

# 次世代レーザー加工に係るロードマップ(案)

加工学理または機械学習からの予測を活用し、ワンストップで最終形状に仕上げが可能な高精度・低コストのCPS(サイバー・フィジカル・システム)型次世代レーザー加工技術。次世代レーザー加工機によりスマート生産体制が構築され、ものづくり生産プロセスの革新が期待。

- CPS型次世代レーザー加工機によるものづくり生産プロセスの革新
  - ・ ワンストップで最終形状に仕上げが可能な高精度・低コストのCPS型次世代レーザー加工機が市場に導入。
  - ・ これらがネットワークに接続されることにより、各種製品を最小コストかつ最適地で生産・提供できるスマート生産体制が構築され、ものづくり生産プロセスに革新がもたらされる。

## 経済・社会インパクト

- マクロ加工(切断、付加)
- マイクロ加工
- レーザー援用露光加工
- 改質加工(機能付加、除去、コーティング)
- 共通

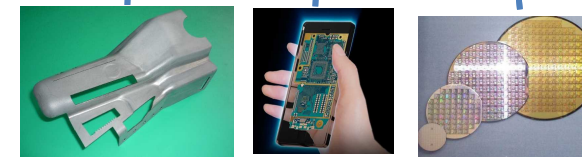
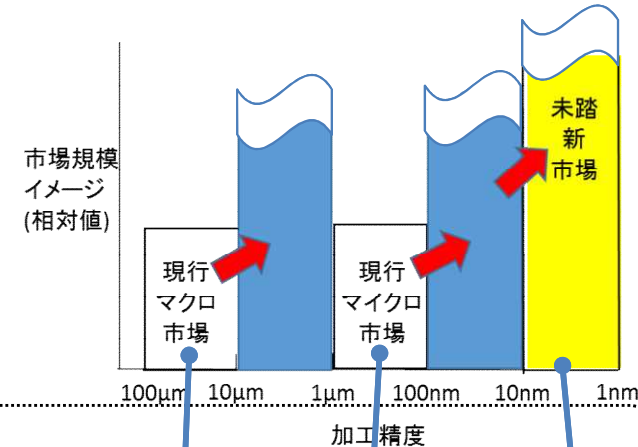
## 科学技術インパクト

- 既存加工技術のCPS援用型レーザー加工機への更新が進展
  - ・ 顧客の好みの材料・形状に対して、加工条件を精密に自動生成できるCPS援用型レーザー加工機が市場に導入。
  - ・ 仕上げ機械加工が不要な精密切断加工、仕上げの化学処理が不要なケミカルレス加工、量子効果の出でくるシングルnmサイズでの半導体任意形状微細加工、高硬度・軽量等の高付加価値化をもたらす改質加工などがCPS援用型レーザー加工機により実現し、既存加工技術のレーザー加工技術への更新が進む。
- 加工結果を事前にシミュレーションし、その結果どおりに加工できるCPS型の次世代レーザー加工技術が進展する。

- 加工パラメータの一部に機械学習または加工学理からの予測を活用するCPS(サイバー・フィジカル・システム)援用型レーザー加工技術が進展する。
- 金属(銅やアルミ)から複合材(CFRP等)まで、複数材料を組み合わせたマルチマテリアル化加工技術が進展する。

● 成長市場である半導体産業、電子部品産業、自動車産業(特に電気自動車)へのレーザー加工機の導入が進展。  
 ● 現在約1.46兆円(2016年)の市場規模\*が年率5-10%程度で拡大すると見込まれる。  
\*OPTTECH CONSULTINGの市場調査に基づく

- CFRP等の難加工材料の高品位レーザー加工が可能になる。
- シリコン基板、ガラスなどの電子部品材料分野の高品位レーザー加工が可能になる。
- 半導体微細加工へのレーザー援用露光加工の導入が始まる。
- 熱影響を制御・活用した表層強化やコーティングなどの高品位改質加工が可能になる。
- 加工後に研磨などの仕上げ加工が不要な精密3次元加工が実現する。
- 加工後に化学液処理などのケミカル加工が不要なレーザー加工が実現する。
- 半導体のナノメートルサイズでの任意形状微細加工が実現する。
- 微小面積・任意深部領域のオンデマンド加工が可能になり、微細材料等の機能改質が実現する。



## (可能となる技術)

- 加工精度、深さ
  - ・ マクロ加工 ⇒ 10ミクロン精度
  - ・ マイクロ加工 ⇒ 100nm精度
  - ・ レーザー援用露光加工 ⇒ 10nm精度
  - ・ 改質加工 ⇒ 100nm精度(構造改質) / 100ミクロン深さ(表層改質)
- 加工精度、深さ
  - ・ マクロ加工 ⇒ 5ミクロン精度
  - ・ マイクロ加工 ⇒ 50nm精度
  - ・ レーザー援用露光加工 ⇒ 5nm精度
  - ・ 改質加工 ⇒ 20nm精度(構造改質) / 100ミクロン深さ(表層改質)
- 加工精度、深さ
  - ・ マクロ加工 ⇒ 1ミクロン精度
  - ・ マイクロ加工 ⇒ 10nm精度
  - ・ レーザー援用露光加工 ⇒ 1nm精度
  - ・ 改質加工 ⇒ 2nm精度(構造改質) / ミリ深さ(表層改質)
- 加工パラメータ制御の一部に機械学習または加工学理からの予測を活用することが可能になり始める
- 現状では職人の経験から導出されている加工パラメータを、機械学習または学理からの予測に置き換えることが可能になる

## 研究・技術の進展

- レーザー加工現象が未解明(レーザーで何故切断・接合できるのか等)
- 現状では職人の経験に基づき、加工パラメータ(波長、パルス幅、パワー、繰返し等)を導出
- 学理に裏付けられたレーザー加工技術
  - ・ 各物理モデルを融合したレーザー加工の学理構築が進み、加工現象の原子レベルのデジタル化が可能になる。
  - ・ 第一原理計算から流体/連続体力学計算を取り込み、さらに機械学習も活用したシミュレーションが可能になる。
  - ・ 加工の学理に基づき、各種加工に必要な光源の設計指針を得ることが可能になる。
- レーザー加工現象の物理モデル探索
  - ・ 加工現象の観測(最先端研究基盤などを駆使したその場マイクロ観測、超高時間分解観測、マルチスケール観測)、機械学習の活用により、「4相(固相、液相、気相、プラズマ)+開放系」の物理モデルの構築が進む。
  - ・ 物理モデルに基づき、加工過程のミクロ(原子レベル)からマクロの理解(物質の励起過程から励起後までを含めたダイナミクス)が進む。
  - ・ 原子・分子・固体物理に跨り、レーザー物理、材料、情報科学分野等から成る融合研究分野が創生される。
  - ・ 複合量子ビームによる新プロセスの探索が進む。

現在(2017年度)

5年(2022年度)

10年(2027年度)