



Innovation Ecosystem Iwate

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

3次元配線技術の開発

1. 開発技術の社会実装を目指して
2. 地域企業への技術展開について

令和6年3月15日



地方独立行政法人

岩手県工業技術センター

IWATE INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE

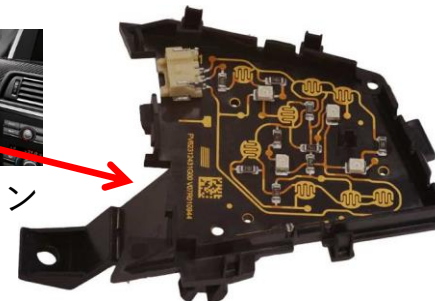
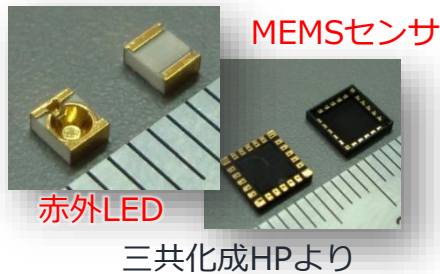
発表者 機能材料技術部 鈴木一孝

社会実装を目指す製品

3D-MID (三次元成形回路部品)について

Molded **I**nterconnect **D**evice または **M**echatronic **I**ntegrated **D**evice

- ・ 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



LPKF Laser & Electronics
HPより



メリット

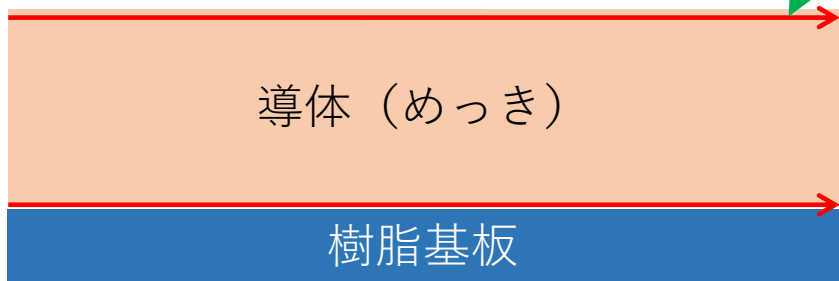
- 立体的な構造により小型・軽量化
- 空いたスペースを他の機能に活用
- 組立工数削減
- 自由度の高いデザインが可能

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
高周波領域への展開が期待される！

Beyond5G(6G)では、表面粗さRa < 0.3 μm を要求

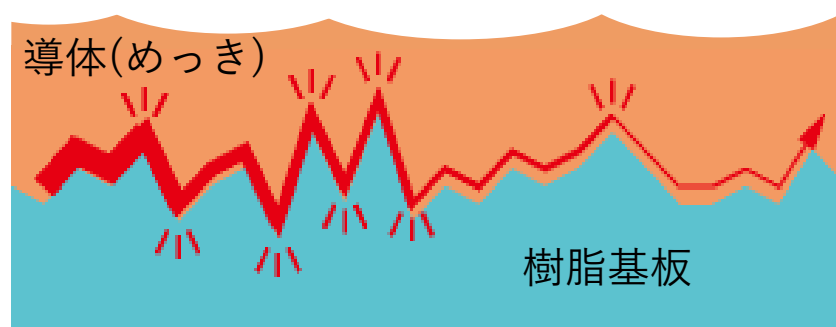
高周波の場合

電子は表面付近だけ流れる



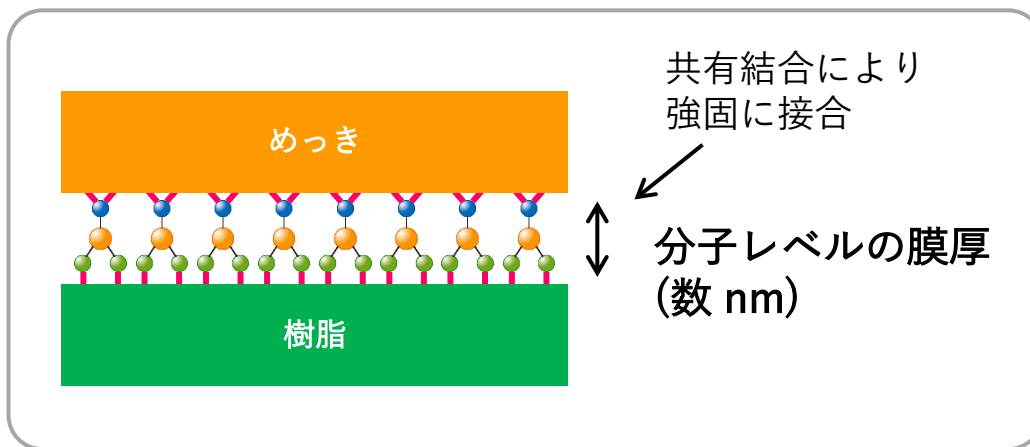
従来技術による表面粗さの影響

粗いと更に高抵抗化し、電力損失や信号遅延が生じる



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

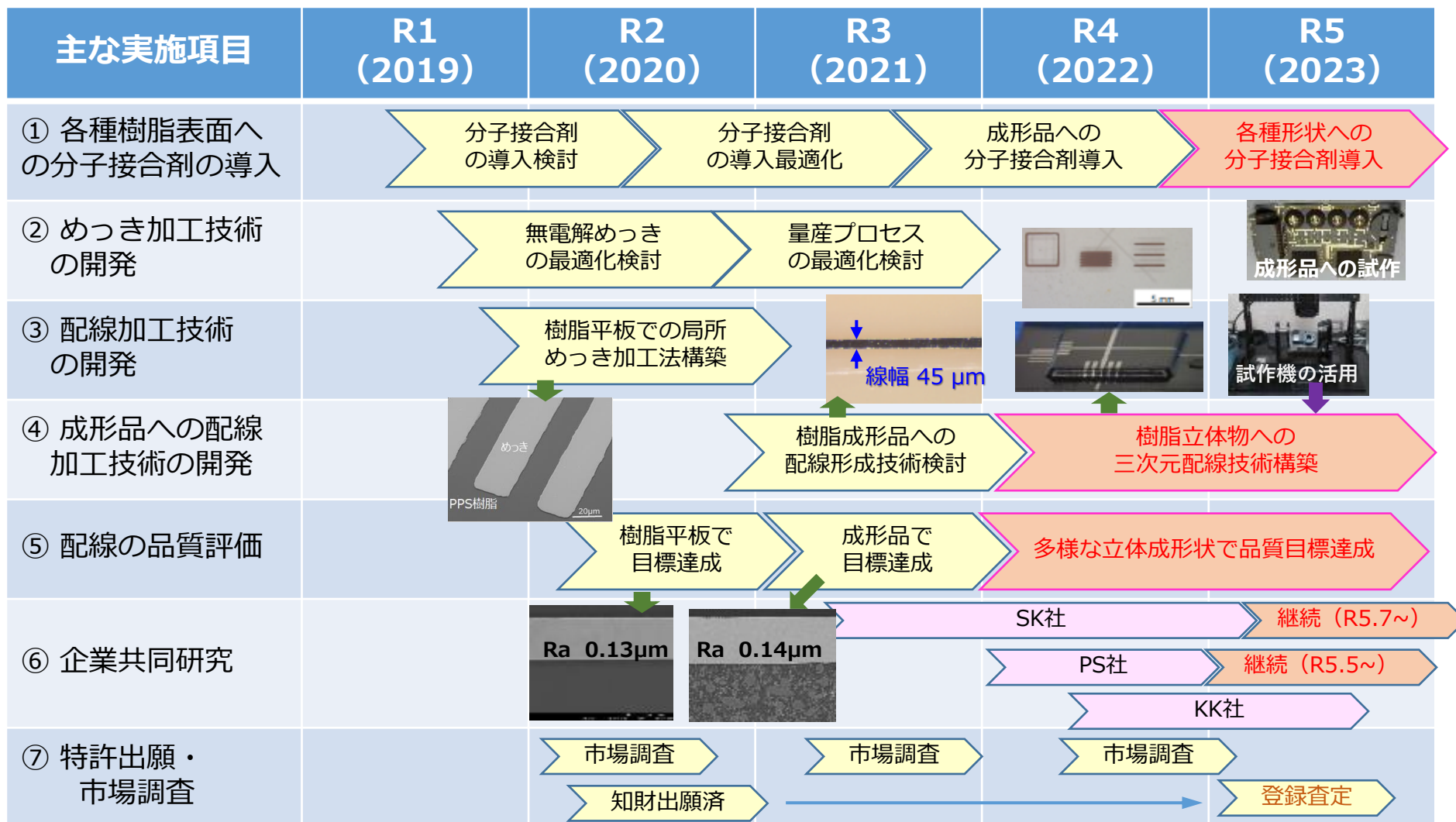
平滑めっき配線形成を実現する分子接合技術



3次元配線技術開発の全工程表

配線目標値：めっき面粗さ $0.3\ \mu\text{m}$ 以下、 $L/S = 50\ \mu\text{m}/100\ \mu\text{m}$ 以上
剥離強度 $0.5\ \text{kN/m}$ 以上、耐熱性($260^\circ\text{C} \times 5$ 分で膨れなし)

→ 当初の開発目標を達成



R5年度の工程表

主な実施項目	R5(1Q)	R5(2Q)	R5(3Q)	R5(4Q)
① 各種樹脂表面への分子接合剤の導入	2024.3までに、各種形状の成形品表面への分子接合剤の導入プロセス確立			
④ 成形品配線加工技術の開発	2024.3までに、各種形状への配線加工条件の確立			
	展示サンプルの作製		実用化に必要な立体配線技術の確立	
⑤ 配線の品質評価	2024.3までに、各種形状で $\geq 0.5\text{kN/m}$ 、 $L/S \leq 50/100\mu\text{m}$ 、市場ニーズに対する信頼性評価			
企業共同研究等、技術移転準備	ダイレクトパターンニング MID製造技術開発（K社） 7/31終了		MID量産製造技術開発（S社） 7/24～開始	
	透明樹脂成形品・フィルムへの高密着パターンめっき（P社） 5/8～開始			
	次世代デバイス開発（JST）不採択		MID開発（天田財団）採択 ～R7	
	成果の公表 展示会・学会 ほか			
	5/12-14 G7 済	6/15 成果発表会 済	9/15 技術普及セミナー 済	11/30-12/1 ポリマー材料フォーラム 済
	5/31-6/2 JPCA show 済	7/26 表面技術協会めっき部会 済	9/22 応用物理学会 済	10/12-13 JIEPワークショップ 済
				1/25-26 トヨタ商談会 済
				3/5-6 表面技術協会 済

これまでの研究成果

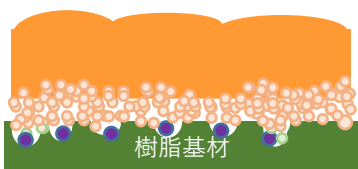
		R1	R2	R3	R4	R5
成果の公表	口頭発表等	1	6	7	9	16
	誌上発表			3	2	2
	展示会等			1	1	4

合計52件

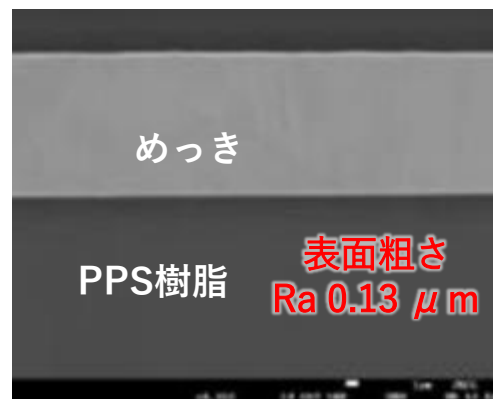
誌上発表の例

- 1) プラスチック成形品への三次元配線形成
～分子接合法（i-SB法）による高速伝送対応三次元成形回路部品の開発～、鈴木一孝、目黒和幸、黒須恵美、石原綾子、プラスチック誌、2021, 12月号
- 2) プラスチック成形品への三次元配線形成
～光反応性分子接合法（i-SB法）による高速伝送対応三次元配線形成技術の開発～、鈴木一孝、目黒和幸、黒須恵美、石原綾子、クリーンテクノロジー誌、2022, 3月号
- 3) 分子接合技術の三次元回路基板への応用、鈴木一孝、目黒和幸、黒須恵美、マテリアルステージ誌、2024, 5月号
- 4) 樹脂成形品への3次元めっき配線、鈴木一孝、鍍金の世界、2024, 11月号

樹脂表面への平滑めっき

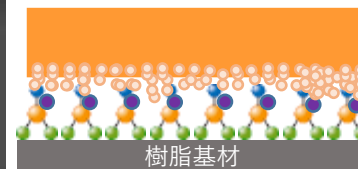


従来工法によるめっき断面



分子接合剤を用いた新工法によるめっき断面

目標値 : 0.3 μm 以下

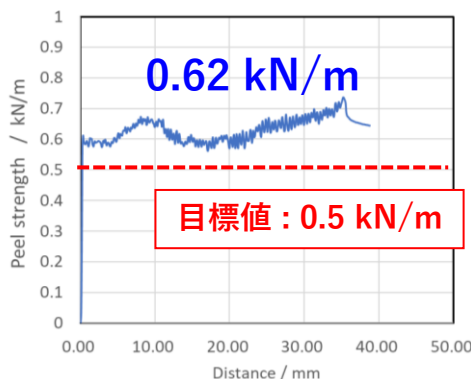


・平滑めっきを確認

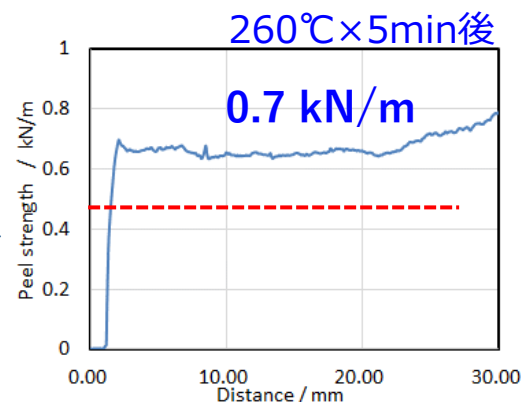
樹脂成形品でのめっき剥離強度



基材 : PPS樹脂 (射出成形)

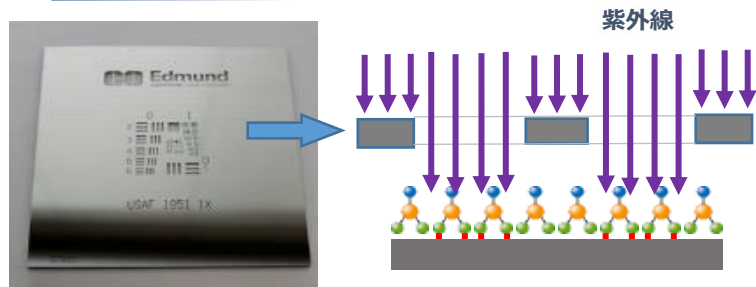


・剥離強度が目標値以上

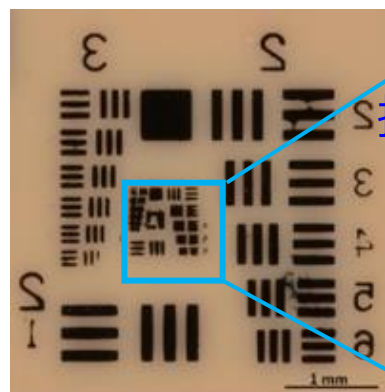


・耐熱剥離強度も確認

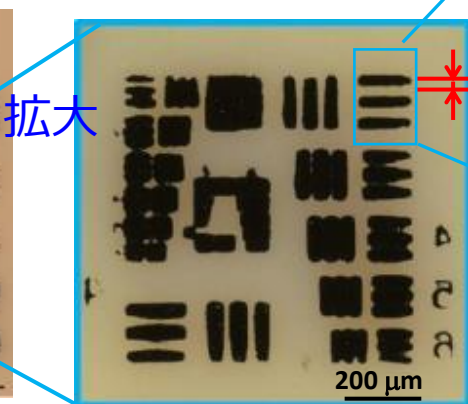
フォトマスク法による局所めっき配線試験



フォトマスクによる光反応

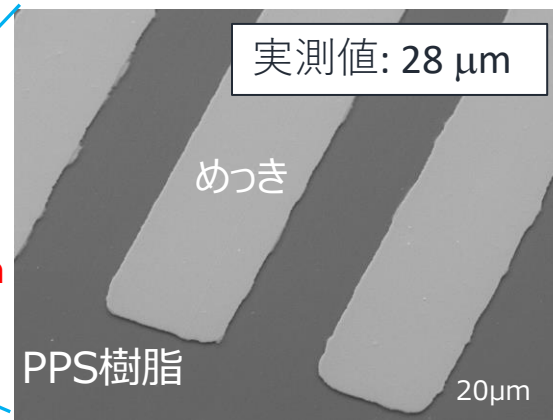


PPS樹脂成形品



黒い部分がめっき

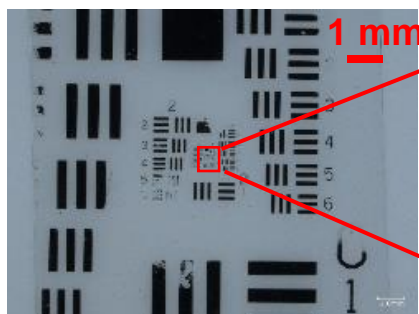
拡大



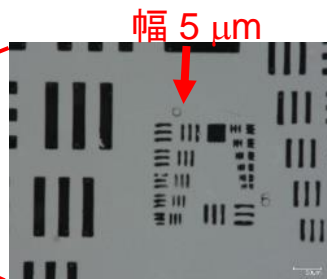
配線のSEM写真

・成形品では線幅28 μmを確認

目標値 : 50 μm以下



PET樹脂シート



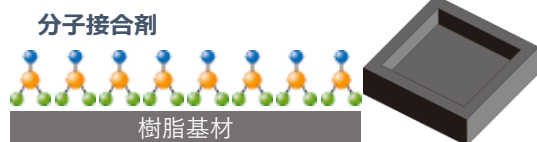
・シートで線幅5 μmを確認

- 1) 鈴木一孝, 目黒和幸, 黒須恵美, 石原綾子, プラスチックス, Vol.72, No.12, 36(2021)
- 2) 鈴木一孝, 目黒和幸, 黒須恵美, 石原綾子, クリーンテクノロジー, Vol.32, No.12, 22(2022)

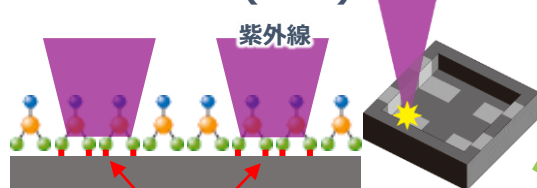
マスクレス・ダイレクトパターンニング技術

配線形成プロセス

① 分子接合剤を塗布



② 紫外線照射 (露光)



化学結合の形成

③ 洗浄 (現像)

未反応の分子接合剤を除去

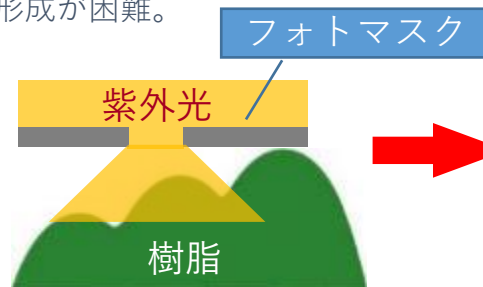


④ 無電解めっき

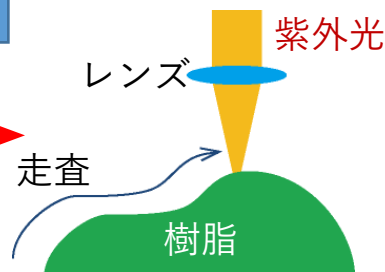
選択的にめっき膜形成



フォトマスクを密着できない
立体物へは精細なパターン
形成が困難。

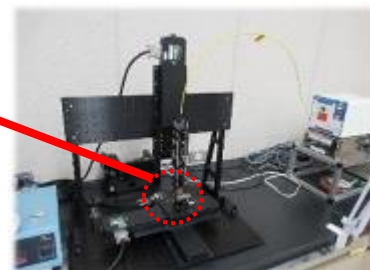
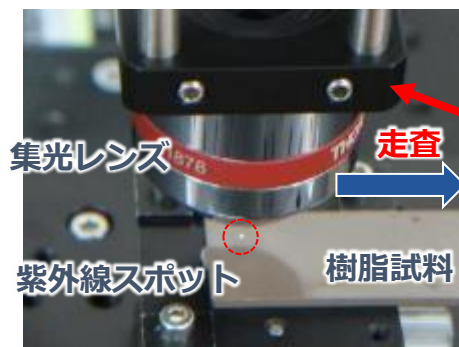


絞った紫外光を
走査露光する方法の開発



2024.1登録査定

特開 2022-145295

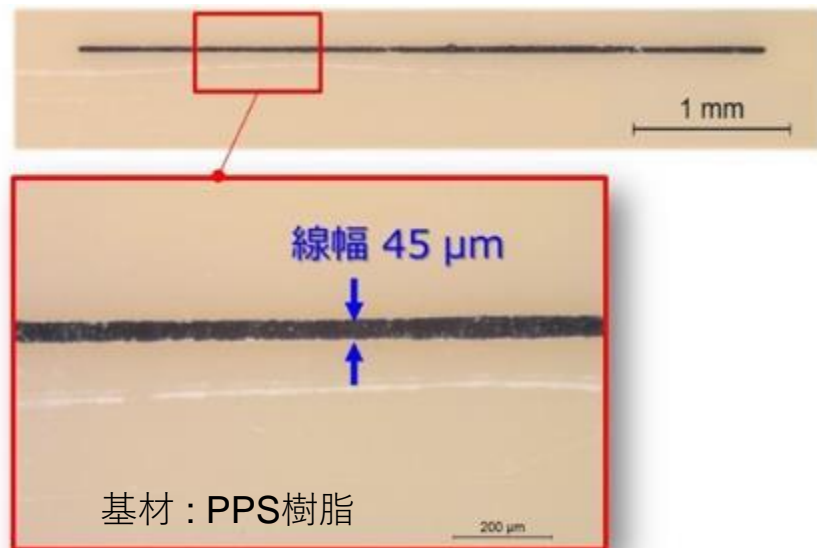


構築した描画システム

集光した紫外線を走査露光する
マスクレスで立体物へパターンニング
形成する装置を開発

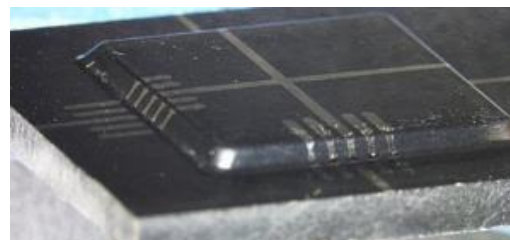
マスクレス・ダイレクトパターンニング法による局所めっき

目標値 : $50\mu\text{m}$ 以下



線幅 $50\mu\text{m}$ 以下の微細配線形成
(実用化に向けた目標達成)

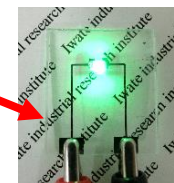
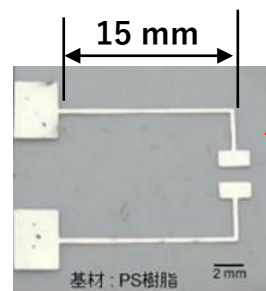
【 微細配線描画 】



SPS樹脂 立体成形品
(黒色, ガラスフィラー入り)
高低差 1 mm 程度の段差への配線描画に成功

3) 鈴木一孝, 目黒和幸, 黒須恵美
マテリアルステージ, Vol.23, No.2, 58(2023)

【 立体描画 】



透明 (PS) 樹脂にLEDを実装することに成功

4) 村上総一郎、他
第32回ポリマー材料フォーラム 11月(2023)

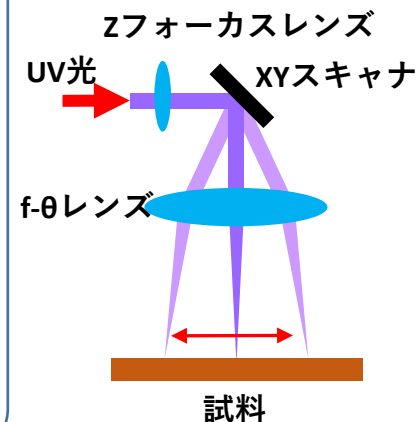
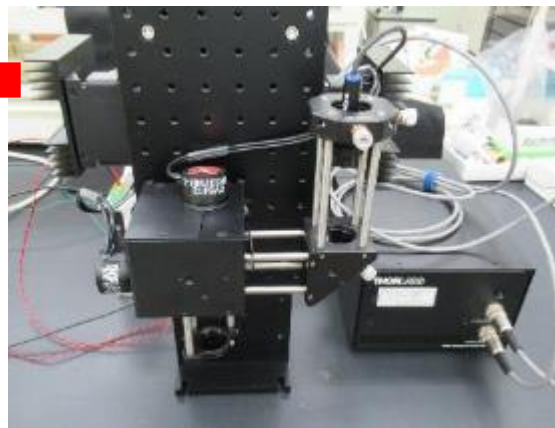
【 透明材料への描画 】

ダイレクトパターニングシステムの社会実装

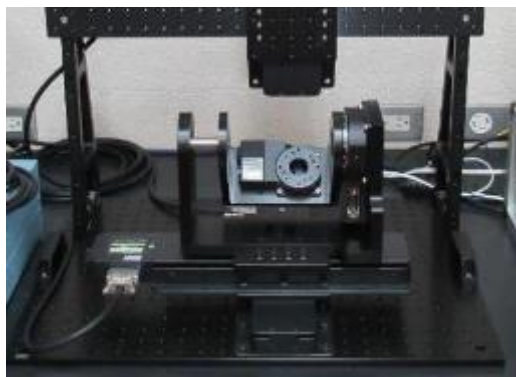
現状：2次元描画システム



2次元ガルバノスキャナ



5軸ステージ



多軸ステージコントローラ



- ・現状のダイレクトパターニング用の描画システムは現状では2次元用。
- ・多軸ステージコントローラとガルバノスキャナと共に組み込み中。

装置開発は外部資金研究で継続（～R7）

マスクレス・ダイレクトパターンニング法による 多様な樹脂材料への適用

汎用樹脂			エンブラ	
PS ポリスチレン	PE ポリエチレン	PP ポリプロピレン	PC ポリカーボネート	PET ポリエチレンテレフタレート
				
スーパーエンブラ			熱硬化性樹脂	
SPS シンジオタクチックポリスチレン	LCP 液晶樹脂	PPS ポリフェニレンサルファイド	Epoxy エポキシ樹脂	PI ポリイミド
				

共同研究により実用化開発を継続

- ・ 前処理方法 + 新規分子接合剤の適用
- ・ 成形条件、材料開発など

樹脂成形品への3次元配線形成



PPS樹脂成形品



① 分子接合処理 →
無電解Cuめっき



② レーザトリミング



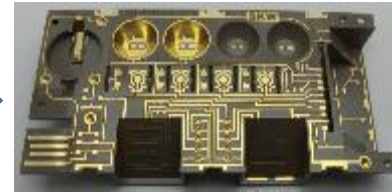
③ 電気Cuめっき



④ エッチング



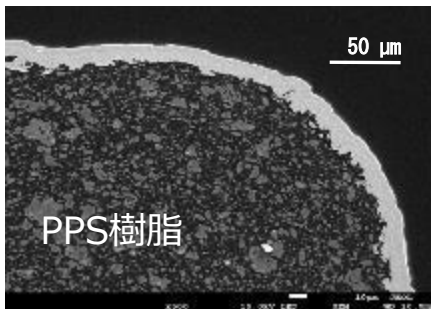
⑤ 無電解Niめっき



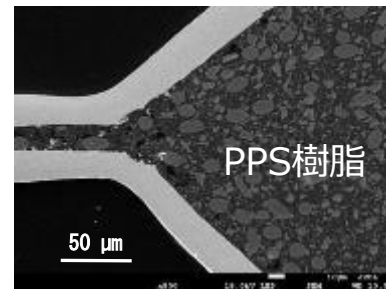
⑥ 無電解Auめっき

企業様のご協力
による成果

分子接合法によるセミアディティブ工法での成形品への配線形成



めっき断面（従来工法）



めっき断面（新工法）

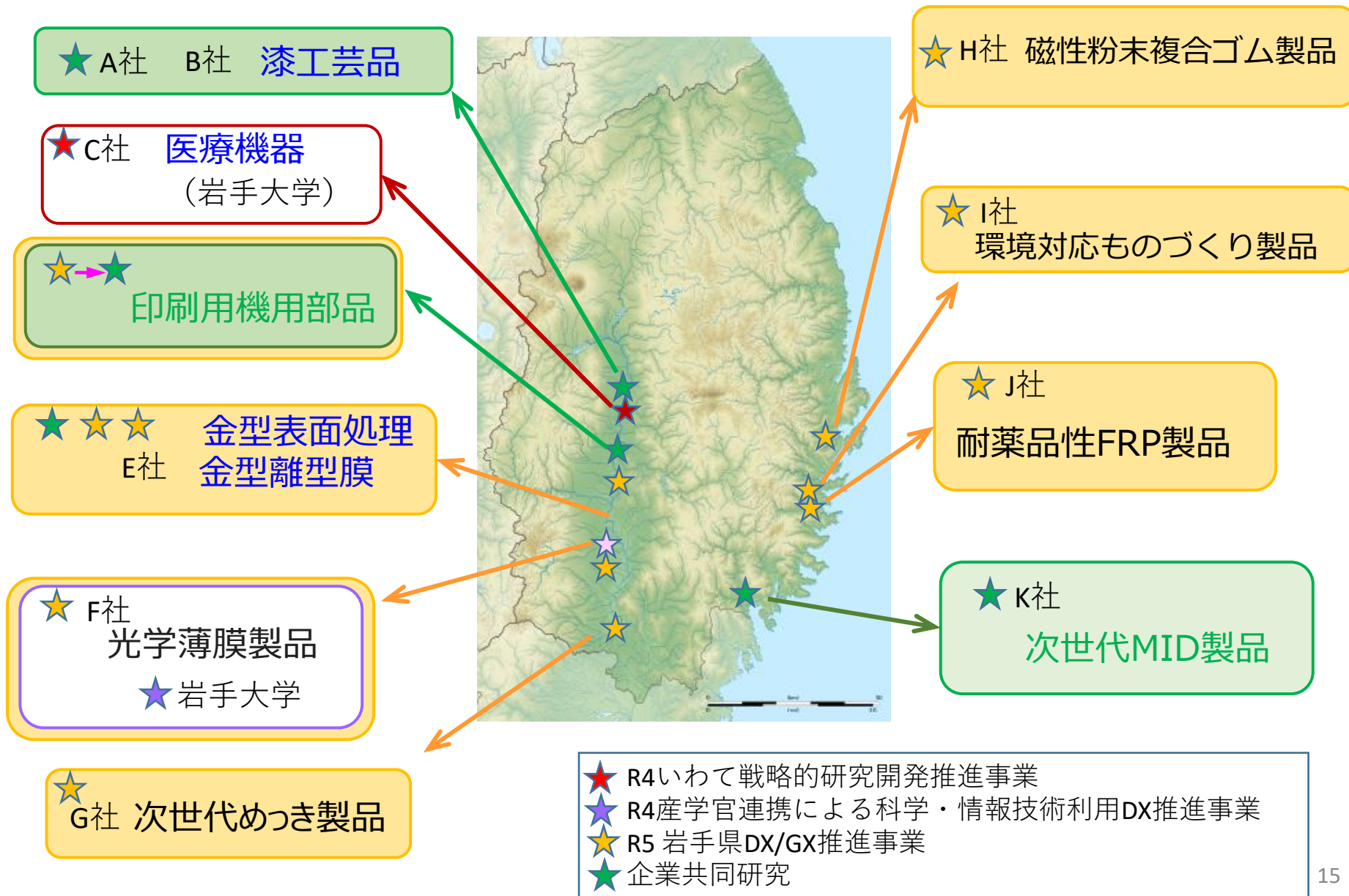
立体成形品でのめっき断面のSEM像

5) 須藤 裕太、他
第149回表面技術協会講演大会、
3月(2024)

地域企業への分子接合技術の活用展開

数値は実施件数を示す

		R1	R2	R3	R4	R5
技術普及	セミナー	1	1	1	1	1
	企業訪問等	4	5	7	7	16
	受賞等			文科大臣賞	JIS登録	
人材育成		2	2	1	1	
シーズ研究（IIRI独自）		離型膜 CFRTP	化成処理 パルプ複合	樹脂表面改質	素子開発	
			i-SB活用DXGX支援事業 （県委託 R5～）			8
企業共同研究			3	2	4	4
			SK社、 DC社、 SQ社	SK社、 SP社	SK社、 SP社、 KK社、 PS社	SK社、 ST社、 KK社、 PS社



地域企業への活用展開の推進

分子接合（コア）技術が地域に根ざすための試作開発

技術普及活動.

- セミナー
- 企業訪問等

【R5～】
i-SB法を活用したDX・GX支援事業



試作支援

- 所有する性能評価装置、及び知見を活用
- 県内企業の試作評価を支援

分子接合技術
試作ラボを整備。



企業共同研究等

- ヘルスケア、医療
- 電気・電子材料
- 自動車部材
- 航空、宇宙など

地域企業における活用展開の促進

まとめ

1) 3次元配線技術の開発

- 次世代エレクトロニクス実装部品に必要な**平滑で高強度の3次元めっき配線**プロセスを確立
- 様々な樹脂材料へ適用する量産プロセスを検証し、実用化開発へ発展
- マスクレス・ダイレクトパターンング（**直接描画**）を可能とする**装置**を開発

2) 地域企業への技術展開活動

- 地域企業への技術普及活動を実施
- 地域企業と分子接合技術を活用した試作開発が加速

研究開発メンバーの紹介

機能材料技術部 鈴木一孝、目黒和幸、村上総一郎、
村松真希、樋澤健太、須藤裕太、
黒須恵美、石原綾子、三浦由美子、
加美山 睦、山崎義之、遠藤治之

分子接合技術にご興味のある企業様はお気軽にお問い合わせ下さい。

お問い合わせ先：iiri-material@pref.iwate.jp