	1 ~ 5 (物によるが)	5 以上(物によるが)	10?(ハマれば)
フルカットできる厚み	70 ~775 um	150 um以下	50~775um	775um(厚いほど低UPH)
苦手な素材	金属系、脆性材料 (GaAs, SiC, LT 等), 積層構造	厚いもの(熱を加えすぎると溶融物が発生)	金属系、セラミック膜付き、内部集光的無い物全般	シリコン以外

※実際は様々な条件により異なる場合がある

- 2002年に初号機リリース
  - レーザはブレードダイサと競合せず互いに売上増加
  - ブレードダイサが苦手な領域をサポートする形で進化
- 新規プロセス(プラズマダイシング)が他を全く駆逐するのは困難





- ブレードダイシングは実績多数の安定プロセス
  - 適用されるデバイスの裾野は非常に広い
- 高機能化した半導体に対応するためレーザダイシング開発
  - ブレード+レーザで対応デバイスが増加
  - ブレードが苦手な一部領域はレーザ単独でカバー
- プラズマダイシングはダメージレスな切断が可能
  - ただし、適応にはハードルが多数存在
  - 安定加工には現状レーザとの組み合わせが検討されている
- 汎用性が高いブレードの需要は今後も継続

# パワーデバイスにおけるKKM

## ～ウェーハメイクからデバイス製造まで～

### 将来の見通しに関する注意事項

このプレゼンテーションに掲載されている当社の現在の計画、見通し、戦略、その他の歴史的事実でないものは、将来の業績に関する見通しであり、これらは現在入手可能な情報から得られた当社の経営者の判断に基づいております。

実際の業績は、さまざまな重要な要素により、これらの業績見通しとは大きく異なる結果となりうることをご承知おきください。

実際の業績に影響を与える重要な要素には、世界・日本経済の動向、急激な為替相場の変動ならびに戦争・テロ活動、災害や伝染病の蔓延等があります。

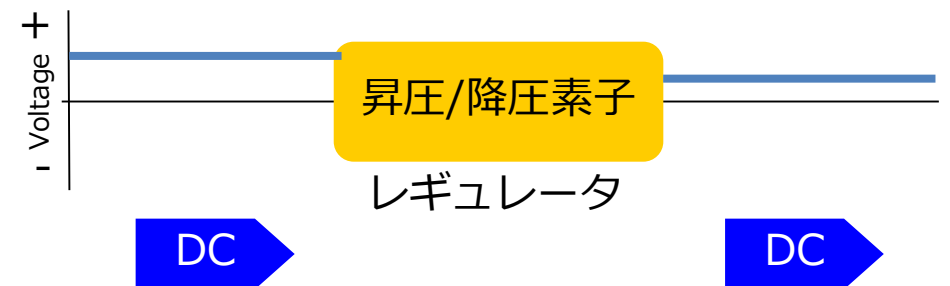
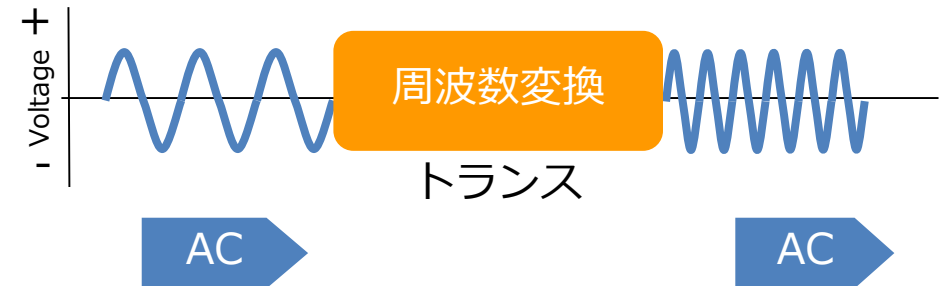
- パワーデバイスとは
  - 種類・市場
  - 汎用ICとの違い
  - SiCのメリット
- パワーデバイスにおけるディスコのKKM
  - Si向けソリューション
    - ウェーハメイク
    - デバイス薄化：TAIKO<sup>®</sup>
  - SiC向けソリューション
    - ウェーハメイク：KABRA
    - デバイス薄化
    - デバイス個片化：超音波ダイシング、ステルスダイシング

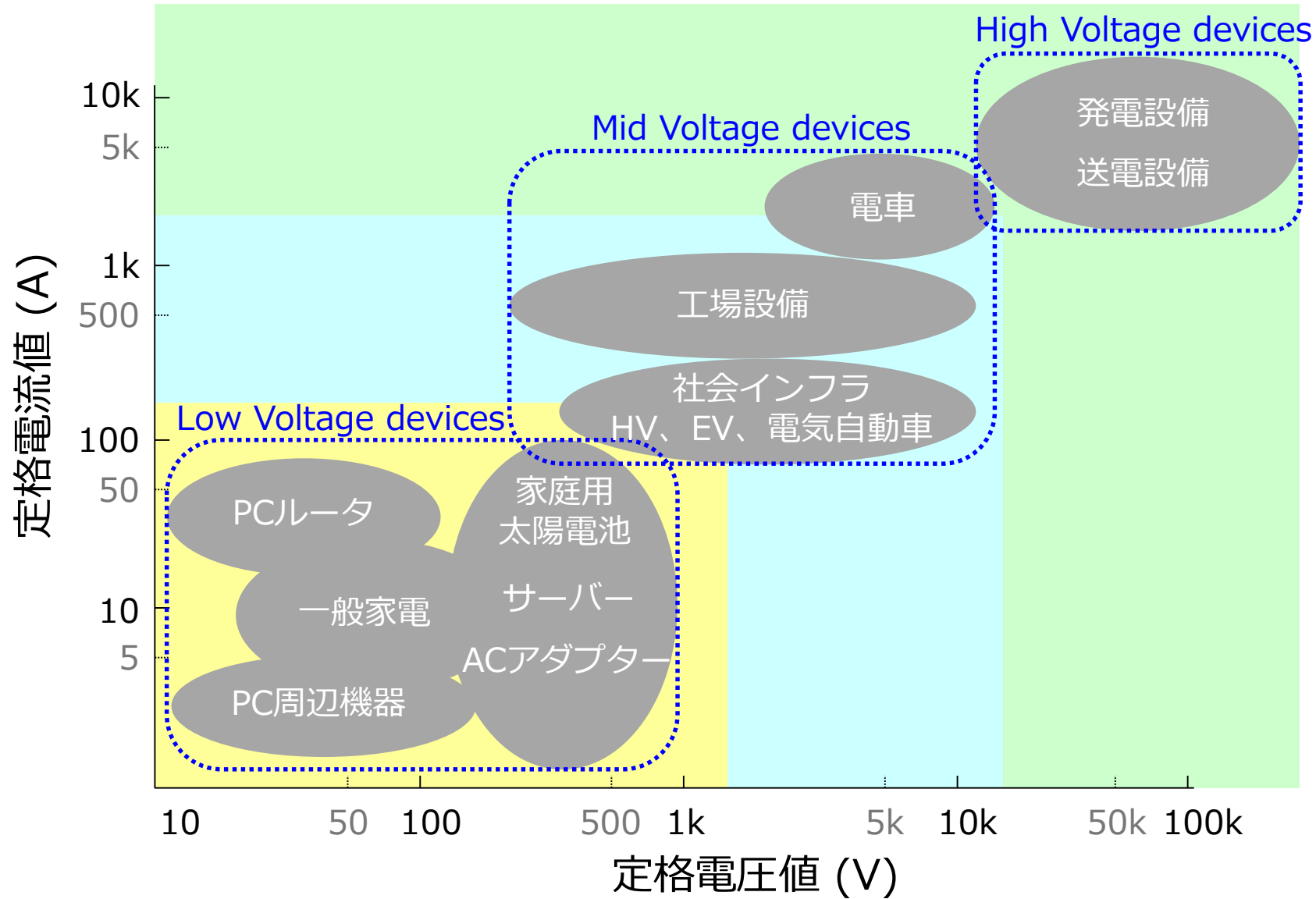
TAIKOは株式会社ディスコの日本及びその他の国における登録商標です。

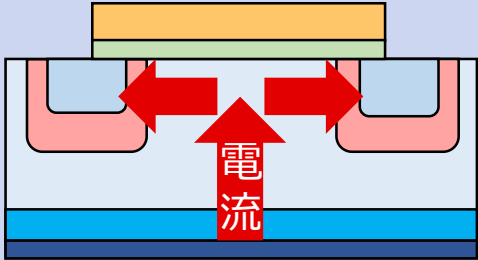
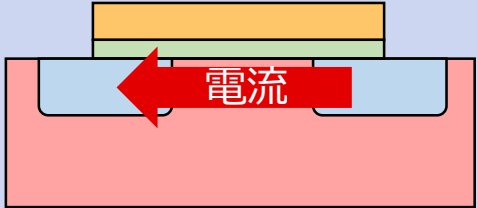
- 電力制御に使用される、半導体電子部品

- 直流⇔交流変換インバータ/コンバータ

- 増幅素子、昇圧/降圧素子





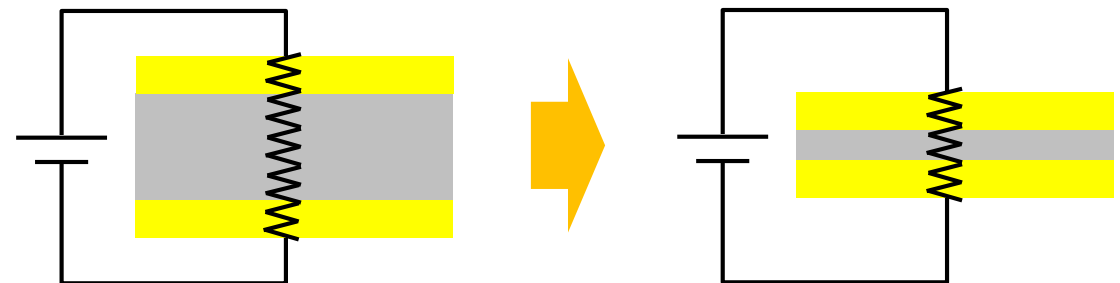
	パワーデバイス	汎用IC
役割	電力制御	データ処理
構造	縦型構造 	横型構造 
薄化の理由	内部抵抗の低減	最終製品の薄化・チップ積層

- 薄化の理由：内部抵抗の低減

- 電力ロスの減少

Output Power =  $V^2 / R$ , or Larger

- スイッチングスピードの高速化





# パワーデバイスとは：汎用ICとの違い

	パワーデバイス		汎用IC	
構造	縦型		横型	
加工プロセス	基板 (Si, SiC, etc)		基板(Si)	
	前工程		前工程	
	基板薄化		基板薄化	
	裏面工程 (メタル蒸着, etc)			
	固片化			

- SiCはその特性においてSiを上回っており、特に高耐圧領域で優位

熱伝導性が高い

Thermal conductivity  
(W/cm · K)

破壊電圧が高く  
スイッチングロスが小さい

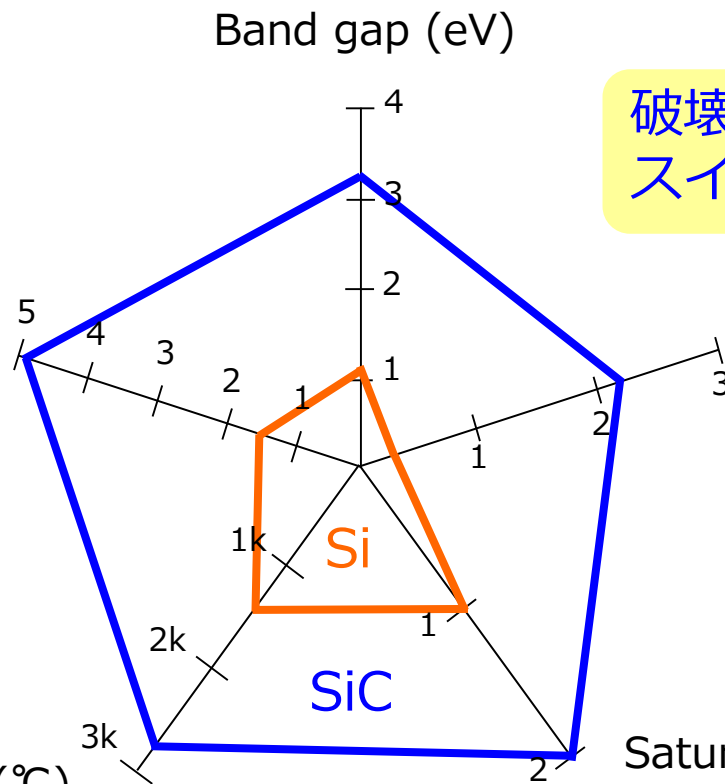
Electric breakdown field  
(MV/cm)

Melting point (°C)

Saturated electron drift velocity  
( $\times 10^7$ cm/s)

融点が高く、硬い

電気ドリフト周波数が高い



- パワーデバイスとは
  - 種類・市場
  - 汎用ICとの違い
  - SiCのメリット
- パワーデバイスにおけるディスコのKKM
  - Si向けソリューション
    - ウェーハメイク
    - デバイス薄化：TAIKO<sup>®</sup>
  - SiC向けソリューション
    - ウェーハメイク：KABRA
    - デバイス薄化
    - デバイス個片化：超音波ダイシング、ステルスダイシング

TAIKOは株式会社ディスコの日本及びその他の国における登録商標です。

- SiのウェーハメイクにおけるディスコのKKM

【一般的なプロセスフロー例（パワーデバイスに限らない）】

※メーカーによってプロセスは異なります



- 高精度での少量研削加工 ⇒ 次工程の負荷低減、形状調整による最終ウェーハの平坦度向上

- パワーデバイス向けのウェーハ口径の変化

- NANDメモリのチップサイズ10 mm x 10 mmなど比較的大きい  
⇒ウェーハ当たりの取り個数を増やすために300 mmウェーハが一般的

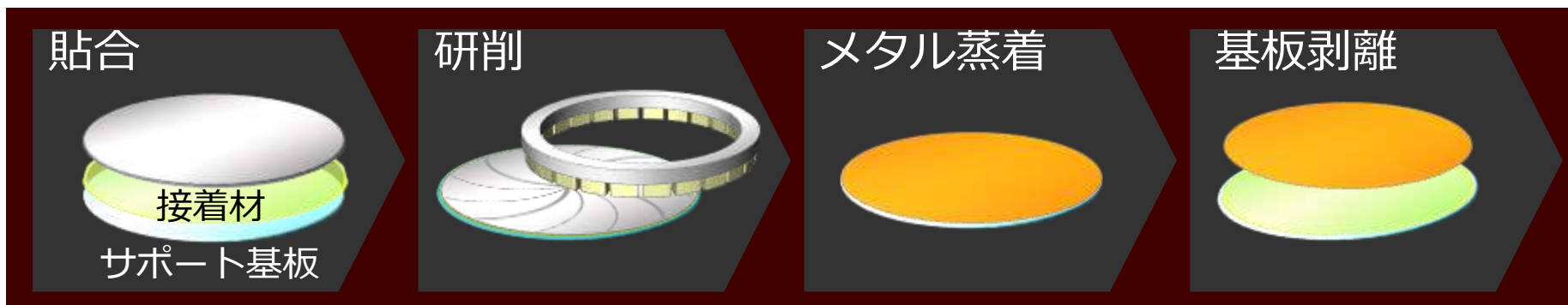
- パワーデバイスのチップサイズは比較的小チップ（数 mm x 数 mm）  
⇒8 inchウェーハが主流であったが300 mm化が進み始めている

・ 8 inchウェーハ  
10 mm x 10 mm 約270チップ  
1 mm x 1 mm 約2,700チップ

・ 300 mmウェーハ  
10 mm x 10 mm 約640チップ  
1 mm x 1 mm 約6,200チップ

edge exclusion 2 mm  
street width 50 μm で算出

- パワーデバイスは薄化後に裏面工程があるためハンドリング性が求められる  
【ハードサブストレート方式】



- 追加部材によるコストUP、メタル蒸着などの高温プロセスでアウトガスが発生

【TAIKO<sup>®</sup>】 ウェーハ最外周のエッジ部分を残し、その内周のみを研削して薄化する技術

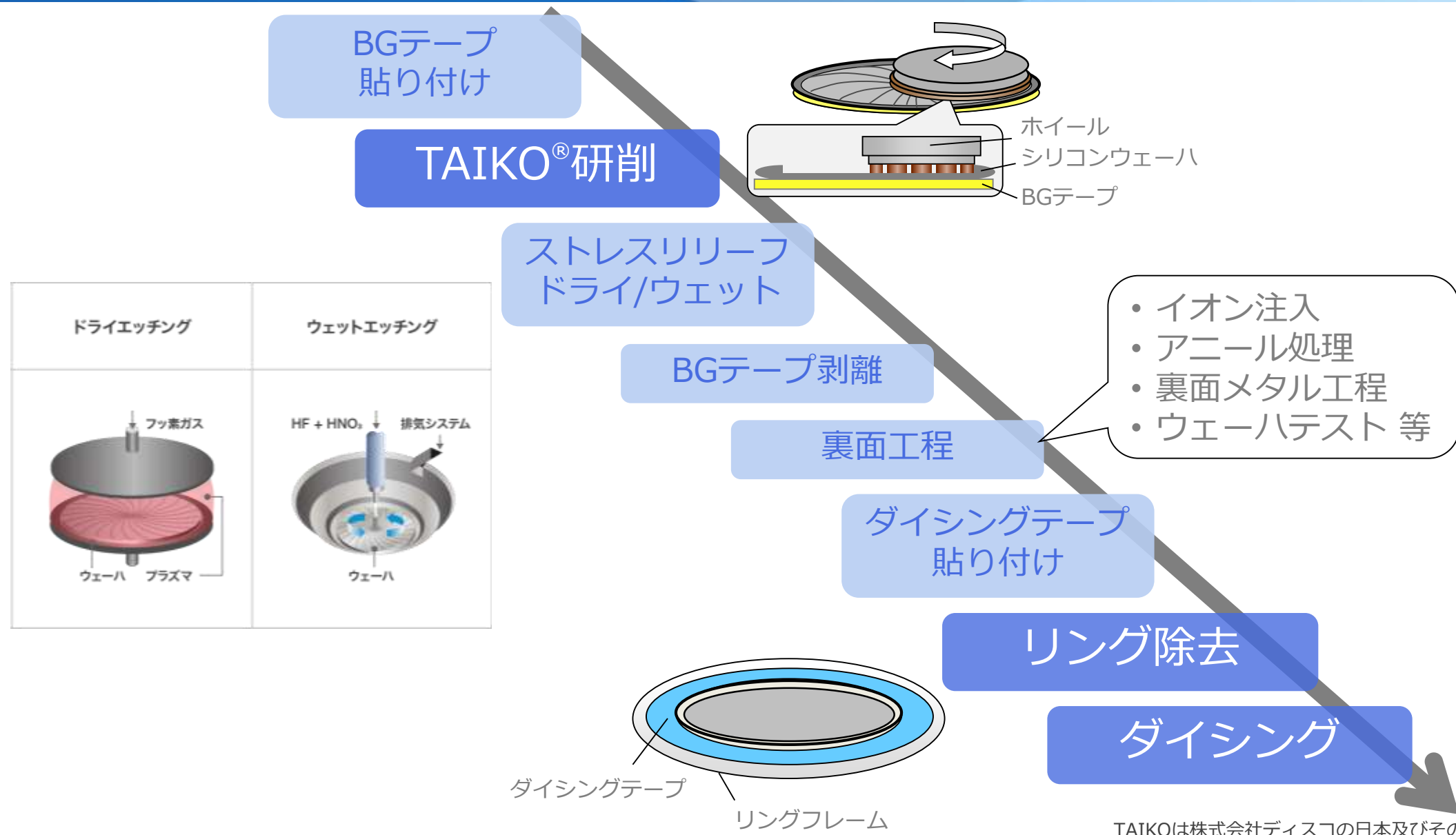


φ300 mm×50 μm

薄ウェーハの搬送リスク低減

- ウェーハ強度の向上
- ウェーハ反りの低減

TAIKOは株式会社ディスコの日本及びその他の国における登録商標です。



TAIKOは株式会社ディスコの日本及びその他の国における登録商標です。



- パワーデバイスとは
  - 種類・市場
  - 汎用ICとの違い
  - SiCのメリット
- パワーデバイスにおけるディスコのKKM
  - Si向けソリューション
    - ウェーハメイク
    - デバイス薄化：TAIKO<sup>®</sup>
  - SiC向けソリューション
    - ウェーハメイク：KABRA
    - デバイス薄化
    - デバイス個片化：超音波ダイシング、ステルスダイシング

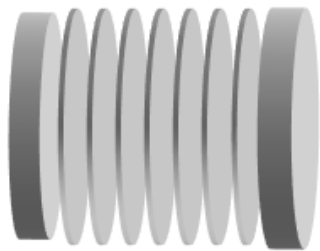
TAIKOは株式会社ディスコの日本及びその他の国における登録商標です。

## ● 従来プロセス (Siと同様)

※メーカーによってプロセスは異なります



- Siよりも密度が高く硬い ⇒ 加工時の生産性が低下、コストもUP
- Siよりも材料コストが高い ⇒ 加工時の材料ロスが課題



インゴットスライス：ワイヤーソーを用いた従来プロセス

加工時間：100時間（1枚当たり3.1時間前後）

※6 inch、厚さ20 mmのインゴットから350  $\mu$ m厚みのウェーハを生産する場合

材料ロス：180  $\mu$ m

※ウェーハ厚み350  $\mu$ mに対して材料ロスの割合が大きい

- レーザを用いたSiCインゴットの新しいスライス技術
  - 加工時間の大幅短縮、ウェーハ生産枚数が1.4倍に

レーザー照射



剥離



加工時間：1枚当たり10分（従来:3.1時間）

※6 inch、厚さ20 mmのインゴットから350  $\mu$ m厚みのウェーハを生産する場合  
※複数のインゴットを、レーザー照射、剥離、インゴット研削を並列処理した場合

材料ロス：80  $\mu$ m（従来:180  $\mu$ m）

インゴット1本当当たりのウェーハ取り枚数が従来の1.4倍

- ラッピング加工が不要に

剥離



ウェーハ研削



従来：

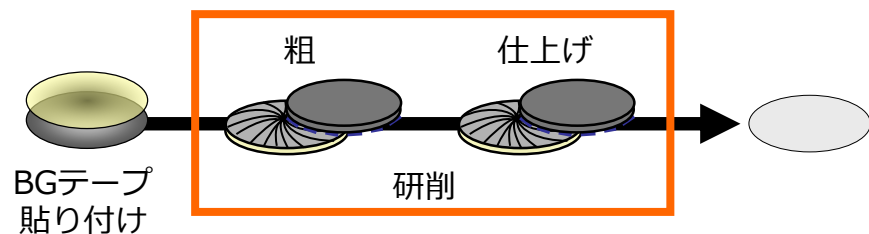
ワイヤーソーで発生するウェーハウネリを除去するためにラッピングが必要

KABRA:

ウェーハウネリが抑制でき、ラッピングが不要

- 加工品質および生産性に応じたさまざまなプロセスを提案

- 2軸研削加工

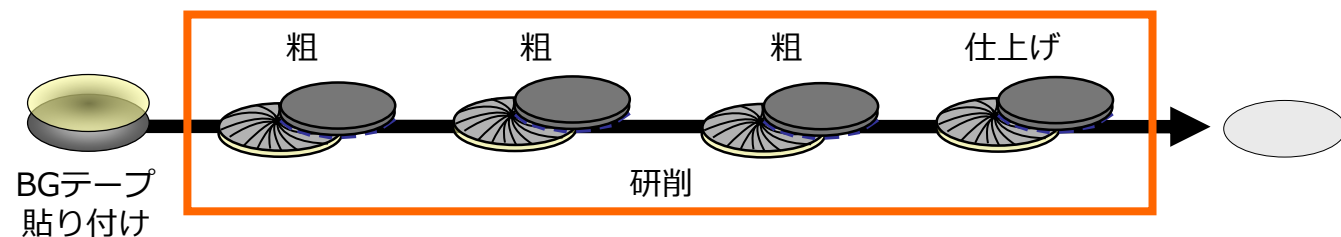


DFG8540  
汎用2軸グラインダ  
SiC向けには  
高出カスピンドルを搭載



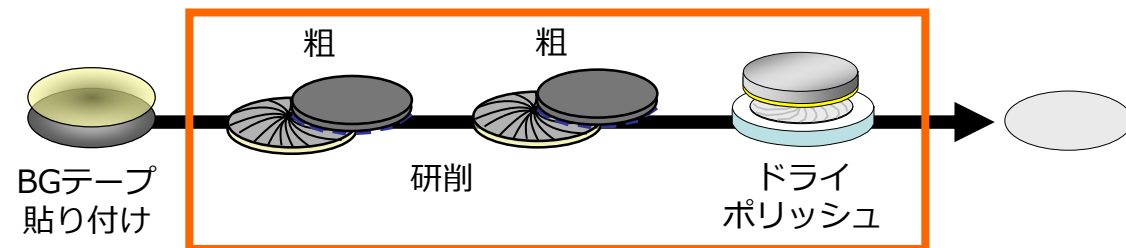
DFG8640  
高精度2軸グラインダ  
加工点レイアウトの最適化や  
各種機能の搭載により、  
SiC含め高精度な研削が可能

- 4軸研削加工によるUPH向上



DFG8830  
4軸グラインダ  
4つの軸に最適なホイールを搭載  
することで生産性の向上が可能

- ドライポリッシュ(DP)による品質向上

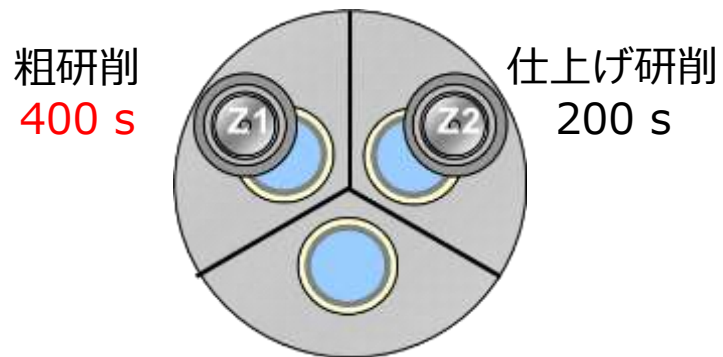


DGP8761  
2軸研削、1軸ポリッシュのグラインダポリッシャ  
1台で薄化から研磨までを対応

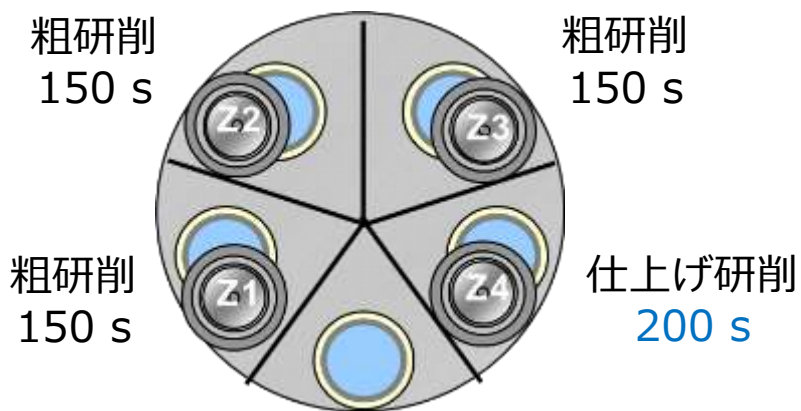
- 4軸加工による生産性向上

※加工時間は参考値で実際の加工時間と異なります

- 2軸加工：律速時間 400 s



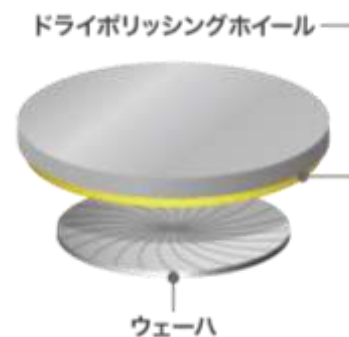
- 4軸加工：律速時間 200 s



- ドライポリッシュによる品質向上

- DISCOオリジナルの乾式研磨

- 水やスラリーを使用しない低環境負荷なプロセス



研削ダメージの除去

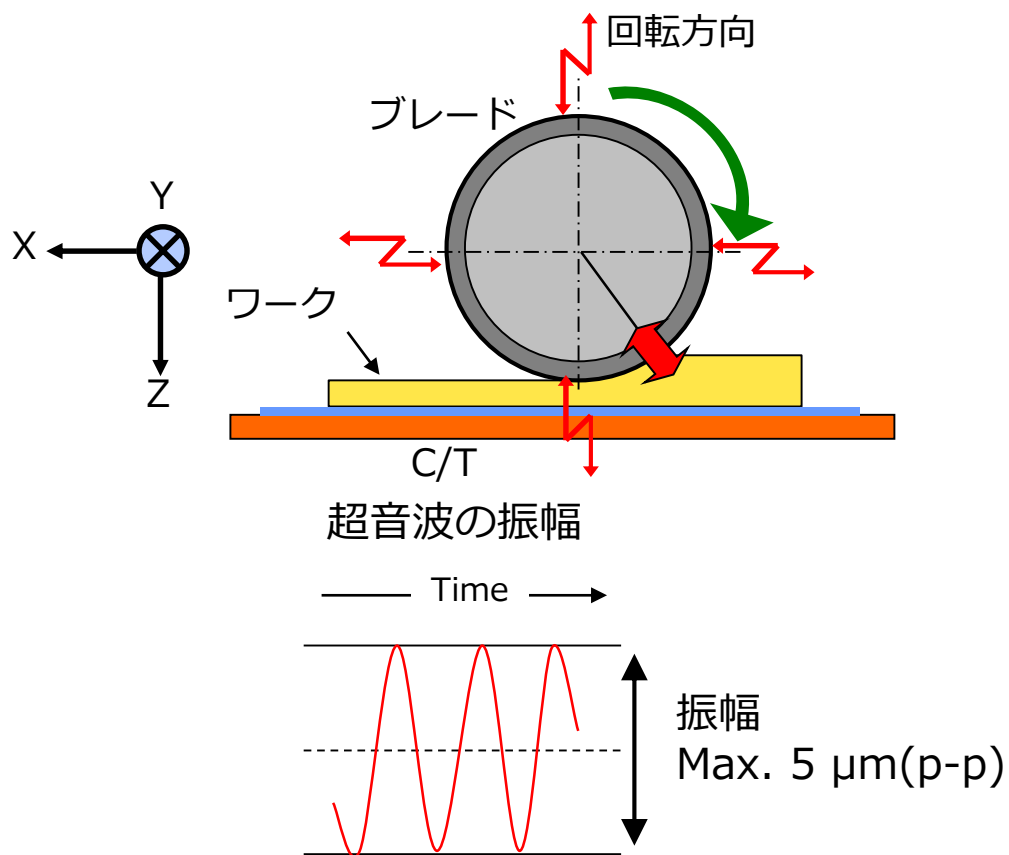
- 抗折強度の向上
- ウェーハ反りの低減

【その他ポリッシング例】

ウェットポリッシング (CMPに代表される薬液を用いた研磨)	ドライエッチング	ウェットエッチング

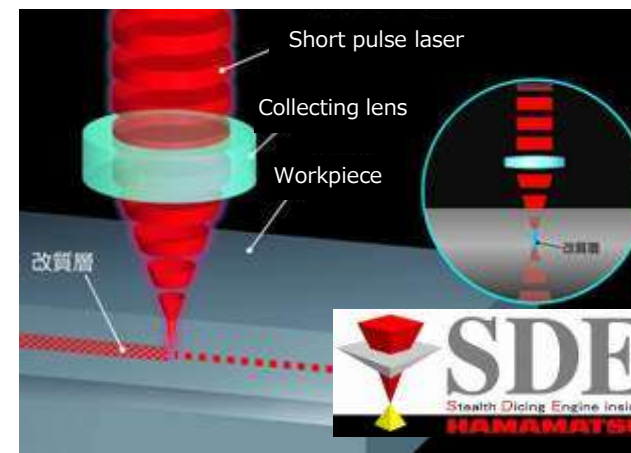
## ● 超音波(US)ダイシング

- 加工速度・品質の改善
- 延性材料に対するバリ低減



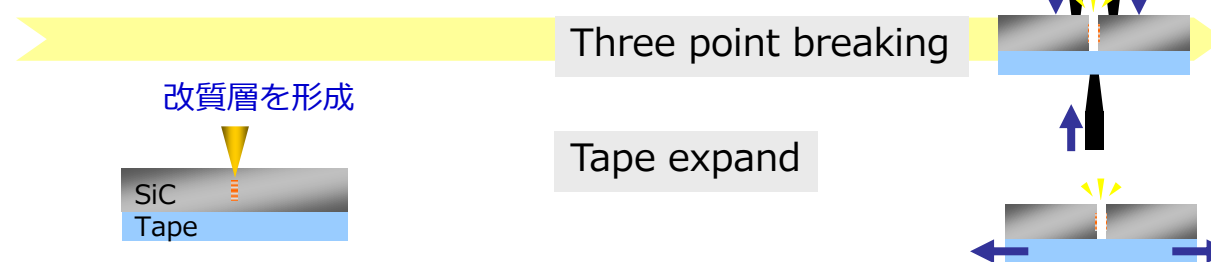
## ● ステルスダイシング (SD)

- 水を使わない完全ドライプロセス
- レーザを使った高スループット加工
- 内部改質層で狭カーブ



SD

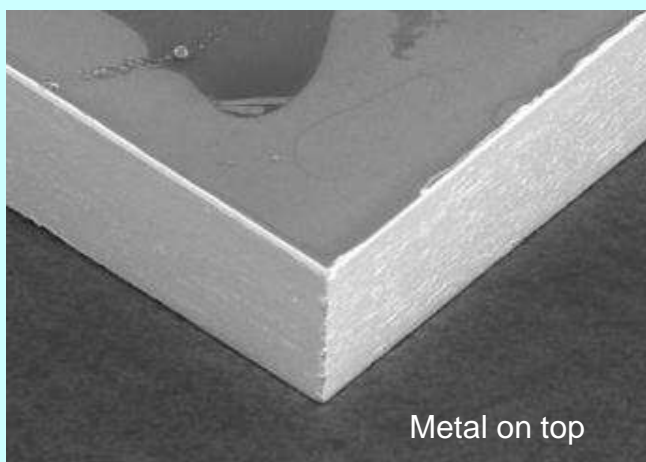
Die Separation



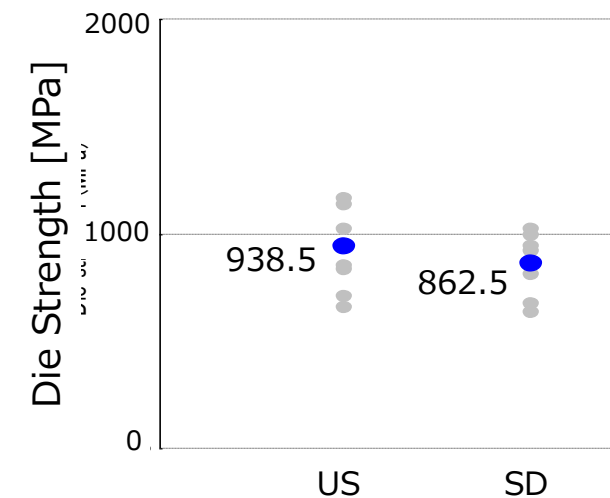
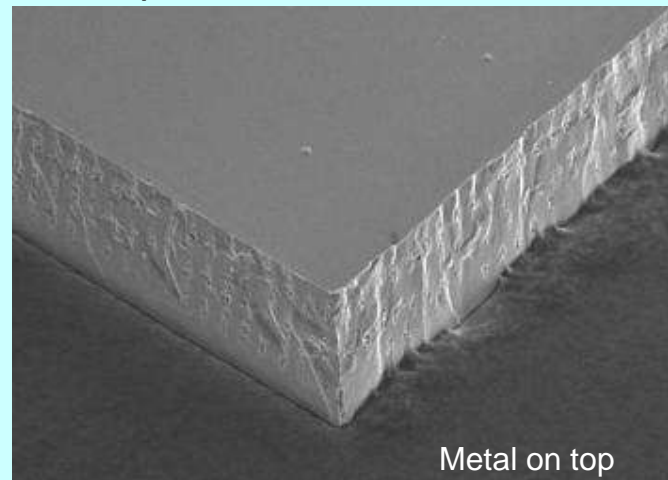


- 加工例：SEM観察写真、抗折強度

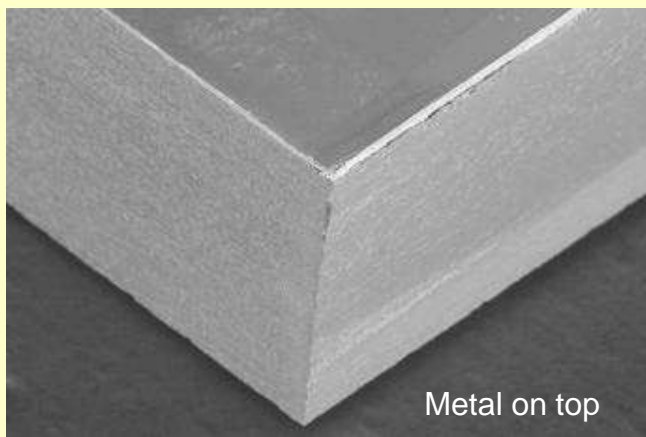
US 1pass 10 mm/s



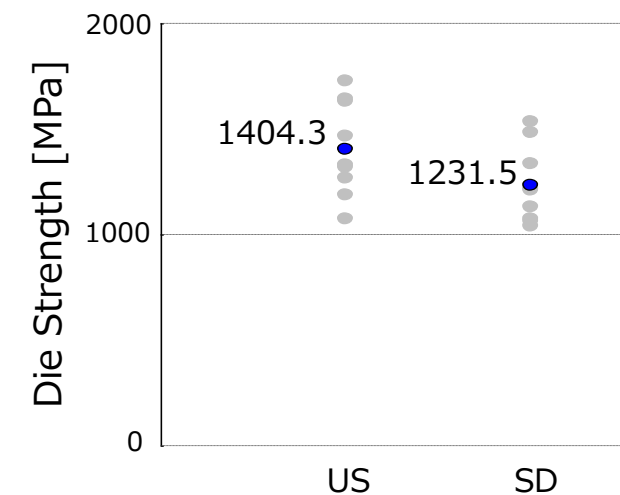
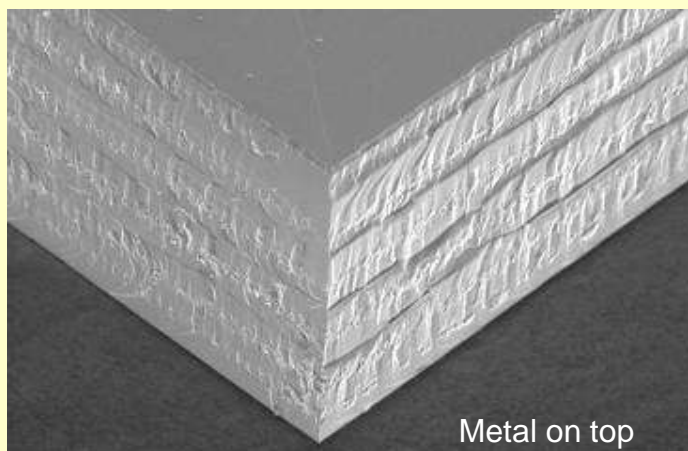
SD 3pass 350 mm/s



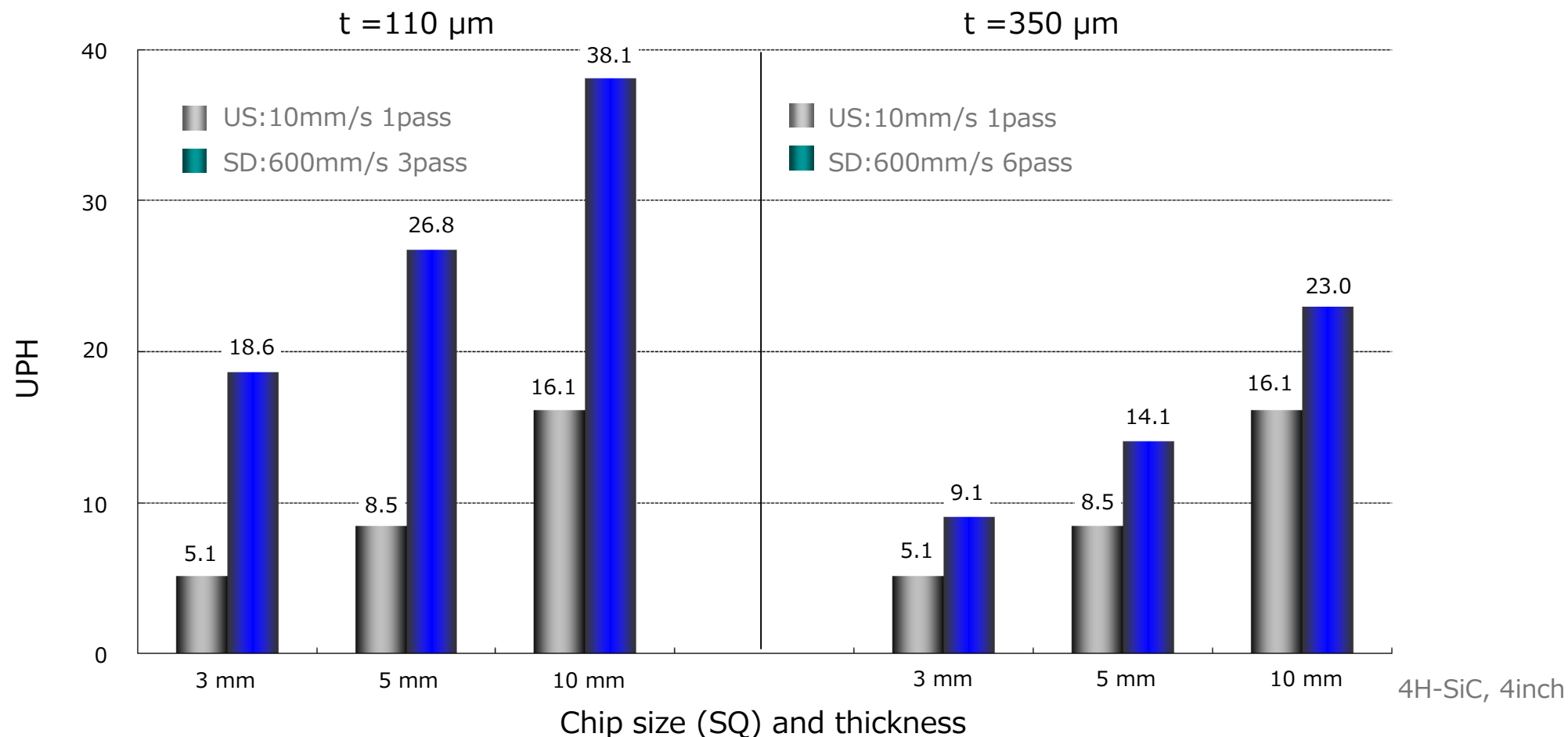
US 1pass 10 mm/s



SD 6pass 350 mm/s



## ● UPH比較



SDのUPHは厚みに依存しており、薄い基板でかつチップサイズが小さいほど利点がある





# DISCO

Kiru · Kezuru · Migaku Technologies