

“平滑界面への銅配線形成技術”

● 高周波対応配線形成用新シードフィルム



D I C株式会社

Color & Comfort

JPCA賞（アワード）受賞

JPCA：社団法人日本電子回路工業会



 太陽ホールディングス株式会社

2020年 6月

第16回 JPCA 賞(アワード)受賞企業決定お知らせ



この度、JPCA 賞(アワード)選考委員会にて、厳正なる審査の上、本賞の受賞企業が下記の通り決定いたしましたので、お知らせいたします。

JPCA 賞（順不同）

- 「次世代低損失 BT レジン積層板材料」：三菱ガス化学株式会社
- 「高周波対応配線形成用新シードフィルム」：太陽インキ製造株式会社
- 「大電流・高放熱に対応したスルホールめつき技術メガスルホール™の開発」：株式会社メイコー
- 「微細藻類由来マイクロコイルを利用したギガヘルツ・テラヘルツ帯電波吸収体」：パナック株式会社、奥野製薬工業株式会社、同志社大学

<アブストラクト>

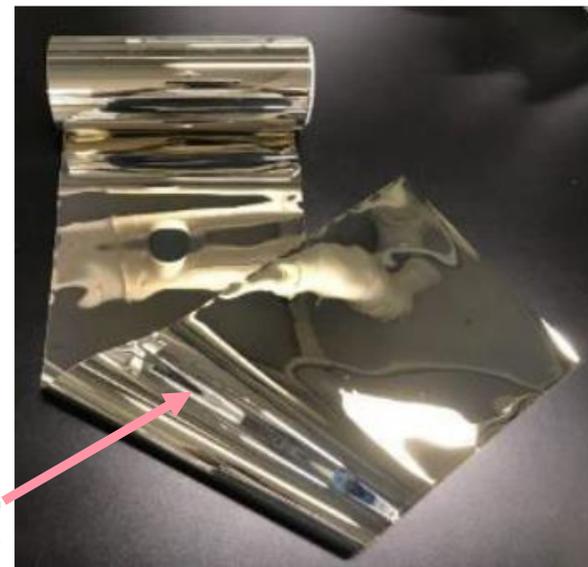
フィルムの両面に、導電性の新シード層が塗工された FPC 用フィルムを開発。

この新シード層は、セミアディティブプロセスにおける導電層として使用でき、銅めつきで形成した銅配線を劣化させずに新シード層のみを取り除くことができる。

そのため、銅配線の表面は非常に平滑であり、高周波伝送用の低損失な銅パターン形成用フィルム基材として使用することができる。

本品はDIC株式会社との共同開発品である。

金属ナノ粒子



- **本製品に関わるD I Cの基盤技術**
- **金属ナノ粒子 + 銅めっきプロセス**
- **平滑界面で密着させる機構**
- **高周波伝送用・銅配線形成技術**
- **新シード・セミアディティブプロセス**
- **まとめ**

D I C 113年の歩み

1908 印刷インキ事業の拡大

印刷インキ、有機顔料、
合成樹脂をベースとした多角化

M&Aによるグローバル進出と
地球環境保護への対応

新たな飛躍に向けて 2019

印刷 インキ

オフセットインキ
グラビアインキ
新聞インキ

フレキシインキ
包装用接着剤

包装用フィルム
ポリスチレン

ジェットインキ
セキュリティインキ

包装材料
パッケージング&グラフィック

有機 顔料

インキ用顔料
塗料用顔料
プラスチック用顔料

ネマティック型液晶

TFT液晶
ヘルスケア食品

カラーフィルタ用顔料
化粧品用顔料・光輝材
天然系色素

表示材料
カラー&ディスプレイ

合成 樹脂

アクリル樹脂
ウレタン樹脂
エポキシ樹脂

ポリエステル樹脂
水性樹脂
樹脂着色剤
繊維着色剤

フッ素化学品
UV硬化型樹脂
工業用粘着テープ
化粧板・内装建材

PPSコンパウンド
中空糸膜モジュール

機能材料
ファンクショナルプロダクト

1915



オフセットインキの製造を開始

1925



有機顔料の国内初の自給生産を開始

1952



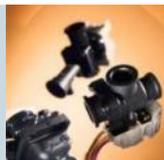
合成樹脂事業に本格参入

1974



シャープの液晶電卓にDICのネマティック型液晶が採用

1980



PPSコンパウンドの生産を開始

1999



100%植物油インキ (Naturalith)を開発

2010



突出した輝度を有するカラーフィルタ用グリーン顔料 (G58)を開発

1908

川村インキ製造所として創業



1952

米Reichhold社との合併出資により日本ライヒホルド化学工業(JRC)を設立

1962

大日本インキ化学工業の発足



1986

Sun Chemical社のグラフィックアーツ部門を買収



2008

創業100周年を機にDIC株式会社に社名変更



DIC株式会社

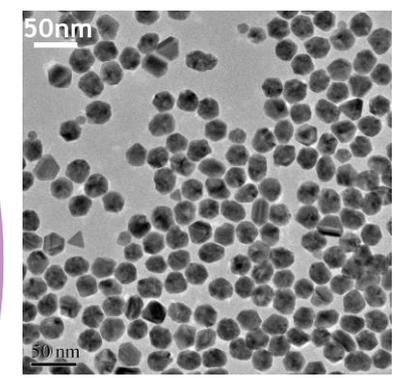
2019

中期経営計画「DIC111」スタート

有機材料 と 無機材料 複合化

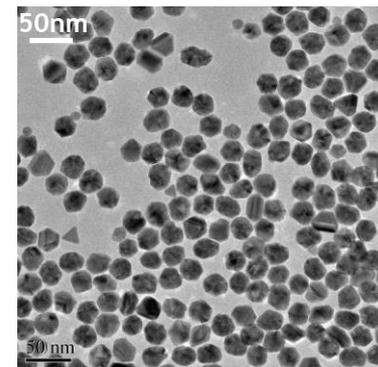
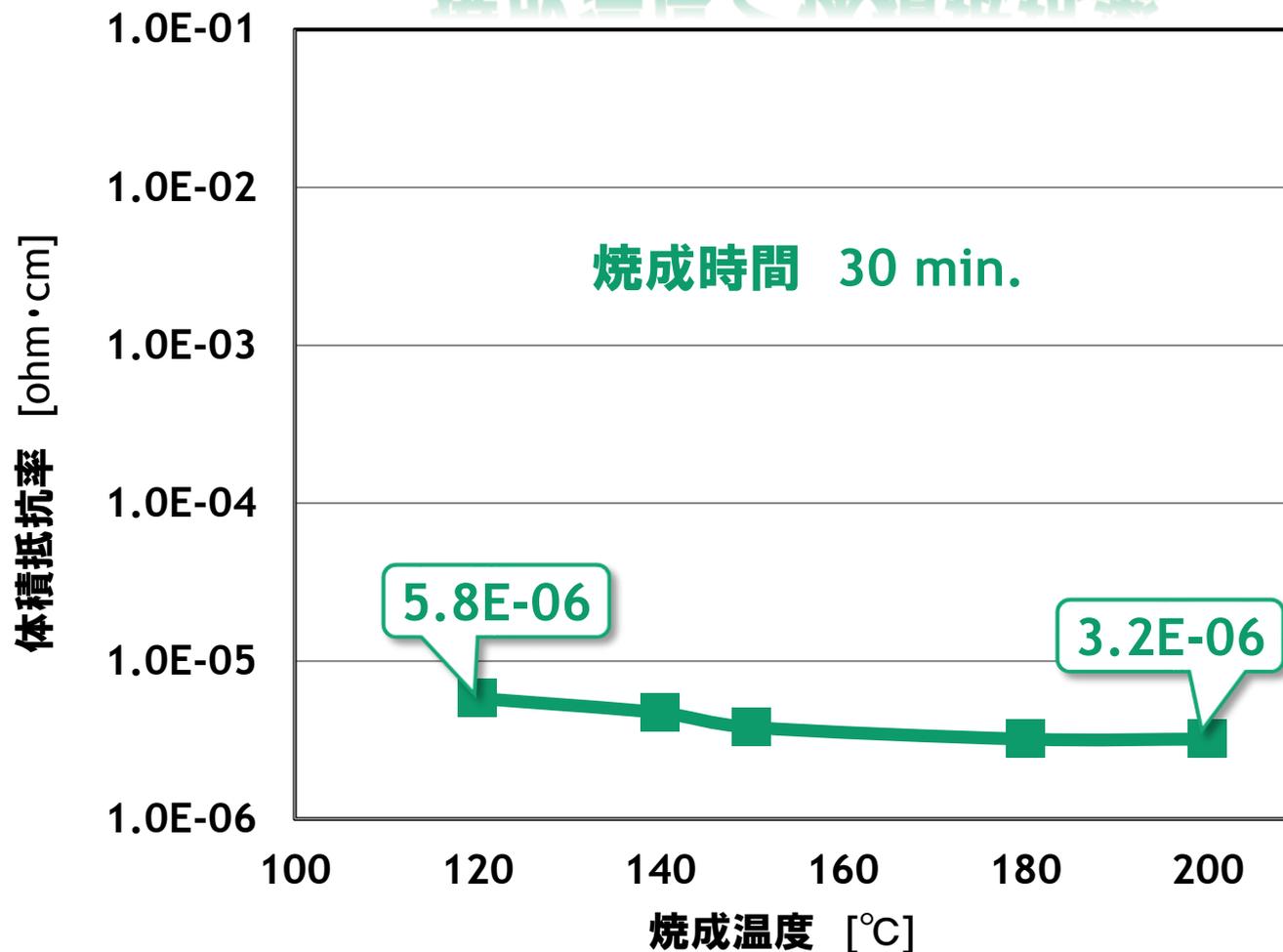


金属ナノ粒子

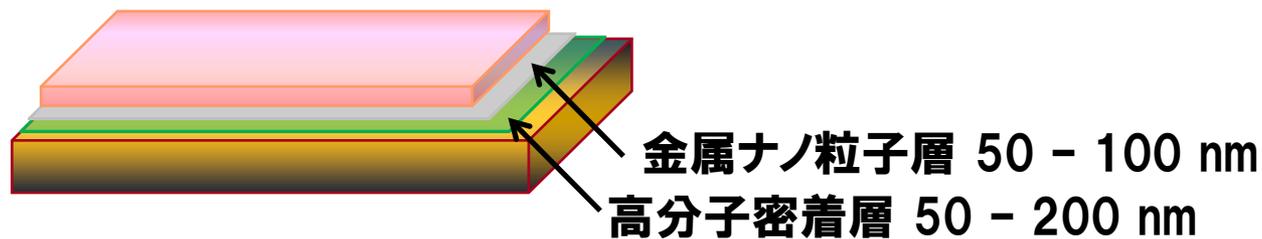


● 金属ナノ粒子

焼成温度と体積抵抗率



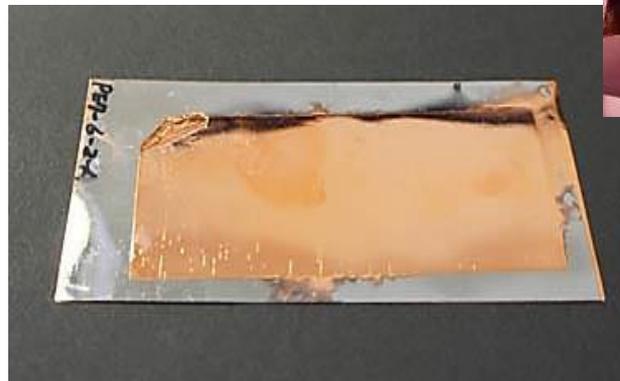
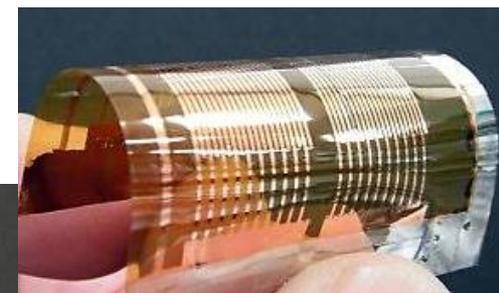
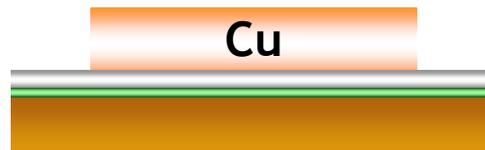
● 金属ナノ粒子をシード層に用いた“銅配線”



● 金属ナノ粒子 + 銅めっき

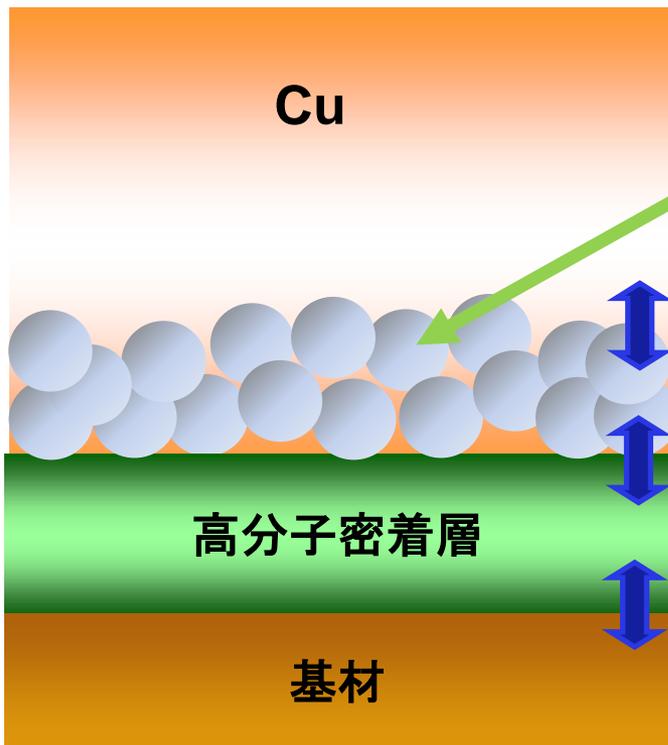
高分子設計技術が重要

高分子密着層あり



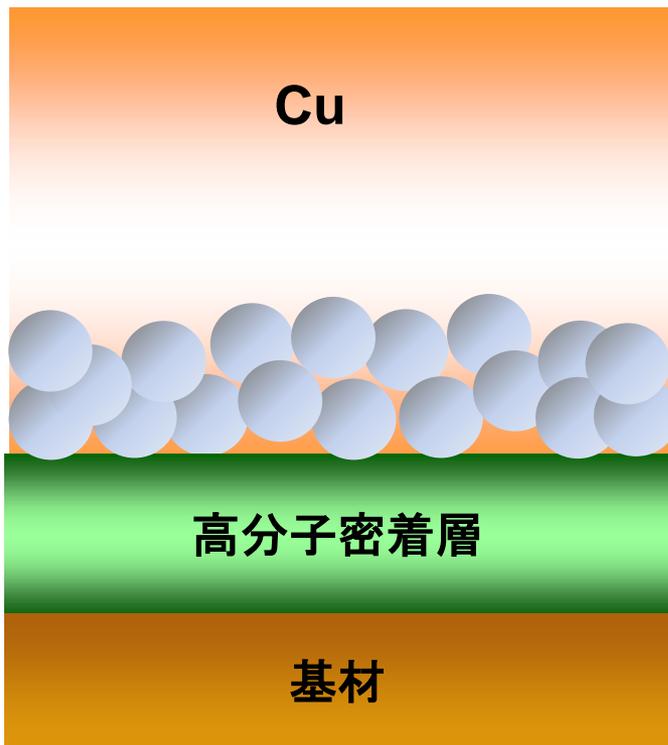
● 平滑界面で
銅／基材間を
密着させる機構

銅めっき配線の層構成



金属ナノ粒子をシード金属層として
銅めっきの足場に活用

3つの界面の制御が重要！



高分子密着層の設計と選択

● 基材の分析

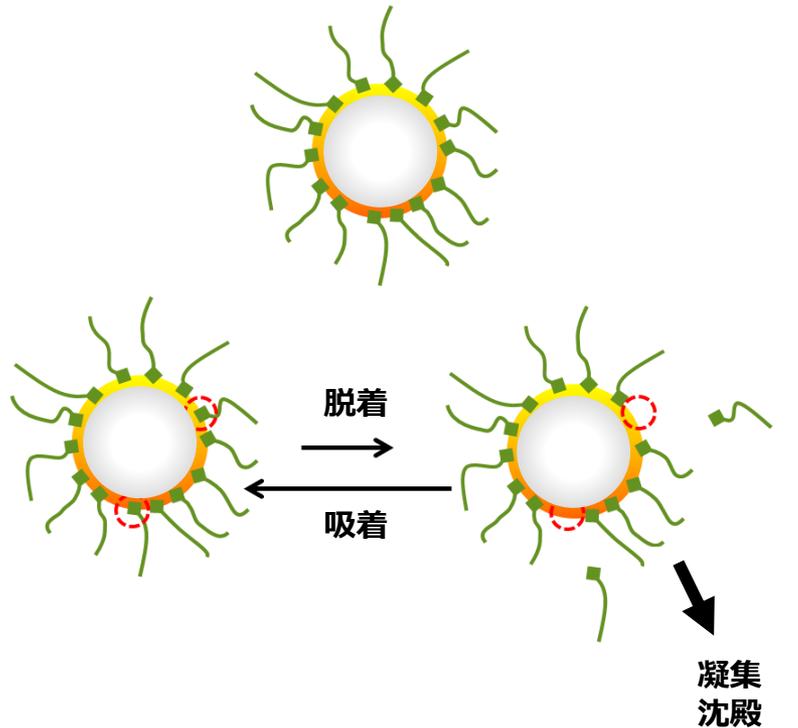
- 化学構造・組成
- 表面組成
- 溶剤耐性
- 耐熱温度

● 幅広いポリマ製品群からの『知識』と『経験』

- 印刷インキ・塗料
- 接着剤・粘着剤
- 電子材料（リジッド基板・封止剤）
- 自動車部品（エンブラ）

DICの金属ナノ粒子

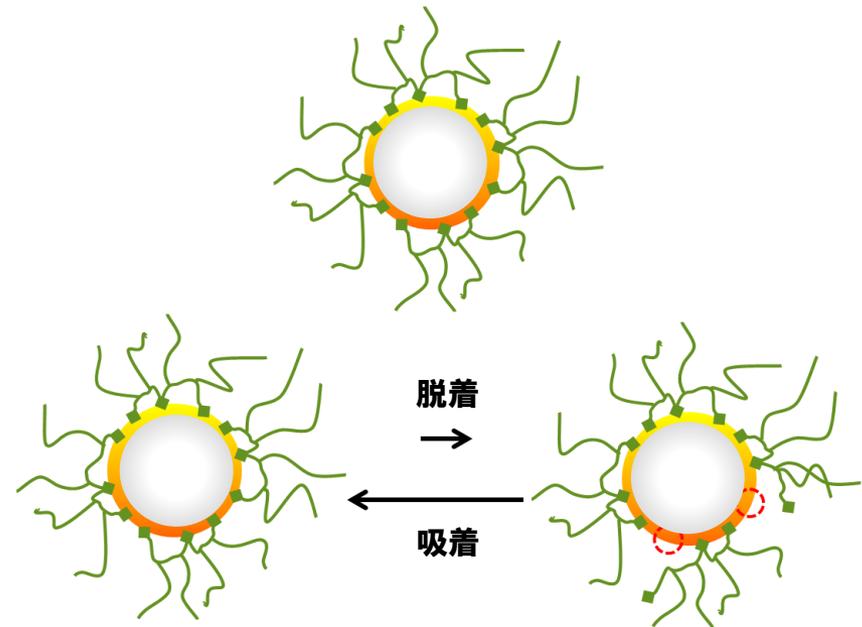
低分子分散剤



活性表面を露出させるため容易に脱着

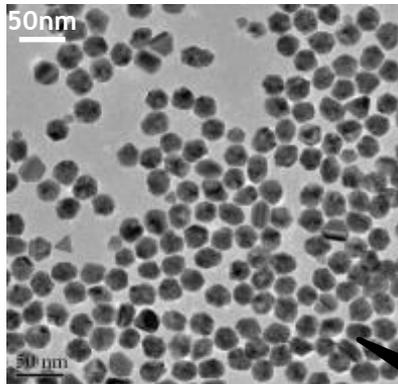
→ **分散安定性に課題**

高分子分散剤

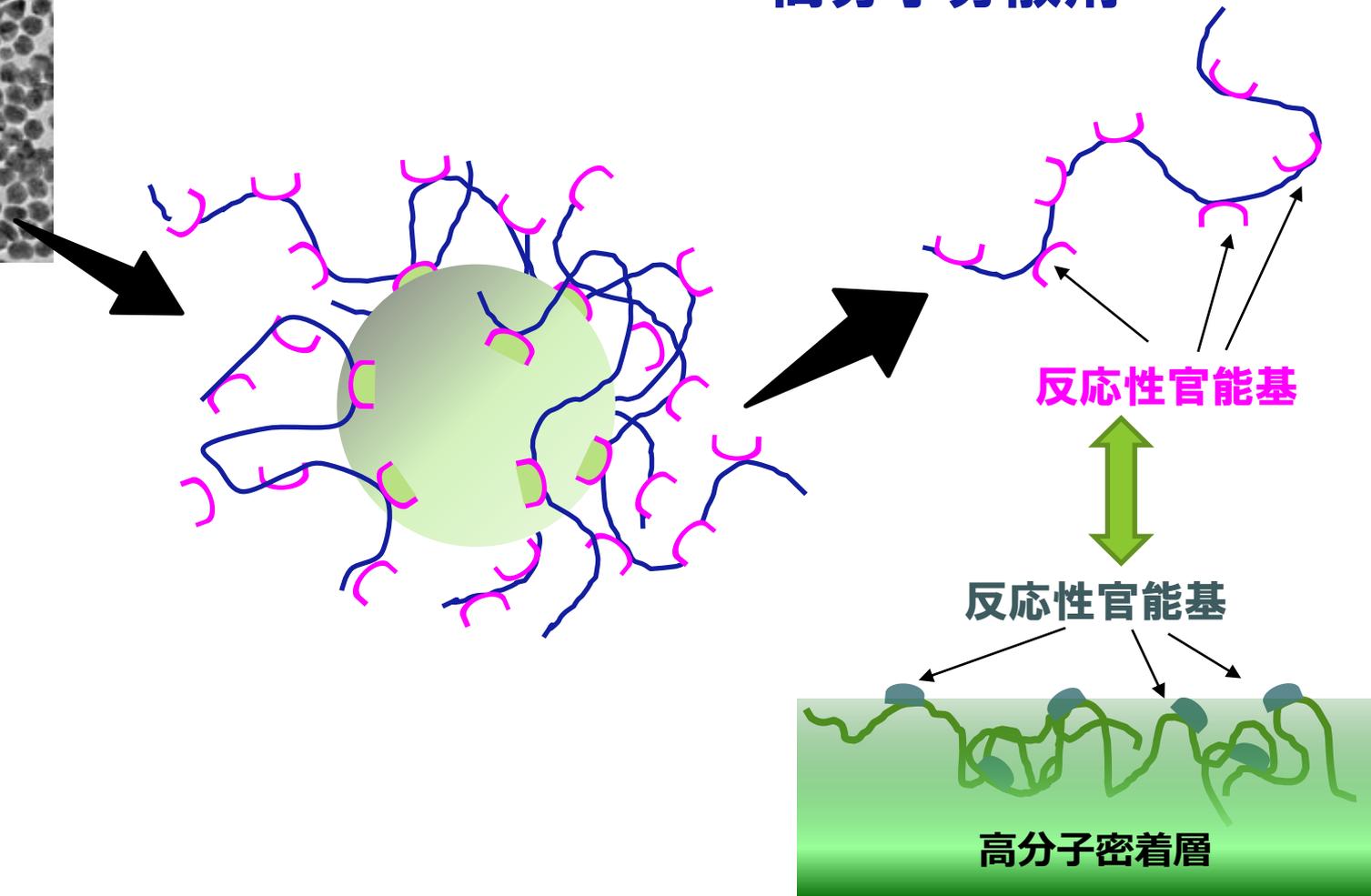


- 多点吸着
 - 立体反発
 - 静電反発
- } **分散安定性確保**
- **反応性官能基導入による密着性付与**

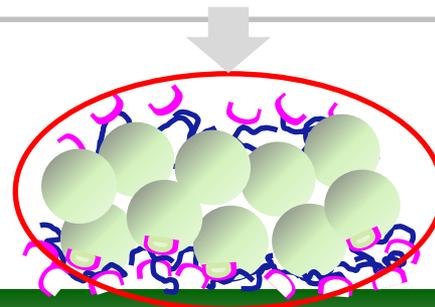
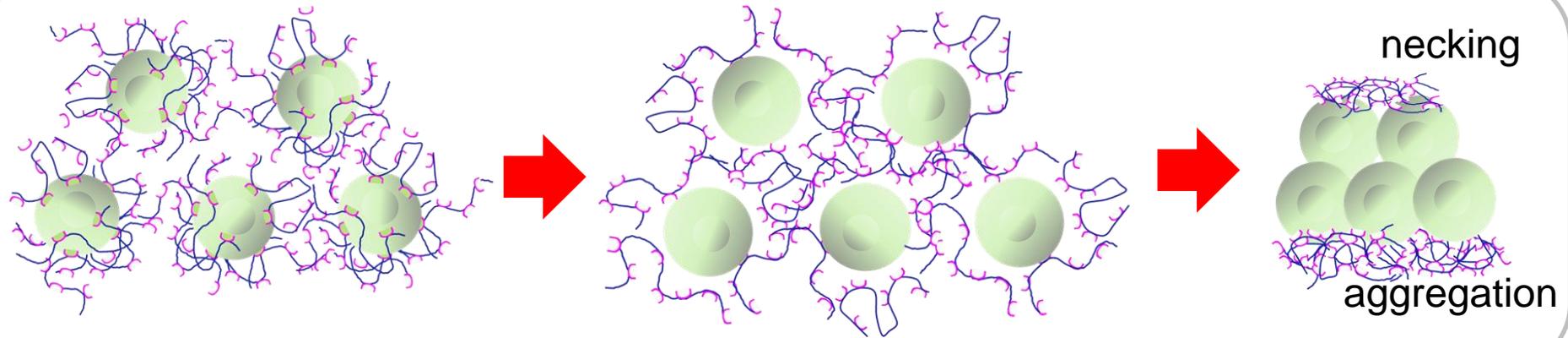
DICの金属ナノ粒子



高分子分散剤



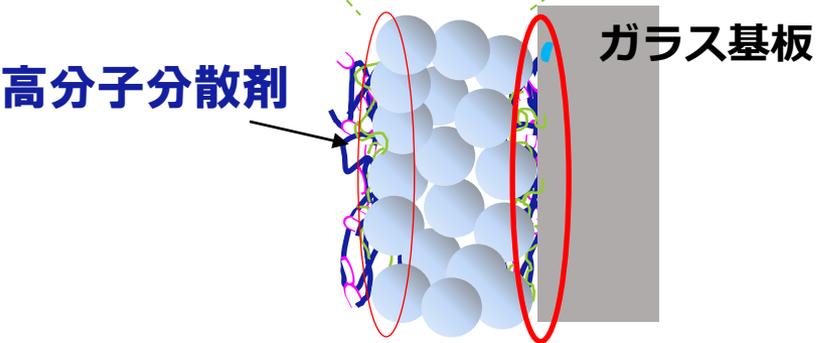
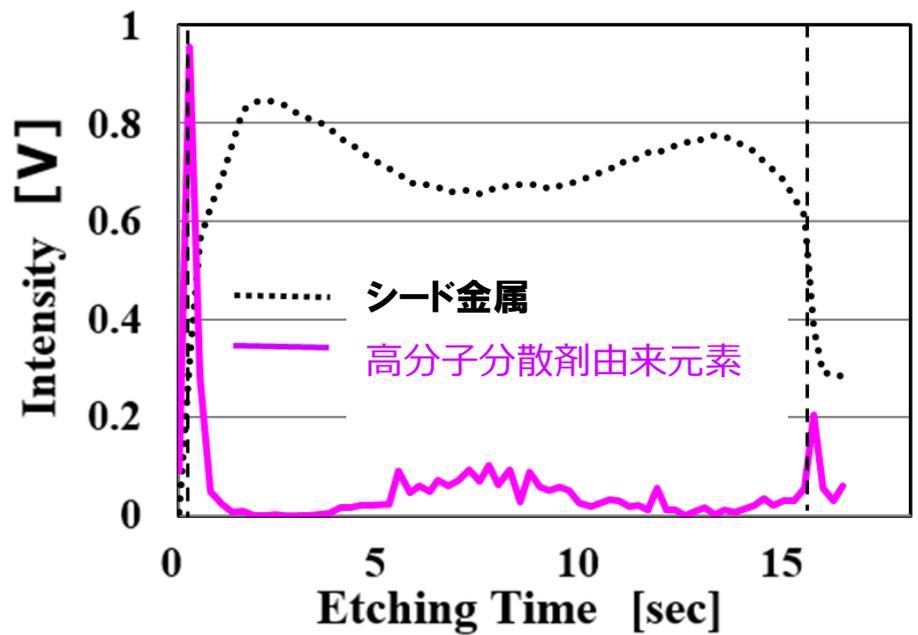
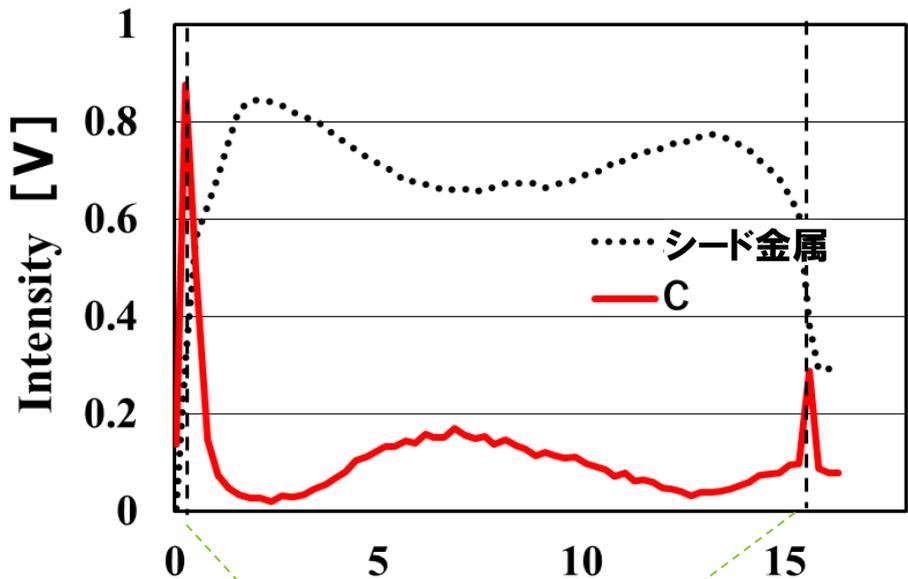
高分子密着層／金属ナノ粒子 界面



高分子分散剤の分布を分析

高分子分散剤の分布

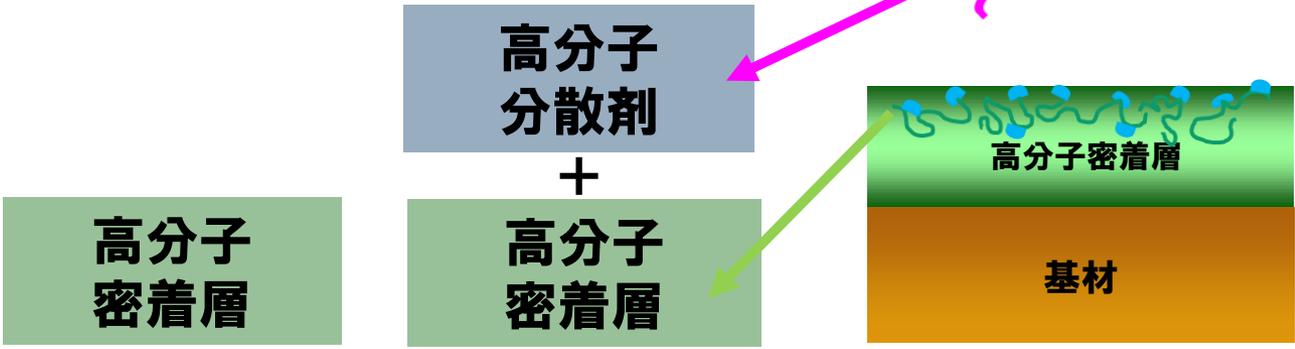
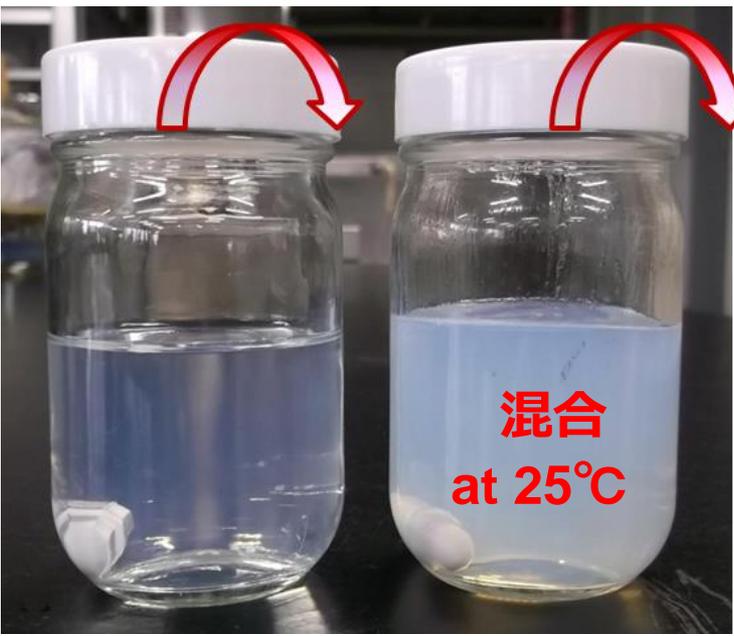
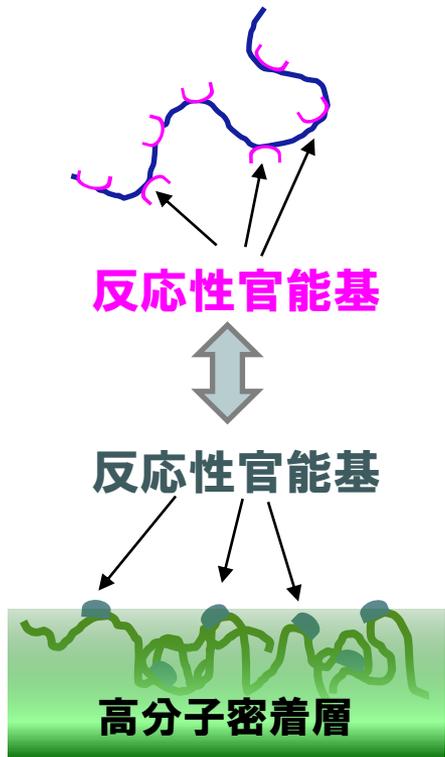
グロー放電発光分光法 (GD-OES)



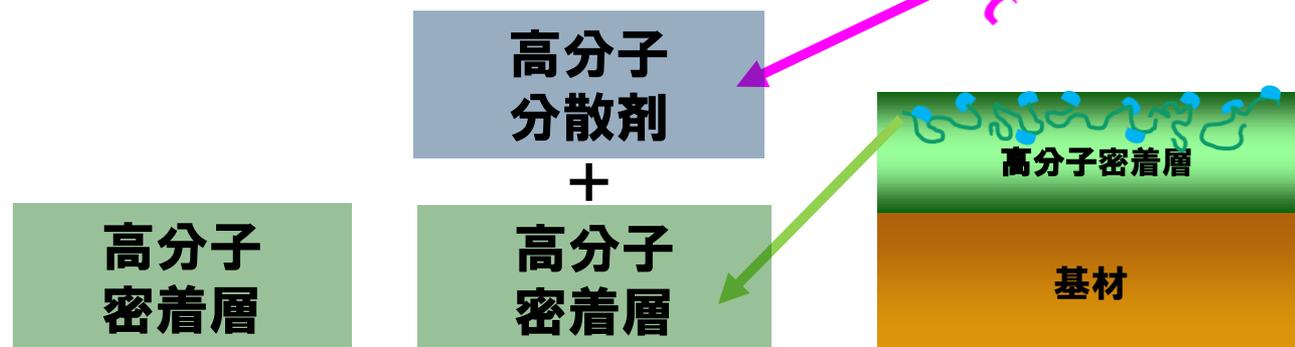
**高分子分散剤は、
空気界面と、基材界面に偏析**

高分子分散剤と密着層の反応

高分子分散剤



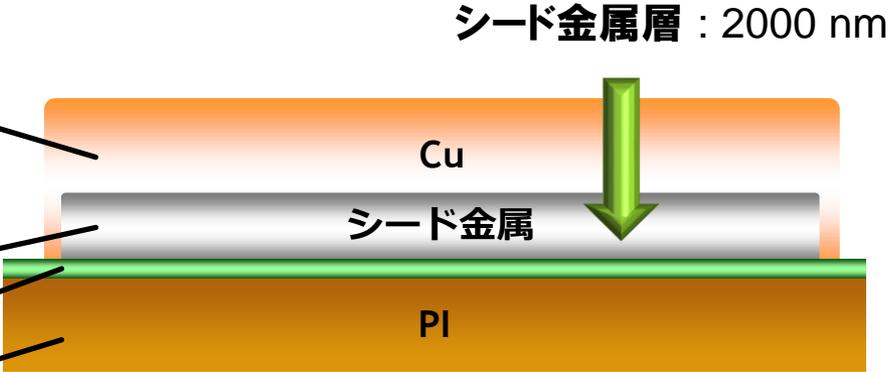
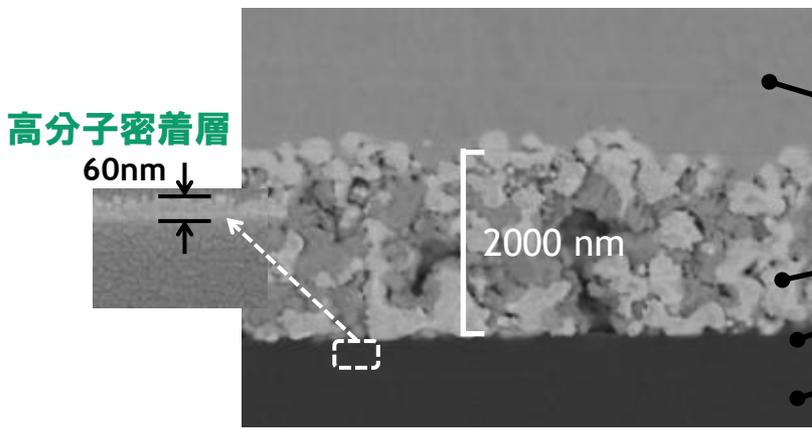
高分子分散剤と密着層の反応



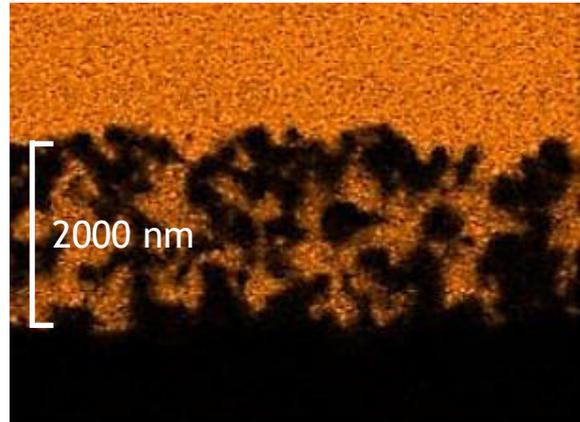
“**高分子分散剤**”と“**高分子密着層**”を混合すると、
25℃でも反応し、**3次元の高分子ネットワーク**を形成

金属ナノ粒子層／銅めっき 界面

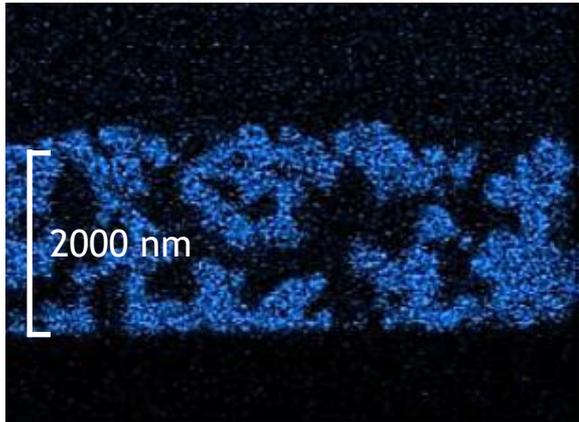
断面SEM観察像



EDS Cu Image

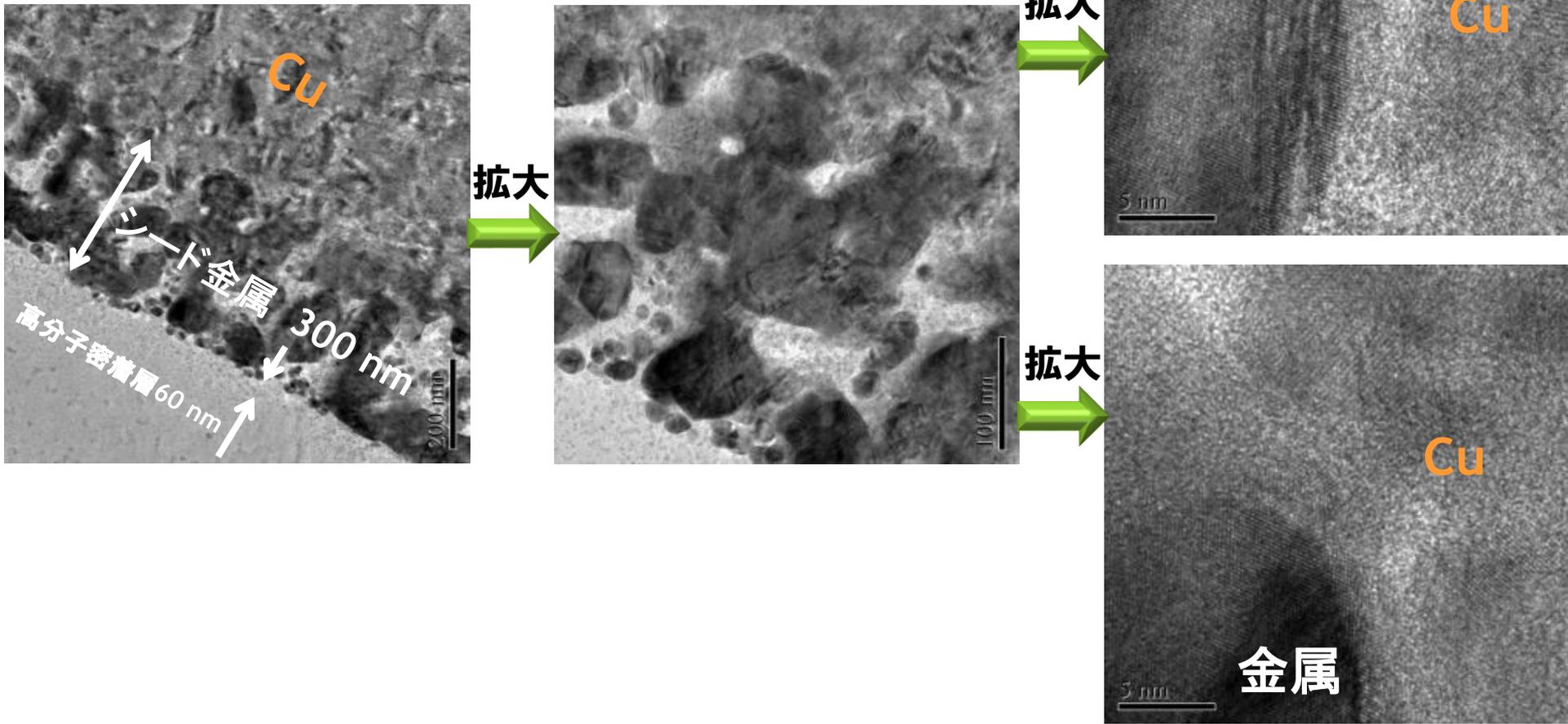


EDS シード金属 Image

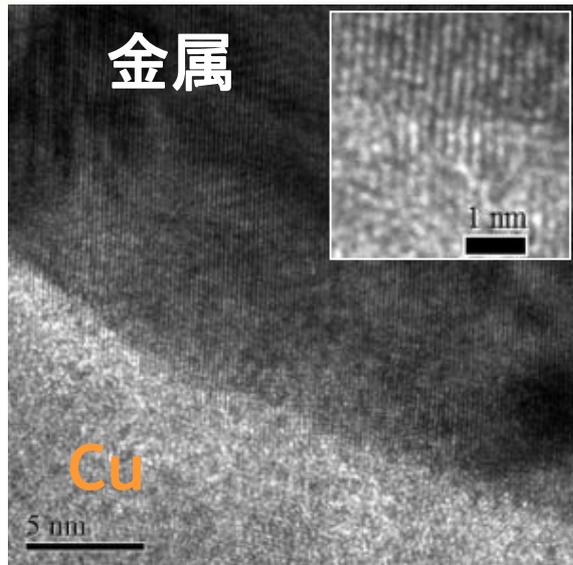


金属ナノ粒子層／銅めっき 界面

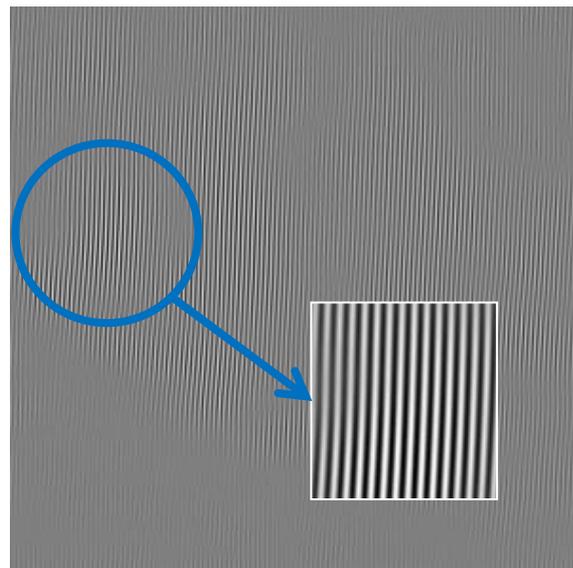
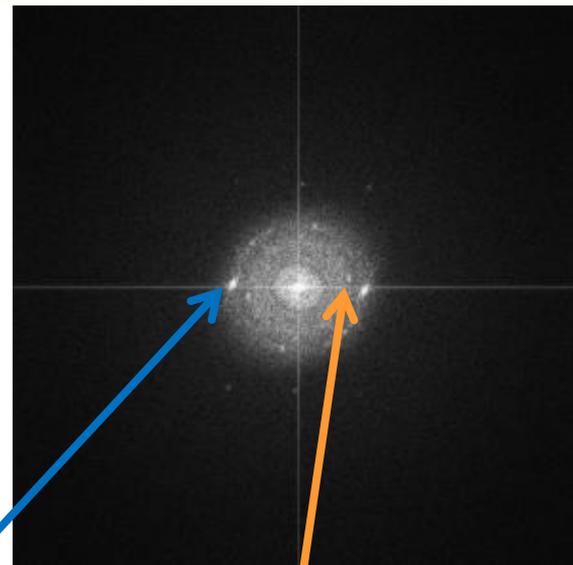
金属ナノ粒子／銅 界面の高分解断面TEM観察



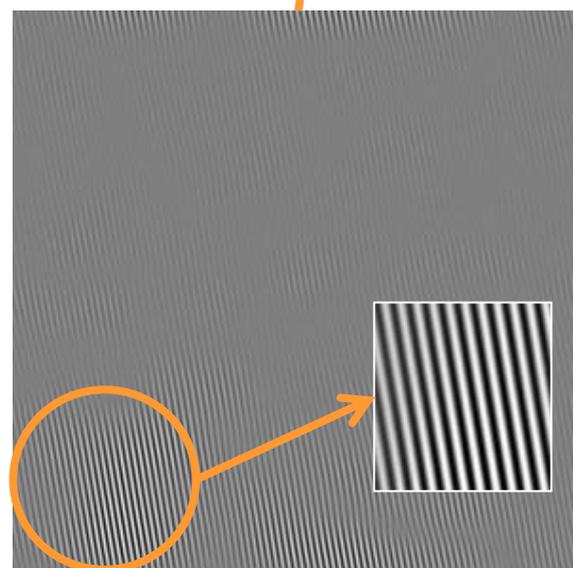
シート金属／銅 界面の結晶粒界構造分析



フーリエ変換
→

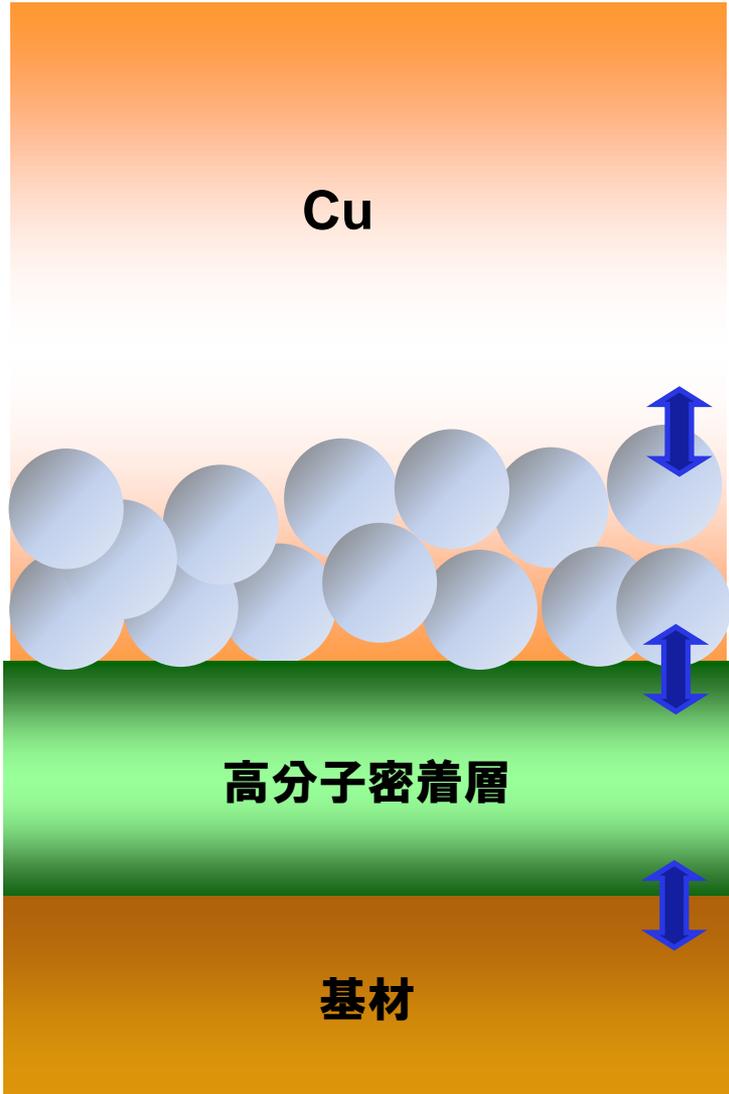


銀結晶相
粒界の周期構造
2.1nm



銅結晶相
粒界の周期構造
2.4nm

平滑界面での密着機構 まとめ



III: シード金属／銅めっき 界面

相互貫入構造

II: 高分子密着層／シード金属層 界面

化学結合

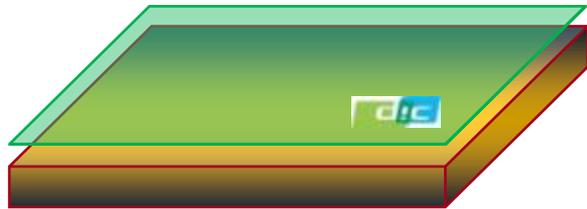
I: 基材／高分子密着層 界面

化学結合

新シートフィルムを用いたF C C L

F C C L : Flexible Copper Clad Laminate

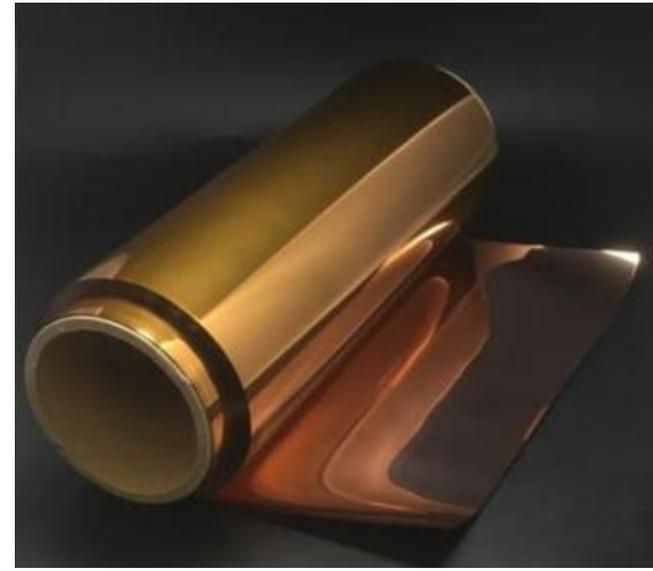
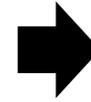
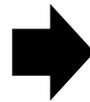
高分子密着層の塗工



金属ナノ粒子の塗工



銅めっき



新シートフィルム

F C C L

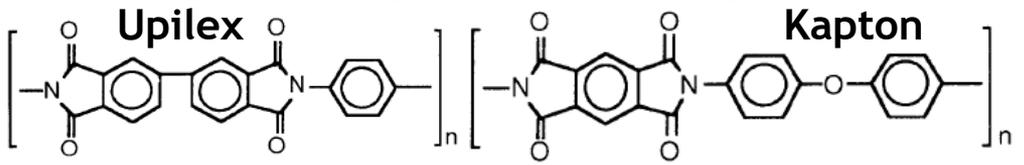
新シートFCCL と 市販 FCCL のピール強度

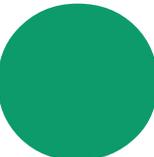
FCCL : Flexible Copper Clad Laminate

(Cu厚 : 15 μm)



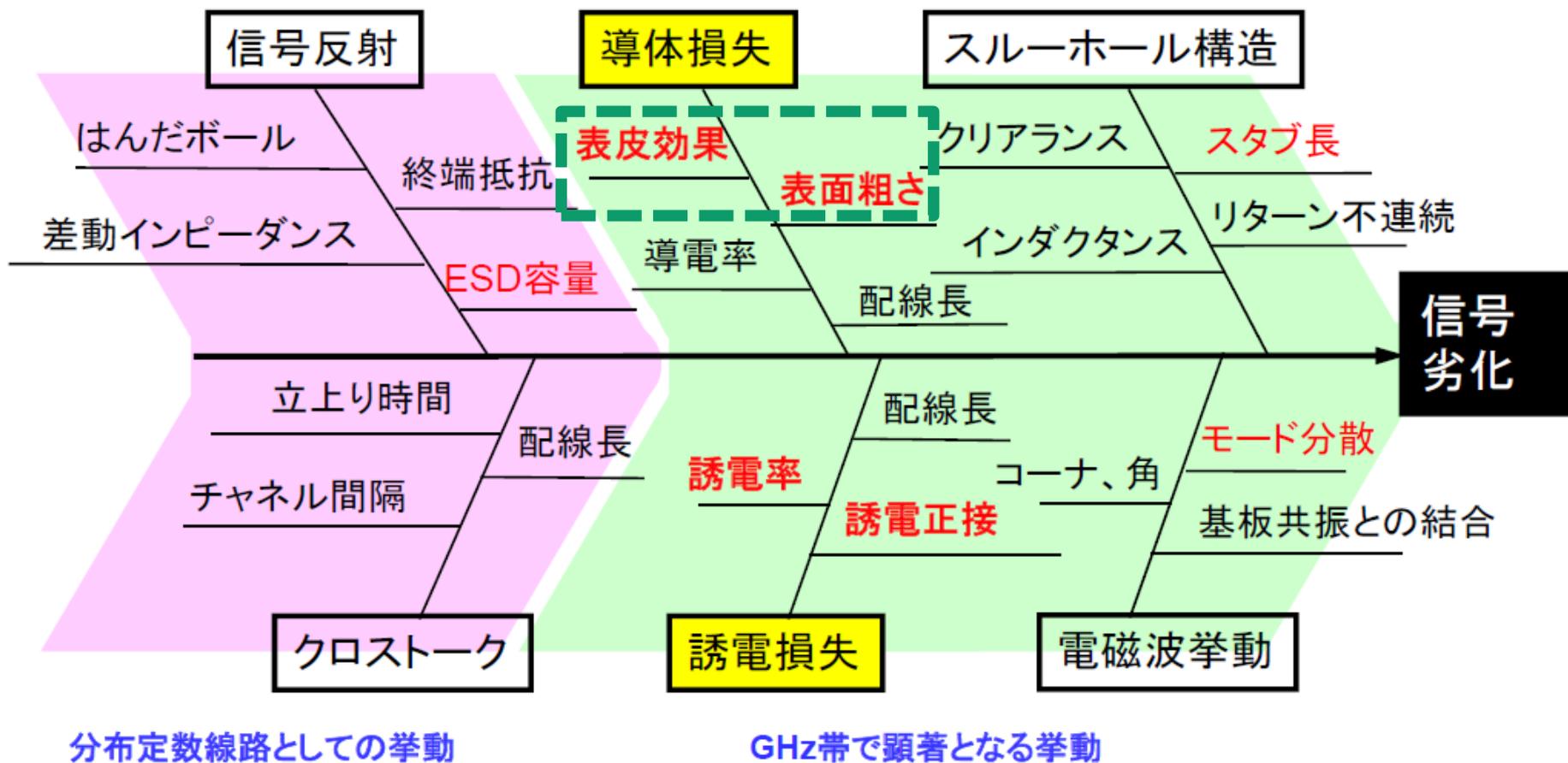
	新シート	市販 スパッタ	市販 ラミネート	市販 キャスト
断面SEM画像				
ピール強度 常態 (kN / m)	Kapton EN-C 0.94 Upilex SGA 1.29	0.6	1.5	1.2
ピール強度 耐熱 (150°C168h) (kN / m)	Kapton EN-C 0.94 Upilex SGA 1.13	0.4	1.1	0.5





高周波伝送用 銅配線形成技術

信号劣化・損失を引き起こす要因

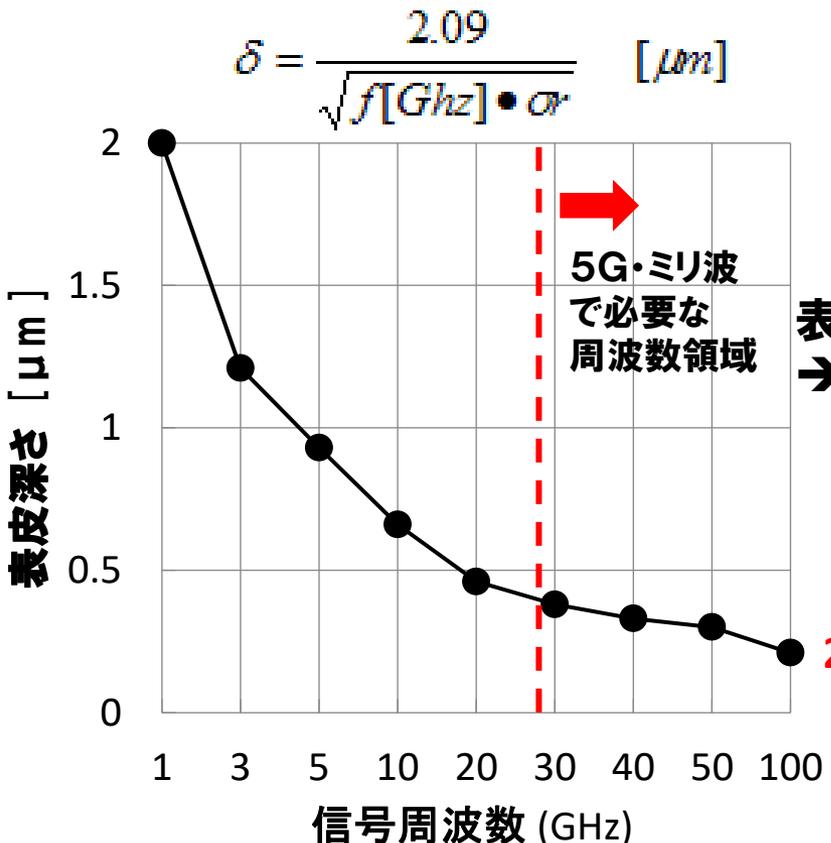
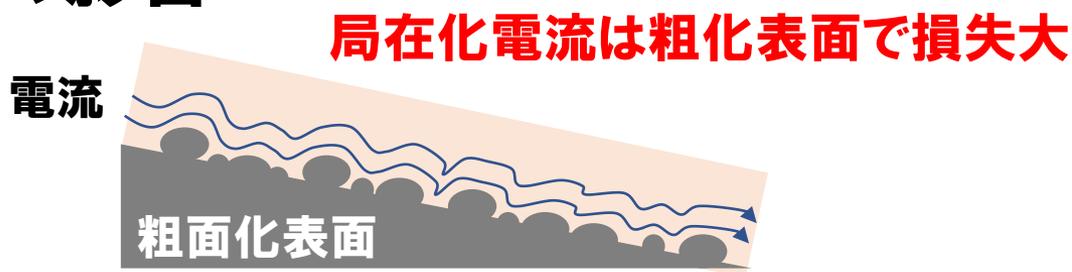
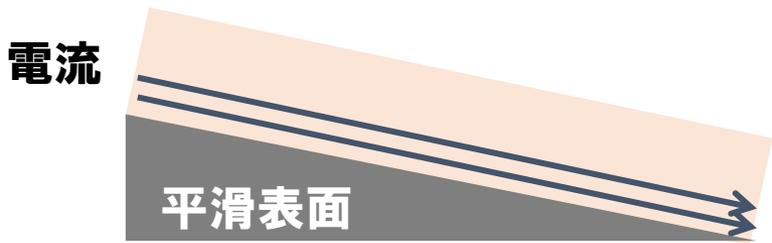


●GHz帯では、材料特性や配線構造までが影響を及ぼす

出展 テクトロニクス・イノベーション・フォーラム 2013 芝浦工業大学 須藤俊夫先生

高周波伝送における表皮効果

粗化表面の高周波伝送への影響



導体の磁性と表皮効果

表皮深さの式

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{2\pi f \cdot \mu_0 \cdot \mu_r}}$$

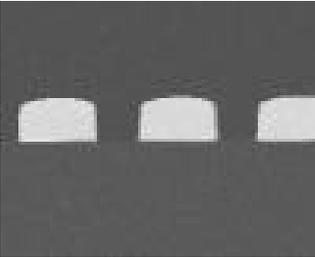
↑ 導体

【比磁性率】
銅: 1.0 銀: 1.0
コバルト: 250
ニッケル: 600

周波数 (f)	表皮深さ (δ)
1MHz	66 μm
1GHz	2.1 μm
10GHz	0.66 μm

我々がめざす「高品質な銅配線」とは？

- 平滑面（**非粗化表面**）で十分な **密着強度** を保持
- 理想的な矩形の **断面形状** で **四辺が平滑**
- 設計通りの **配線形成** と **ファインピッチ** への対応



★ 低損失の高周波伝送配線

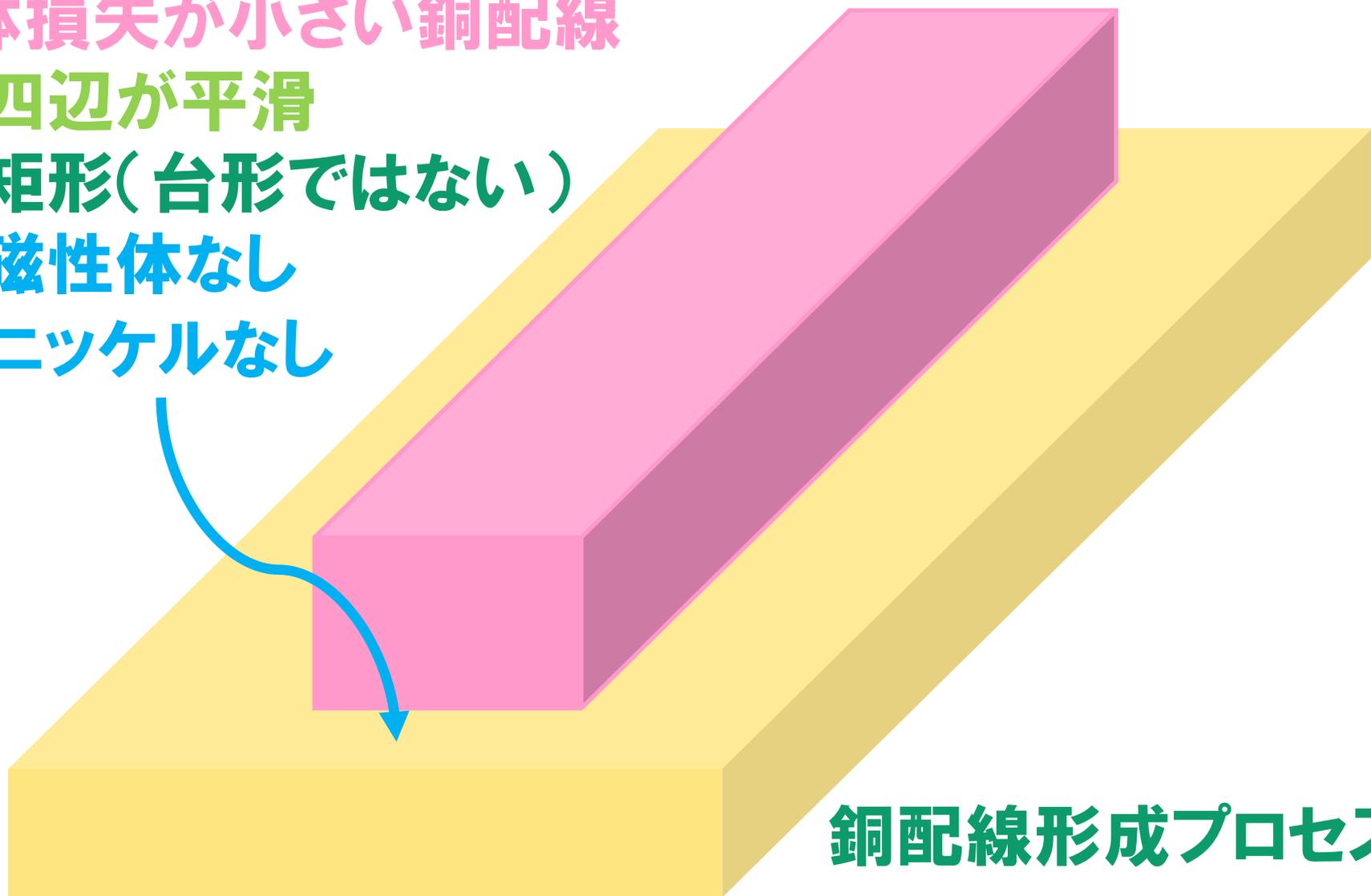
★ 高品質アンテナ

★ 高精度配線・高密度配線

高品質な銅配線

導体損失が小さい銅配線

- 四辺が平滑
- 矩形(台形ではない)
- 磁性体なし
ニッケルなし



銅配線形成プロセス

銅配線の形状・既存技術との比較

比透磁率: Cu, Ag = 1 Ni = 600

MSAP : Modified Semi-Additive Process

		DIC法	既存技術		
銅配線の形成プロセス		新SAP	MSAP スパッタ+銅めっき	MSAP ダイレクトめっき	Subtractive Process
伝送特性 への 影響因子	配線側面の 凹凸	小 ○	大 ×	大 ×	大 ×
	配線底面の 凹凸	小 ○	小 ○	小 ○	大 ×
	配線の形状	矩形 ○	矩形~台形 △	矩形~台形 △	台形 ×
	磁性体層の 有無 (Ni)	なし ○	あり ×	あり ×	あり ×
シード層	金属種	非磁性金属	Ni / Cr / Cu	Ni / Cu	Ni / Cu
銅配線の断面イメージ					

ポリイミド基材 FCCL ロール品 試作



F C C L : Flexible Copper Clad Laminate

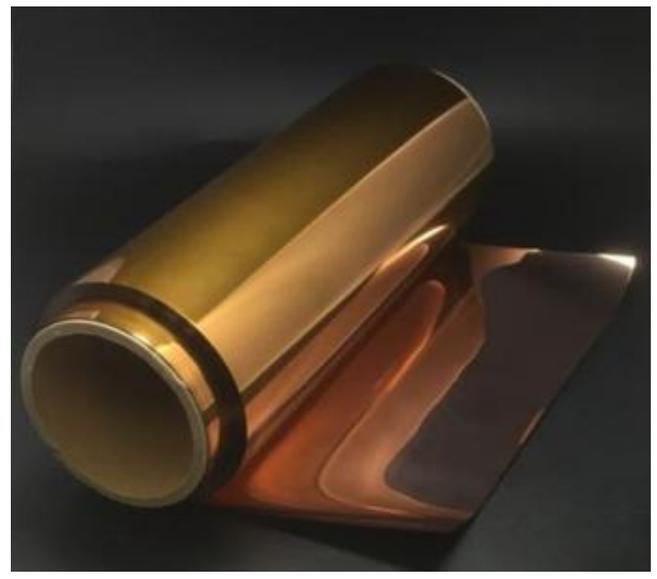
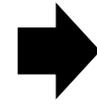
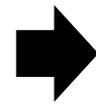
高分子密着層の塗工



金属ナノ粒子の塗工



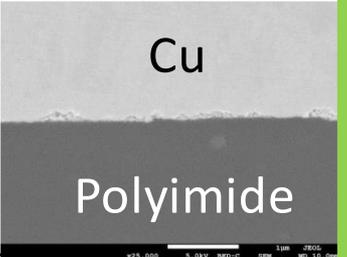
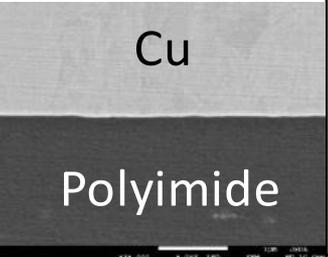
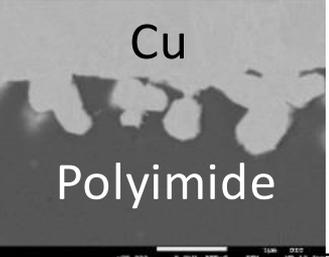
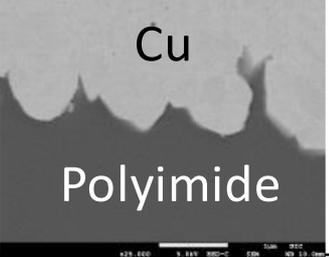
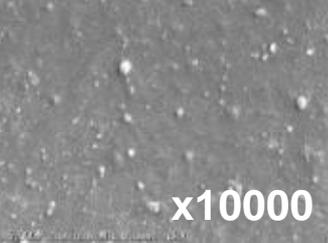
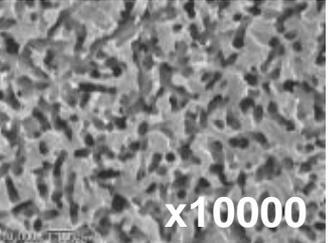
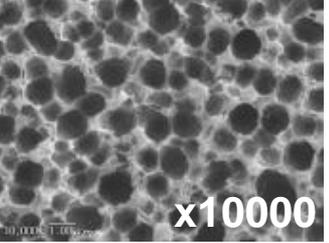
銅めっき



新シードフィルム

F C C L

新シートFCCL と 市販 FCCL の比較

	新シート	市販 スパッタ	市販 ラミネート	市販 キャスト
断面SEM画像				
銅エッチング後の ポリイミド表面				
透過率 %	57	57	38	65
ヘイズ %	9	9	99	99
表面粗さ [μm]				
Rz :	1.3	1.7	4.7	5.9
Ra :	0.03	0.03	0.3	0.5

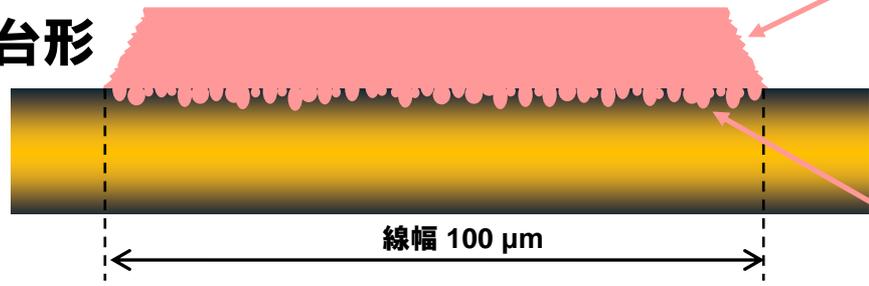
高周波伝送：銅／基材界面の平滑性

■ サブトラクティブ法での比較

100 mm 線路長・マイクロストリップライン

側面：凹凸あり

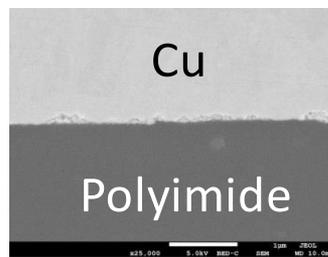
断面形状：台形



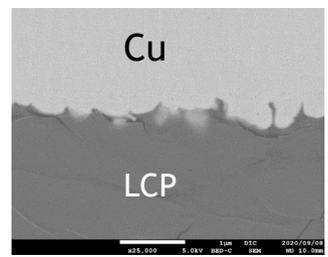
銅／基材界面

銅／基材間
断面

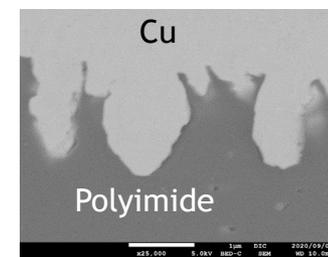
新シード



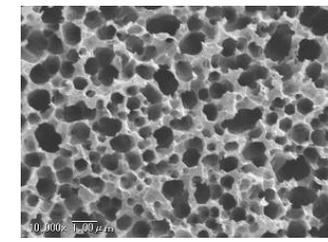
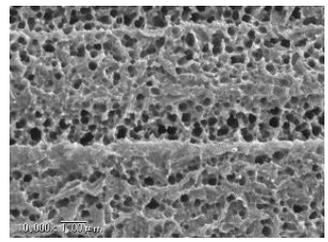
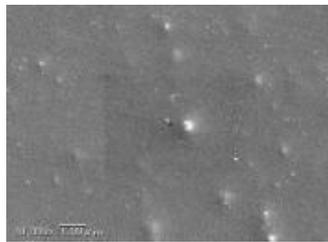
市販LCP



市販ポリイミド



銅エッチング後
基材の表面



Ra: 0.03
Rz: 1.3

Ra: 0.17
Rz: 3.8

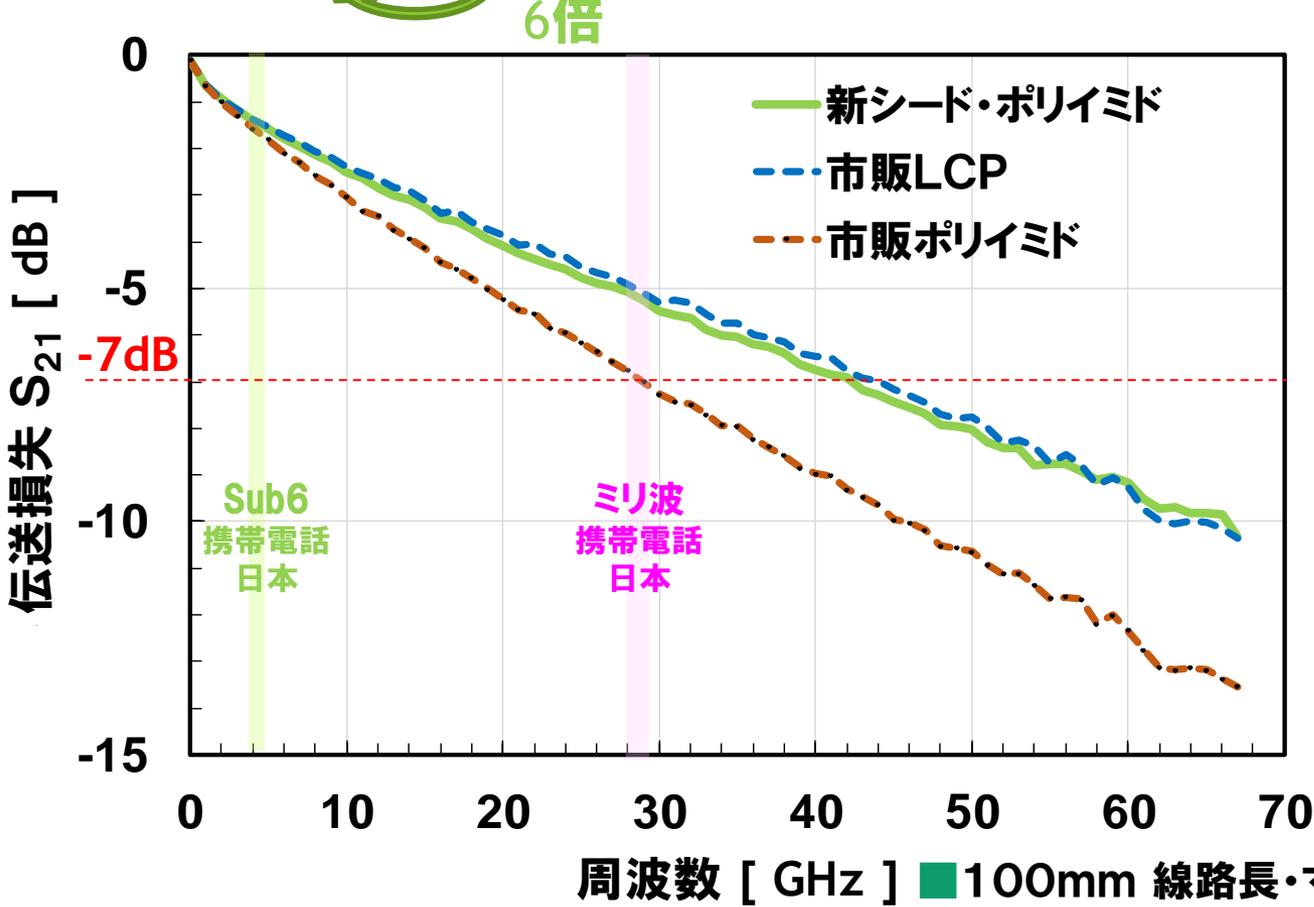
Ra: 0.36
Rz: 6.5 [μm]

高周波伝送：銅／基材界面の平滑性

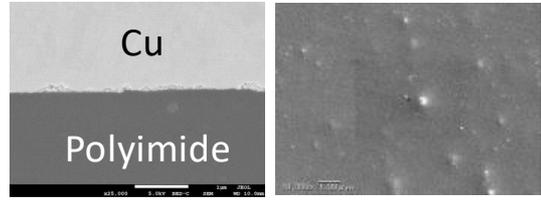
■ サブトラクティブ法での比較

@28GHz	ポリイミド	LCP
誘電率	3.66	3.48
誘電正接	0.0134	0.0022

● 誘電損失を導体損失が大幅にカバー

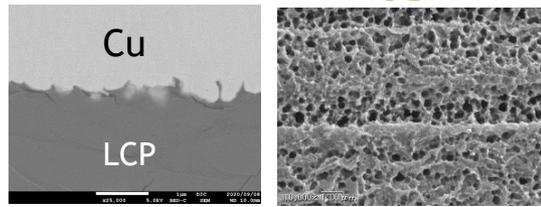


新シード



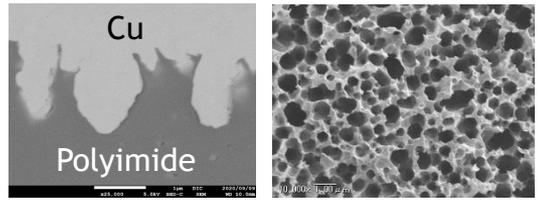
Ra: 0.03 Rz: 1.3

市販LCP 約 1/3



Ra: 0.17 Rz: 3.8 [μm]

市販ポリイミド

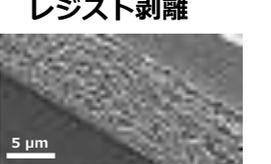
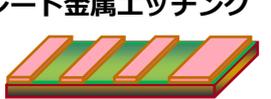
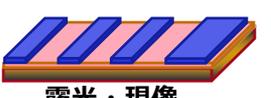


Ra: 0.36 Rz: 6.5 [μm]

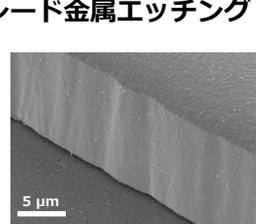
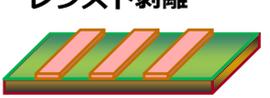
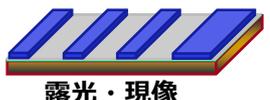
銅パターン形成方法・分類

フトリソグラフィ法

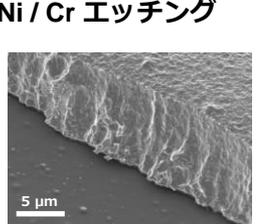
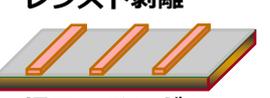
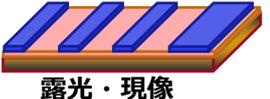
新シード・平滑界面
サブトラクティブ



新SAP
セミアディティブ

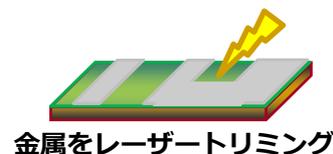


ベンチマーク
MSAP
セミアディティブ

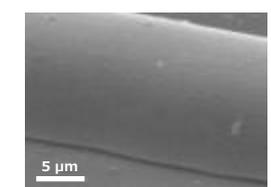
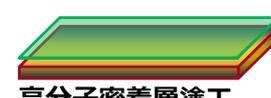


非フトリソグラフィ法

レーザートリミング



印刷+銅めっき



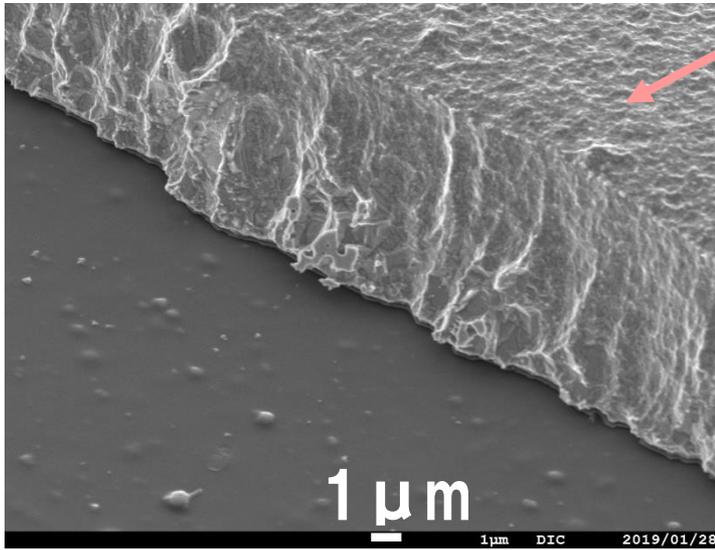
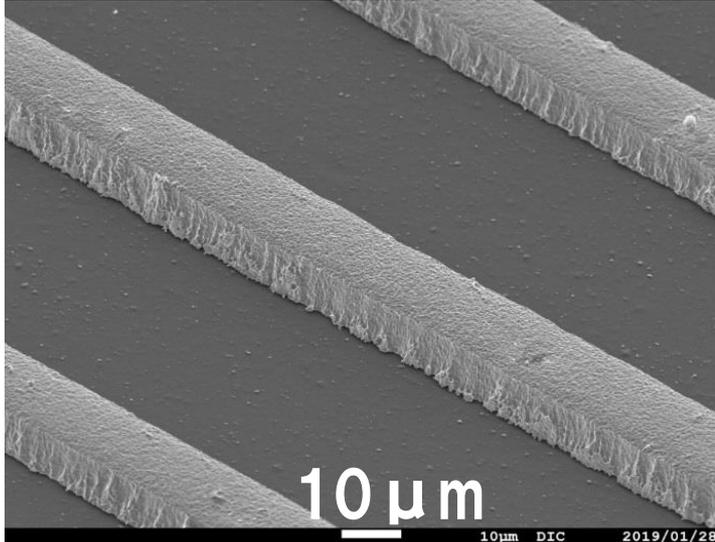
新SAP

セミアディティブプロセス

- 平滑な底面・上面・側面
- 寸法精度
- 狭ピッチ化

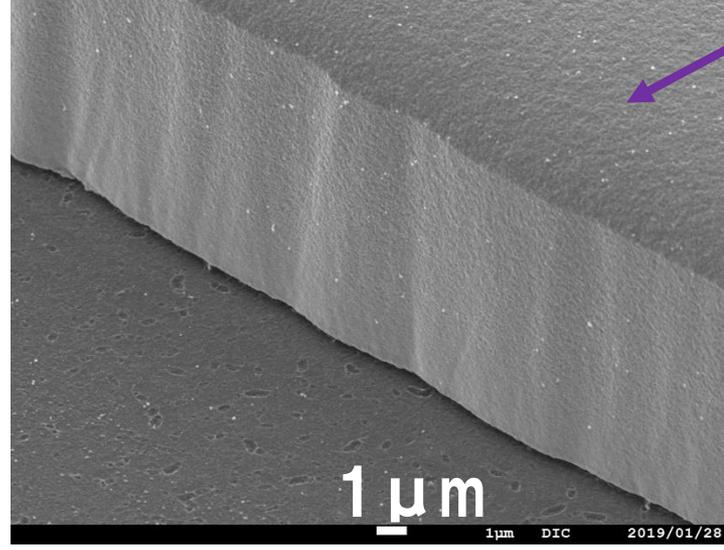
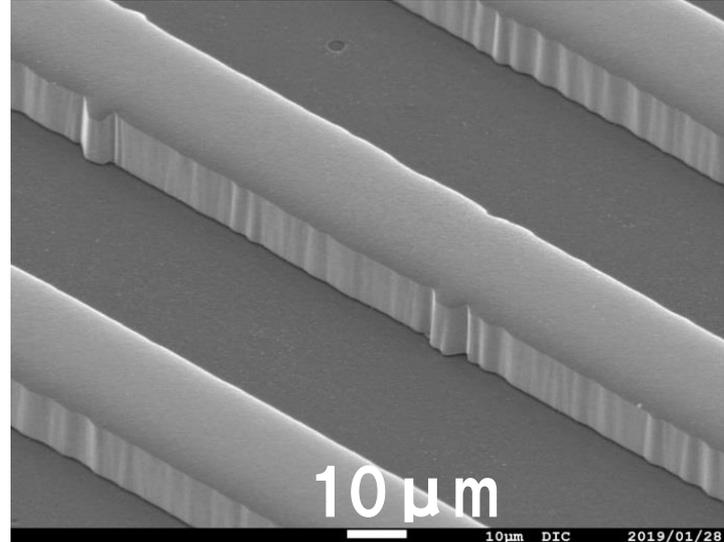
新SAPが提供できる価値

MSAP ベンチマーク



Rz
3.3
μm

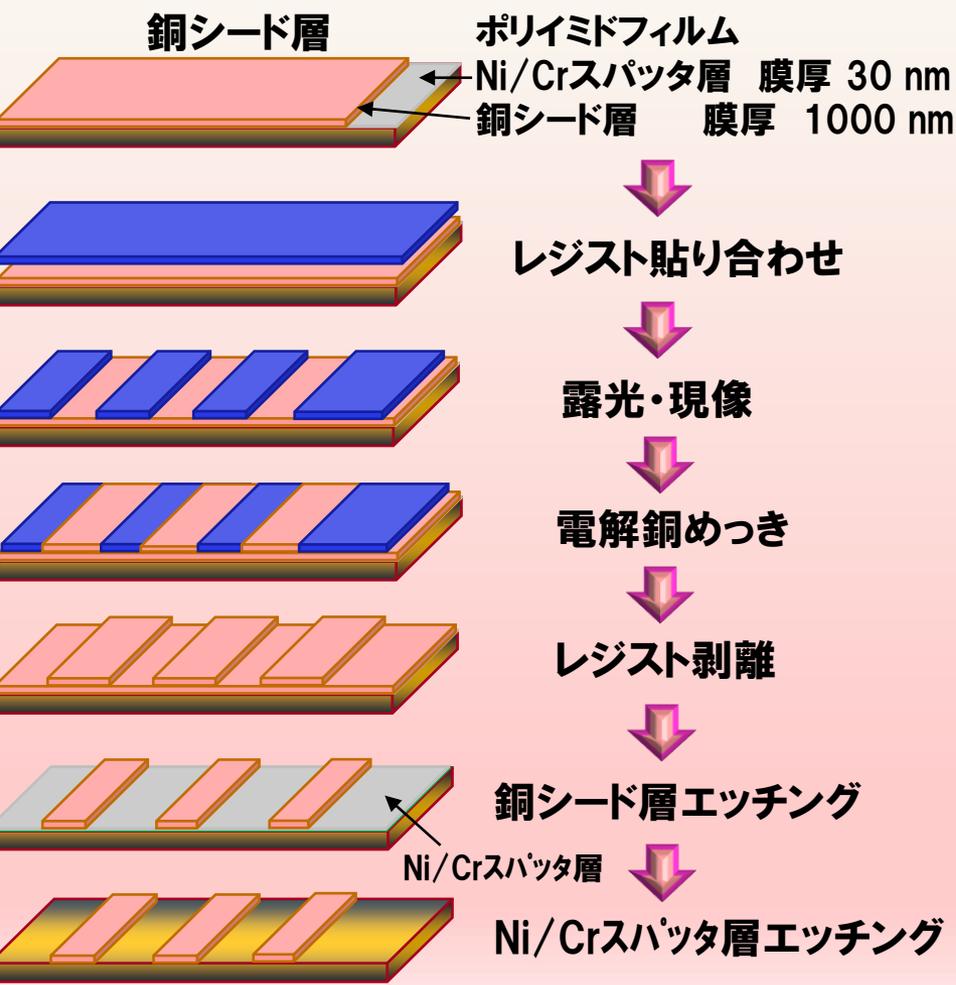
新SAP



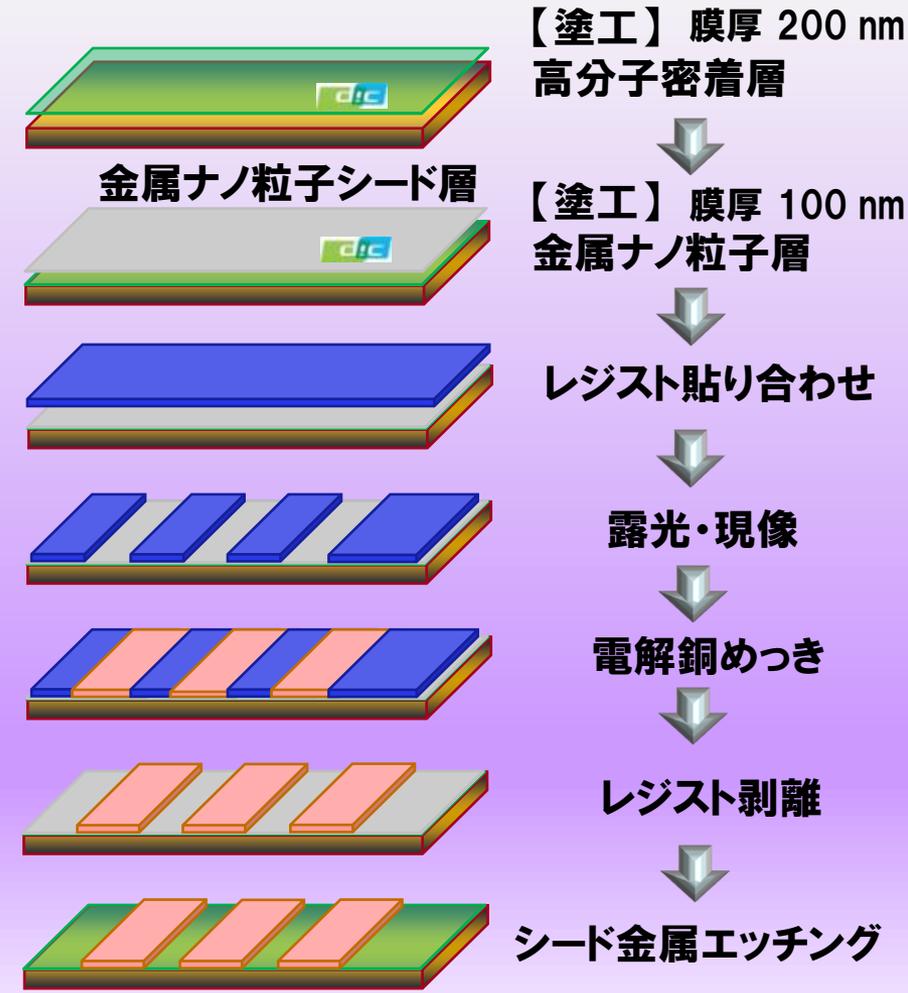
Rz
0.7
μm

新SAPのプロセス概要

既存技術 (MSAP)



新SAP



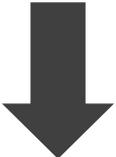
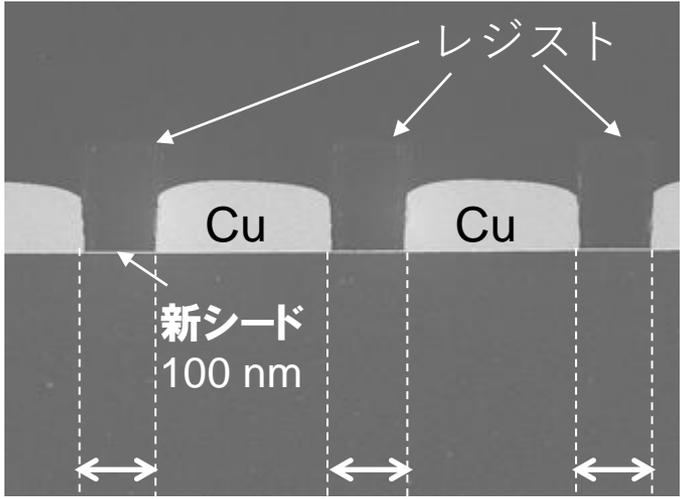
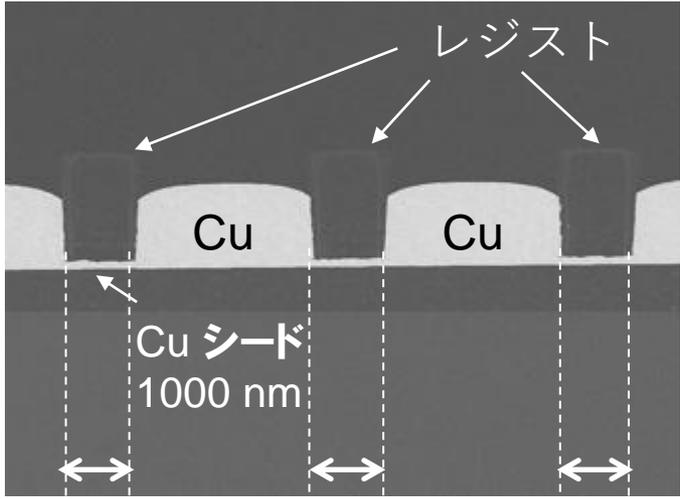
シード層のみ選択的に溶解

新SAPが提供できる価値

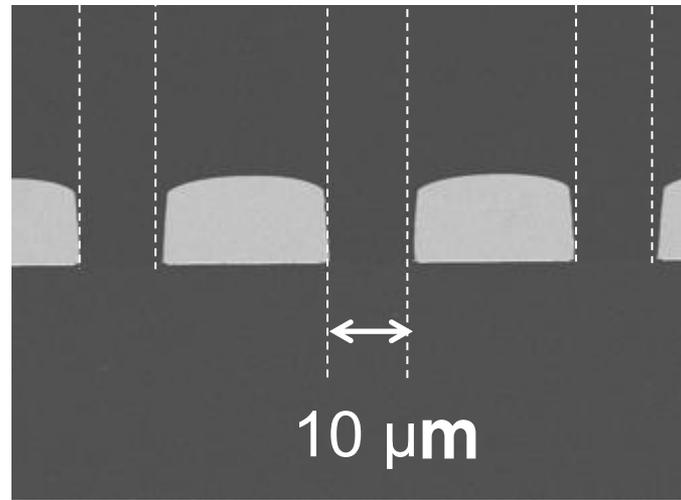
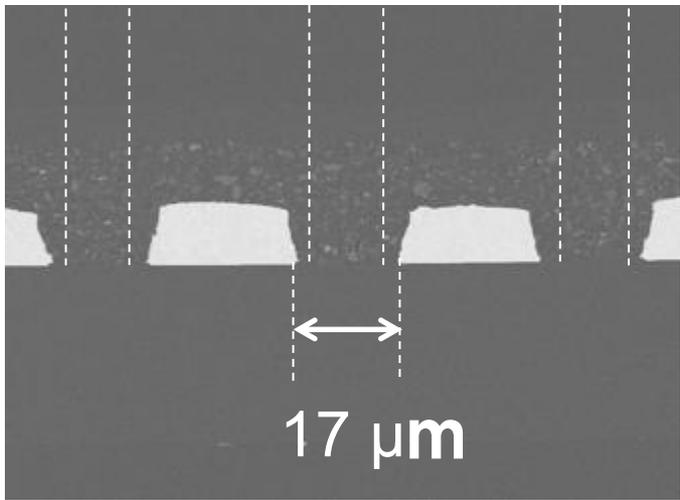
MSAP

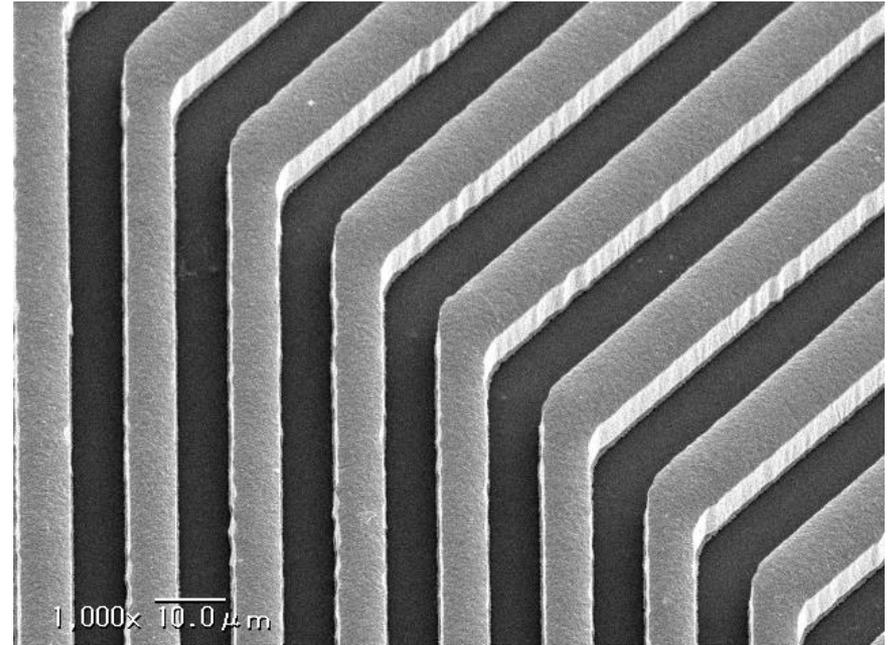
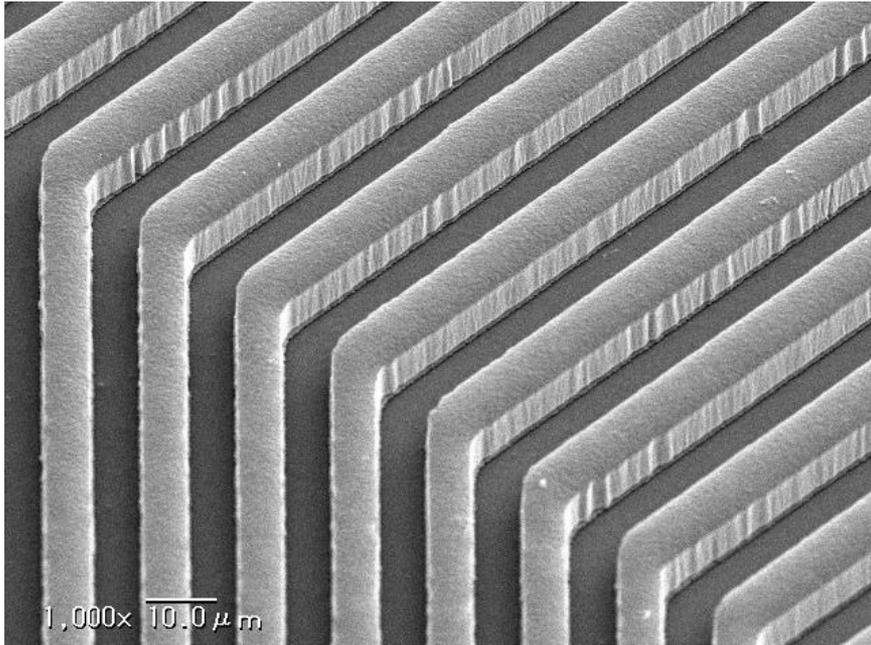
新SAP

電解銅めっき後
(レジスト剥離前)



シードエッチング後





斜め 銅配線

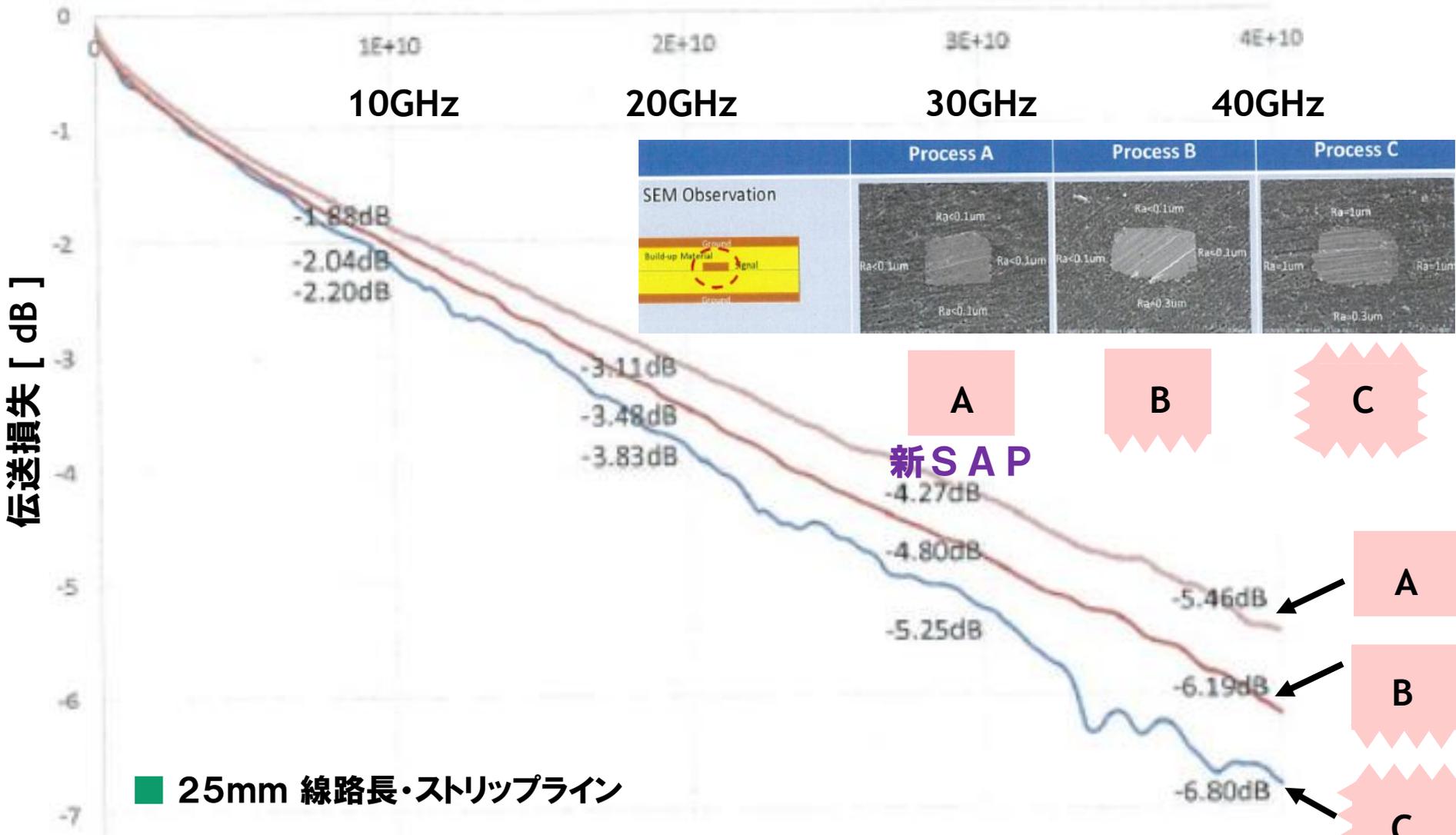
線幅/線間 = $10\mu\text{m}/10\mu\text{m}$

縦 銅配線

線幅/線間 = $8\mu\text{m}/8\mu\text{m}$

銅配線の高さ(厚み) = $8\mu\text{m}$

高周波伝送：新SAP



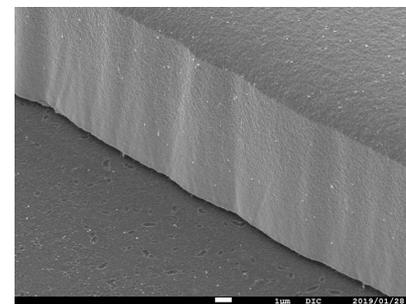
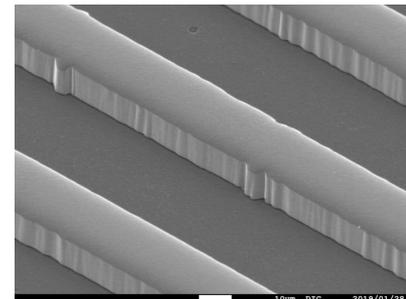
■ 25mm 線路長・ストリップライン

銅配線の四辺が平滑なほど伝送損失が小さい

まとめ

◎ 基材を粗化处理せず **平滑な界面** で銅配線を密着させる技術を確立した

◎ 基材／銅配線の界面を平滑にすると高周波信号の **伝送損失を小さく** することができた



◎ **新SAP** により **四辺が平滑な銅配線** が形成でき **伝送損失がさらに小さく** なった



Color & Comfort

