

機能表面加工学 研究室

表面加工で
材料が持つ
可能性を引き出す



山口桂司 准教授
【機械工学系】

【経歴】

2011年04月-
京都工芸繊維大学 助教

2020年02月-
京都工芸繊維大学 准教授

【研究分野】

研削加工, 研磨加工, 微細加工, 光化学反応,
SiC, ダイヤモンド, チタン合金

研究室探訪

機能表面加工学研究室

【研究概要】

SiCやGaNといった加工が困難な材料に対して、紫外光照射による光化学反応やメカノケミカル反応を利用した鏡面加工法を開発しています。

また、材料表面に微細な構造を付与することによる表面機能創成に取り組んでいます。

切る、削る、研く、曲げる、溶かす、付ける—

私たちは材料をさまざまな方法で加工し、

形状や機能を与えて自分たちの暮らしに役立てています。

機能表面加工学研究室では、特に材料表面の加工にフォーカス。

工業や医療の発展に資する新たな加工法を探究しています。

半導体の性能を引き出す

【鏡面加工】の技術

炭化ケイ素 (SiC) や窒化ガリウム (GaN)、チタン合金にダイヤモンド。これらは、機能表面加工学研究室で研究のターゲットとしている材料の一例です。その表面加工がテーマとなっていますが、具体的にはどのようなことをされているのでしょうか。山口先生に話を伺うと、次のように話してくれました。「研究テーマについては、大きく2つあります。それが、鏡面加工とテクスチャリングです」

鏡面加工とは文字通り、加工物の表面を鏡のように平滑に仕上げる加工のこと。山口先生は特に、SiCやダイヤモンドなどの硬くて脆い材料の鏡面加工について研究しています。「SiC基板の鏡面加工は私が学生時代から取り組んできたテーマです。半導体の製造においては、極めて平滑な表面を持った基板が求められます。要求される表面粗さを具体的な数値で言うと、わずか0.5ナノメートルというレベルです」。半導体は導体と絶縁体の中間の性質を持った物質で、電気を流したり流さなかったりできる特性があります。しかし、表面が粗く凹凸があると半導体としての特性を十分に発揮できなくなると言います。「材料の機能をどれだけ引き出せるかは、鏡面加工の精度によると感じています。特に半導体デバイスの場合は、加工した表面だけでなく、その少し下の層の品質まで重要になってくる。いかにパーフェクトな面を得るかが求められます。そして私はもう一つ、そうした鏡面をできるだけ早く、安く、簡単に得られるようにすることを目指しています」。先ほど話に出てきたSiCは、次世代のパワーデバイス材料として注目されていますが、コストが高く、まだ一部でしか使われていません。加工にかかるコストを下げられれば、高機能な半導体デバイスの本格的な社会実装が近づくかと期待されます。

先生が研究されている、今までもより早く、安く、簡単な加工法とはどのようなものなのでしょうか。「私がやっているのは、紫外線照射による表面改質を利用し、材料表面を削るという加工法です。材料に紫外線を照射すると表面が酸化し、元の材質よりも軟らかくなるのが分かっています。そして削る工具の硬さを選択する時に、SiCよりも軟

らかく、紫外線照射によってできる酸化物よりも硬いものを選ぶ。すると、表面に生成した酸化物には傷を付けられる一方でSiCそのものは傷付けられない、ということができるようになります」と山口先生。SiCのような硬いものを削る場合、一般的にはダイヤモンドを用いることが多いそうです。しかし、硬いもので機械的にひっかいて削ると、表面の下に「加工変質層」という原子構造が乱れた層が残ってしまいます。そして、その層を除去するために化学的機械研磨 (CMP) と呼ばれる工程が必要となり、時間も手間もかかります。「紫外線を使えば加工変質層がなくなる、という話ではありませんが、かなり小さくできることがわかっています。加工変質層を小さくできれば、ウェハ製造に要する時間を短縮し、コストを下げることができます」。品質面とコスト面、両方の課題をカバーするこの技術。実用化に至れば、半導体製造のプロセスは大きく変わるはずだ。

紫外線照射による光化学反応を利用して、ダイヤモンドの研磨にも挑戦しているという山口先生。今後も、さまざまな材料への応用が期待されます。

材料に新たな機能を持たせる

【テクスチャリング】

鏡面加工とともに研究テーマとして挙げられていたテクスチャリング。いったいどのような技術なのでしょうか。山口先生はこう話します。「テクスチャリングとは、表面に微細な形状 (テクスチャ) を付与することを指します。これは研磨とはまた少し違って、本来材料が持たない機能を与えられる加工方法です。有名な例としては、ハスの葉。ロータス・エフェクトと言われますが、ハスの葉っぱは水をはじき、ぬれないようになっています。これは、表面に微細な突起があるためです。極端な例になりますが、車のフロントガラスには撥水コーティングを施すことがあります。ガラス自身に突起があればコーティングなしで撥水効果を得ることも可能になります」。意外と身の回りのさまざまなところで活用されているテクスチャリング。先生はどのようなものを対象に研究しているのでしょうか。「もともとは用途を固定せず、いろいろな材料に対してテクスチャリングを試みてきました。最近だとチタン合金で

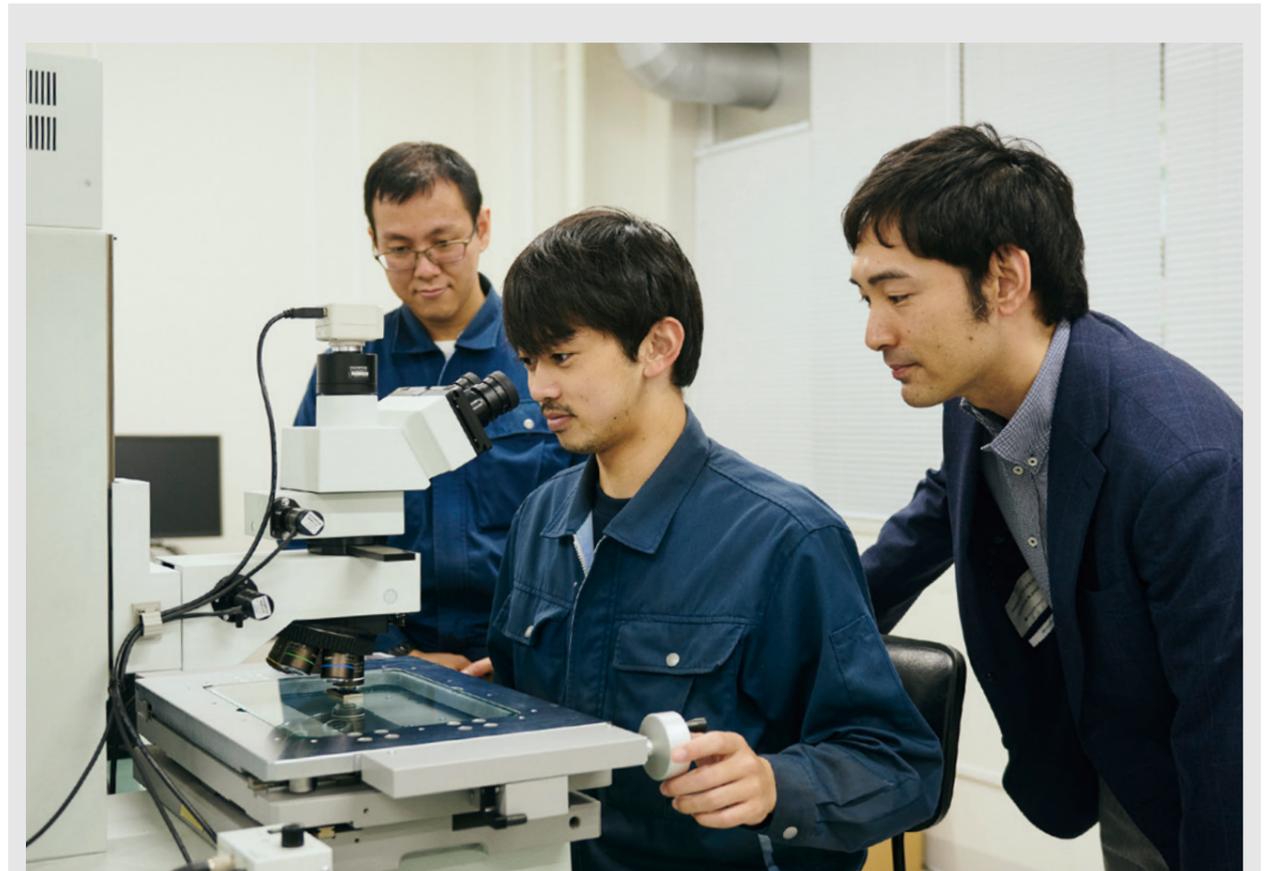


Fig.1——顕微鏡による材料表面の観察の様子

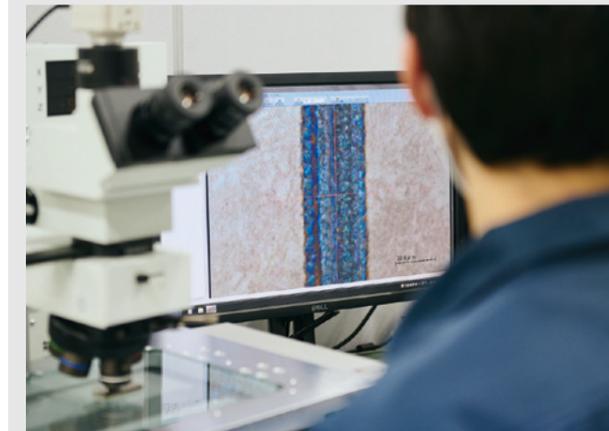


Fig.2——チタン合金にレーザー加工によって色を付けた例



Fig.3——SiCやダイヤモンドなどの鏡面研磨の様子

すね。人工関節などに使われる材質です。この材料にテクスチャリングを施すことで、生体骨と人工関節との密着性を高められます。これはよく知られていることで、実際のインプラントにもスリットが入っていたり、ざらざらしていたりします。そうした構造を簡単に安く、誰でも加工できるような方法を研究中です。材料からの削り出しから、テクスチャを付けるところまで同じ工作機械で実現できるようにしたいと考えています」

表面加工技術に

さらに磨きをかけていく

今後の展望についても伺うと、先生は次のよ

うに答えてくれました。「鏡面加工では『誰よりも高能率に、誰よりも高品位に』という一貫プロセスをつくりたい。実際の製造の場面では、材料を切って薄くして、表面をきれいにし、と複数の工程でものができていくのですが、他の研究では単一の工程を研究対象としている場合がほとんど。こうしたすべての工程を丸ごと何らかのプロセスに置き換える試みはあまりないので、私は紫外線を使ってそれを成し遂げたいと考えています。もう一方のテクスチャリングについては、今はマイクロメートルオーダーのテクスチャがほとんどですが、ナノメートルオーダーを実現したい。テクスチャのサイズを小さく追いつめるのは難しいですが、そこを進むと見える世界

が変わってくるでしょう。まずは滅菌・抗菌作用を持ったインプラントの製作を目指します。ウイルスより小さいオーダーのテクスチャを付与することで、ウイルスが触れると細胞が壊されて死滅するような構造を簡単につくれないかなとプランを練っているところです」

「予想と反する結果が出てきた時に、それがどのような現象なのかを突き止めていく作業が非常に面白い」とも語ってくれた山口先生。予想外を楽しみながら、今後も革新的な技術の探究は続きます。