

最適な加工方法の選択で生産性を向上

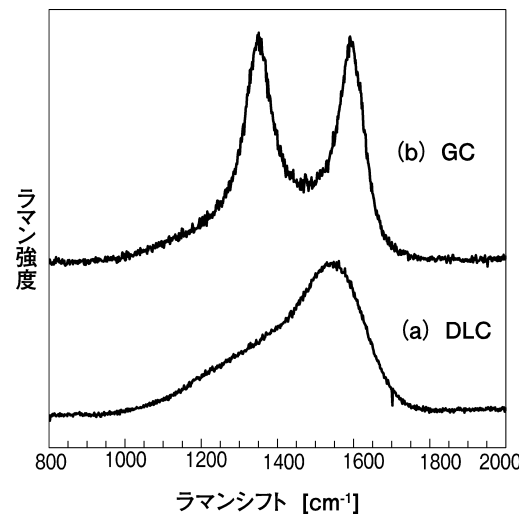


図1 ラマンスペクトルの変化
(照射前=DLC、照射後=GC)

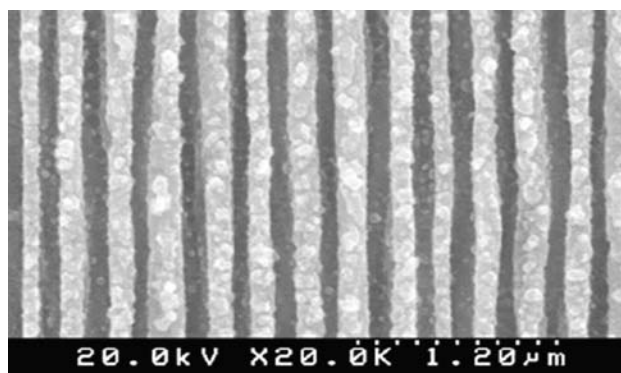


写真2 窒化されたステンレス鋼のナノ構造

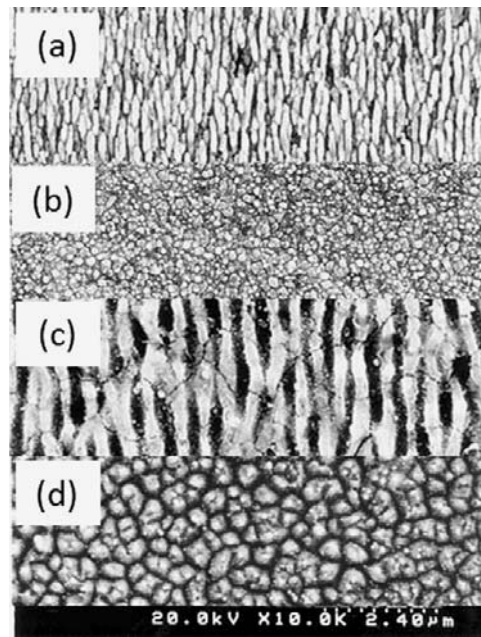


写真1 TiNのナノ構造
偏光＝直線(a)(c)、円(b)(d)、
ブルーエンス＝低(a)(b)、
高(c)(d)

ナノ加工と改質の 今後

硬質薄膜のナノ加工と改質現象を紹介してきたが、ナノ構造に関しては、金属、誘電体、セラミックス、半導体などの各種材料表面や、ガラスなどの透明材料内部に加工可能なことが報告されている。金属は周期構造の間隔が波長程度と大きく他の材料より研究が遅れていたが、最近波長の半分以上のナノ構造が報告され、ナノ構造が金属の光学特性を変化させる新しい方法として注目され、熱光発電素子や熱放射源の効率向上など研究例が増加している。

筆者らは窒化された合金鋼へのナノ構造の加工技術の研究し(写真2)、窒化によりナノ構造の間隔が減少することなどを報告している。ナノ構造の形成機構に関する理論的研究も盛んになってきており、統一的な理論解明に近づいたと感じられる。

ナノ構造に関しては、これまで2次元の加工研究が主で、周期構造によるトライボロジー特性の向上、表面積の増加による化学反応性・生体親和性・電子放出特性などの向上、撥水性・密着性・光学特性の制御などへの応用が検討されているが、最近、金属表面やガラス内部に3次元のナノ構造を加工する研究が進み、新たな応用展開が期待される。改質現象に関しては低フルエンス照射によりシリコン表面に数十ナノメートルの極薄アモルファス層の形成が報告されるなど新しい動きが生じている。今後、フェムト秒レーザー装置の改良の進展とともに、その特徴を生かした産業への応用展開が進むことを期待する。

加工限界に挑む フェムト秒レーザー

超高速性と超高電磁場の特徴を持つフェムト秒レーザーは、加工困難な材料や生体などを含めた幅広い固体材料に対する熱影響の極めて少ない高精度の微細加工や、透明体材料に対しては内部の加工を可能としており、従来技術の加工限界を超える先端的非熱微細加工ツールとして期待されている。ここでは主に筆者らのグループが、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)などの硬質薄膜のフェムト秒レーザー加工において見いだした、光の加工限界よりさらに小さい間隔の周期的ナノ構造や表面の改質現象(ナノレベルの加工と改質技術)について紹介する。

薄膜のナノ構造 形成と表面改質

近年、トライボロジー特性、耐環境性、生体親和性、装飾性などに優れた高機能硬質薄膜の開発とその応用が急増している。金色の窒化チタン(TiN)を代表とする窒化物・炭化物系セラミックス薄膜は、金型や工具類など機械関連分野への応用が普及している。またDLC薄膜は自動車部品、電子・バイオ・光学材料、微小電気機械システム(MEMS)など幅広い分野で期待されており、固体潤滑膜としてのトライボロジー分野への応用が急速に拡大している。これらの硬質薄膜は高硬度の脆性材料で機械加工が難しく、化学的に除去する方法も極めて困難で、薄膜の密着性などの特性に熱影響を及ぼさない非熱微細加工技術が求められていた。

このナノ構造のサイズと形状はレーザーパルスの偏光特性、波長、フルエンス、電子・ハイオ・光学材料、微小電気機械システム(MEMS)など幅広い分野で期待されており、固体潤滑膜としてのトライボロジー分野への応用が急速に拡大している。これらの硬質薄膜は高硬度の脆性材料で機械加工が難しく、化学的に除去する方法も極めて困難で、薄膜の密着性などの特性に熱影響を及ぼさない非熱微細加工技術が求められていた。

福井工業高等専門学校
機械工学科 教授

安丸 尚樹

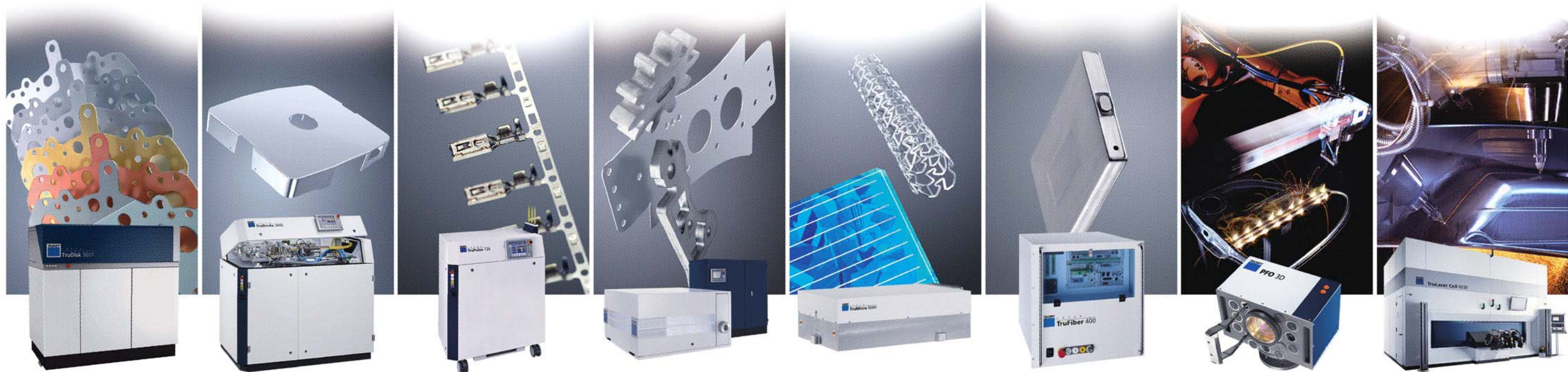
の応用は、このレーザーが期待される分野になっている。

フェムト秒レーザーのもうひとつの特徴は、超短パルス光の増幅技術の進歩により、パルスのピーク強度が、市販の卓上装置で10¹⁶ワット/平方センチメートル(原子力発電所約10基分の出力)が可能であることである。この特徴である「超高電磁場」により、多光子吸収という非線形光学過程が生じやすくなり、ガラスなど透明固体の内部加工が数多く報告されている。

筆者らは、このナノ構造が形成されたDLC薄膜の摩擦係数を実荷重でポール・オン・ディスク型摩擦摩耗試験機により計測し、ナノ構造上に二硫化モリブデン薄膜を被覆すると摩擦係数が大幅に減少し、超硬ボールで低下することを見いだした。またナノ加工後のDLCやGC基板に対し、超微小荷重域(1・5ミクロン)の摩擦特性を評価した。その結果、GC基板は加工間値以下の低フルエンス照射時に表面層が改質し、摩擦係数が0・05と最小値を示すことが判明した。これらの成果は摩擦特性を局所的に最適化する表面設計技術に結びつくと期待される。

実力は、ラインナップに現れる。

トルンプは、レーザ加工の可能性を追求し、常に革新的なテクノロジーを開発する世界トップクラスの工作機械・レーザ発振器メーカーです。
世界中に58の拠点をもっており、ノウハウや経験の共有化、グローバルネットワークによる安心のサポート体制、切断・溶接から精密マイクロ加工まで、
世界中のお客様のあらゆるニーズに対応する製品ラインナップで、最適なレーザ加工ソリューションをご提供し続けています。



マクロ加工	マイクロ加工	リモート加工	3次元加工
TruDisk ディスクレーザー 1台の発振器で切断・溶接が可能な多機能レーザー。反射光にも強く、レーザネットワーク対応。次世代板金加工に最適。	TruMicro ピコ秒レーザー ガラスやセラミックなどの脆性材、高分子材料、各種金属において熱影響を抑えた微細な切断、穴あけ、表面除去が可能。	PFO スキャナ シングルモードファイバーにより高いエネルギー密度が得られるため、微細エリアでの高速溶接・切断が可能。	TruLaser Cell 3次元加工機 精密部品からホットプレスされた自動車ボディ部品まで、高品質な高速3次元加工を実現。
TruDiode ダイオードダイレクトレーザー 半導体レーザーによる低消費電力化を実現した経済的な発振器。溶接及びろう付けに対応。	TruFlow/TruCoax CO ₂ レーザー 様々な出力ラインナップで薄板から厚板まで加工できる。ロングセラーのCO ₂ レーザー発振器。	TruFiber ファイバーレーザー シングルモードファイバーにより高いエネルギー密度が得られるため、微細エリアでの高速溶接・切断が可能。	

TRUMPF