

極めて広い材料選択性を持つ レーザーマイクロコーティング技術

山形大学 学術研究院（大学院理工学研究科主担当）

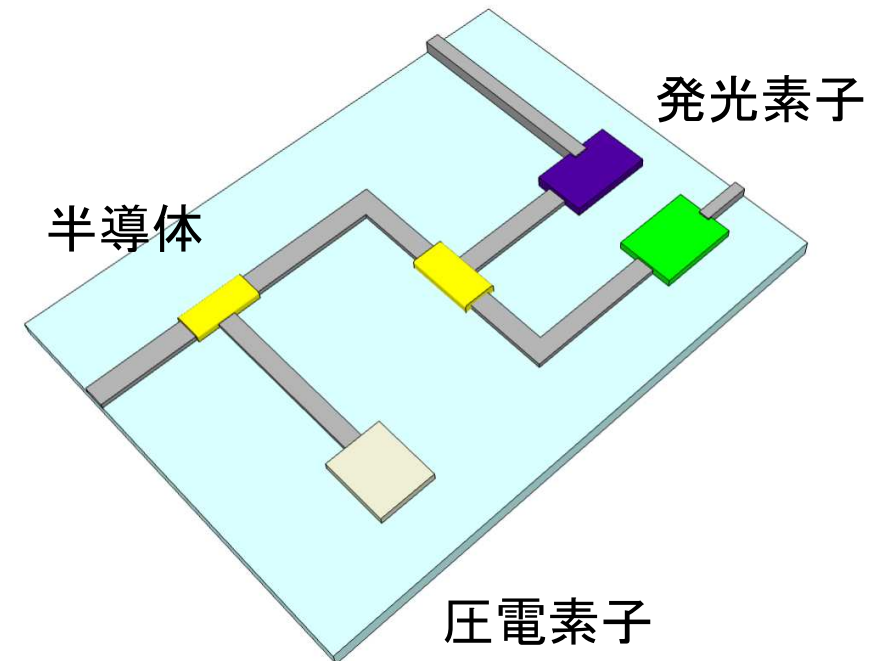
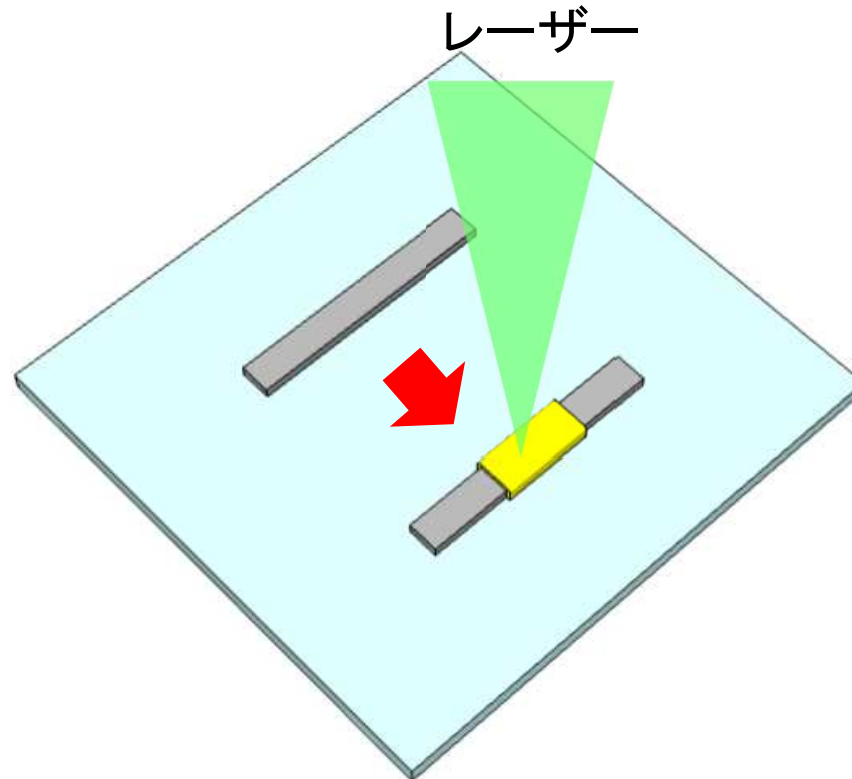
機械システム工学専攻

准教授 西山 宏昭

2021年11月30日

技術概要(1)

レーザーマイクロコーティング



- マイクロ電極などに機能性材料を被覆
- レーザー照射だけで簡便に積層
- 機能性コロイドのデバイス化技術

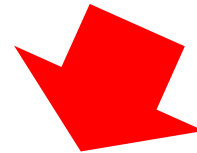
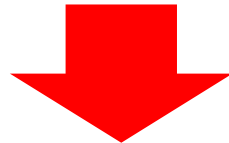
技術概要(2)

半導体製造プロセス

- 高品質 & 高分解能
- 平面基板に限定
- 高真空プロセスで高価

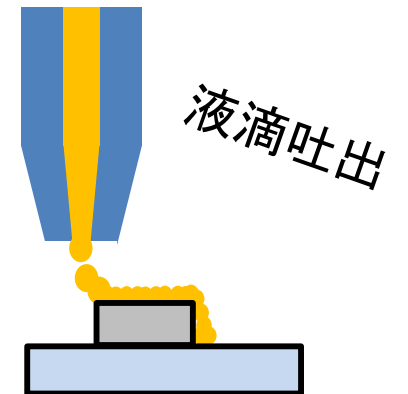
インクジェットプリンティング

- 曲面/フレキシブル基板
- 非真空で安価
- ディ스포型貼付けセンサーなど
- インク化容易な有機材料が主体
- 低耐候性



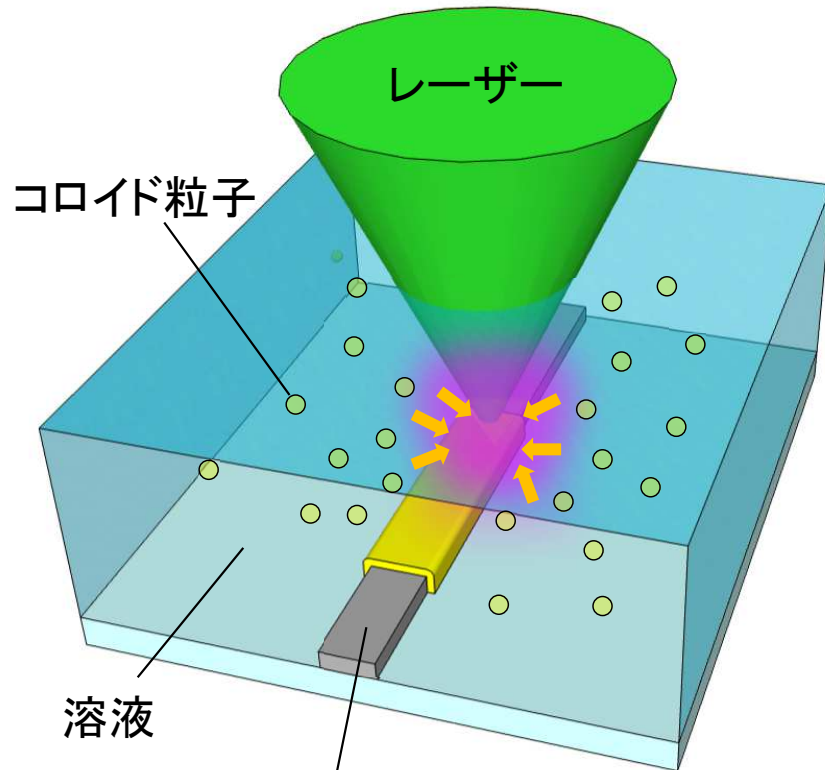
無機材料を広く含む プリンティング技術

- ・数um程度の加工分解能が良い
- ・曲面/フレキシブル基板
- ・有機材料では不安な環境下
- ・低炭素化 & 非真空
必要な箇所に必要なだけ



技術概要(3)

レーザーマイクロコーティング



- マイクロコーティング技術
- 液中レーザープロセス
- 分散粒子を集積固化

微細電極上に機能材料を積層

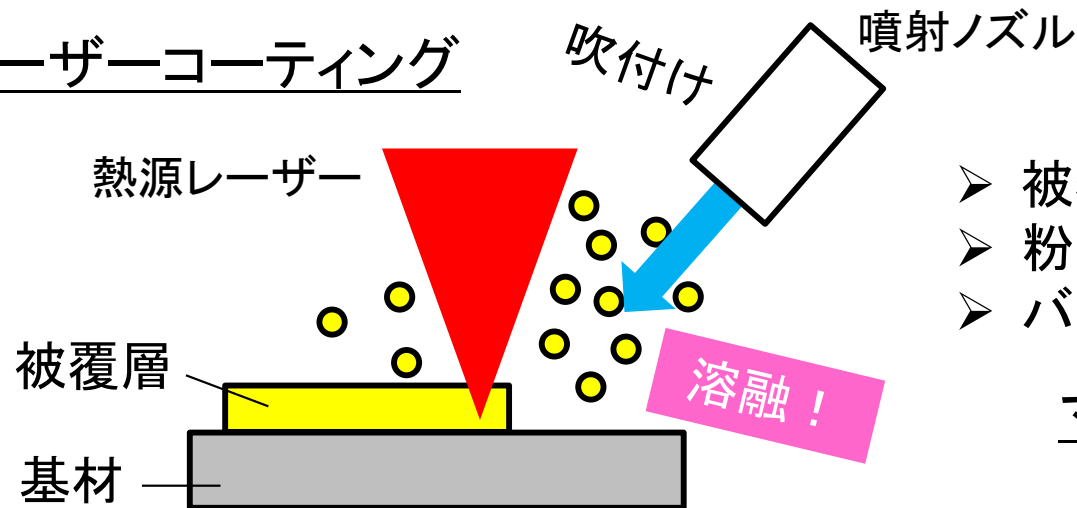
- ・簡便
- ・従来リソでの難加工材料
(量子ドットなどの次世代材料)

電極など(金属, 金属/絶縁体複合構造, etc)

レーザー集光部に分散微粒子が高速被覆

技術概要(4)

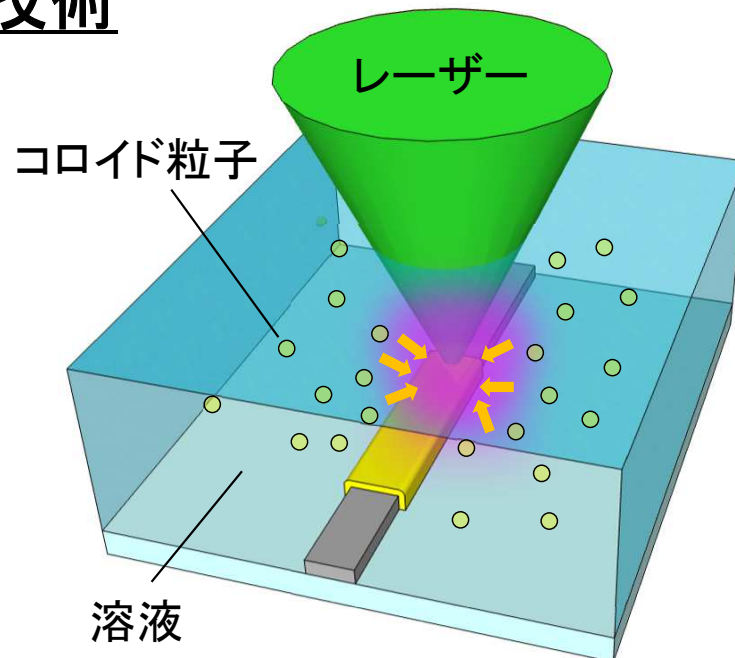
従来レーザーコーティング



- 被覆材料粉末の吹付け
- 粉末を高温溶融/被覆
- バルク体 & 熱加工

マイクロ領域で従来法は不可

本技術

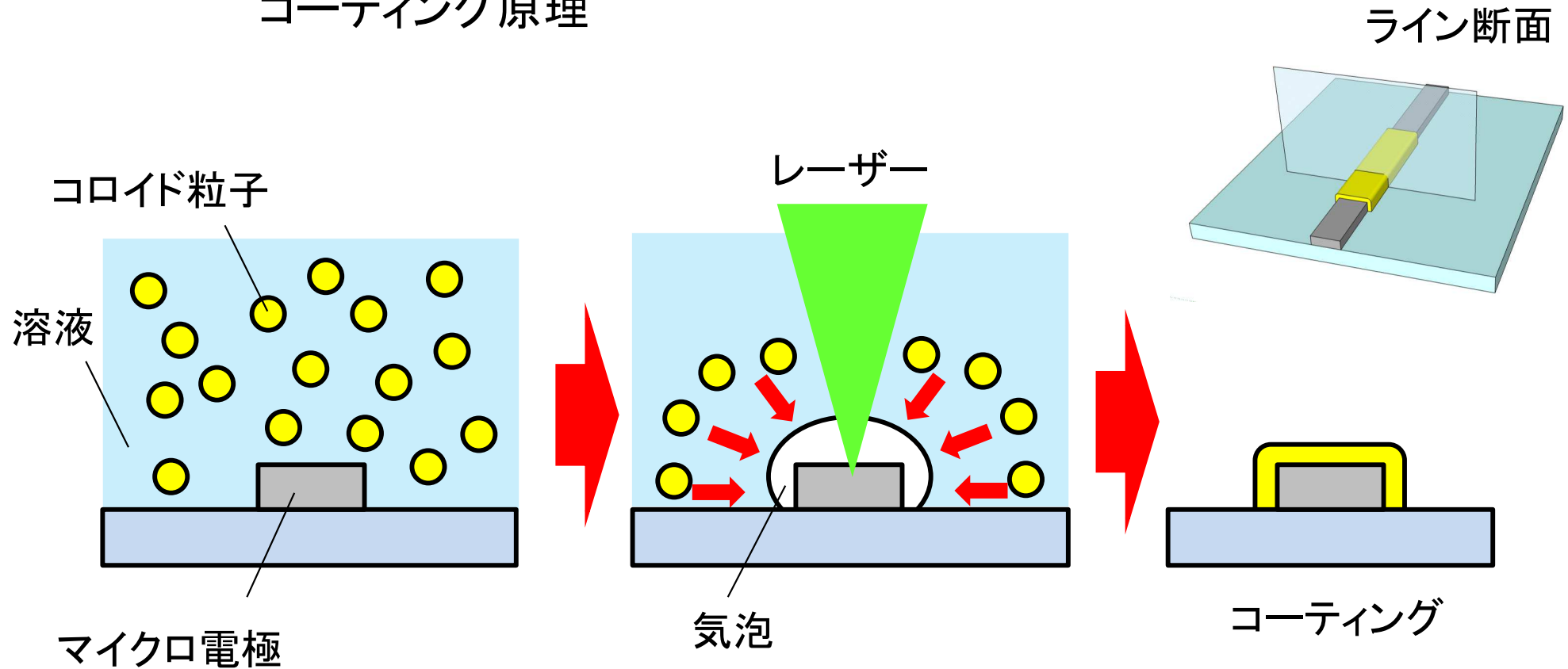


- 被覆材料を分散
- 集光部へ集積/凝集
- マイクロ構造 & 光加工

光加工なので基材損傷なし

技術概要(5)

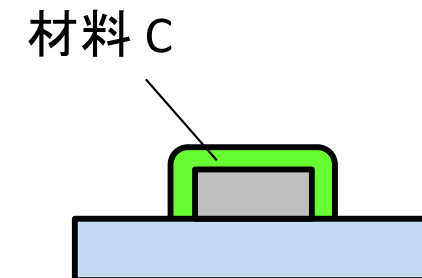
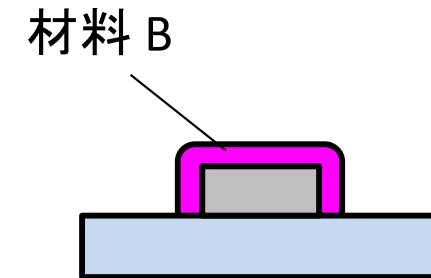
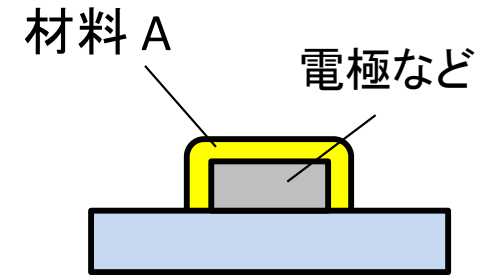
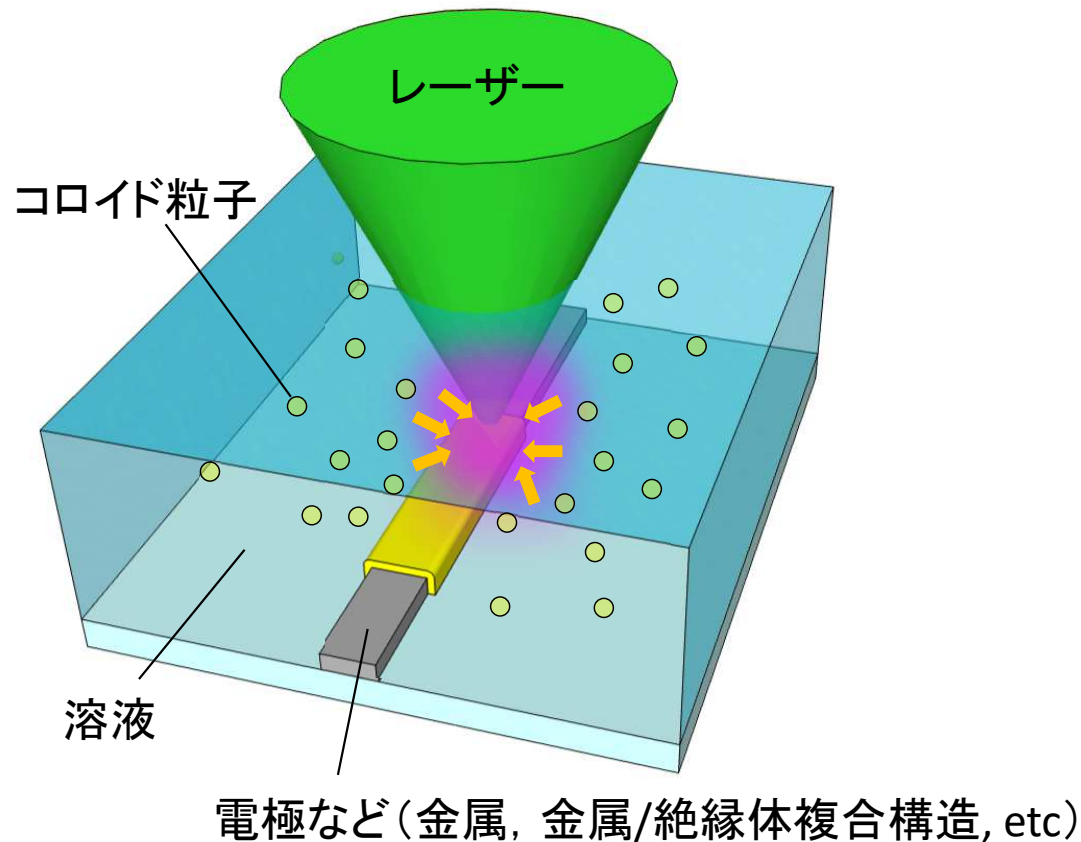
コーティング原理



- レーザー誘起バブルによるコロイド粒子堆積
- 電極部に密着 & 緻密堆積
- 非熱的コーティング

技術概要(5)

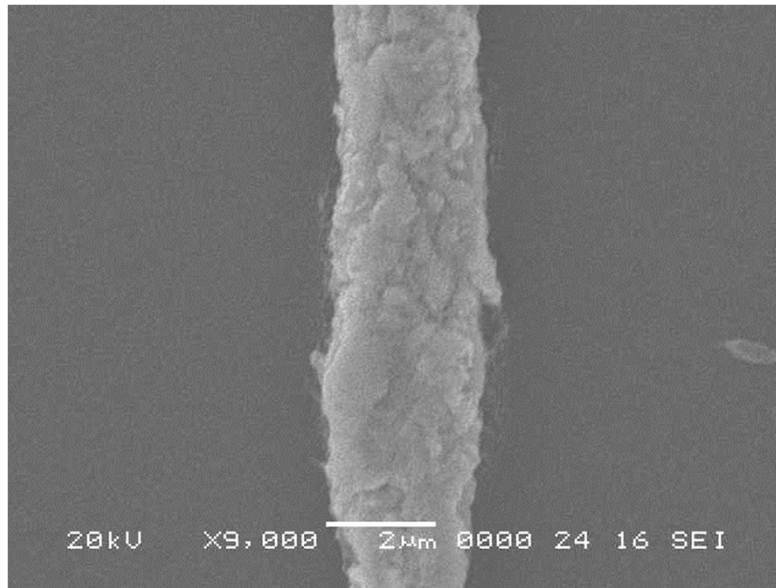
超広域材料選択性



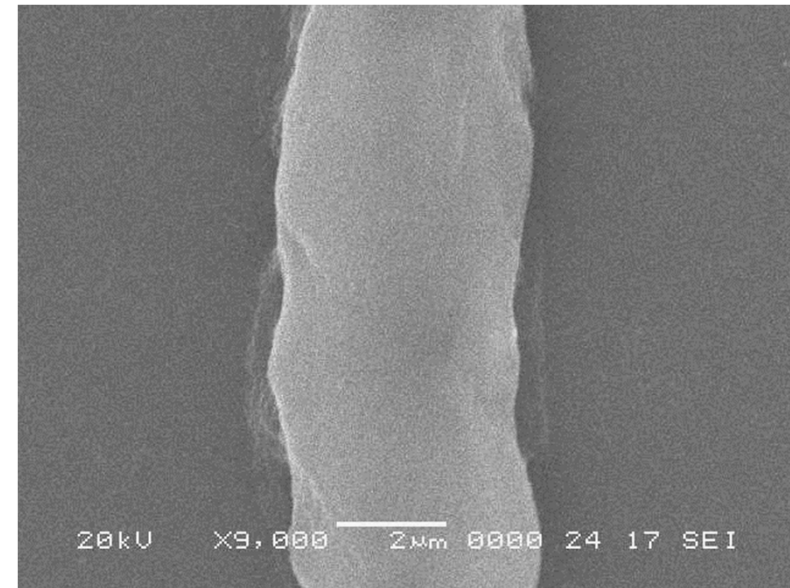
- ・光加工にありがちな材料制限がない
- ・様々な機能性材料を被覆可能:
絶縁体, 半導体, 生体親和材料, 発光層,
撥水材料, 抗菌材料など

マイクロコーティング事例(1)

Agライン電極パターン



コーティング後

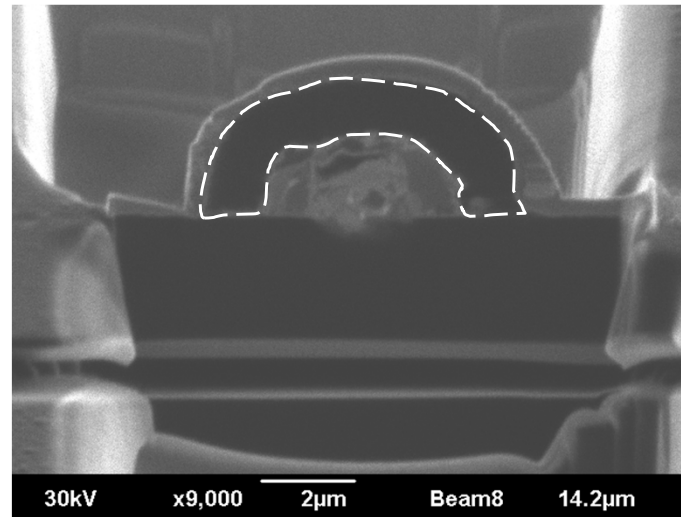
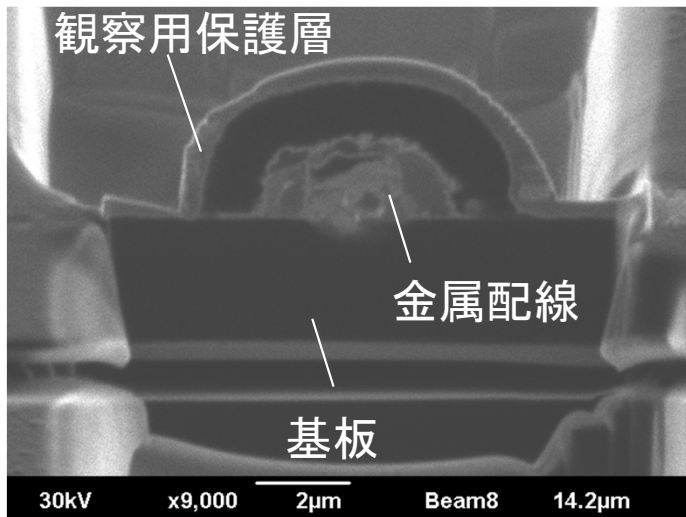


- レーザー照射 ⇒ コロイド粒子が厚く被覆
電極線幅 2.5 μmほど ⇒ 幅 5 μmほどへ
- 緻密 & 滑らかな表面(粒子径: 20 nm)
- 大半のコロイド粒子に適用が可能
- 均一コーティング ⇒ 今後プロセス改善

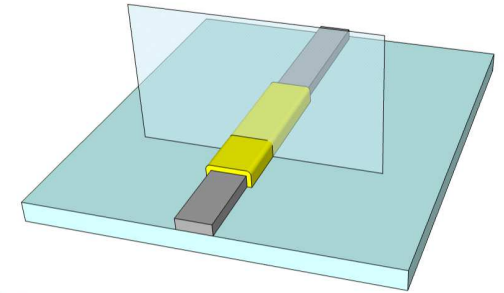
マイクロコーティング事例(2)

ライン断面像

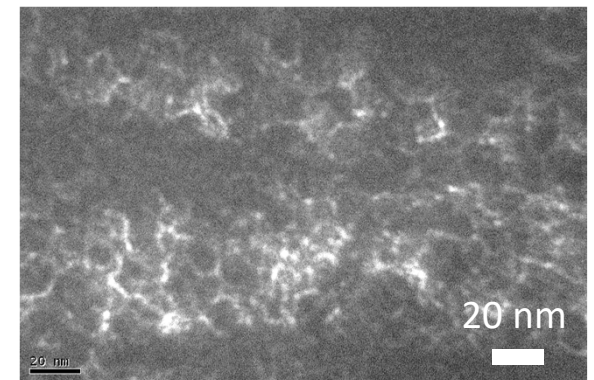
コーティング層



ライン断面



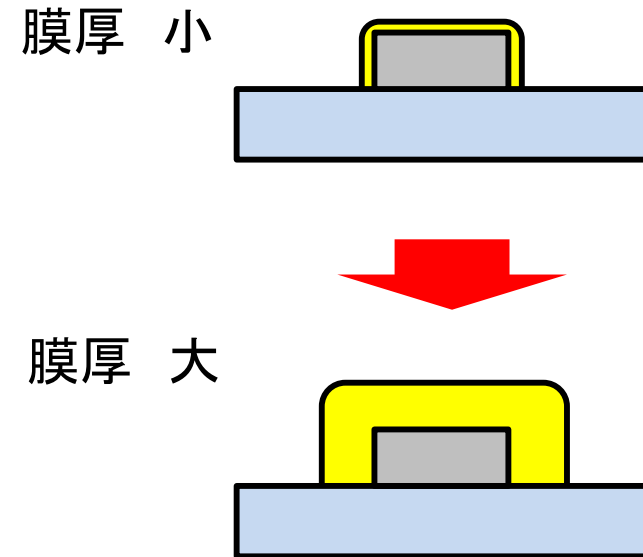
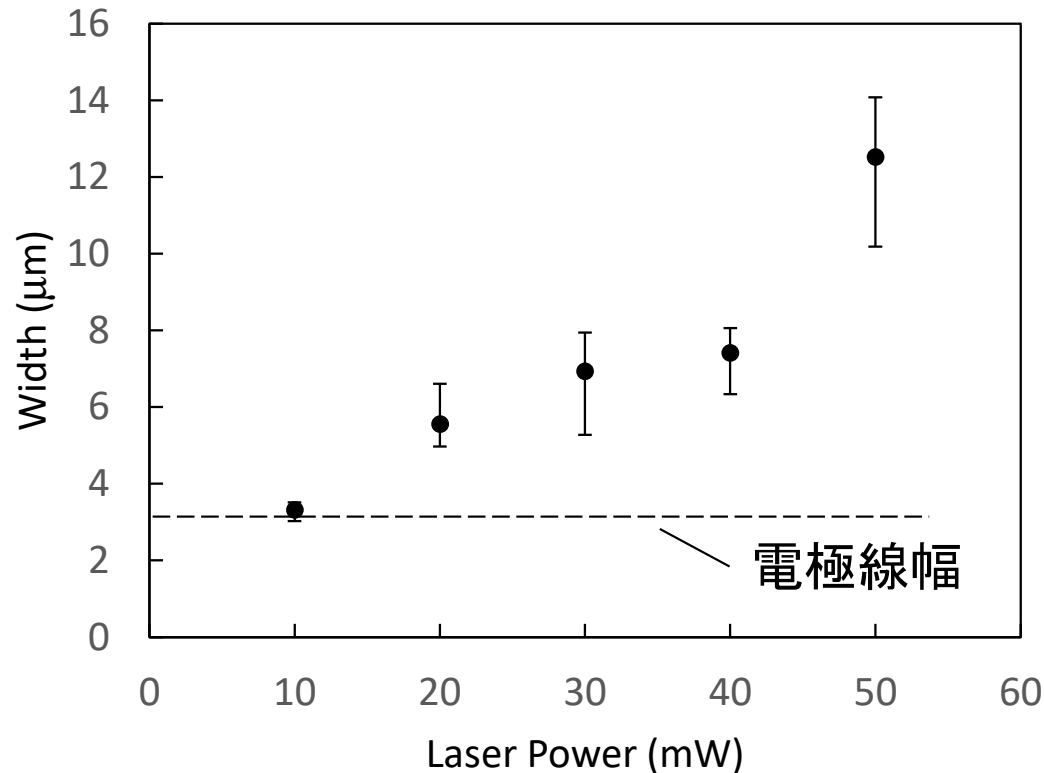
コーティング層内



- 線幅 4.0 μm電極 ⇒ 厚さ 1.1 μmほどの被覆層
- コーティング層内: 集積粒子が緻密に凝集(結晶性を維持)
- 完全被覆 & 電極に密着
- 金属電極: 高い導電性を維持

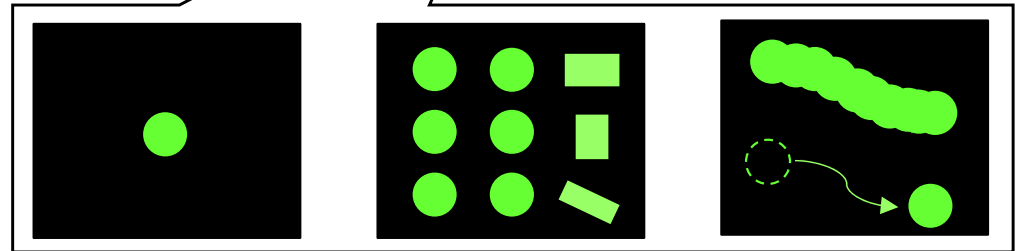
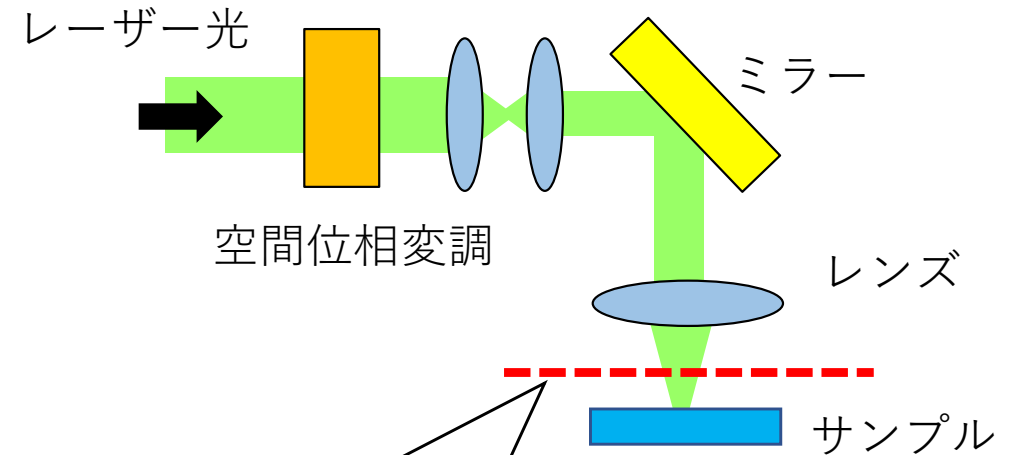
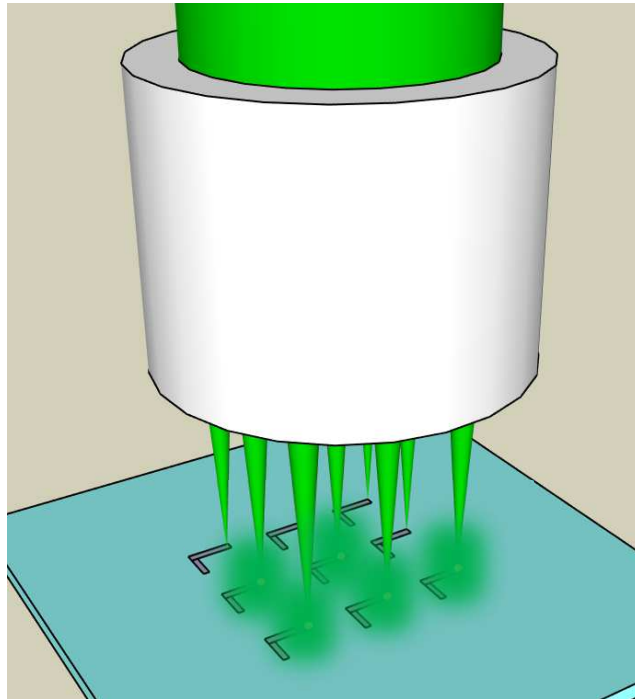
マイクロコーティング事例(3)

線幅 vs. レーザーパワー



- 電極線幅 3 μm \Rightarrow 被覆で最大12 μm ほどへ
- コーティング膜厚: レーザーパワー/走査速度で制御可能
- 不均一性 \Rightarrow 今後のデータ蓄積

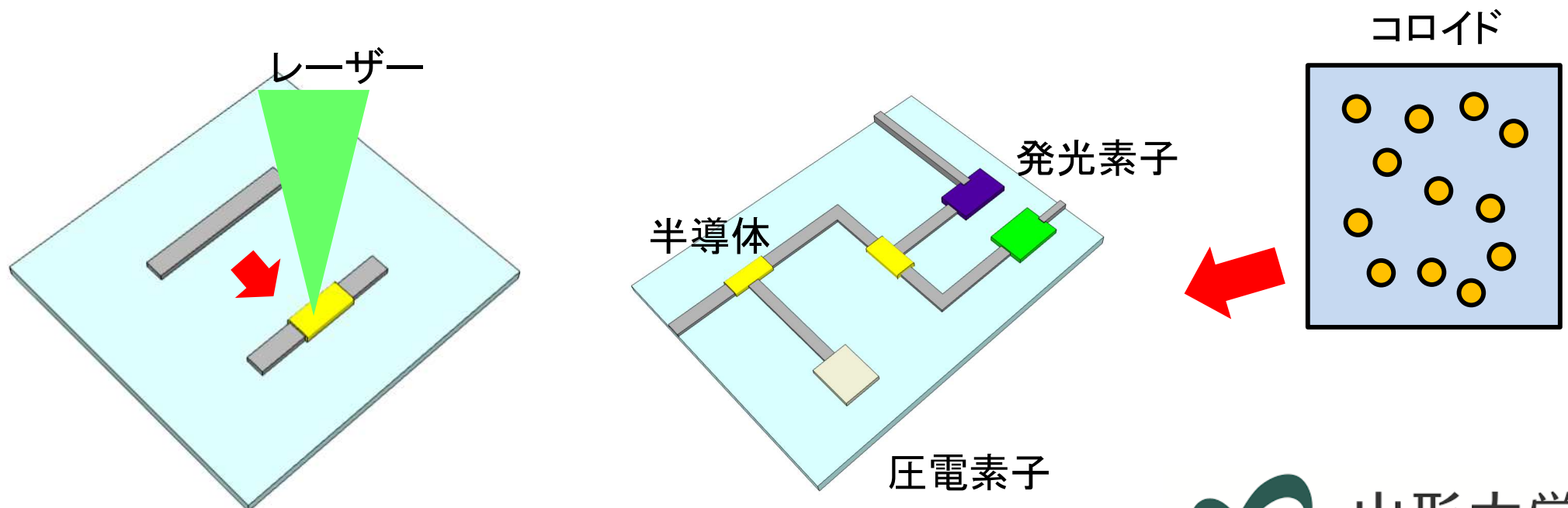
並列多点照射による高速描画



- 一筆書き ⇒ 並列多点描画（高スループット）
- デジタル制御による動的パターン制御
- 1 m/s 程度の実効的描画速度

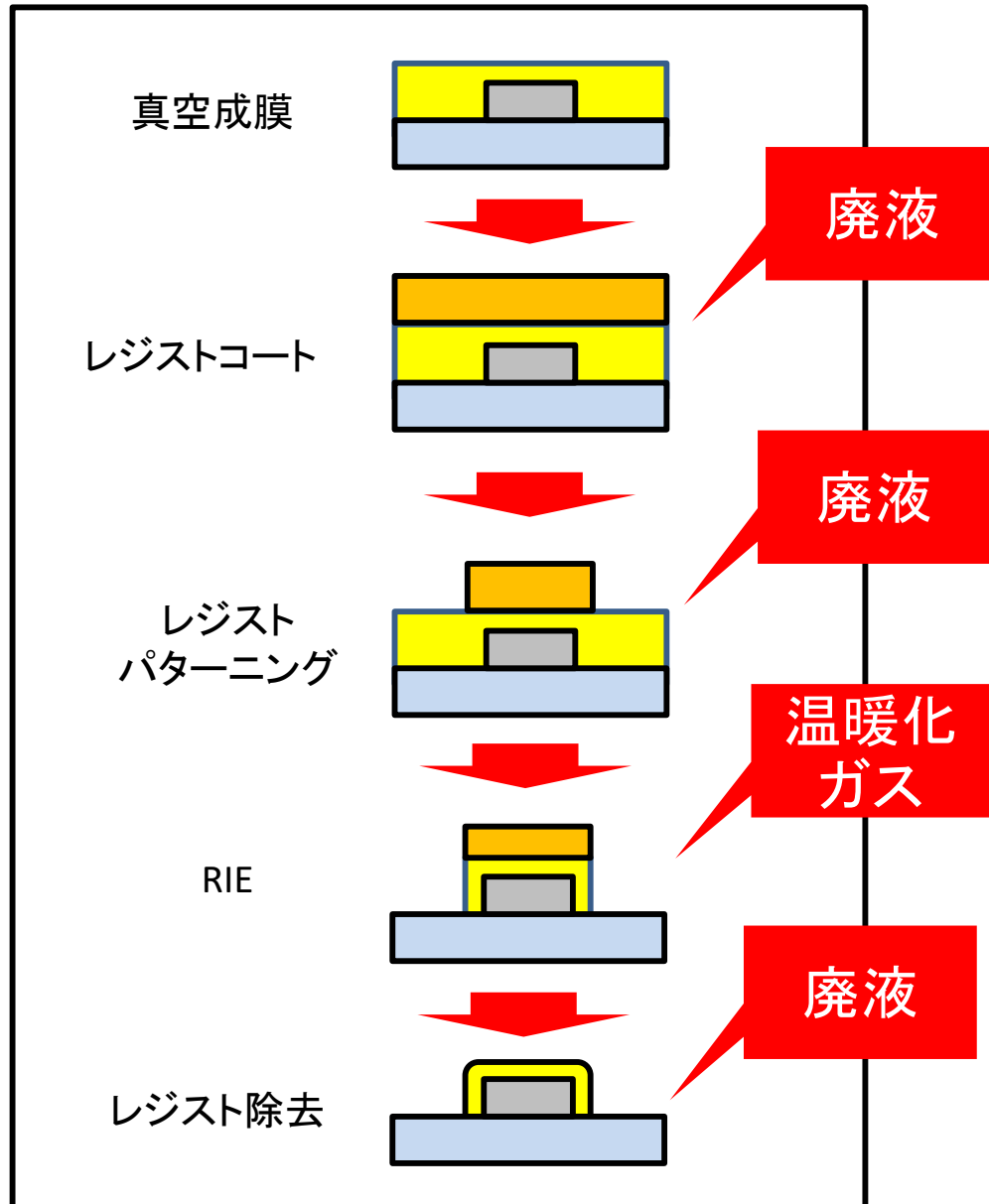
技術の特徴

1. 金属マイクロ配線 ⇒ 高機能材料を付加製造
(半導体などの無機材料, etc.)
2. 超広域材料選択性の光パターンニング
非感光性材料でもOK
3. 機能性コロイドの基材固定化
高品質コロイド ⇒ 高品質デバイス部材



競合技術との比較(1)

— 半導体製造プロセス —



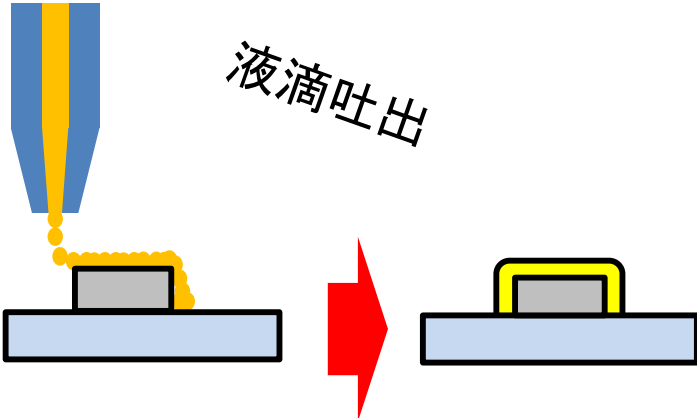
- 高真空工程
- 複雑な繰り返し工程
- 平面的 & 非フレキシブル
- 大きな環境負荷
廃液大, 温暖化ガス大

本技術

- 必要な箇所に必要なだけ
(付加製造)
- コロイド溶液は交換再利用
- 曲面上形成
- 低炭素化技術

競合技術との比較(2)

— インクジェット印刷 —



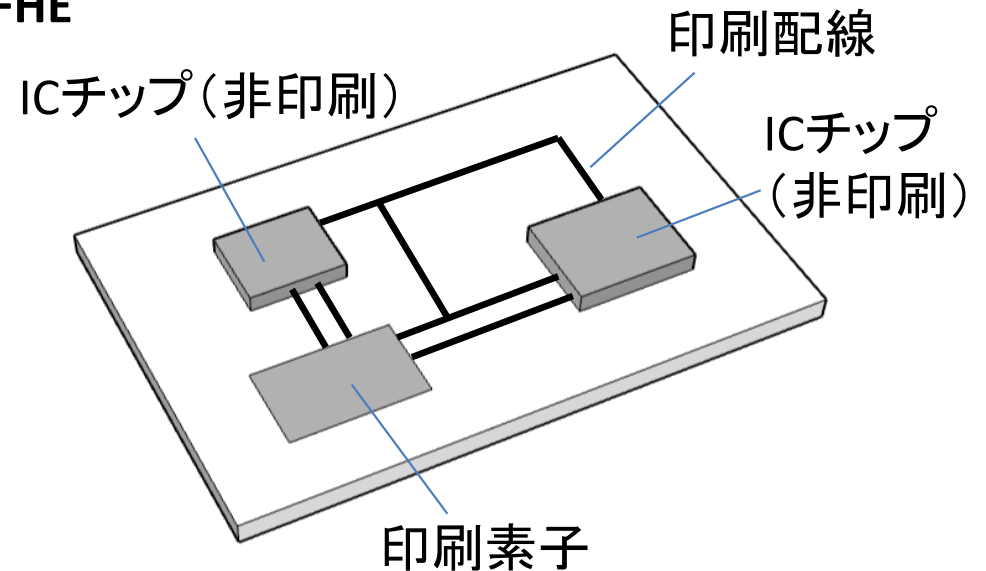
液滴吐出

- 必要な箇所に必要なだけ
- 低環境負荷
- インク吐出
- 有機材料：低い耐候性
- FHE(既存半導体などとのハイブリッド)だが張り合わせ

本技術

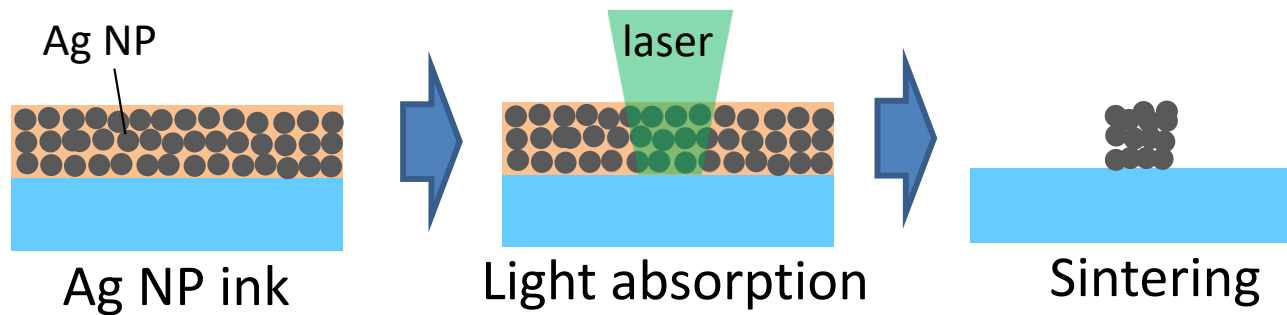
- 高いデジタル制御性
- スマートプロセス
- 高安定な無機材料
- フレキシブル & 高機能無機材料
(張り合わせ × ⇒ 光照射)

FHE

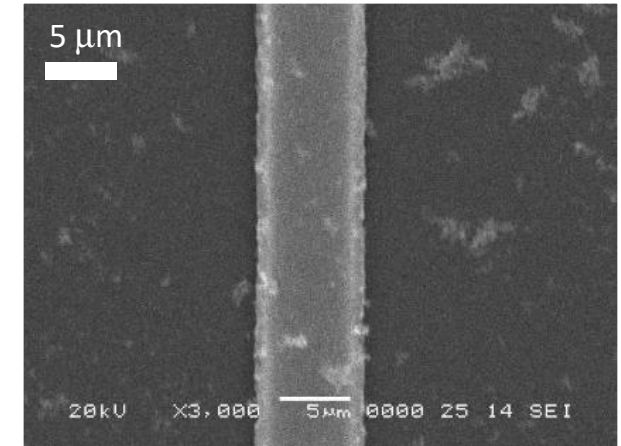


競合技術との比較(3)

— 従来レーザー描画 —



金属ライン



- レーザー描画によるAgマイクロ配線
- Agナノ粒子周辺の有機物をレーザーで熱分解

被加工材料: 適切な吸収特性(感光性)が必要

- ・吸収過少 加工×
- ・吸収過多 表面損傷

強い材料制限が存在

(Ag配線はOK. でもCu配線は×など)

本技術

光パターンニング と
超広域材料選択性 が両立
(感光性に限定されない)

競合技術との比較(4)

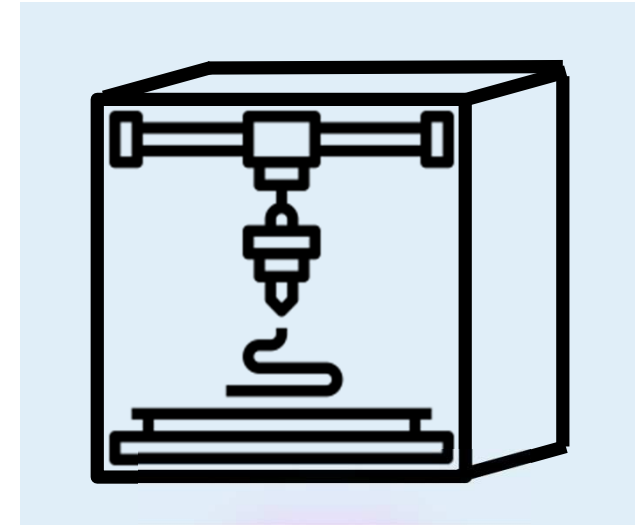
	本発明	リソグラフィ	インクジェット	従来 レーザ描画
材料選択性	◎	△	△	×
デバイス化	◎	◎	○	×
微細パターン化	◎	◎	×	○
低炭素化	◎	×	○	○
コスト	◎	×	◎	◎
スループット	◎	◎	◎	◎

本発明は、競合技術と比較し、
材料選択性や低炭素化において優位性

想定される用途(1)

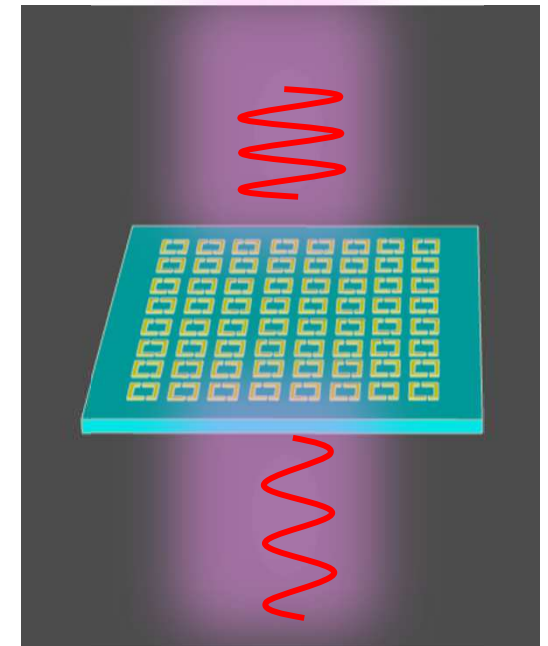
レーザーマイクロ付加製造装置

- ・ 超広域材料選択性を持つ光パターニング装置
- ・ 半導体工程：レーザー描画装置の高機能化
- ・ ペロブスカイト量子ドットなど次世代材料
- ・ 6G対応アンテナの光パターニング



インクジェット印刷装置の高付加価値化

- ・ 金属インクでの配線印刷 + 無機半導体
- ・ 金属インク配線の絶縁被覆
- ・ 金属インク配線上に無機半導体の配置
- ・ 金属インク配線上に無機発光層の配置



想定される用途(2)

区分	材料	用途・応用
センサー	SnO_2 、 ZnO 、 TiO_2	ガスセンサー
	ITO	静電容量型タッチパネル電極
	ZnO + Auナノ粒子	高感度UVセンサー
	TiO_2	光触媒の高表面積化
	PZT	圧電型センサー、加速度センサー
	ダイヤモンド	量子センサー
ディスプレイ	量子ドット、 ZnO	マイクロLED
エネルギー	Li系粒子やSi粒子	全固体電池
	TiO_2 + Auナノ粒子、 TiO_2	広域波長応答型光触媒/人工光合成（水素製造）
ライフサイエンス	TiO_2	抗菌化、生体親和化
	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$	人工関節表面の抗菌化/立体細胞培養足場

8. 実用化に向けた課題

- 加工装置としてのシステム化
位置合わせ, ステージ連動, ビームデリバリー
⇒ コーティング膜厚や膜質の均一化
- 各種コーティング材料での特性データ蓄積
⇒ 被覆特性評価, プロセス安定化
- レーザー照射方法や基材検討
⇒ 応用ターゲットに合わせた条件探索

9. 企業への期待

- 装置メーカーとの共同研究
高付加価値の印刷装置やレーザー付加製造装置開発
- スタートアップベンチャーとの共同研究
研究機関向け高付加価値の加工装置
- 材料メーカーとの共同研究
機能性コロイド粒子の基材固定化による新展開

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：
レーザー照射による複合配線の製造方法及び
複合配線
- 出願番号：特願2021-019324
- 出願人：国立大学法人 山形大学
- 発明者：西山 宏昭, 他1名

産学連携

- ~2020 企業数社との共同研究を実施
- 2020~ NEDO若手サポート研究助成採択中
NEDO助成下で共同研究が可能です
- 2022/1/26-28
nano tech 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議に
出展致します。ご興味あればお立ち寄りください

お問い合わせ先

山形大学

オープンイノベーション推進本部

知財クリエイティブ・マネージャー

弁理士 小原 淳史

TEL 0238-26-3480

FAX 0238-26-3633

e-mail obara.atsushi@yz.yamagata-u.ac.jp