



地方独立行政法人

岩手県工業技術センター

IWATE INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE

# 分子接合技術による次世代MID に向けた配線形成法の開発

文部科学省<イノベーションシステム整備事業>  
地域イノベーション・エコシステム形成プログラム

令和元年度～令和5年度（現在4年目）

機能材料技術部 須藤裕太

令和4年6月16日 岩手県工業技術センター 成果発表会

# 1. 研究背景

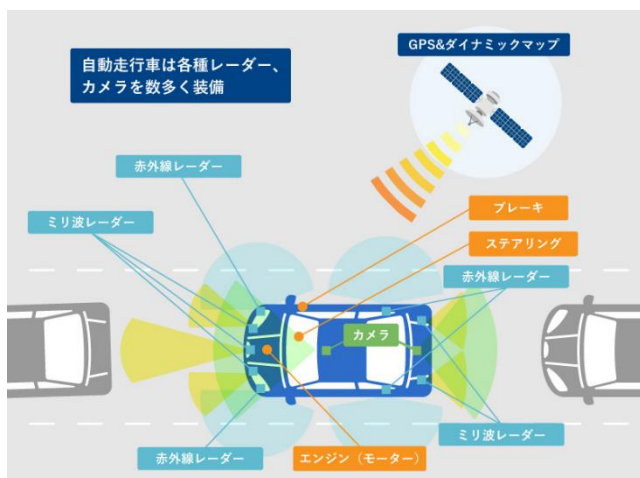
## ～エレクトロニクス分野のニーズ～

モバイル機器の  
小型化・軽量化・高機能化



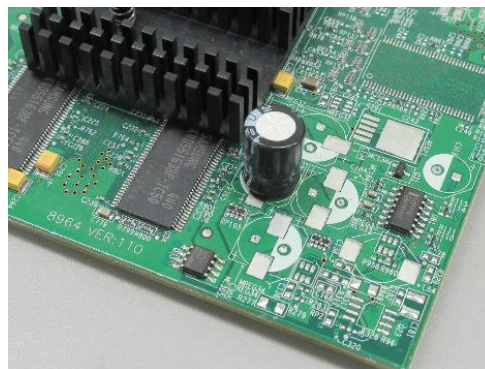
Apple

自動運転やコネクテッド  
サービスの次世代自動車



愛知県ITS推進協議会

プリント配線板



半導体



LED



抵抗



「プリント配線板」に部品をはんだ付けして接続

モバイル機器、自動車、家電、医療機器などの  
高機能化に伴うエレクトロニクス部品数の増加



エレクトロニクス部品の

省スペース化・小型化・軽量化  
の技術がさらに求められる

# 1. 研究背景

## ～ 3D-MIDへの注目～

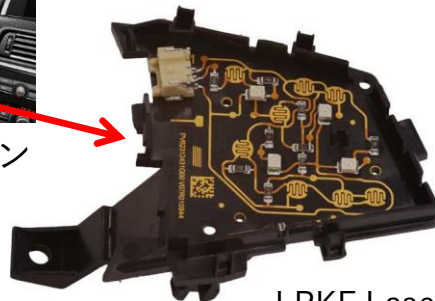
### 3D-MID (三次元成形回路部品)

**Molded Interconnect Device** または **Mechatronic Integrated Device**

- ・ 機械的機能と電気的機能をもった電気回路配線付きプラスチック成形品
- ・ 単なる立体的なプリント配線板ではなく、様々な機能を併せ持ったデバイス



マルチファンクション  
ステアリング



LPKF Laser & Electronics

スマートフォン  
アンテナ



エビナ電化工業

### メリット

- 立体的な構造により小型・軽量化
- 空いたスペースを他の機能に活用
- 組立工数削減
- 自由度の高いデザインが可能

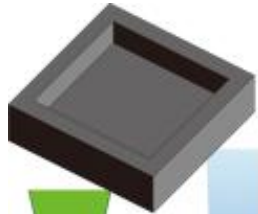
今後、3D-MIDは、次世代移動通信システム(Beyond 5G/6G)で用いられる  
高周波領域への対応が求められる！

# 1. 研究背景

## ～ 3D-MIDの従来技術～

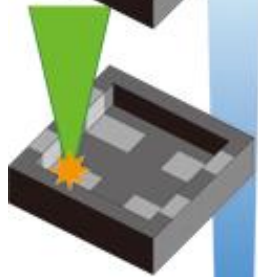
三共化成(株)と当センターの共同開発技術

### SKW-L2工法



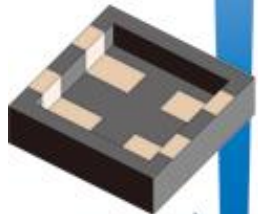
#### 成形加工工程

成形加工された樹脂部品の表面に、



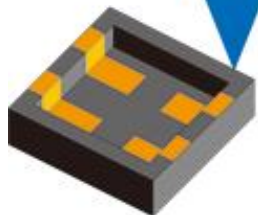
#### レーザー改質工程

レーザー光を照射して部分的に表面改質し、



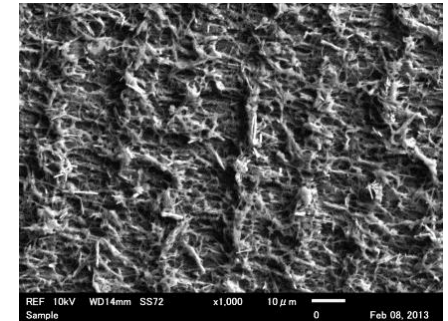
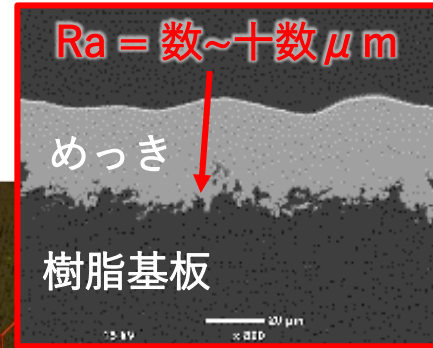
#### 前処理工程

改質された部分に触媒を担持させて、



#### めっき工程

部分めっきによってパターン配線を形成。



SKW-L2工法によるMIDのめっき密着メカニズムは、アンカー効果が主流

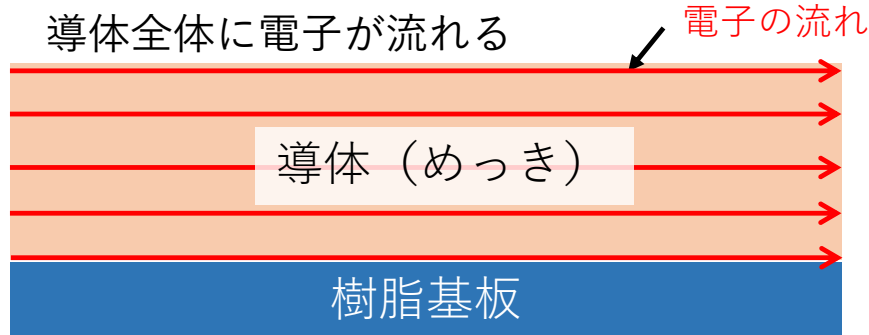
→現状のままでは3D-MIDを高周波用途に用いるのは難しい

# 1. 研究背景

～ 平滑めっき配線の必要性～

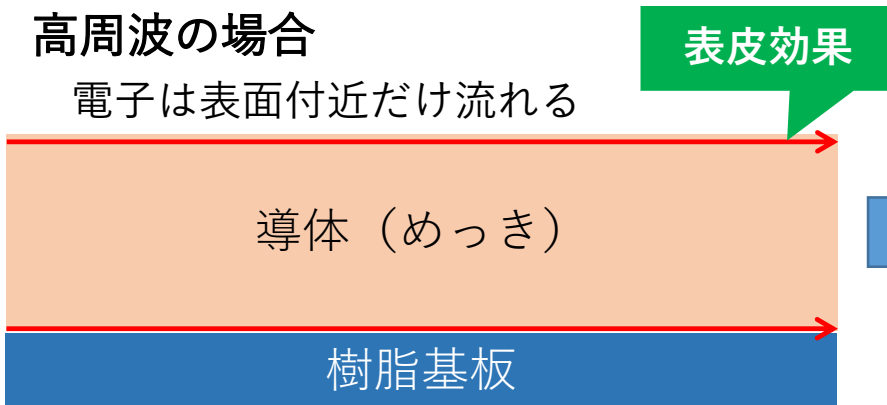
## 低周波の場合

導体全体に電子が流れる



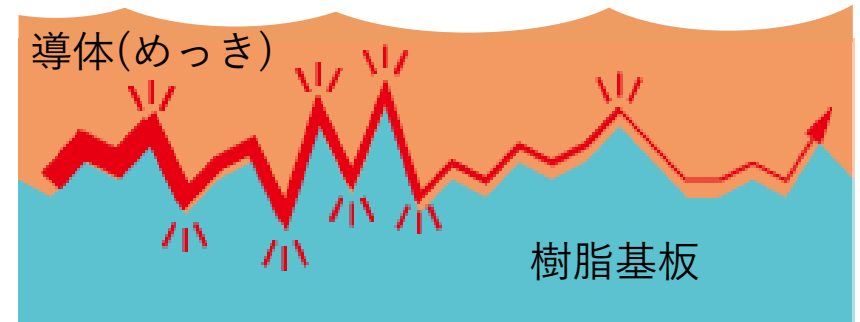
## 高周波の場合

電子は表面付近だけ流れる



## 表面粗さの影響

粗いと更に高抵抗化し、電力損失や信号遅延が生じる



5G (28GHz帯) では、表面粗さ  $Ra < 0.3 \mu m$  を要求

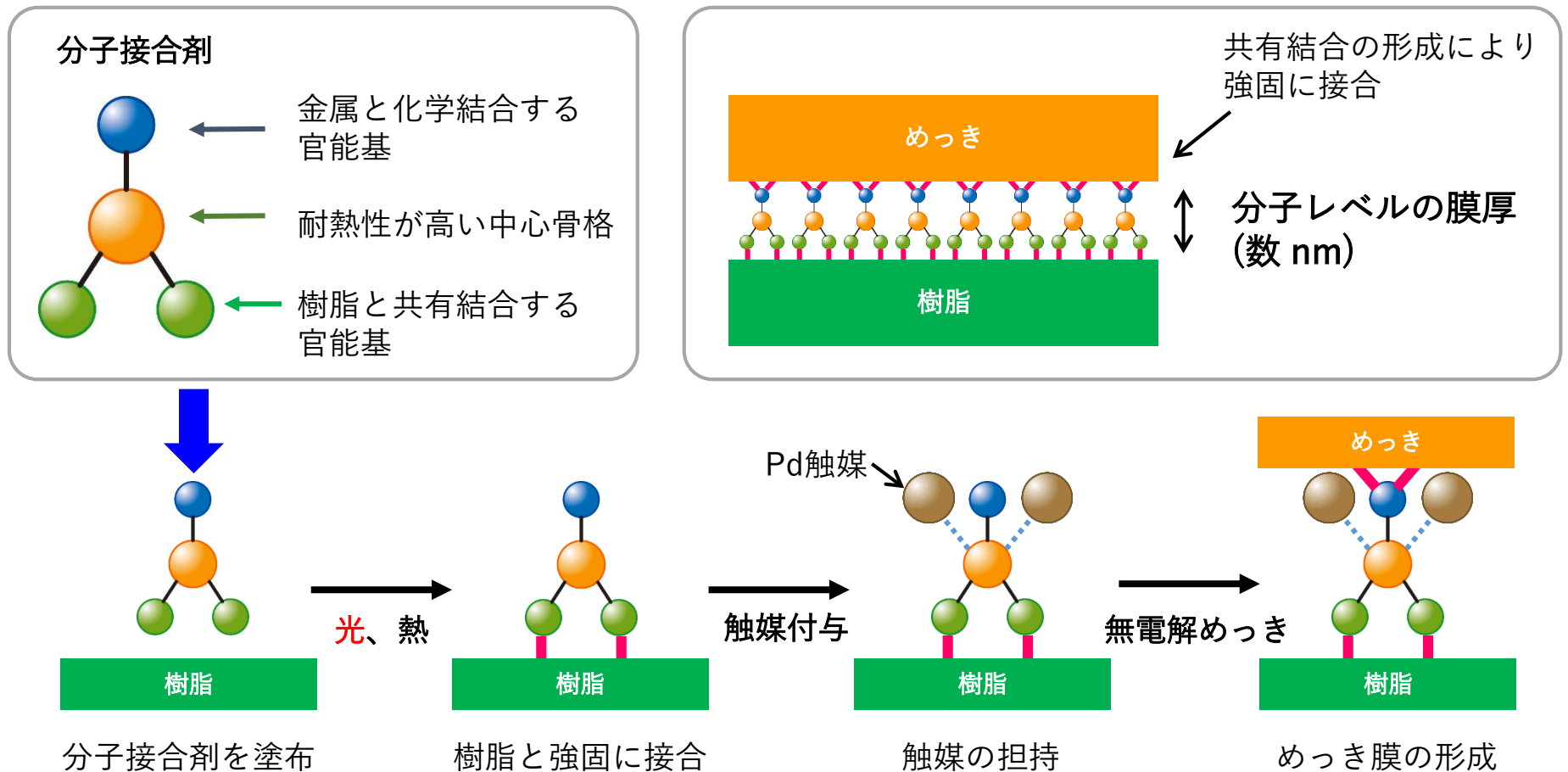
高速伝送・低遅延を実現するためには樹脂基板を粗化せずに配線パターンを形成する技術が必要 → 平滑めっき配線技術が必要

## 2. 技術シリーズ

### ～ 分子接合剤の導入～

i-SB法とは、岩手大学発の分子接合技術を用いる固体材料の接合プロセスの総称。

i → (iwate, innovation), S → (strong, simple, superior, surface), B → (Bonding)



### 3. 研究の目標

電子機器の小型・軽量化と高周波対応の両立を目指し、分子接合技術を用いて次世代MIDの開発を行う

**3D-MID**

小型・軽量化



**分子接合技術**

高周波対応



**次世代MID**

R3年度までの開発目標

平板試料へのめっきに対して、

- ① めっき密着強度 0.5 kN/m以上
- ② 樹脂-めっき界面粗さ Ra 0.3  $\mu\text{m}$ 以下
- ③ 線幅 50  $\mu\text{m}$ 以下の配線パターン形成

# 4. これまでの研究成果

種々の樹脂材料に対しての光反応性分子接合剤の導入および配線形成の検討

## ① めっき密着強度 0.5 kN/m以上

平板試料



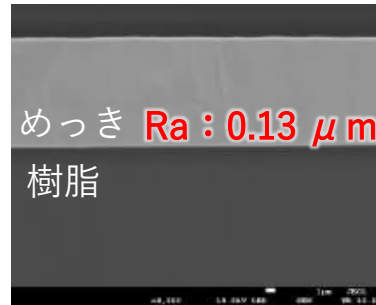
無電解Niめっき



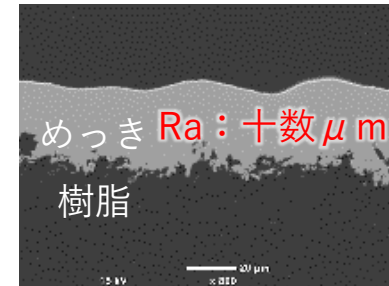
電気Cuめっき

PPS樹脂 : 0.7 kN/m  
ABS樹脂 : 1.2 kN/m

## ② 樹脂-めっき界面粗さ Ra 0.3 μm以下



分子接合剤を用いた工法のめっき断面



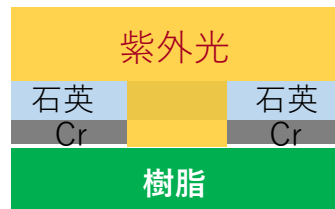
従来工法のめっき断面

## ③ 線幅 50 μm以下の配線パターン形成

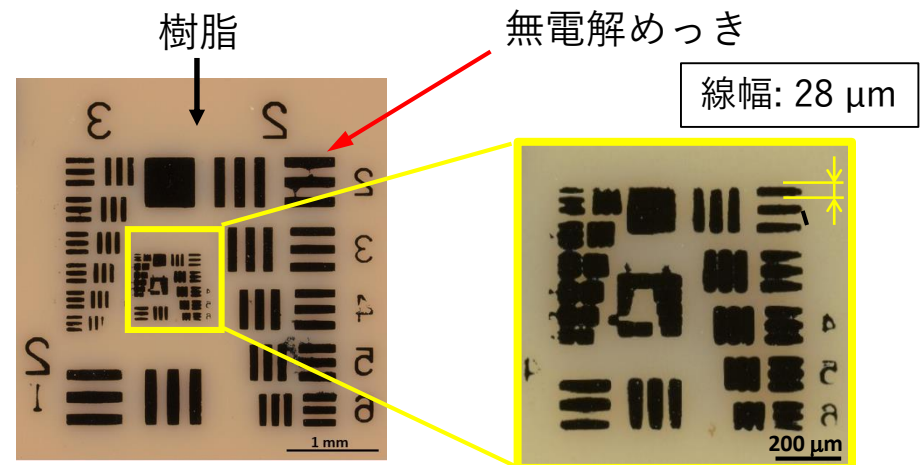
フォトマスクを用いて選択的にめっき



石英フォトマスク



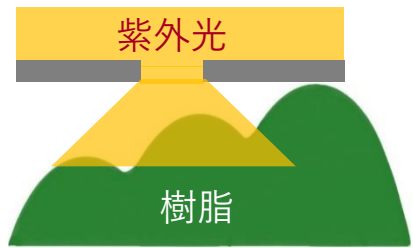
フォトマスク転写法





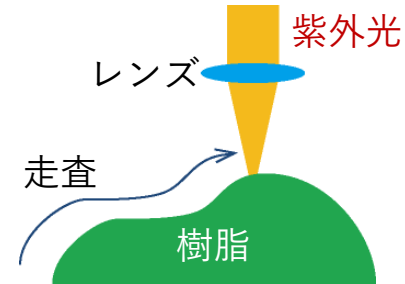
# 5. 本発表 ～マスクレス・ダイレクトパターンニング技術の開発～

## フォトマスク転写法



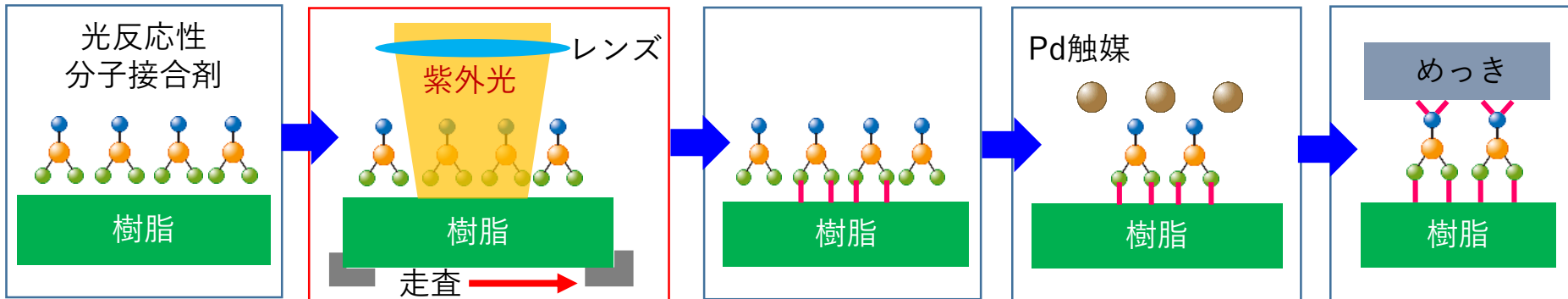
立体物へはフォトマスクを密着出来ないなのでパターンがぼやける

## マスクレス・ダイレクトパターンニング



レンズで絞った紫外光を走査することで立体物へ直接パターン描画が可能

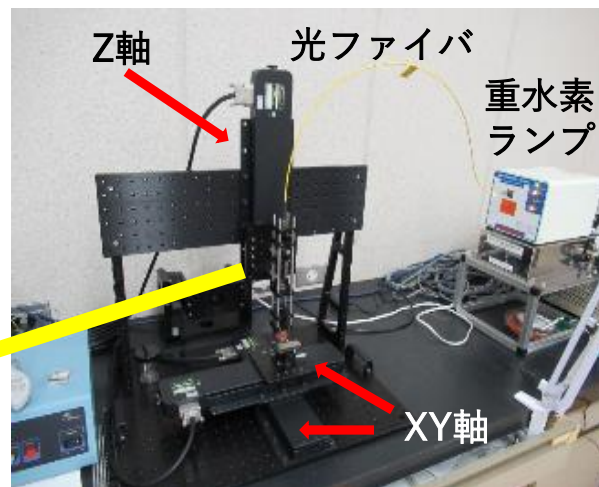
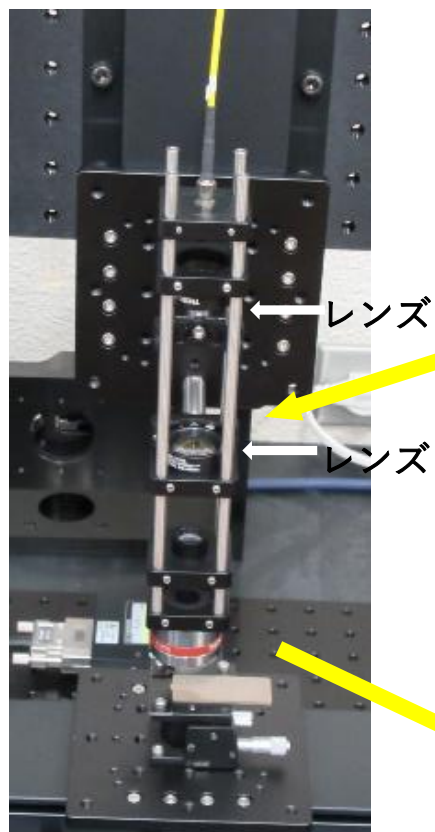
- ①分子接合剤の導入 ②集光された紫外光を走査 ③結合の形成 ④洗浄後、触媒付与 ⑤無電解めっき



光反応性分子接合剤を用いたマスクレス・ダイレクトパターンニング手法の手順

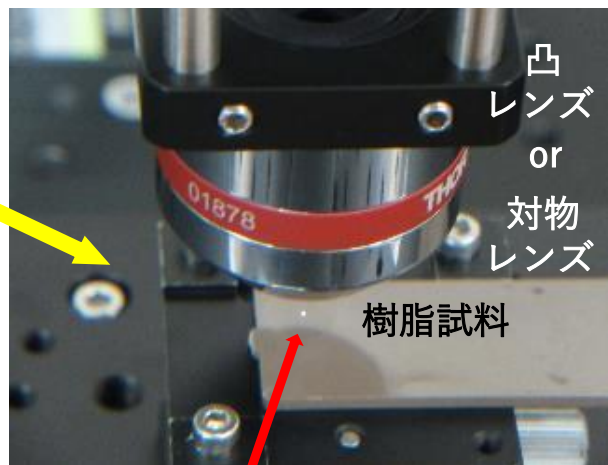
# 6. 実験

## ～マスクレス・ダイレクトパターンニングシステムの開発～



分子接合剤の光反応に必要な254 nm付近の波長を用いるために重水素ランプを使用

重水素ランプの光を光ファイバを通してレンズ系へ導光し、樹脂表面へ照射



最小スポット径  
φ1 mm (凸レンズ使用時)  
φ100 μm (対物レンズ使用時)

XYZ軸ステージによってピンポイントに照射可能

出願番号：特願 2021-046645

最小スポット径 φ100 μm  
(対物レンズ使用)

試作したマスクレス・ダイレクトパターンニングシステム

# 7. 結果

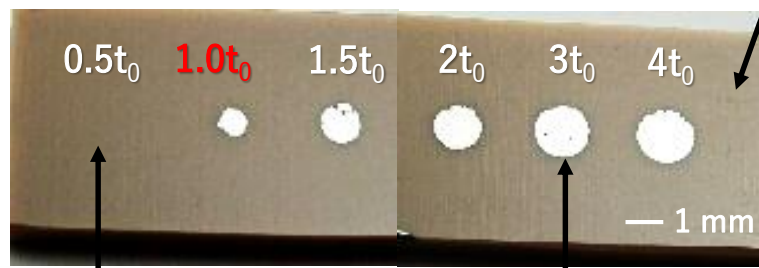
## ～ マスクレス・ダイレクトパターンニング～

予備実験 紫外光を照射した部分にのみめっきが析出されるかを検証

照射条件 スポット径：約 $\phi 1$  mm (凸レンズ)、試料：平板PPS樹脂

### 【① スポット照射】

照射時間：基準照射時間 $t_0$  0.5 $\sim 4t_0$  平板PPS樹脂



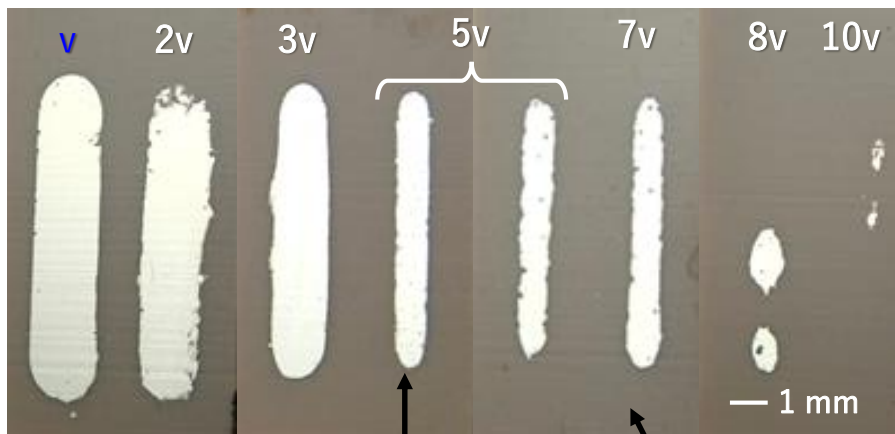
無電解Niめっき不析出

無電解Niめっき

- ・照射した部分にのみ円形にめっきが析出
- ・ある照射時間以上の露光が必要
- ・照射時間を長くするとめっきの径が増加

### 【② ライン描画】

走査速度：基準走査速度 $v$   $v \sim 10v$



無電解Niめっき

平板PPS樹脂

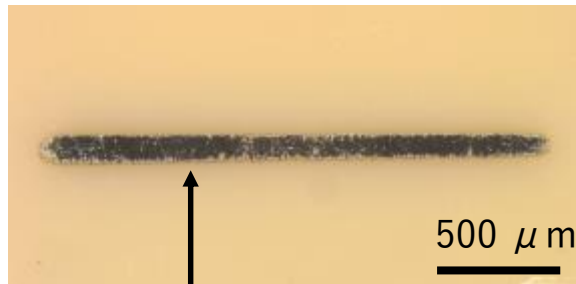
- ・ステージを走査しながら、光を照射することで、ライン状にめっきが析出
- ・走査速度が遅いと線幅が太いがラインが描画できる
- ・走査速度が速くなると線幅は狭くなる
- ・速すぎるとめっきがつかない部分が発生

# 7. 結果

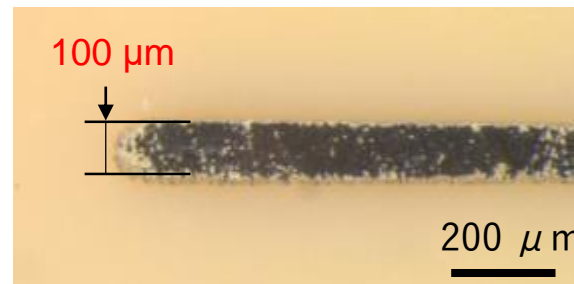
## ～ マスクレス・ダイレクトパターンニング～

照射条件 スポット径：約 $\phi 100 \mu\text{m}$ （対物レンズ）、試料：平板PPS樹脂

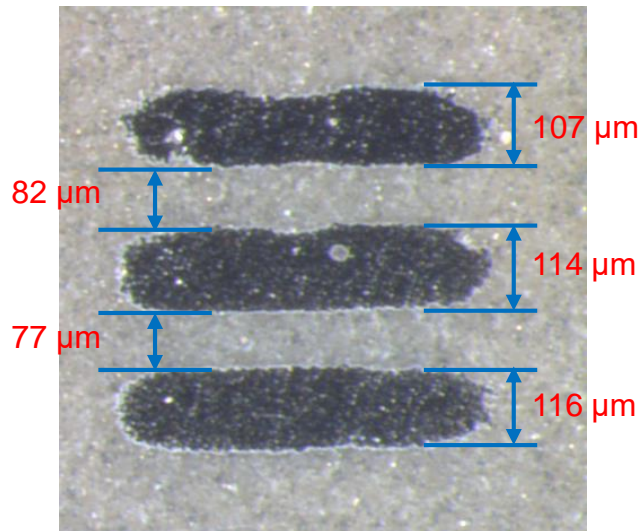
【 微細ライン描画 】



無電解Niめっき



- ・ スポット径と同程度の線幅でライン描画がされている



- ・ 200  $\mu\text{m}$ ピッチのライン描画により  
L/S = 120  $\mu\text{m}$  / 80  $\mu\text{m}$ 程度のパターン描画に成功
- ・ 接近した微細配線パターンであっても、線間を分離して形成可能であることを確認

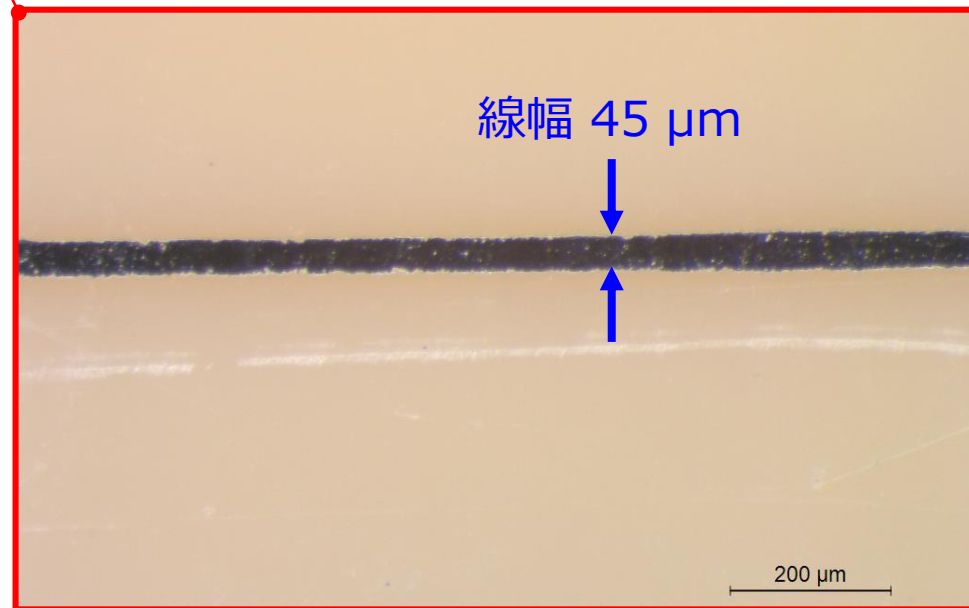
# 7. 結果

## ～ マスクレス・ダイレクトパターンニング～

照射条件 スポット径：約  $\phi 100 \mu\text{m}$  (対物レンズ)、試料：平板PPS樹脂

【 微細ライン描画 】

紫外線照射条件を工夫することで、より細い線が形成可能であることを確認



実用化に向けた目標値である線幅 $50 \mu\text{m}$ 以下の微細配線形成に成功

## 8. まとめと今後の計画

### まとめ

- 光反応性分子接合剤を使用した微細配線パターン形成を目的とし、紫外光のスポット照射およびライン描画が可能なマスクレス・ダイレクトパターンニングシステムを開発した。
- 紫外線スポット径と同等の線幅 約100  $\mu\text{m}$ のマスクレス・ダイレクトパターンニングに成功し、さらに最小線幅約45  $\mu\text{m}$ を達成した。

### 今後の計画

- ①立体成形体へのマスクレス・ダイレクトパターンニング
  - X-Y軸制御に加えZ軸制御と諸条件の最適化を行うことで、立体物への配線パターンニングを目指す。
- ②事業化に向けた技術移転
  - 企業様との共同研究の実施。
  - 展示会出展、セミナー開催等で技術普及に取り組む。

# 謝辞

本研究は、文部科学省地域イノベーション・エコシステム形成プログラム「岩手から世界へ～次世代分子接合技術によるエレクトロニクス実装分野への応用展開～」の支援を受けて行われたものです。

<https://www.ccrd.iwate-u.ac.jp/ecosystem/>

## 研究開発メンバー

機能材料技術部 須藤裕太、目黒和幸、黒須恵美、  
石原綾子、三浦由美子、樋澤健太、  
村松真希、遠藤治之、鈴木一孝

本研究にご興味のある企業様はお気軽にお問い合わせ下さい。  
ご説明にお伺いいたします。