

平成 19年 2月 21日

氏名 百瀬 健



21世紀 COE プログラム

拠点：大学院工学系研究科

応用化学専攻，化学システム工学専攻，
化学生命工学専攻，マテリアル工学専攻

“化学を基盤とするヒューマンマテリアル創成”

平成18年度後期リサーチ・アシスタント報告書

ふりがな 氏 名	百瀬 健	生 年 月 日
所属機関名	東京大学大学院 工学系研究科 マテリアル工学専攻	
所在地	〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 電話 03-5841-7131 e-mail momo@dpe.mm.t.u-tokyo.ac.jp	
学年	博士課程 2年	
研究題目	ULSI 用高信頼性 Cu 配線形成を目指した量産対応 SCFD プロセスの構築	
指導教員の所属・氏名	霜垣 幸浩 助教授	

I 研究の成果 (1000字程度)

(図表も含めて分かりやすく記入のこと)

ULSI において将来必要とされるナノスケールの極微細配線形成プロセスとして、超臨界流体を反応場とした有機 Cu 錯体還元反応による薄膜形成 (Cu-SCFD) が提案されている。しかし、SCFD プロセスは未だ反応機構に不明な点が多く、量産に対応した装置設計指針は確立されていない。また、次世代デバイスでは配線幅が 50nm を下回るため、ポイドのない埋め込みを実現するため、膜厚 10nm 程度にて連続かつ平坦な膜を形成するという基礎的問題も残っている。そこで本研究では、10nm という極薄の連続膜形成に重要となる、Cu-SCFD における表面モフォロジーに与える H_2 濃度の影響を検討すると共に、50nm ピアへの埋め込み特性評価を行ったので報告する。

パッチ式製膜では、初期原料導入量により膜厚を制御することができる。図 1. は平均膜厚 10nm になるよう原料導入量を調整し、製膜状況の H_2 濃度依存性を検討した結果を示している。 H_2 濃度の増加に伴い、AFM により評価した Cu 膜表面平坦性 (RMS) が向上することが確認できる。また、XPS の光電子脱出深さは 3nm 程度であるので、平滑な 10nm の Cu 膜であれば Cu の表面被覆率は 100% となるが、凹凸がある場合や不連続膜であると、下地 Ru も検出され、被覆率が低下する。図 1. に示した Cu 被覆率は AFM の表面平坦性と相応する変化を示し、 H_2 濃度 0.39mol/L の条件では平滑かつ完全に連続な 10nm の Cu 膜が形成できていることが分かる。SCFD における薄膜成長は、初期核発生、核成長、核同士の癒着による連続膜形成と進展する。従って、初期核発生密度が低いと 10nm 程度の膜厚では連続膜とならない。図 1. の結果は、 H_2 濃度の増加に伴い核発生が促進されたため、連続かつ平滑な 10nm Cu 膜を形成したものと理解できる。我々はこれまでに、その場観察手法を導入し、 H_2 がないと製膜が起らないことや、 H_2 濃度の増大が核発生を促進させるといった H_2 が速度論に与える影響を報告してきた。今回の結果はこれらと符合するものであ

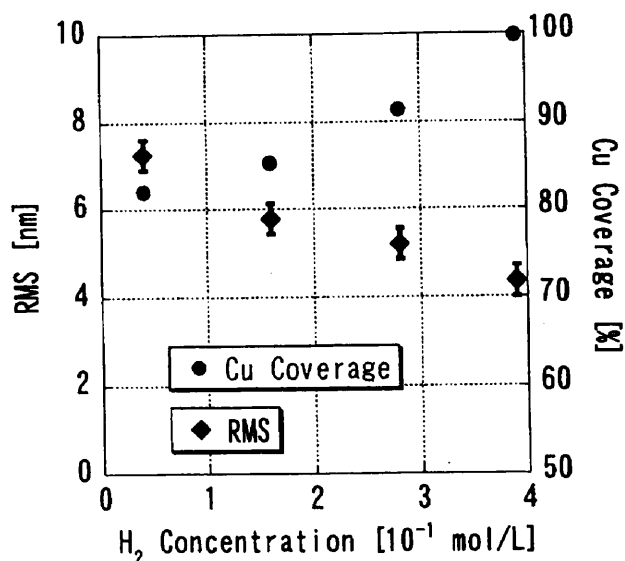


図 1. 膜厚 10nm の Cu 薄膜の平坦性 (AFM による RMS) と XPS により評価した Cu 表面被覆率の H_2 濃度依存性

る。また、原料濃度の影響も検討したところ、初期核発生に影響を与えないことを確認した。これら結果を踏まえ、高 H_2 濃度条件下にて直径 50nm 深さ $1\mu m$ の微細ピアホールに埋め込みを行ったところ、図 2. に示すようにホール底部から中部、上部にかけて一切ポイドの残らない埋め込みに成功した。

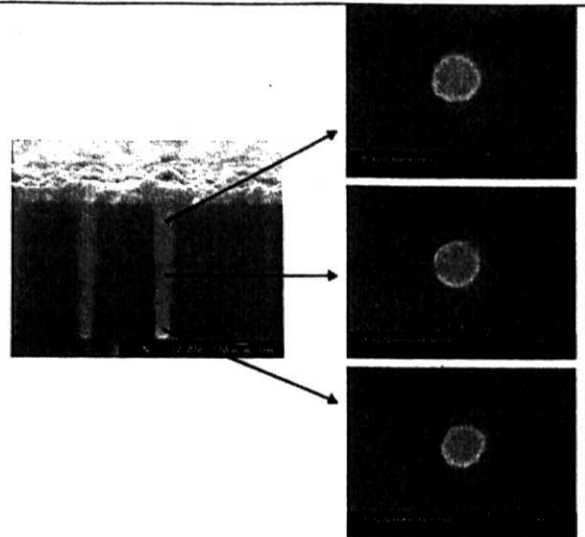


図 2. 斜め研磨を用いて評価した微細孔(直径 50nm 深さ $1\mu m$)への埋め込み状況

今後はこれらの知見に加え、量産に対応した装置設計指針を確立する必要がある。SCFD 用反応器設計は、その反応速度論

に基づき論じるべきであり、量産に適した $1\mu m/min$ の成長速度が得られれば、一度にウェハに 1 枚ずつ製膜を行う枚

葉式プロセスの導入が可能である。 $1\mu m/min$ を下回る場合には、数~数十枚のウェハへ一度に製膜を行うことにより、時間当たりの処理ウェハ枚数を稼ぐ必要がある。その際には反応器内において、ウェハ間を原料が輸送される拡散現象とウェハ表面において原料が消費される製膜(反応)現象が同時に進行しており、これらのバランスに支配される膜厚均一性を尺度にウェハ間隔や装填可能ウェハ枚数などを決定することになる。このように量産対応 SCFD 製膜装置の設計に向け、超臨界流体中での反応速度論と輸送現象論の解析を行っていくことで量産装置設計を行っていく予定である。

II 学術雑誌等に発表した論文（掲載を決定されたものを含む。）

共著の場合、申請者の役割を記載すること。

（著者、題名、掲載誌名、年月、巻号、頁を記入）

学術雑誌と学会等のプロシーディングなどを以下のように区別して記入すること。

(1) 学術論文（査読あり）

1. Takeshi Momose, Tomohiro Ohkubo, Masakazu Sugiyama, and Yukihiro Shimogaki
"Effect of liquid additives in supercritical fluid deposition of copper for enhancing deposition chemistry", submitted to *Thin Solid Films*.

(2) 学会等のプロシーディング

(3) その他（総説・本）

氏名 百瀬 健

III 学会において申請者が口頭発表もしくはポスター発表した論文
(共同研究者(全員の氏名), 題名, 発表した学会名, 場所, 年月を記載)
国内学会および国際学会を区別して記入のこと

国内学会

1. 百瀬健, 杉山正和, 霜垣幸浩

「Cu-SCFD (Supercritical Fluid Deposition) における ULSI 用微細形状への製膜特性」

化学工学会第 72 年回研究発表講演 2007 年 3 月 19 日～21 日 京都大学

2. 百瀬 健, 杉山 正和, 霜垣 幸浩

“SCFD (Supercritical Fluid Deposition) による Cu 膜成長に与える水素の影響”
第 54 回応用物理学関係連合講演会 2007 年 3 月 27 日～30 日 青山学院大学