

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～

**エレクトロニクス実装分野における
分子接合技術の応用展開に関するシンポジウム**

**分子接合技術を用いる
高周波対応配線技術の開発**

岩手大学 分子接合技術研究センター

(理工学部 教授) 平原 英俊

(理工学部 准教授) 桑 静

日時: 2024年3月15日(金曜日)

14:00～17:00

アートホテル盛岡 3F 鳳凰の間

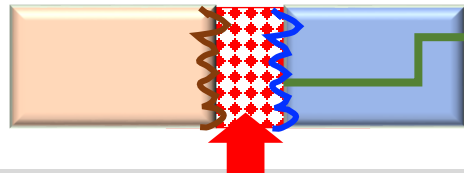
分子接合技術

従来

接着剤接合技術

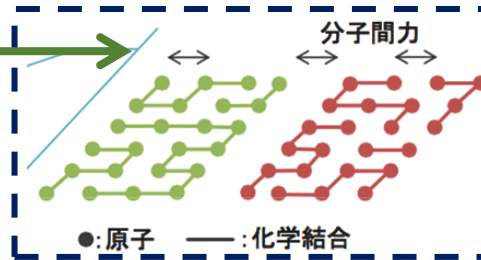
接着剤接合法は

2つの材料を分子間力・アンカー硬化によって接合する技術



接合部厚さ:接着剤数10~100 μm

分子間力 1~40kJ/mol

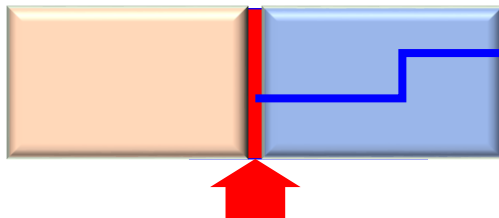


- プロセス多数
- 高環境負荷
- 界面粗さ大
- 寸法精度(接着剤厚さに依存)

SIP

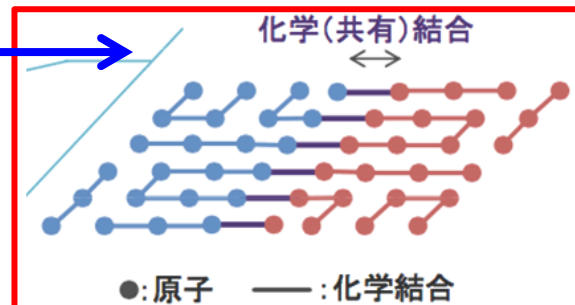
分子接合技術

分子接合技術:従来の接合の概念とは全く違う、
分子レベルで強固に接合する技術



接合部厚さ:分子数nm

化学(共有)結合 200~800kJ/mol



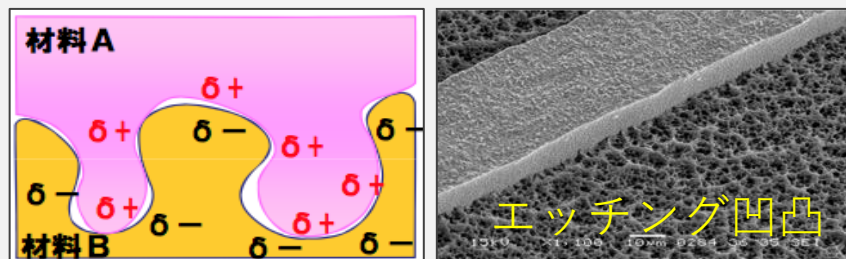
- 高密着力
- 高信頼性
- 省プロセス
- 低環境負荷
- 低界面粗さ
- オールマイティ
- 精密寸法精度(部材に依存)

分子接合法は2つの材料を化学結合によって高強度に接合する技術

分子接合技術によるエッチングレス金属めっき

従来技術

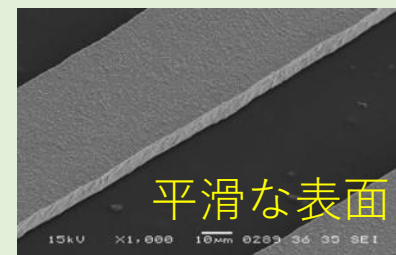
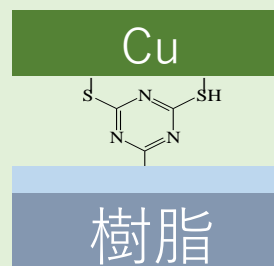
結合エネルギーの小さい
ファンデルワールス力、水素結合
エッチング凹凸な表面が必要



従来の配線形成

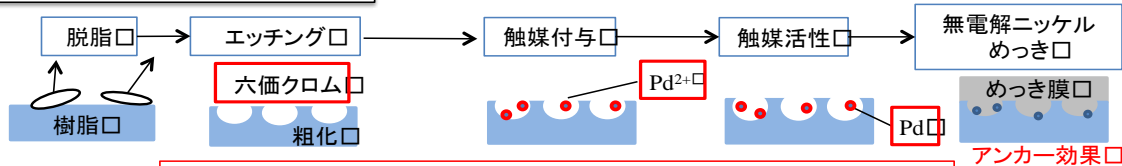
分子接合技術

結合エネルギーの大きい化学結合
平滑な表面でも密着確保可能



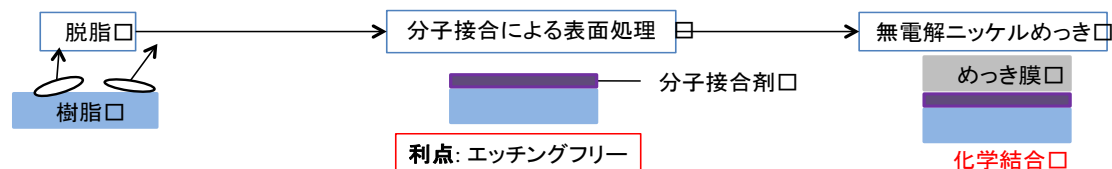
分子接合の配線形成
ポリイミドにダイレクト銅めっき

従来からの無電解ニッケルめっき方法



問題点: 環境汚染物質である六価クロム、希少元素であるパラジウムを使用

分子接合技術による無電解ニッケルめっき方法



利点: エッチングフリー

化学結合

分子接合めっき品



高周波領域における表皮効果による導体損失の改善

次世代通信規格 5G, Beyond 5G

- 内閣府が定義している

「Society 5.0（ソサエティ5.0）」

「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）」を目指す。

- IoTやビッグデータ、AI、ドローン、モバイル、自動運転といった技術によって、現代社会の課題である、少子高齢化、地方の過疎化、貧富の格差などの課題が克服。

Beyond 5Gの要求

高速性能として

「アクセス通信速度を5Gの10倍」
「コア通信速度は現在の100倍」、

超低遅延性能として

「5Gの10分の1の低遅延」
「CPSの完全同期の実現」
「補完ネットワークとの高度同期」

超同時多数接続性能として

「多数同時接続数は5Gの10倍」

次世代通信規格 5G, Beyond 5G 用配線基板需要の拡大

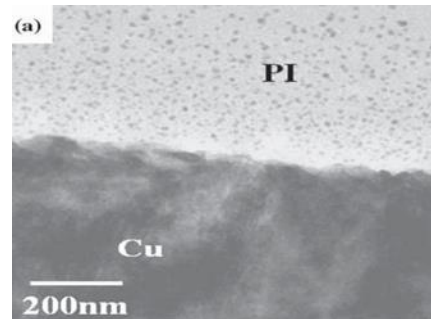
- 携帯電話などの電子製品には、フレキシブル配線基板が用いられる。
- フレキシブル配線基板は電子製品の小型化、高性能化に伴って、軽薄短小化、高精細回路化が進められている。
- フレキシブル配線基板としては、屈曲性・耐熱性に優れたポリイミド樹脂と伝導率の高い銅箔との積層体が要求されている。

従来技術とその問題点

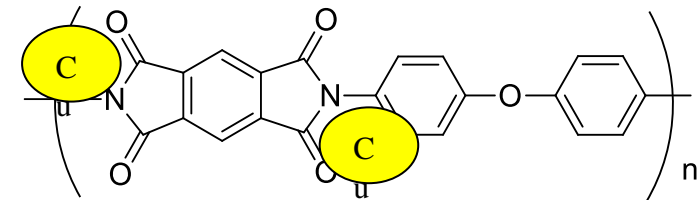
- ◆銅とポリイミド樹脂との密着性を確保するために、銅箔を粗化
 - ⇒ラミネート材およびキャスト材を高精細回路に用いることは困難
- ◆触媒を樹脂基板表面上に化学吸着した分子接合剤に担持させた後に銅めっき
 - ⇒高温環境下における金属層と樹脂との密着性の向上が問題
- ◆クロムを含む密着力向上層と、モリブデン、ニッケルを含む銅拡散バリア層と銅めっき
 - ⇒密着力向上層および同拡散バリア層を形成するとコストが高

従来技術とその問題点

熱により銅とポリイミド樹脂の間にはく離が生じ密着強度が低下

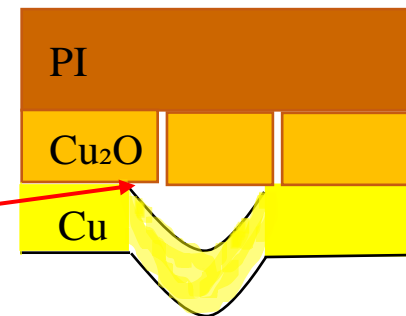
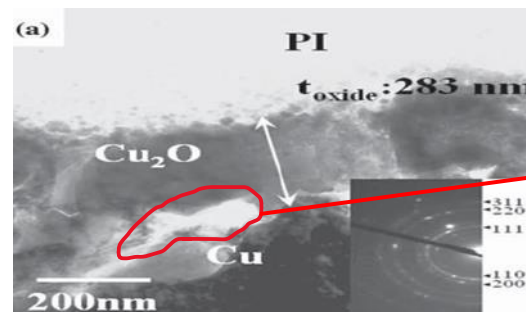
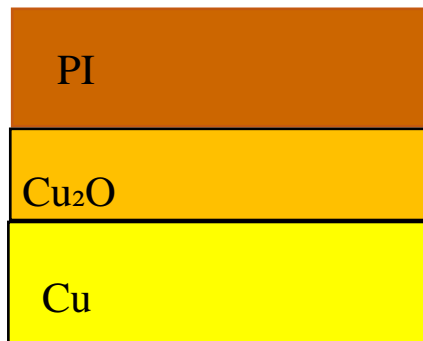


高温下



銅イオンの拡散

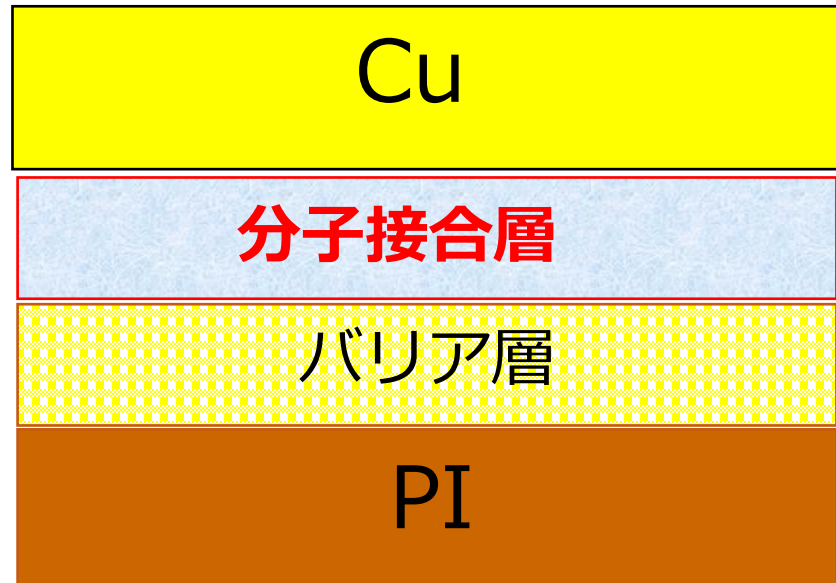
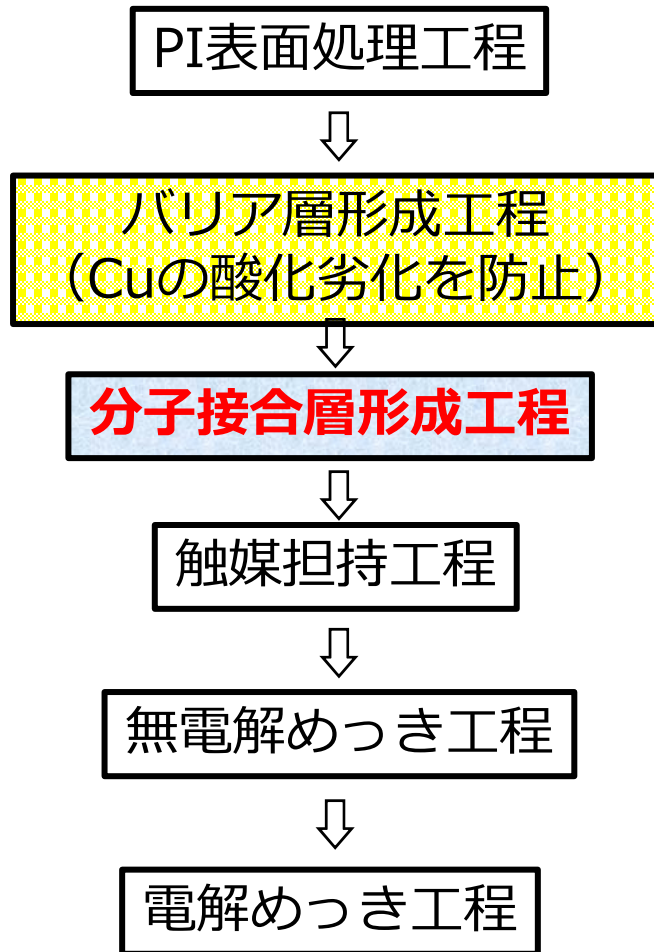
酸化膜形成







ふくれの発生

1) J Electron Mater, Vol.37 No.8 Page.1102-1110 (2008.08)

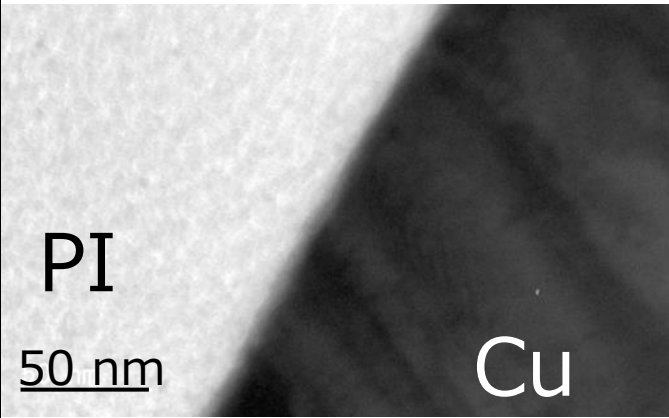
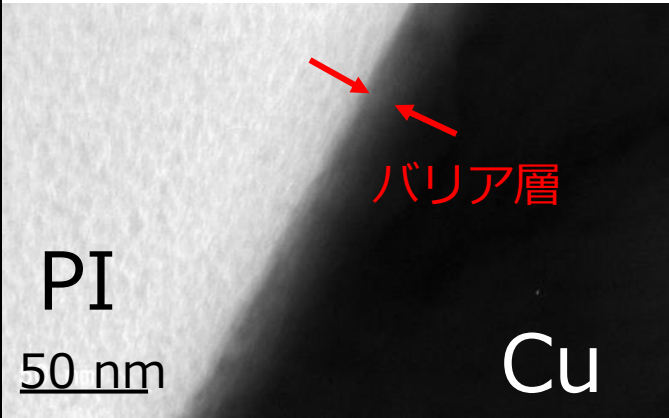
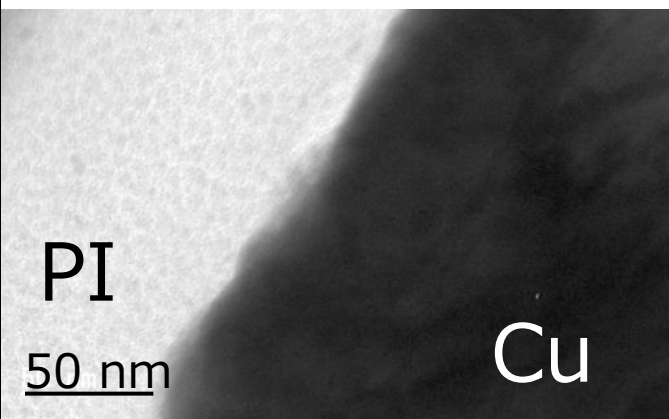
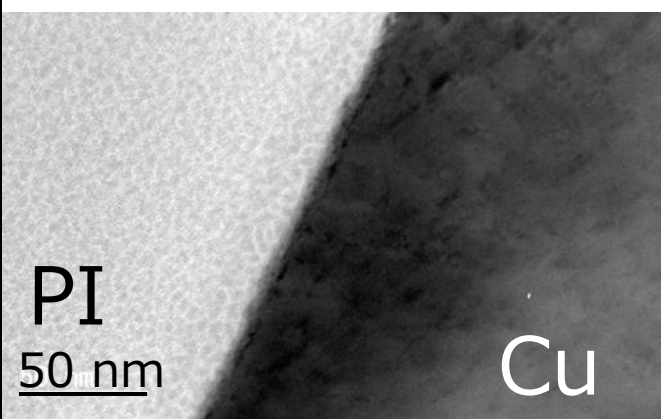
高温環境下対応金属めっきプロセスの開発



銅/ポリイミド積層体の密着強度におよぼす耐熱試験の影響

積層体	バリア層無し	バリア層有り
初期		
耐熱試験 (260°C×5 min)	 <u>0 N/cm</u>	 <u>5.2 N/cm</u>

TEMによる銅/ポリイミド積層体の界面観察

積層体	バリア層無し	バリア層有り
初期		
耐熱試験後		

PJ1 微細配線・3次元配線技術の開発

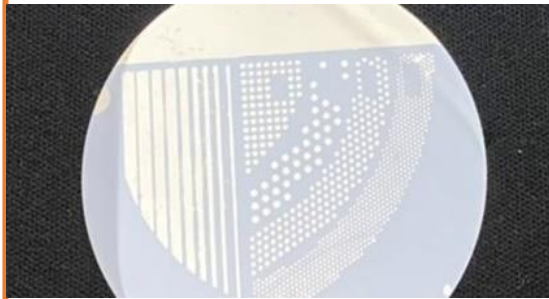


平原英俊教授

1-1 微細・高周波対応配線技術

ガラス、シリコウェハ、エポキシ樹脂、シリコンゴム、PTFE等NEXT5G対応材料の処理方法を確立。

配線パターンめっき技術を構築



シリコウェハへの微細配線

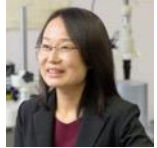
製品試作（先行共同研究）

- ・ 5 G対応ガラスフィラ含有エポキシ樹脂 PI樹脂製品
- ・ シリコンゴム基板

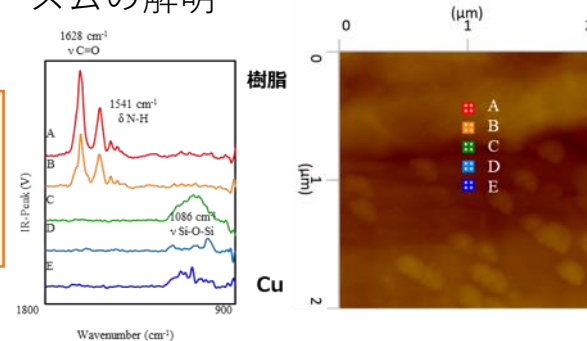
製品評価手法の確立

1-3-1 接合界面評価技術

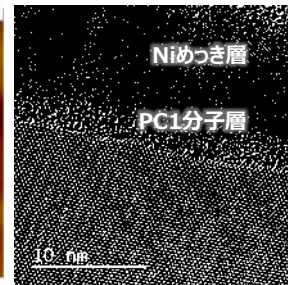
導入したAFM-NanoIRによる分析ナノレベルの界面評価による接合メカニズムの解明



桑静准教授



AFM-nanoIRによるCu/樹脂接合界面評価



PC1分子層のTEM観察



学外連携



技術・ノウハウ共有

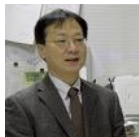


新規分子接合剤
実証評価



分析結果フィードバック

PJ2 高速伝送・高信頼性接合技術の開発



大石好行教授



芝崎祐二准教授

新規に開発した低誘電樹脂（フッ素化ポリエーテル、トリアジン系樹脂）開発

1-2 3次元配線技術

【連携機関】

岩手県工業技術センター

3次元成型品へのめっき配線技術の確立



実証評価



1-3-2 新規分子接合開発

新規光反応性分子接合剤で実用化に向けた評価計算化学による分子設計手法も活用

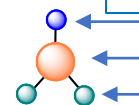


是永敏伸教授



村岡宏樹准教授

分子接合剤を構成する各部の働き



- ・ 金属や他の樹脂と化学結合する部分
- ・ 耐熱性の高い中心骨格
- ・ 樹脂やガラスと化学結合する部分

次世代分子接合技術 i-SB法（プロセス）

i-SB 法（プロセス）®

i : iwate, innovation

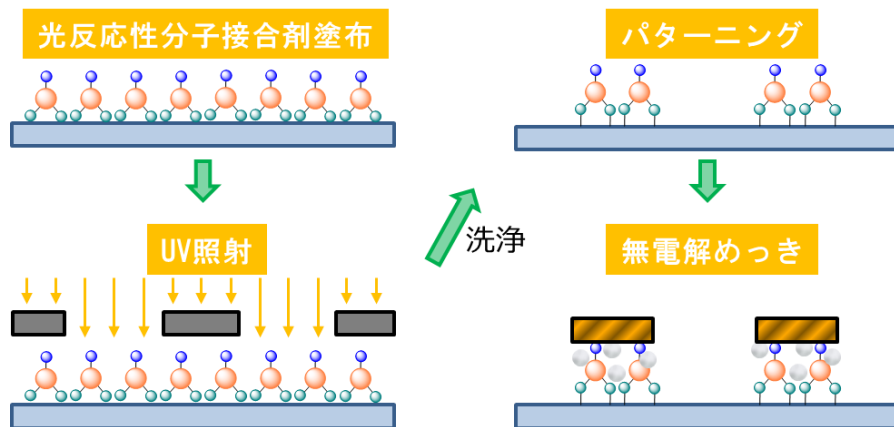
S : strong, simple, superior, surface

B : Bonding（結合）

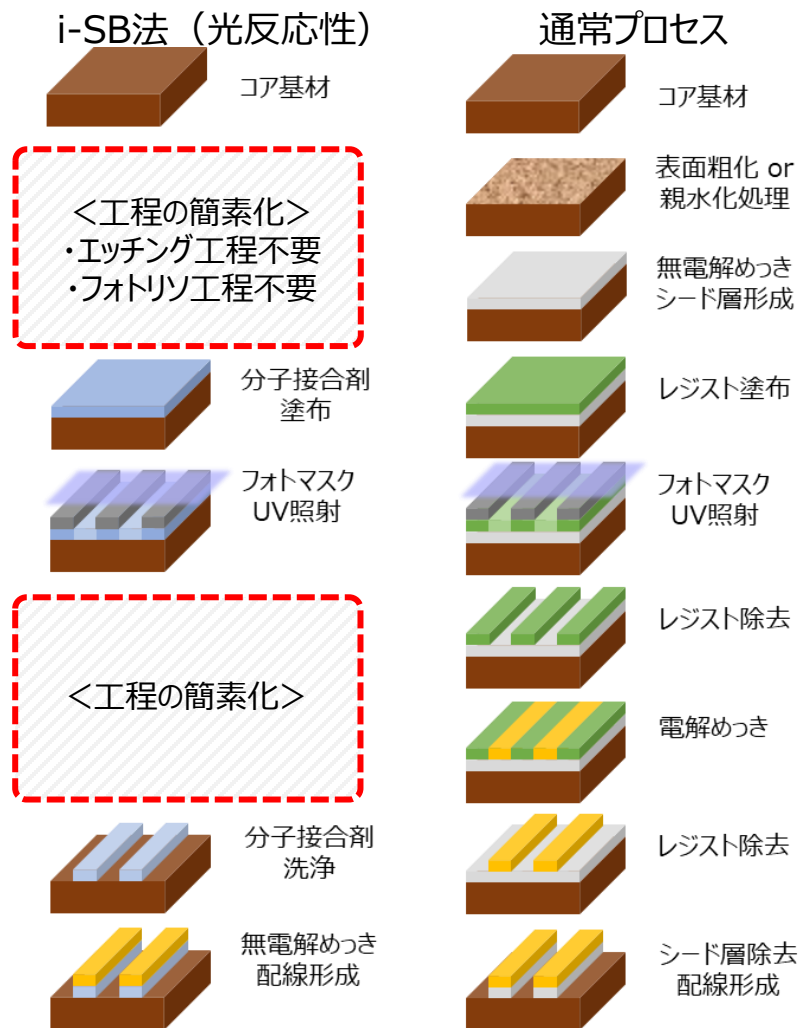
岩手大学発の分子接合剤を用いる異種材料の接合プロセスの総称

接合する材料により、接合剤及びプロセスは最適化

光反応性分子接合剤を用いたパターンめっき

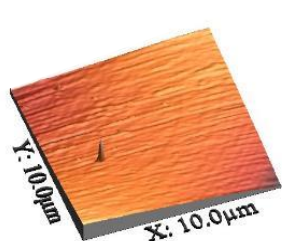


パターニングの主な工程フロー比較



注：フロー比較図では各工程間に行われる洗浄や薬品処理等は除いている。

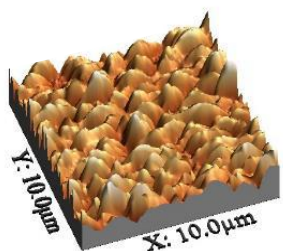
ガラス、シリコンウェハの表面粗さおよびパターンめっき



表面粗さ (nm)
Ra=0.9

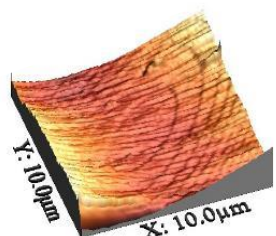
(a) blank

ガラス基板



表面粗さ (nm)
Ra=3.6

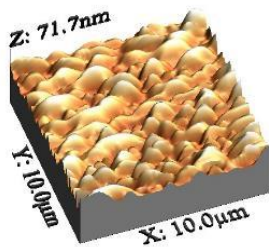
(b) UV30s



表面粗さ (nm)
Ra=0.9

(c) blank

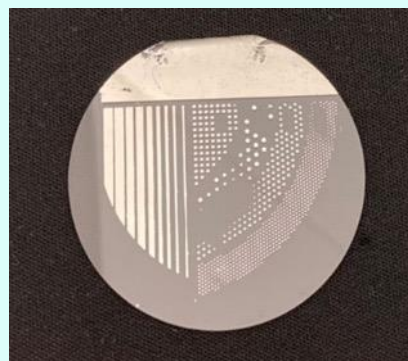
シリコンウェハ基板



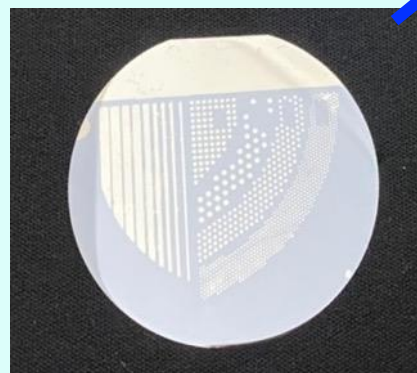
表面粗さ (nm)
Ra=1.0

(d) UV30s

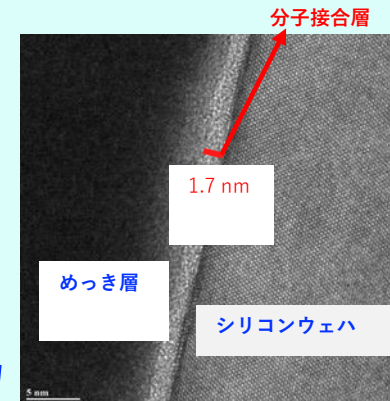
AFMにより分子接合処理-UV露光ガラスおよび
シリコンウェハ基板表面の粗さ



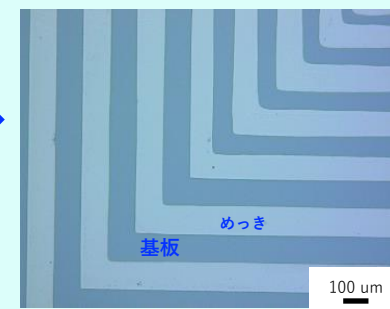
ガラスめっき写真



シリコンウェハめっき写真



光反応によるシリコンウェハへの
めっき断面TEM像



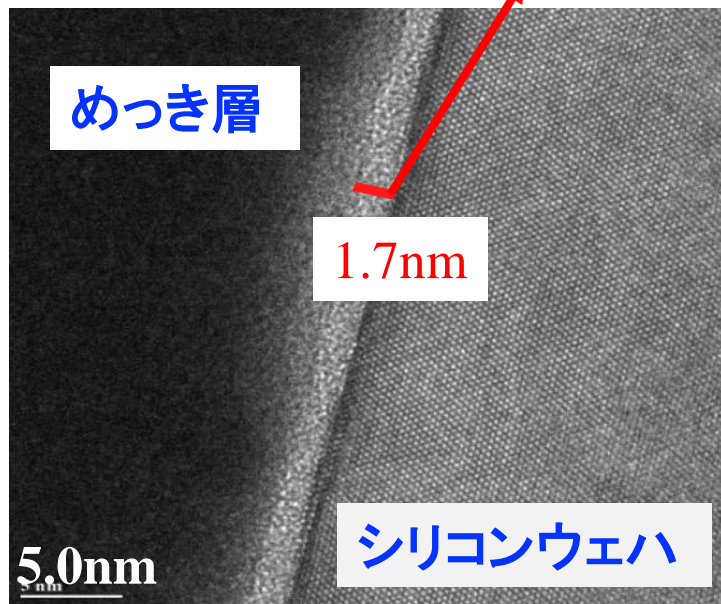
光反応によるシリコンウェハへの
配線のレーザー顕微鏡写真

分子接合による配線（高速伝送対応）の形成

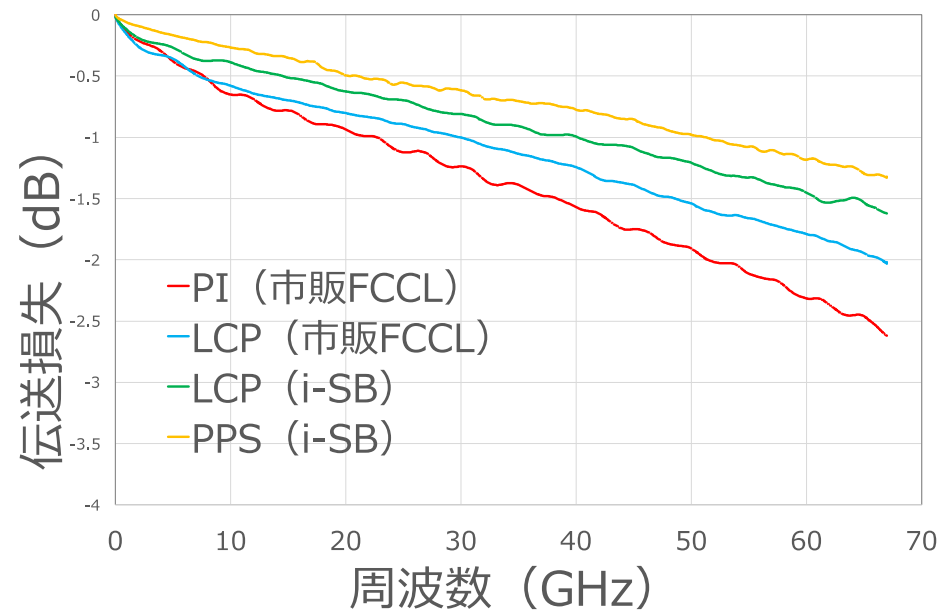
i-SB法®による高周波対応基板へのめっき配線技術

i-SB法®※により、Beyond5Gで求められている伝送ロス抑制に有効な低誘電率・低誘電正接材料や、RDL等への平滑面めっき配線技術を開発。

分子接合法によるシリコンウエハへのめっき界面

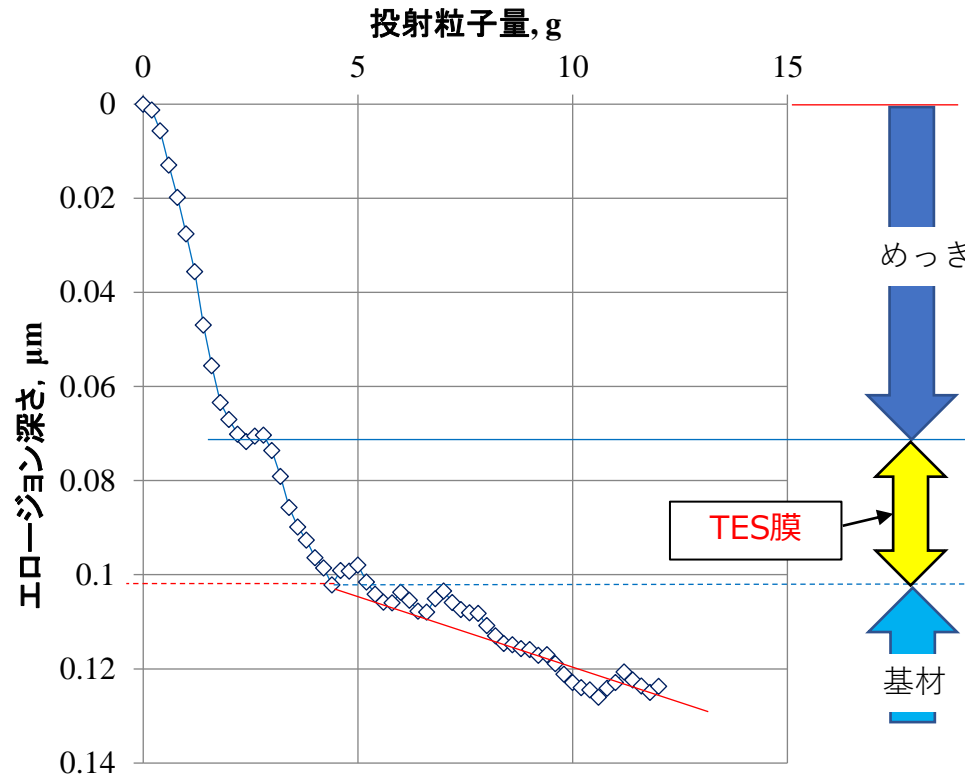


低伝送損失特性

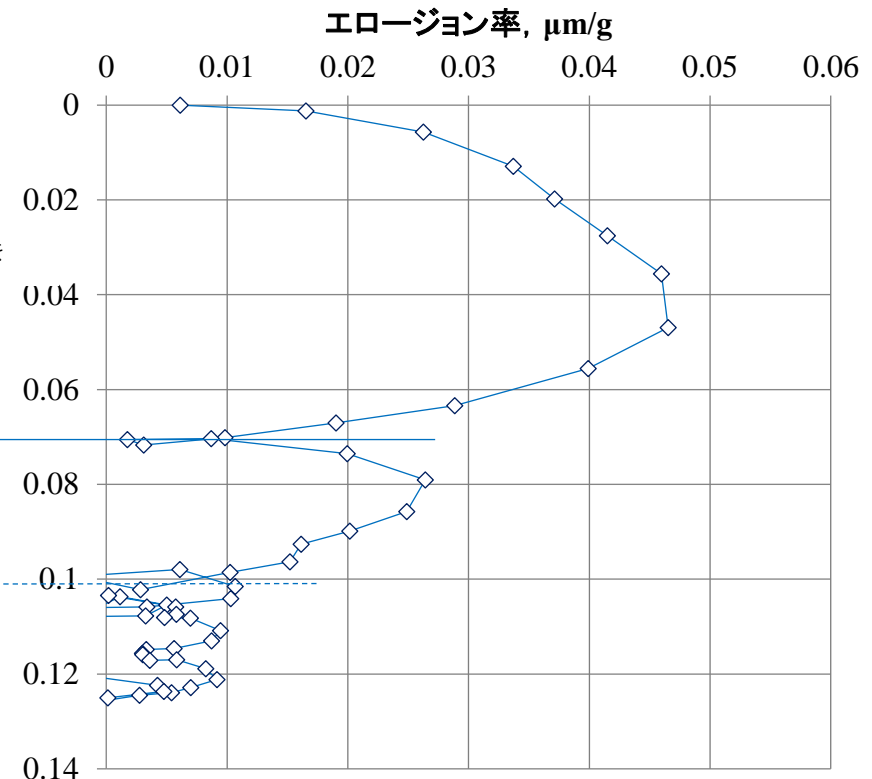


MSE試験によるポリイミド/TES皮膜/銅めっき界面の評価

エロージョン進行グラフ



Er率分布グラフ

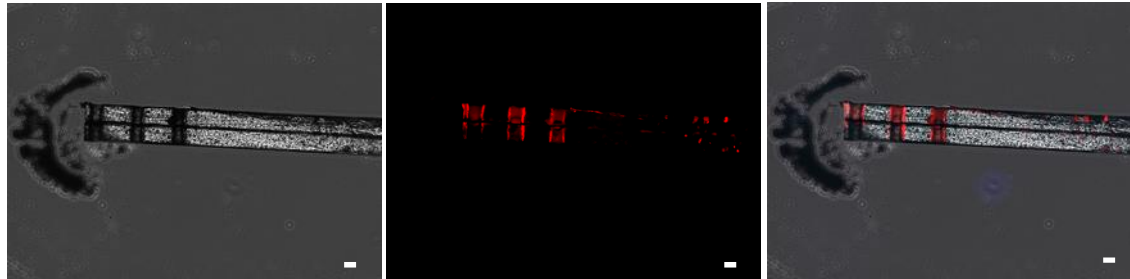


- 強度分布は表面からCuめっき（青ライン）、TES層（青点線ライン）、基材PIの3層に見える。
- 膜厚の数値化は各ラインの深さとした。

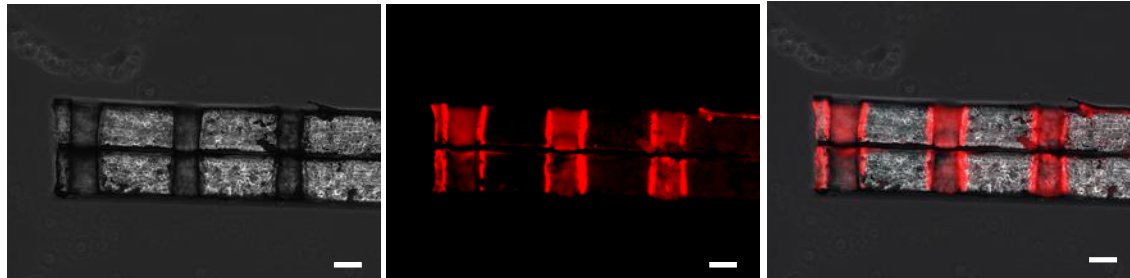
TES皮膜の可視化による評価

穴の壁面TES吸着量/分布の分析

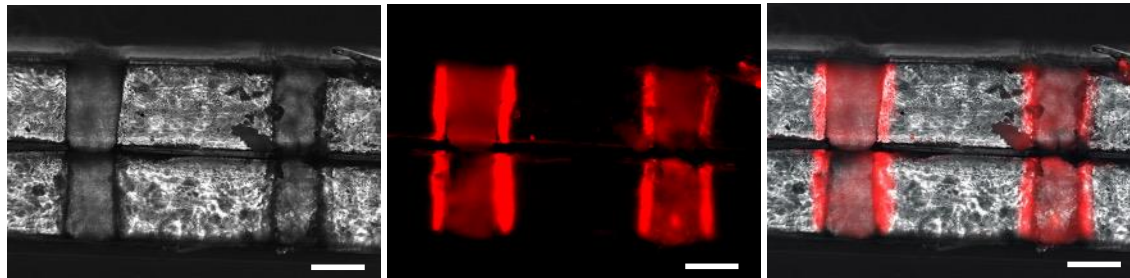
4倍



10倍

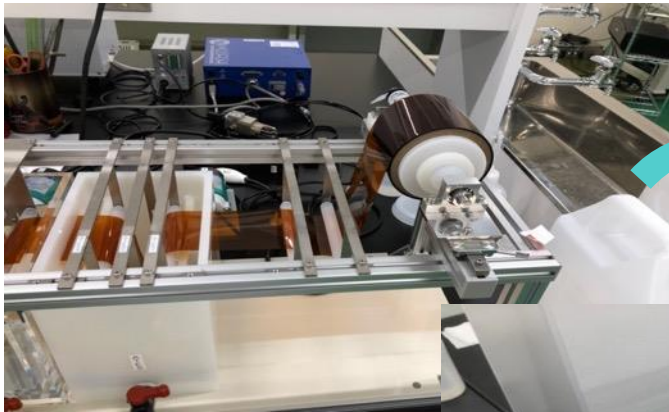


20倍



Scale bars: 100 μ m

Role to role 銅/ポリイミド積層体製造装置



PI基板

表面処理
めっき工程

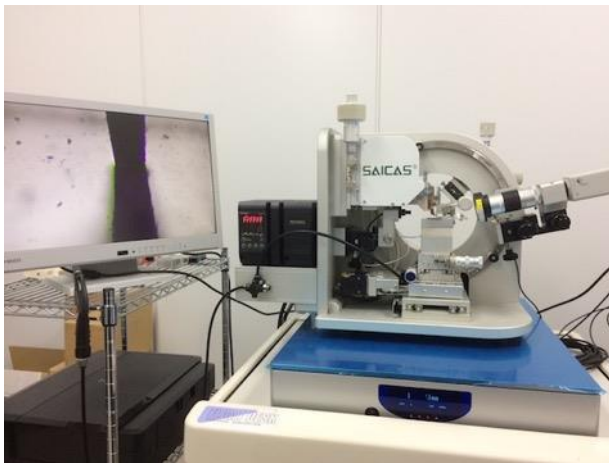


PI/Cu積層体



鋭利な切刃を用いてサブミクロン精度で刃を制御し、 切削・剥離する装置による密着評価

- ・ 精密に斜め切削できる。
- ・ 分析面出し用前処理装置として、材料表層の深さ方向分析および界面の分析に活用できる。
- ・ 装置付属のマイクスコープで場所を特定し、特定箇所を狙っての切削が可能である。
- ・ 剥離強度を評価する手法と比較
- ・ SAICAS装置では多層膜の特定の膜の剥離や、微小部での計測が可能である。



銀河オープンラボの環境整備



イエロークリーン
ブース

アルミ製クリーンブース

②フォトリソ装置システム



フォトリソ工程

フォトリソ剤
塗布

マスク
UV露光

ベーキング

現像

めっき

分子接合剤



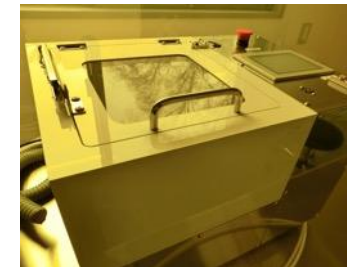
スピナー



マスクアライナー



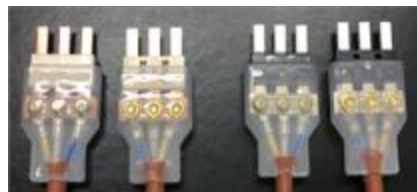
クリーンホットプレート



フォトリソグラフィ現像装置

コア技術である「分子接合技術」を用いた事業展開先

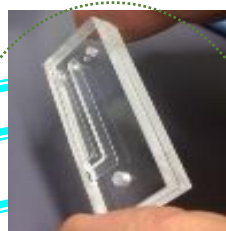
高い信頼性を得て、実用化・広い分野の応用へ



自動車用高気密コネクタ



レンズライト



マイクロ流路

PJ1



インバーター部品・放熱シート



樹脂金属接合部品

PJ2

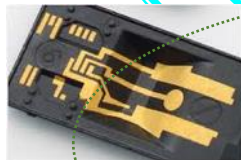


健康モニタリング
脈波・血圧センサー

磁気センサー



分子接合技術による
ものづくり製造

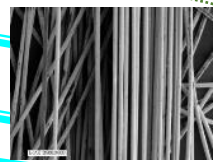


めっき配線



ウェアブルデバイス

PJ3



「分子接合技術」は、材料と材料との界面を分子レベルで制御し通常の接着のように界面に物質層が生成するものではなく、接合される物質の複合された物性のみが発現する。さらに通常の接着とは異なり、接合部からの不純物の流出が全くないため、コンタミリスクが全くない。プロジェクト間の優先順位は①，②，③の順である。

お問い合わせ先

岩手大学

研究支援・産学連携センター

地域イノベーション・エコシステム形成事業事務局

T E L 019-621-6851

e-mail isb-office@iwate-u.ac.jp

hiraha@iwate-u.ac.jp