

# 分子接合法 (i-SB法) によるフレキシブル 基板への高速伝送対応めっき形成技術

岩手大学 工学部 化学・生命理工学科  
教授 平原 英俊

2021年7月8日

# 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

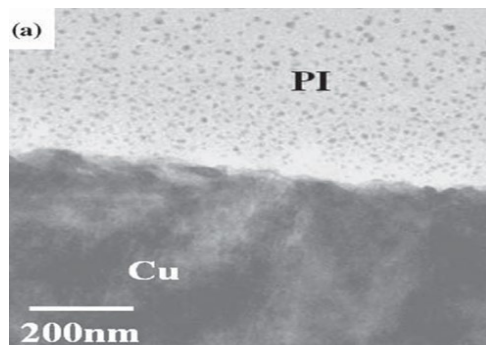
「多数同時接続数は5Gの10倍」

# 次世代通信規格 5G, Beyond 5G 用配線基板 需要の拡大

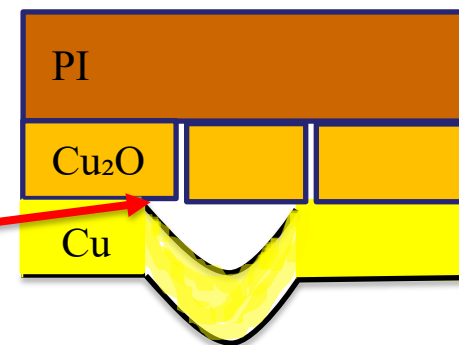
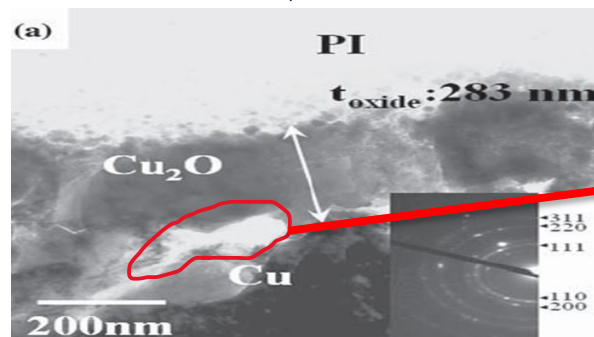
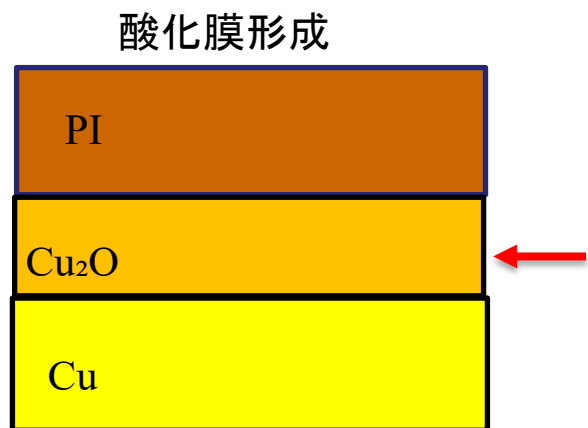
- 携帯電話などの電子製品には、フレキシブル配線基板が用いられる。
- フレキシブル配線基板は電子製品の小型化、高性能化に伴って、軽薄短小化、高精細回路化が進められている。
- フレキシブル配線基板としては、屈曲性・耐熱性に優れたポリイミド樹脂と伝導率の高い銅箔との積層体が要求されている。

# 従来技術とその問題点

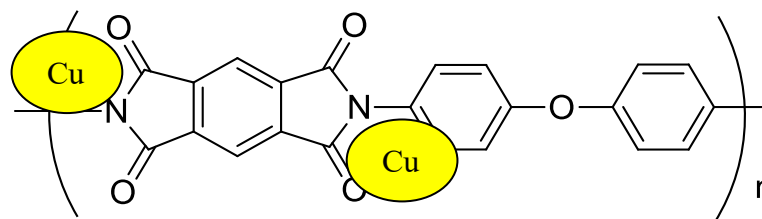
熱により銅とポリイミド樹脂の間にはく離が生じ密着強度が低下



高温下



ふくれの発生



銅イオンの拡散

# 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

## 銅とポリイミド樹脂積層体

高温下において密着不良が発生  
表面粗化により高速伝送性の低下

等の問題がある。

# 新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、密着向上のための表面粗化工程を省く
- 本技術の適用により、  
絶縁樹脂への銅拡散防止バリア層を形成  
樹脂と接触する側の金属層の表面が平滑であり、  
高温環境下における金属層と樹脂との密着性に優れ、かつ、低コストである積層体の製造方法を提供



# 高温環境下対応金属めっきプロセス (i-SB法)の開発

PI表面処理工程



バリア層形成工程

(Cuの酸化劣化を防止)



分子接合層形成工程



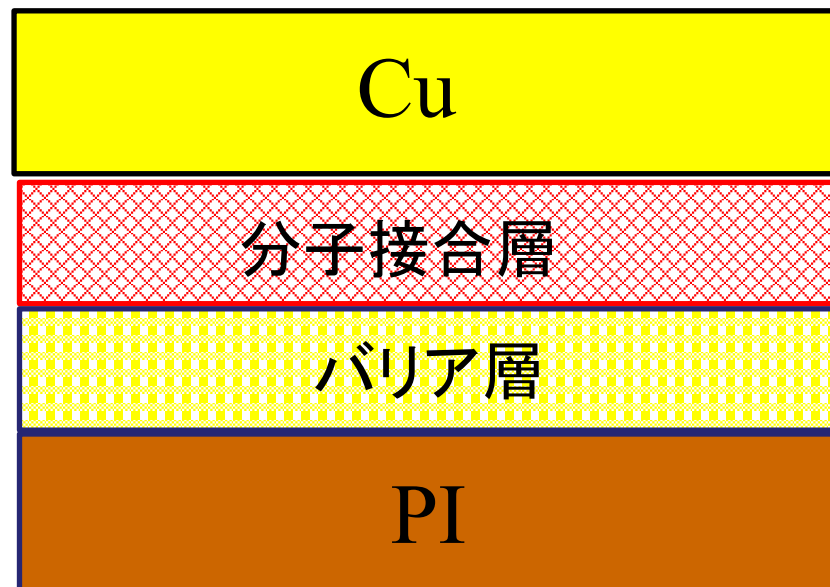
触媒担持工程







無電解めっき工程



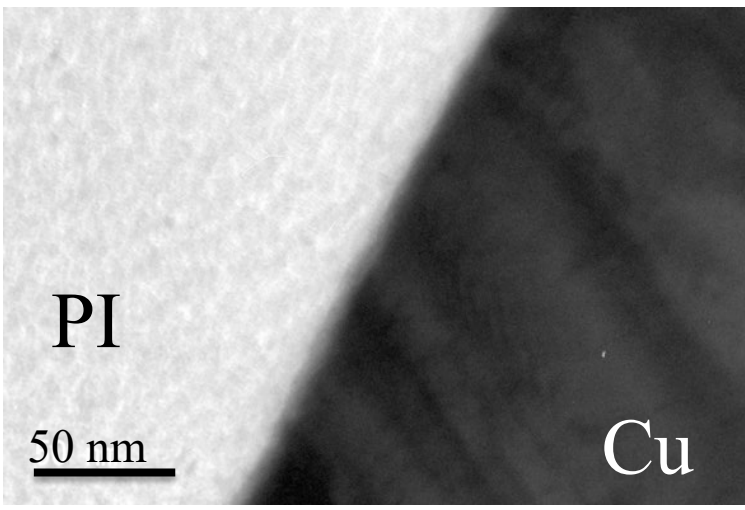
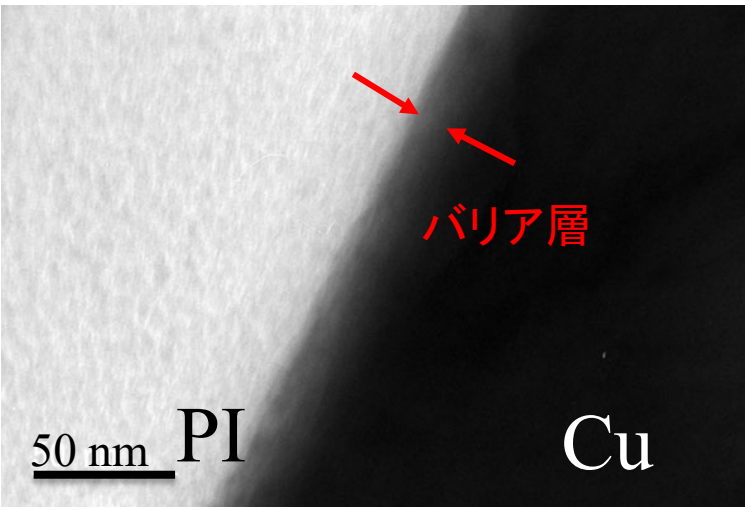
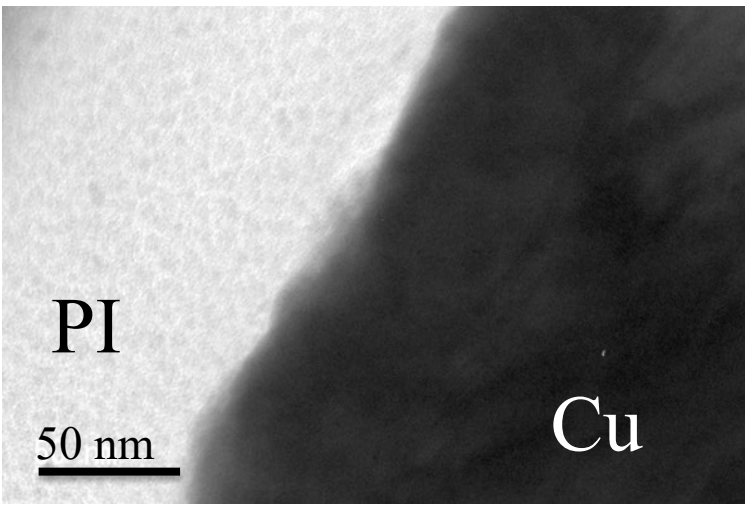
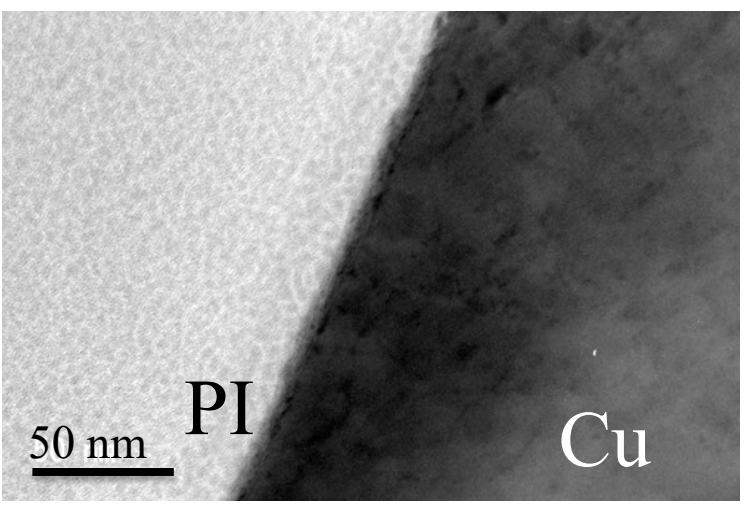
電解めっき工程



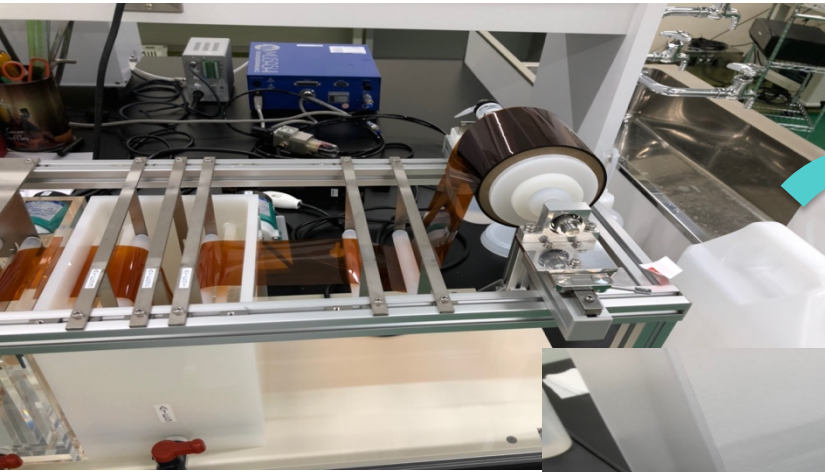
# 銅/ポリイミド積層体の密着強度におよぼす耐熱試験の影響

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	 <p>PI</p> <p>50 nm</p> <p>Cu</p>	 <p>50 nm</p> <p>PI</p> <p>Cu</p> <p>バリア層</p>
耐熱試験後	 <p>PI</p> <p>50 nm</p> <p>Cu</p>	 <p>50 nm</p> <p>PI</p> <p>Cu</p>

# Role to role 銅/ポリイミド積層体製造装置

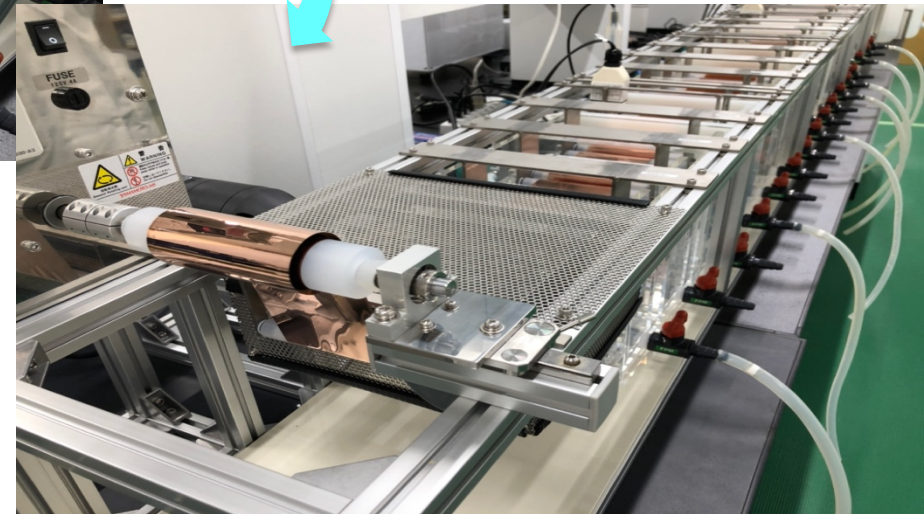


PI基板

表面処理  
めっき工程




PI/Cu積層体



# 想定される用途

- ◇ フレキシブル基板、高速伝送対応基板
- ◇ 成形回路基板
- ◇ 金属／樹脂接合体

# 実用化に向けた課題

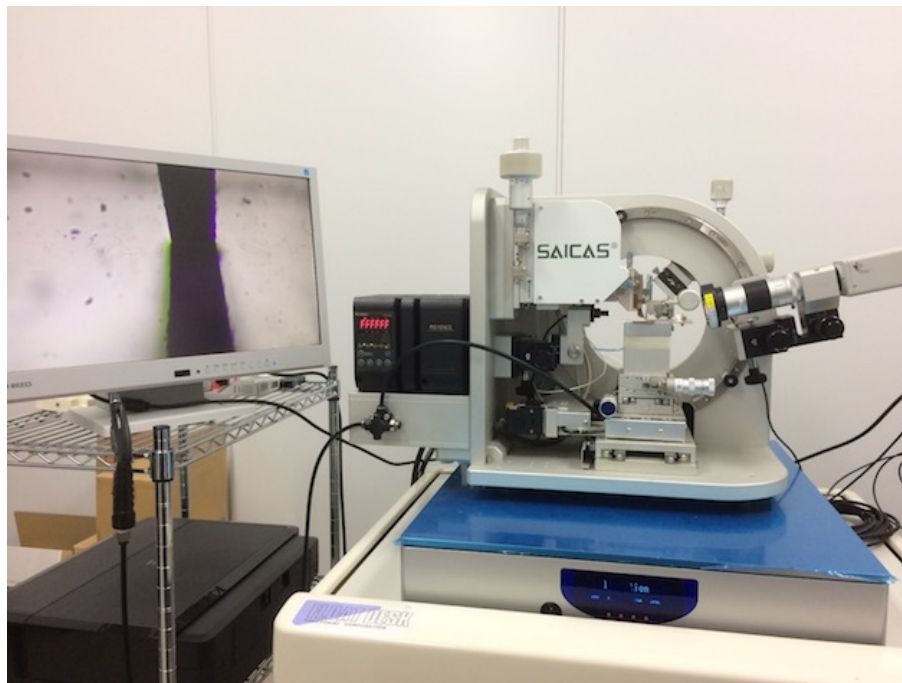
- ◇ 高寸法安定性、密着性  評価方法
- ◇ 高速伝送性, 高周波信号対応
- ◇ 銅めっきの耐食性
- ◇ 屈曲性及び耐熱性
- ◇ 多層ビルドアップへの工程展開
- ◇ 各種低誘電特性絶縁樹脂への展開

# SAICASによるめっき密着性評価

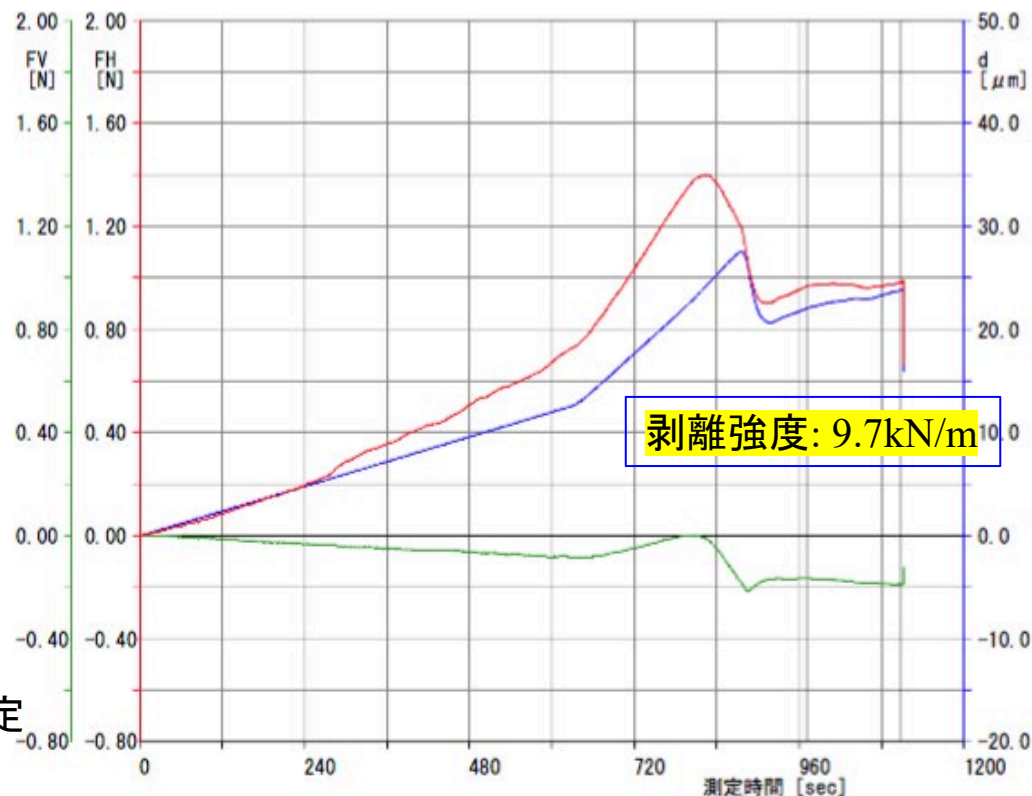
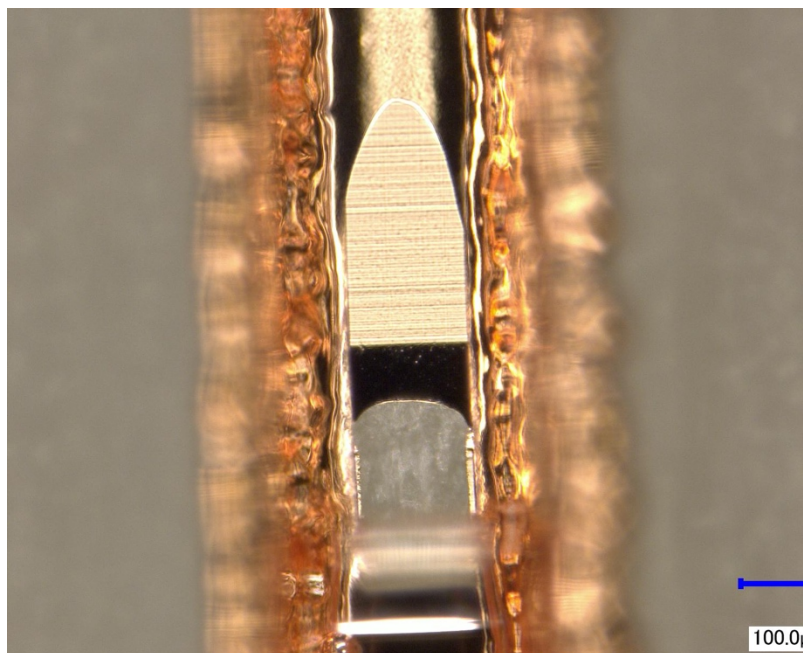
鋭利な切刃を用いてサブミクロン精度で刃を制御し、試料内部や界面に切り込みを入れ、切削・剥離する装置である。

切削の時に刃にかかる垂直力と水平力を計測によって、基材、被覆材料と被覆材の層間、接着接合界面の機械的性質評価が可能である。

- ・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。



# 樹脂にCuめっきしたためっき剥離強度のサイカス測定



剥離強度  
[kN/m]  
9.730

密着度  
0.000

最大垂直圧  
[N]

押し込み傾斜  
[N]

剥離強度\* イント1  
水平力[mN]  
968  
垂直力[mN]  
-167  
深さ[μm]  
22.041

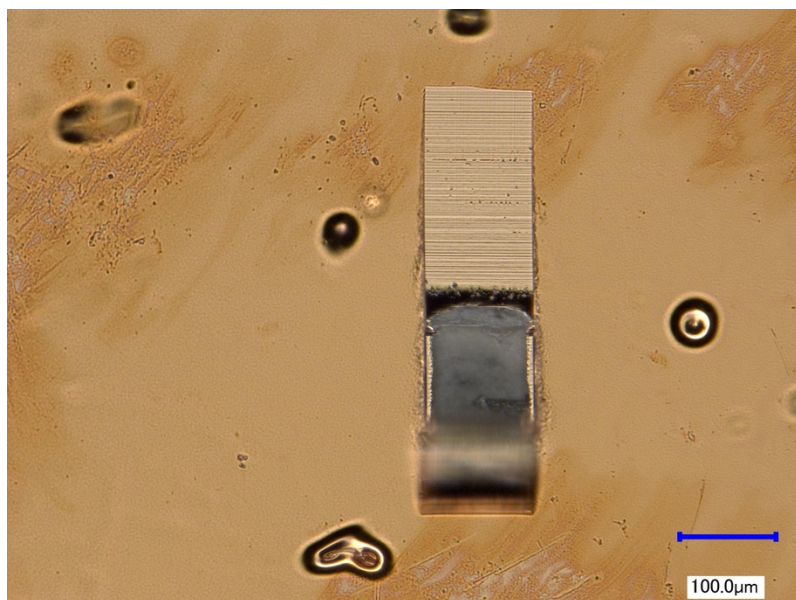
剥離強度\* イント2  
水平力[mN]  
984  
垂直力[mN]  
-189  
深さ[μm]  
23.806

Fig.6 ABS溝にCuめっきした表面剥離強度測定  
サイカス剥離強度測定後の光学顕微鏡写真

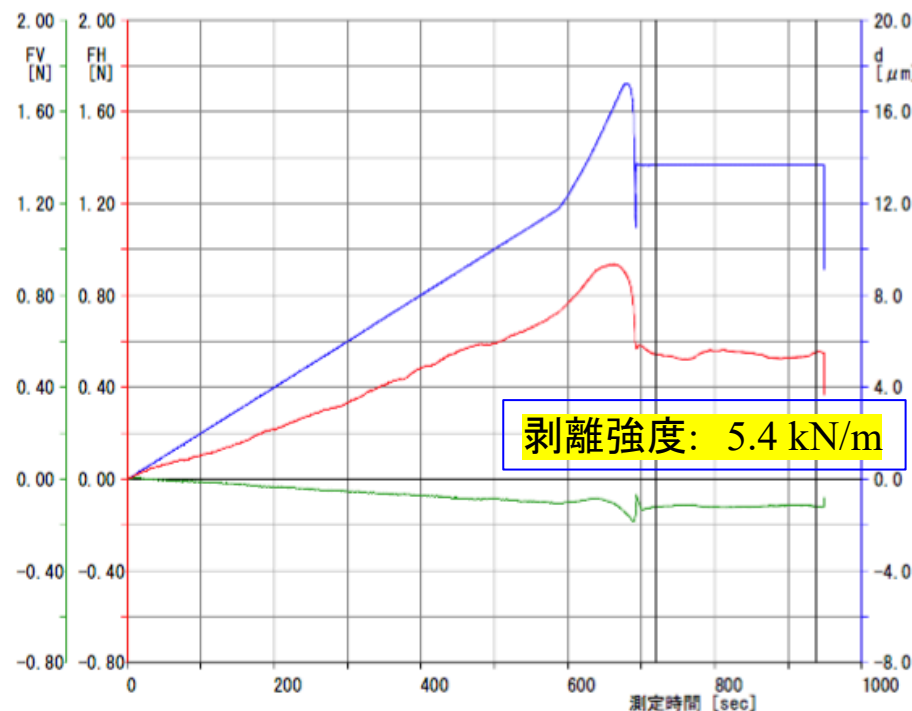
ファイル名	5_2	水平速度[nm/sec]	400
測定日	2016/12/22	垂直速度[nm/sec]	20.0
測定モード	定速度モード	1クリックの移動量[nm]	10
		刃幅[mm]	0.10
		切刃の種類	C. DIA 20 10
測定間隔[sec]	0.2	せん断角[°]	45.0
		Kp [kg]	0.100
		Ki [kg]	0.500
測定圧	測定圧[全角26字分]	刃先調整荷重[N]	0.005
		刃先調整速度[nm/sec]	10
		初期接触荷重(垂直)[N]	0.000



# 基板にCuめっきしたためっき剥離強度のサイカス測定



基板にCuめっきした表面剥離強度測定後の光学顕微鏡写真



剥離強度  
[kN/m]  
5.427

密着度  
0.000

最大垂直圧  
[N]

押し込み傾斜  
[N]

剥離強度が イント1  
水平力 [mN]  
545  
垂直力 [mN]  
-122  
深さ [μm]  
13.691

剥離強度が イント2  
水平力 [mN]  
556  
垂直力 [mN]  
-121  
深さ [μm]  
13.695

ファイル名	8_1	水平速度 [nm/sec]	400
測定日	2016/12/22	垂直速度 [nm/sec]	20.0
測定モード	定速度モード	1クリックの移動量 [nm]	10
		刃幅 [mm]	0.10
		切刃の種類	C. DIA 20 10
測定間隔 [sec]	0.2	せん断角 [°]	45.0
		K <sub>D</sub> [ゲイン]	0.100
		K <sub>i</sub> [ゲイン]	0.500
測定耗	測定耗 [全角26字分]	刃先調整荷重 [N]	0.005
		刃先調整速度 [nm/sec]	10
		初期接触荷重 (垂直) [N]	0.000

異種材料の密着性および界面評価、真の状態評価が難しい腐食皮膜、めっき皮膜の評価にも活用可能です。お気軽にご相談下さい。

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 積層体の製造方法
- 出願番号 : 特願2020-185209
- 出願人 : 国立大学法人岩手大学
- 発明者 : 平原英俊、桑静、會澤純雄

# 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

TEL 019-621-6854

FAX 019-621-6892

e-mail [iwateeco@iwate-u.ac.jp](mailto:iwateeco@iwate-u.ac.jp)