

## 太陽電池シリコンの化学作用を利用した切断加工技術について

太陽電池は、昨今の電力供給不足や環境問題を解決する再生可能なクリーンエネルギーの1つとして注目が高まっています。

太陽電池用材料のシリコン基板はインゴットと呼ばれる結晶体の塊からマルチスライス（多数枚切断）して製造されています（図1）。シリコンインゴットの切断では、ダイヤモンド砥粒（1）をめっきによりピアノ線に固着した電着ダイヤモンドワイヤ（2）を用いた加工技術が主流となってきました。しかし、電着ダイヤモンドワイヤ切断では、切断したシリコンにダメージが発生する、切断溝幅（カーフロス 3）の低減や薄肉基板の切り出しが困難であるなどの問題点があり、これが太陽電池パネルの製造コストの増大に繋がっています。

立命館大学は、薬液の化学作用によるシリコンの溶解（エッチング 4）を利用した新規切断技術（エッチング援用切断加工）を提案し、大学発ベンチャー(株)ツールバンク（本社：滋賀県大津市 代表取締役：桐野宙治）(株)クリスタル光学（本社：滋賀県大津市 代表取締役：桐野茂）とともに開発を進めてきました。

このたび顕著な研究成果が得られましたので、ご報告申し上げます。



図1 シリコンインゴットと太陽電池

### 1. 研究体制および研究内容

研究開発は、立命館大学と(株)ツールバンク、(株)クリスタル光学が共同で、エッチング援用切断加工技術および加工装置の開発を行っています。

開発した加工技術は、シリコンを溶解する薬液（エッチャント）中において、高速に走行させた金属ワイヤによりシリコンインゴットを擦過することで、局所的にエッチングを加速し切断加工を行います。この加工技術は、砥粒を用いず機械的な作用を排除し、化学的なエッチングを利用することを特徴としており、図2に示すように、従来のダイヤモンドワイヤによる切断では困難であった、ダメージを発生させず、低カーフロスでの切断が実現できます。このような薬液によるエッチングを利用したシリコンの切断は他に類を見ない世界初の加工技術です。

従来のダイヤモンドワイヤ（4）を用いた物理的な切断では、太陽電池モジュール全体のコストの約40%をシリコン基板が占めていますが、今回開発した技術の実用化により、1つのインゴットからより多くの基板を切り出すことができるため、基板のコストを1/2程度にまで低減できる見通しです。

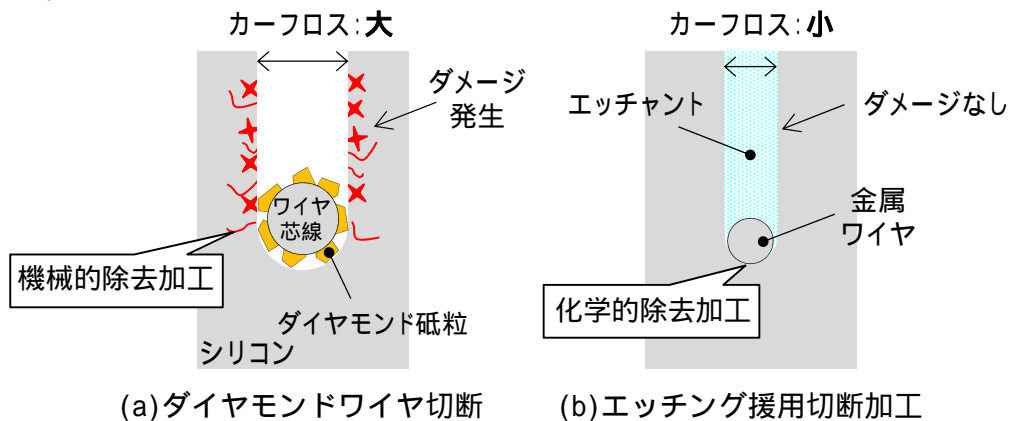


図2 ダイヤモンドワイヤによる切断とエッチング援用切断加工の概念図

## 2. 研究成果

エッチング援用切断加工におけるエッチャントにはフッ化水素酸（フッ酸）と硝酸からなる混酸であるフッ硝酸を用いており、その組成比を最適化することにより、低カーフロスと高切断速度を実現しました。シリコンインゴットを擦過する金属ワイヤはフッ硝酸に耐食性がある高張力ステンレスワイヤを使用しています。ワイヤ径は20 $\mu\text{m}$ から80 $\mu\text{m}$ のものが利用可能であり、これにより30 $\mu\text{m}$ から90 $\mu\text{m}$ のカーフロスが実現でき、従来技術では困難であった100 $\mu\text{m}$ 以下のカーフロスと基板厚さが達成可能です。ダイヤモンドワイヤによる切断面には、機械的な作用によりクラック（亀裂）が発生しており、結晶ダメージが存在しますが、開発技術による切断面は全くダメージがないことがわかっています。また切断面の表面粗さも従来技術と同等かそれより優れることが確認されています。従来のダイヤモンドワイヤによる切断では、多結晶シリコンは単結晶シリコンに比べて破損しやすいため、単結晶の1/3程度の速度で切断が行われていましたが、開発した技術では単結晶とほぼ同等の速度とカーフロスでの切断を実現しています（図4）。

この成果は6月15日に立命館大学で開催される精密工学会関西支部学術講演会、および9月14日から16日に九州工業大学で行われる精密工学会秋季大会にて発表する予定です。

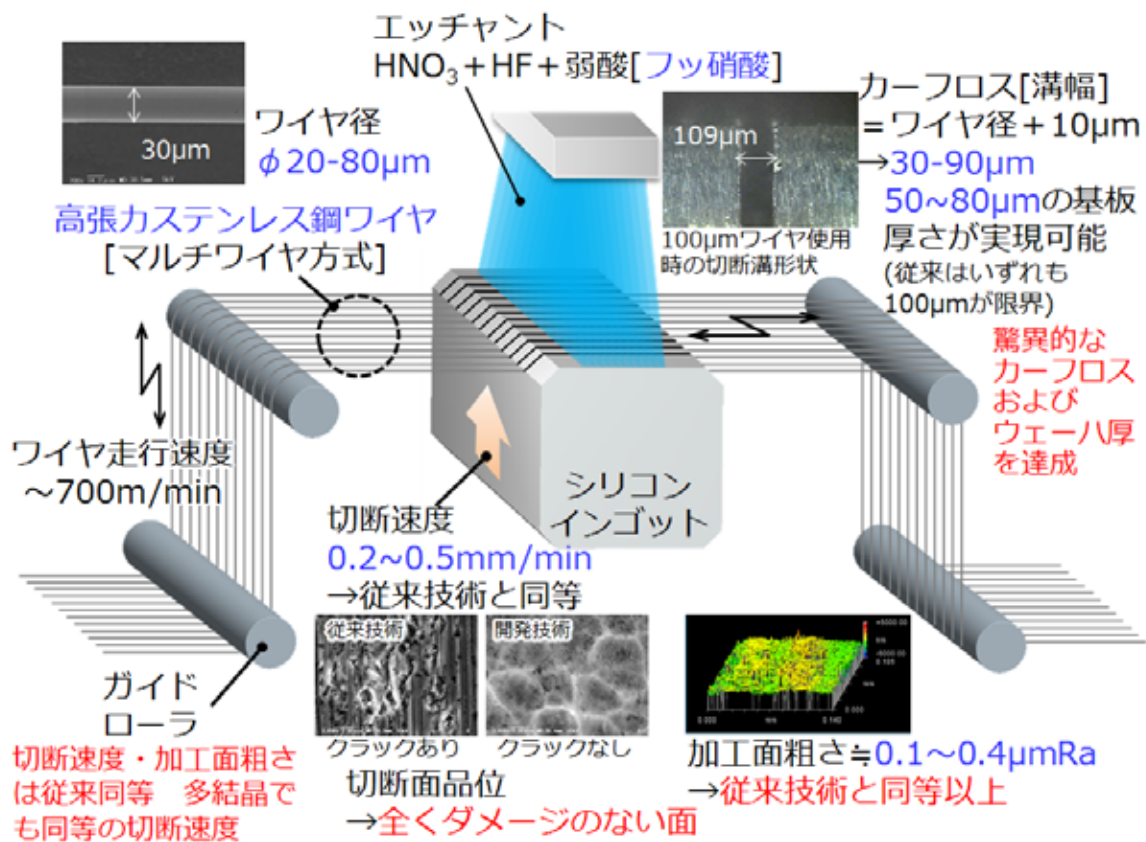


図3 エッチング援用切断加工による切断性能

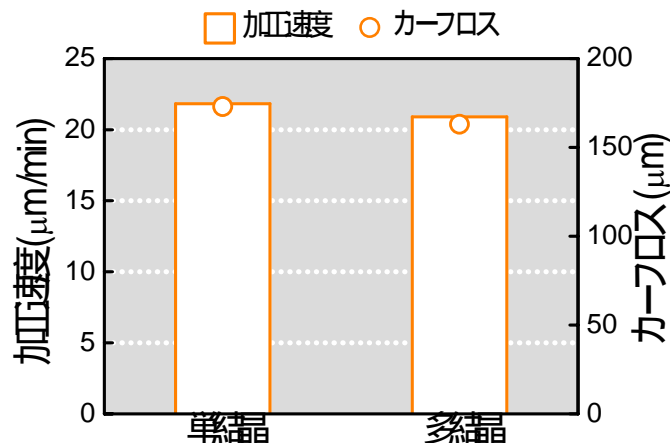


図4 エッチング援用切断加工による単結晶と多結晶シリコンの切断性能の比較

<用語解説>

**( 1 ) 砥粒 :**

切断において機械的除去作用を行う硬質な粒子。研削材ともいう。セラミックスや結晶材料の加工においては硬度が最も高いダイヤモンドが用いられる。

**( 2 ) ダイヤモンドワイヤ :**

ダイヤモンド砥粒をピアノ線の表面に固着した研削工具。ダイヤモンド砥粒を樹脂でピアノ線に固着したレジンボンドダイヤモンドワイヤとダイヤモンド砥粒をめっきでピアノ線に固着した電着ダイヤモンドワイヤがある。

**( 3 ) カーフロス :**

切断溝幅（切り代）のこと。カーフロスは材料のロスとなるため、太陽電池パネルの製造コスト低減のためできるだけ小さくする必要がある。

**( 4 ) エッチング :**

薬液の化学作用により金属や半導体材料などを溶解させる方法。エッチングに用いる薬液をエッチャントという。シリコンのエッチャントにはフッ酸と硝酸からなるフッ硝酸の他、アルカリ溶液などが用いられる。