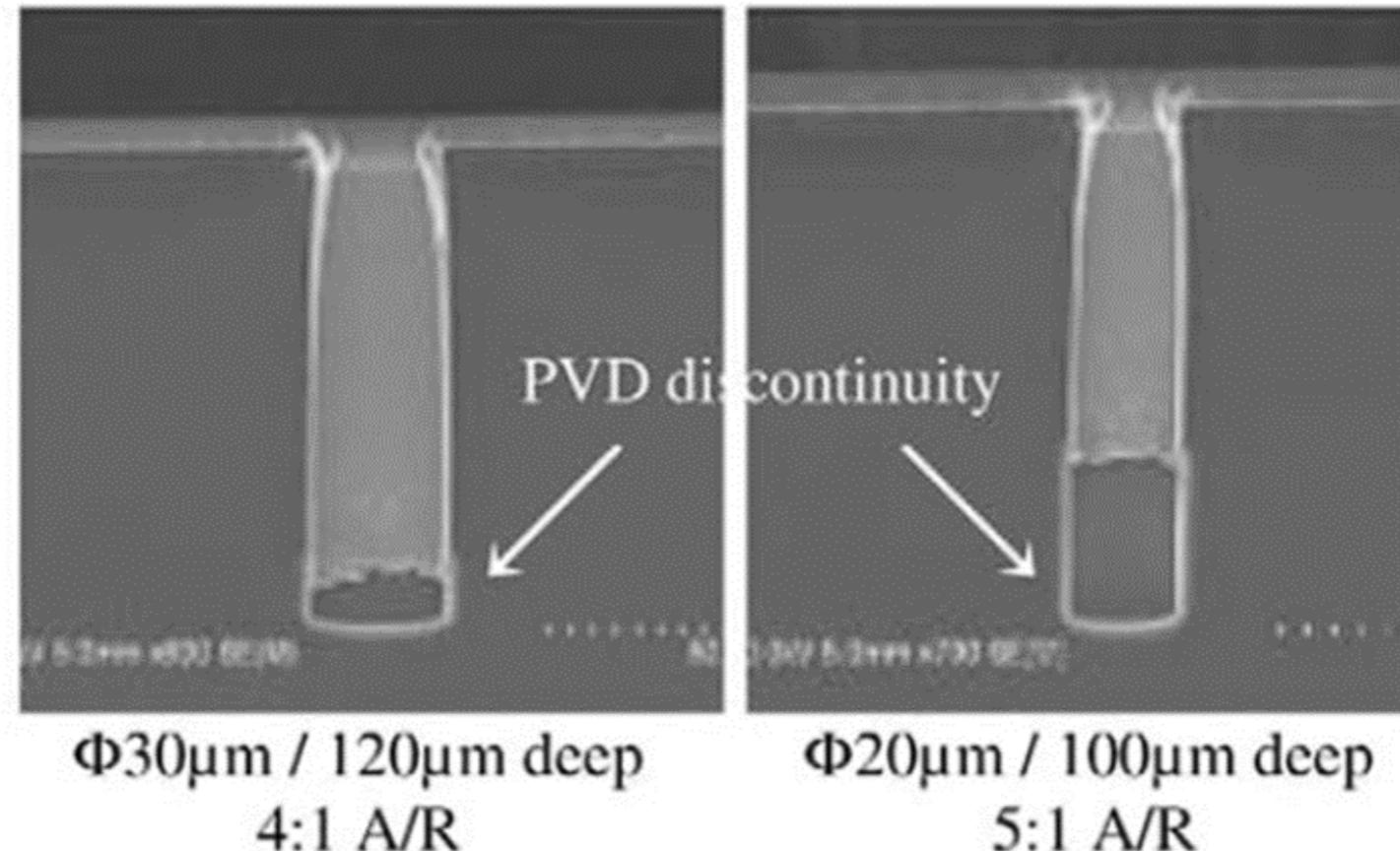


新規ビアラスト型シリコン貫通電極 (TSV) 及びその製造方法

関西大学 システム理工学部 機械工学科
特別契約教授 新宮原 正三

2025年9月18日

従来技術の問題点を示す図
TiN膜スパッタ堆積後のTSV孔の断面SEM像
Gagnard X, Mourier T, Microelectronic Engineering 87, 470 (2010).

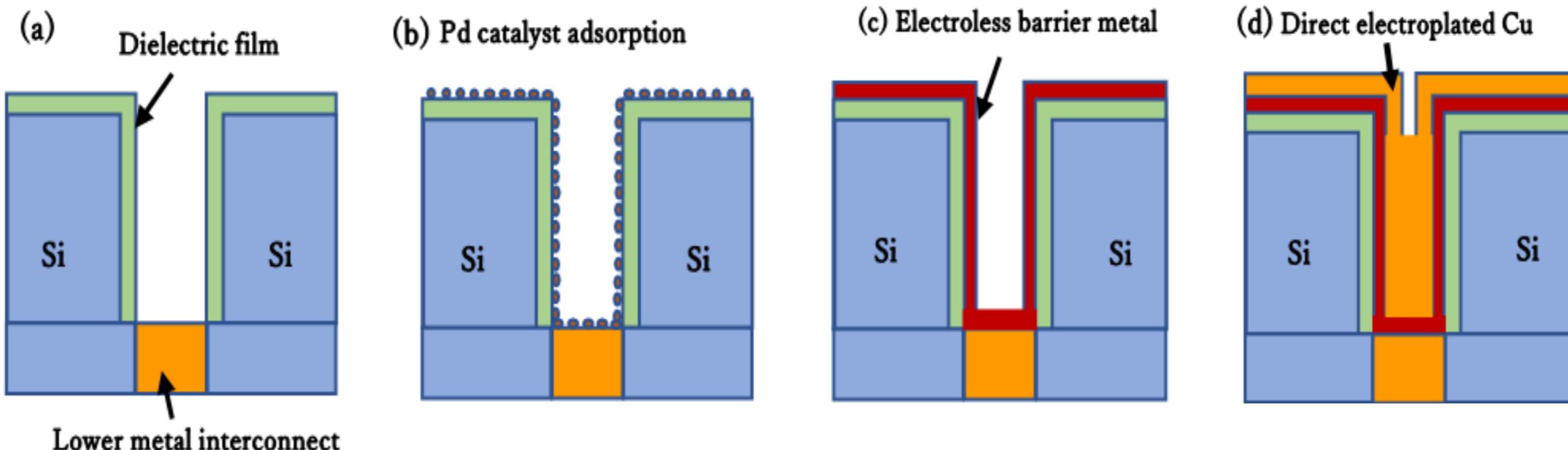


TSV底部のスパッタ膜厚が小さく、不連続となっている
一方でTSV上部の膜厚は大きく、膜厚分布が不均一

従来技術とその問題点

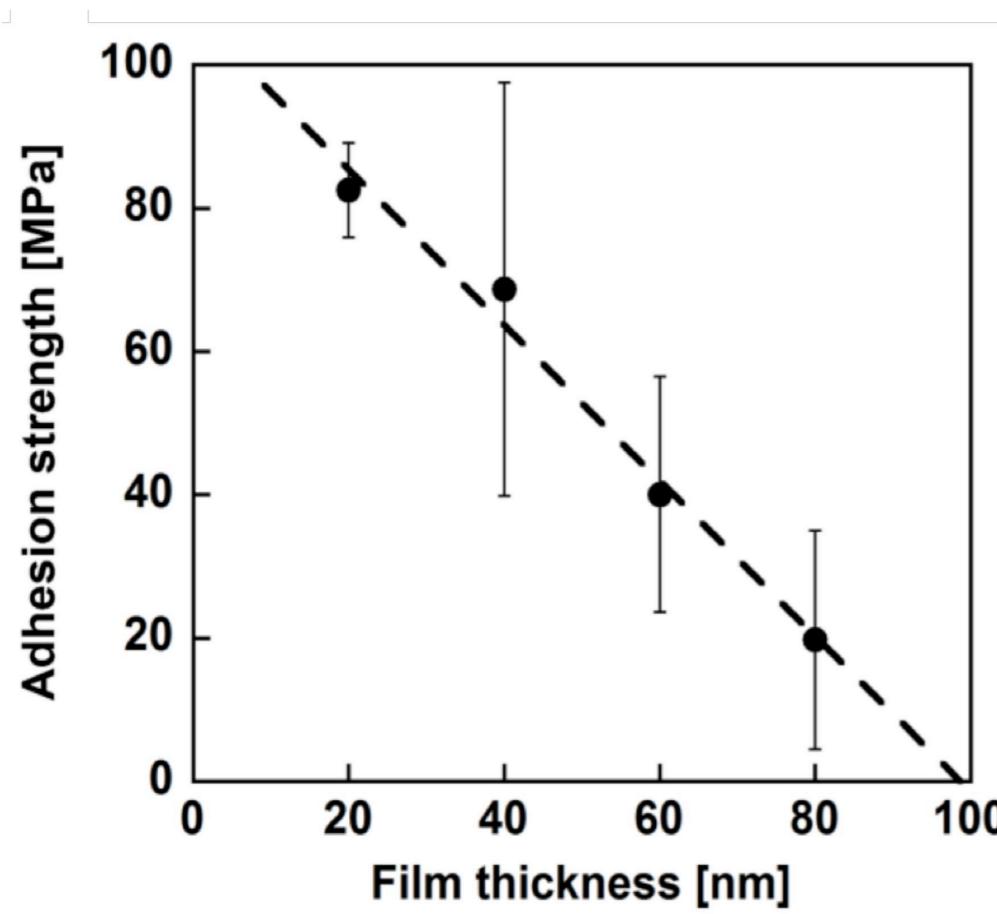
既に実用化されているTSV形成法では、スパッタ法によるTaやTaNなどのバリアメタル堆積技術が用いられている。しかし、TSV直径の微細化・高アスペクト比化において、底部や側壁の膜厚の減少が著しく、もはや連続膜の形成が限界である。また、底部へのバリア膜形成を行うと上部のバリア膜厚が著しく大きくなり、その後のCMP工程への負荷が大きくなるという問題もあった。そこで、これからはホール内部に均一膜厚でバリア膜、Cuシード膜を形成可能な技術が必要である。CVD法やALD法はその要求に対応可能だが、装置や材料コストが高価という問題がある。無電解めっき技術は均一膜厚堆積が可能であり、CoWBなどが開発されてきたが、密着性が悪く、また熱工程におけるCu拡散バリア性が不十分などの問題があった。

無電解めっきバリアメタルを用いたTSV形成法



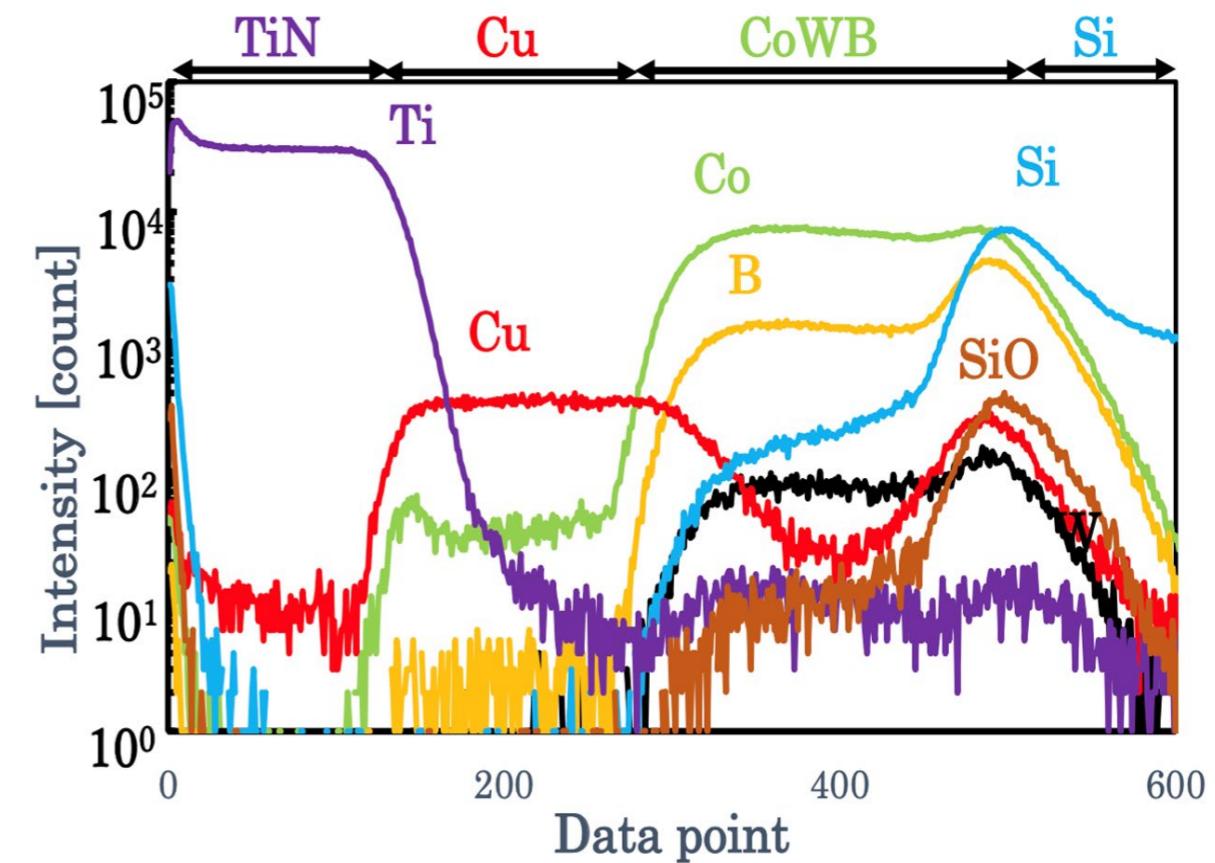
無電解めっきCoWBバリア膜技術(従来技術)の問題点

密着強度の膜厚依存性



膜厚増加と共に密着力が低下
100nm厚以上では剥離する

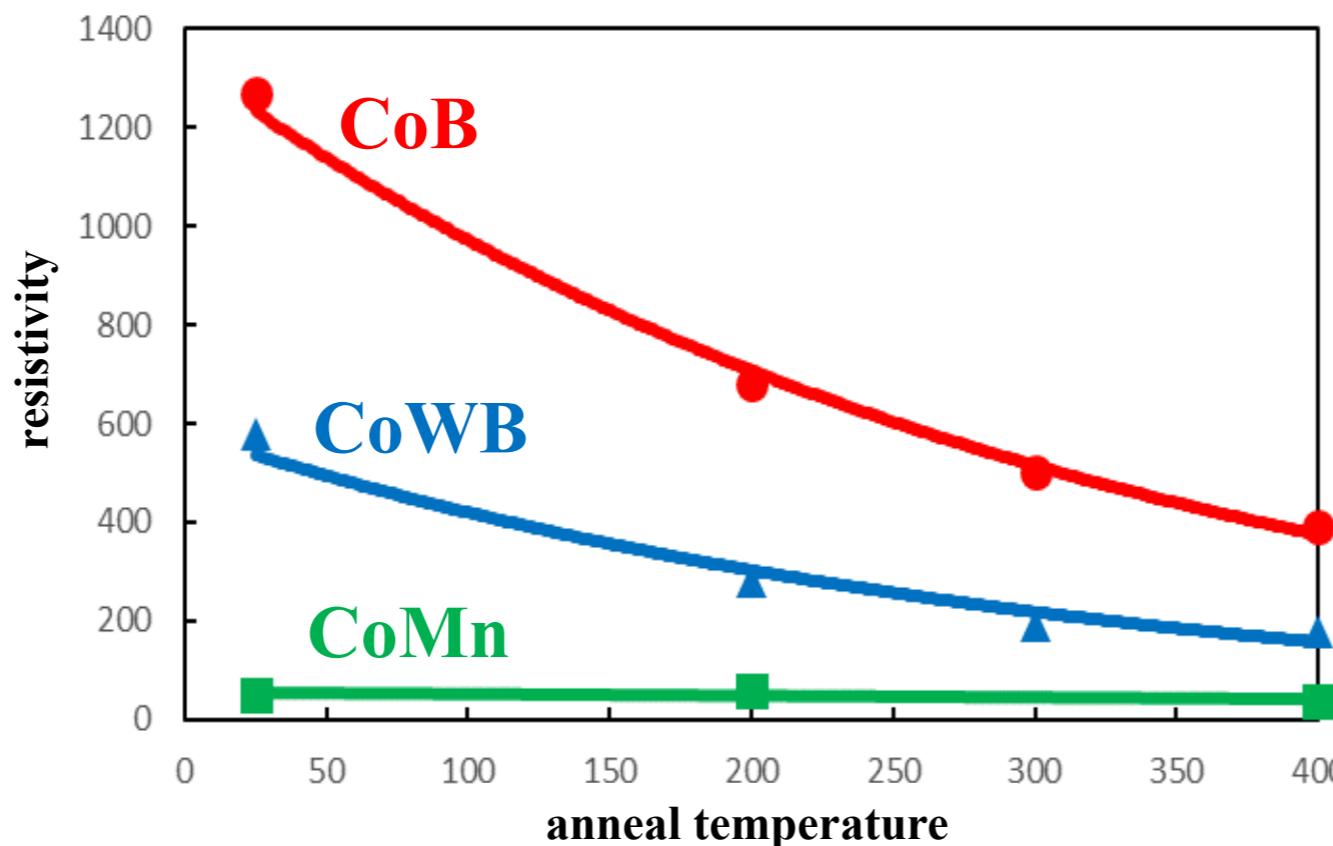
350°C熱処理後のSIMS深さ分析



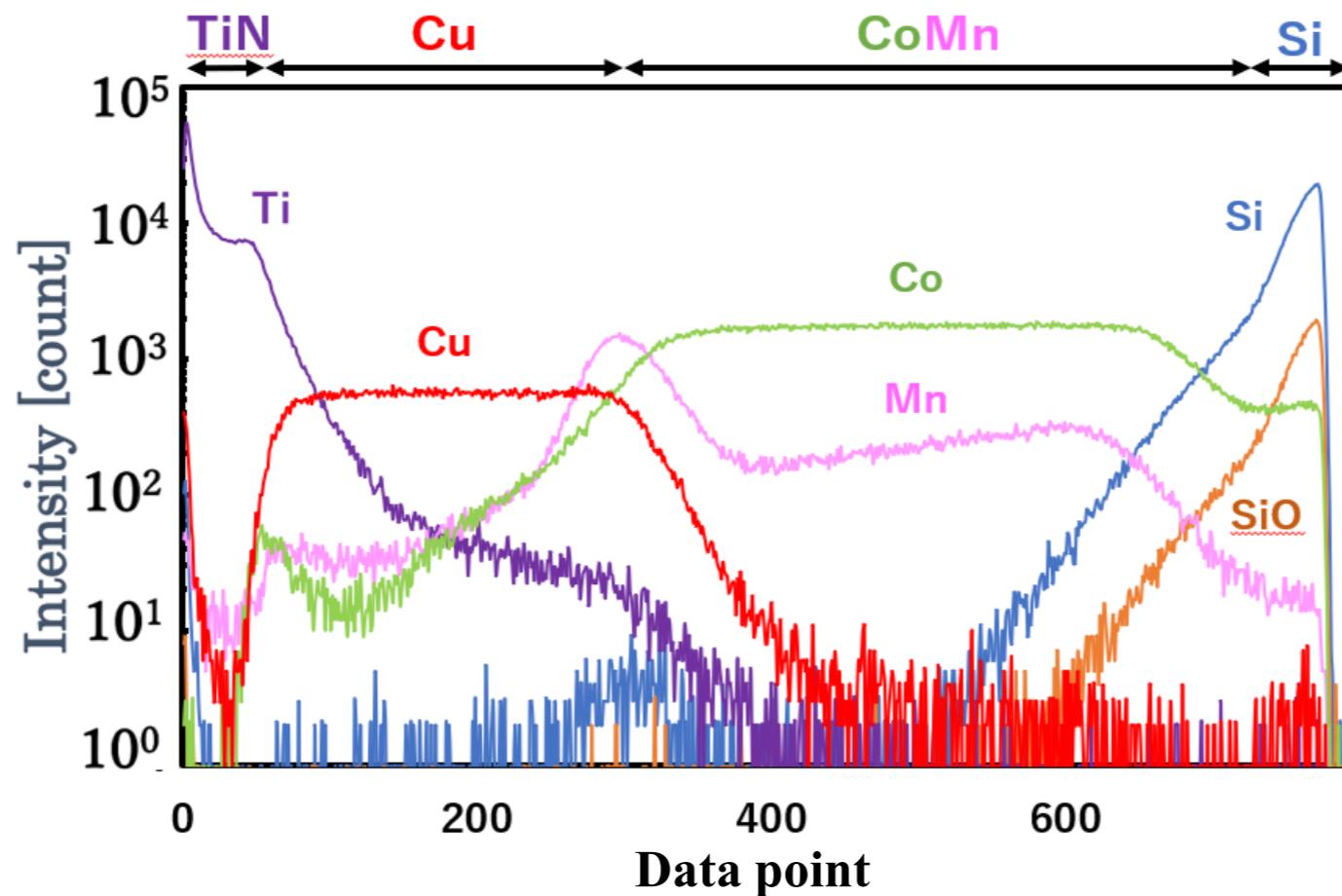
Cuの一部がCoWB膜中に拡散し、Si
基板まで到達した

新技術(無電解めっきCoMnバリア膜)の利点

- 密着力：膜厚110nmで 10.3 Mpaと強い。
- 電気抵抗の熱処理温度依存性



350°C熱処理後のSIMS分析

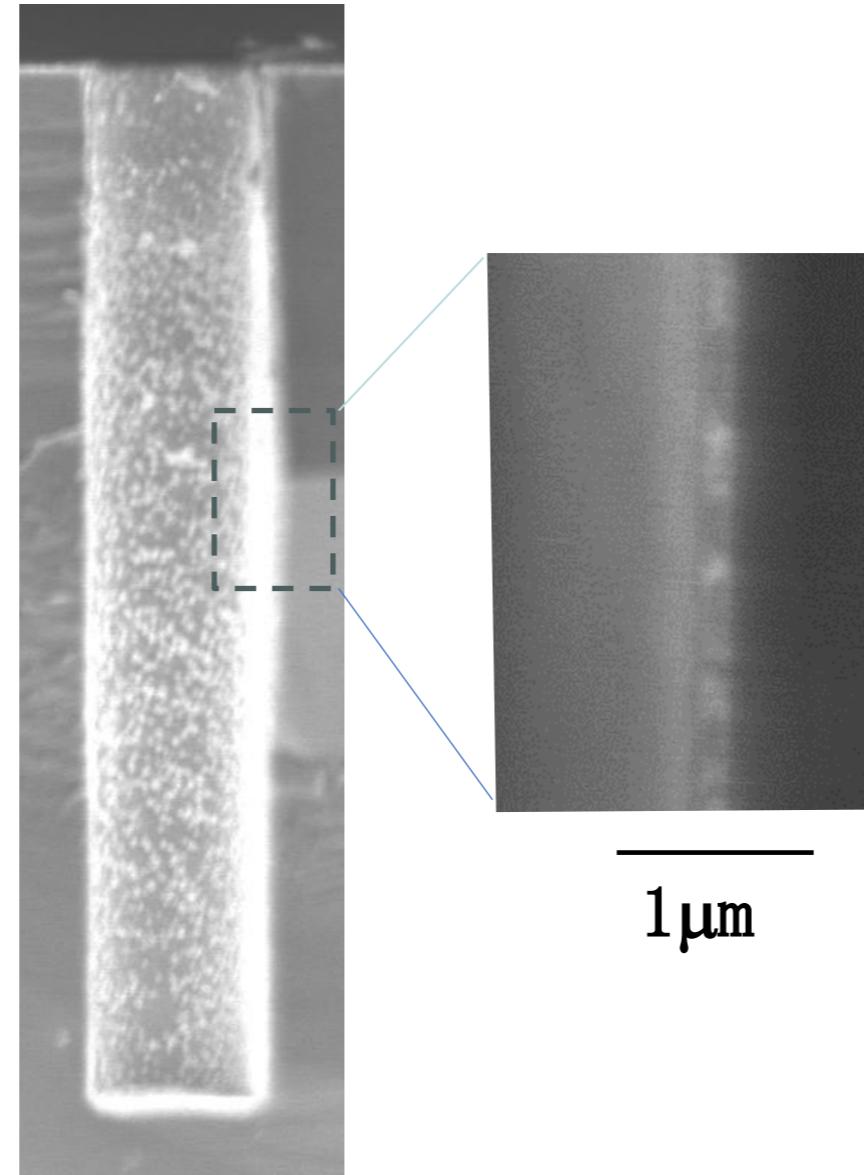


CoMn (Mn 0.025M)

CuのCoMn膜中への拡散はほぼ完全に抑制されている。

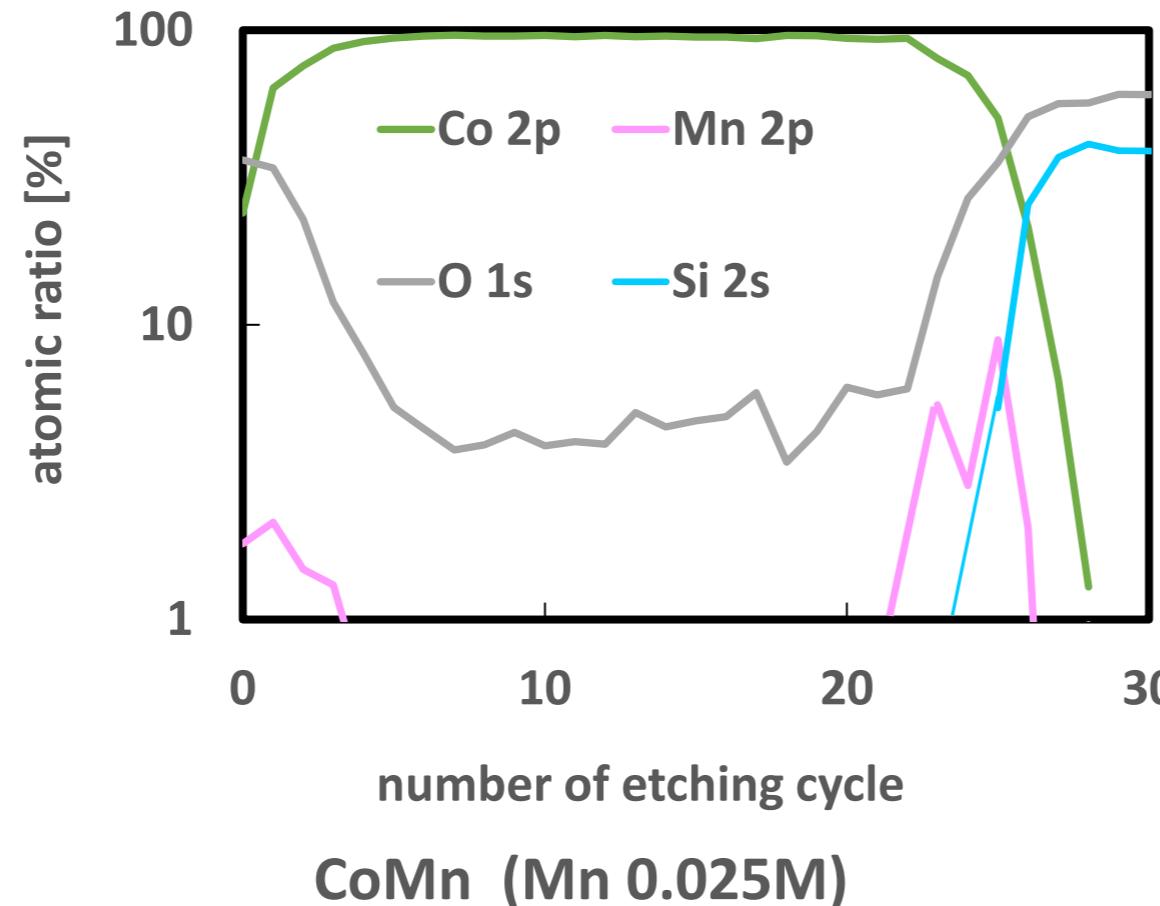
TiN 10nm
Cu 100nm
CoMn 100nm
SiO ₂ /Si

TSV内部への無電解CoMn堆積形状



CoMn 膜厚はTSV上部で
200nm, 中部で 170, 下部
で 150 nm.

CoMn/Si構造のXPS深さ分析



表面にMnCoO_x膜の形成 : Cu拡散バリア性の発現

新技術の特徴・従来技術との比較

- 新技術ではCoMn無電解めっきバリアメタル堆積により、孔内部での高均一連続膜堆積が可能であり、なおかつCu拡散バリア性及び密着性においても従来の無電解バリア膜よりも大幅に改良することに成功した。対抗する技術としてCVD・ALDなどもあるが、高真空装置であるため装置コストや材料コストが高いという問題がある。
- TSVへの金属埋め込み堆積後のCMP工程への負荷低減の効果が得られる。
- 従来は無電解CoWBバリア技術を我々は提案してきたが、この材料では固有膜応力が大きいために密着性に問題があった。今回提案するCoMnは密着性及びCu拡散バリア性の双方でCoWBよりもはるかに優れている。
- 本技術の適用により、高アスペクト比TSVへの高均一性バリアメタル堆積が高真空装置なしで可能であるため、製造・材料コストが1/2程度まで削減され、また直径 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下程度の微細なTSVへのバリアメタル堆積が可能となることが期待される。

想定される用途

- 本技術を半導体3次元実装技術のTSVにおけるバリアメタル形成に適用することで、従来のスパッタ技術の欠点を補うことができ、今後のTSVの微細化・高密度化に適応するメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、ガラス基板上TSVへのバリアメタル形成への応用や、化合物半導体基板、あるいは誘電体基板などの貫通電極への密着層及び拡散バリア層形成への応用も期待される。
- また、無電解めっきCoMn膜は耐酸化性に優れており、各種金属の表面酸化を抑止するコーティング材料としての用途に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 現在、無電解CoMnめっき浴について、基本組成は提案済みである。しかし、利用企業が求める直径、深さを有するTSVに対して、最適なめっき浴組成やめっき条件を調査し、調整することが必要となる。
- 実用化に向けて、CoMn無電解めっき液の耐久性についての評価が必要である。特に還元剤ヒドラジン及び錯化剤などの補充の頻度とその量に関して、目安となる数値目標を掲げる必要がある。

社会実装への道筋

CoMn無電解めっき技術は、めっき浴の基本組成は既に提案済みである。実用化のためには、めっき浴の安定供給が可能なめっき液メーカーの参入が必要条件となる。また、無電解めっき装置に関しては、ヒドラジン還元反応に対応した排ガス設備が必要である。

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
現在	・ビーカー実験レベルでは、TSV内部へのバリアメタル堆積に成功、	利用者がTSVサンプル提出すれば、デモ実験は可能
1年後	ウエハレベルの検証実験を行う	めっき液メーカーとの連携 ウエハ装置メーカーと連携 ：
2年後	・量産に向けたウエハレベルのめっきを行い、TSVチェーン構造での電気特性評価を行う ・面内均一性の向上	評価基礎データの提供

企業への期待

- CoMn無電解めっき技術の実用化のためには、めっき浴の安定供給が可能なめっき液メーカーの参入が必要条件となる。また、めっき装置メーカーには、ヒドラジン還元で発生するアンモニアなどの排ガス設備が必要である。よって、めっき装置メーカーやめっき液メーカーの参加を期待する。
- 3次元実装技術の実施経験がある企業との共同研究を希望。特にNANDフラッシュメモリ、DRAM、Siイメージセンサなどのメーカーの参加を期待する。
- また、3次元集積を用いた高密度メモリ、及びメモリとCPUとのハイブリッドデバイス、及びセンサー技術を開発中の企業には、本技術の導入が有効と思われる。

企業への貢献、PRポイント

- 本技術はCoMn無電解めっき膜をCu拡散バリア膜に利用することができるため、3次元実装TSVなどを用いる技術分野を利用する企業に、実用化指導で貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことでより実用化に適したプロセス条件の選択を行い、また科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導が可能。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 配線構造、基板、配線構造の形成方法、無電解めつき方法、基板の製造方法
- 出願番号 : 特願2024-129792
- 出願人 : 関西大学
- 発明者 : 新宮原正三

产学連携の経歴

- 2010年-2025年 東京エレクトロンと微細配線対応のめっき技術に関する共同研究実施
- 2014年-2015年 NEDO イノベーション実用化事業
JCU社と無電解めっき技術の共同研究実施
- 2016年 東設とのめっき技術共同研究実施
- 2018年-2021年 JST ASTEP シーズ育成事業に採択
東北マイクロテック、メルテックス、
東設と共同研究

お問い合わせ先

関西大学

社会連携部 産学官連携センター



[TEL] 06-6368-1245

[E-mail] sangakukan-mm@ml.kandai.jp