

ADMETA2005 報告

— LSI 配線技術の国際会議 —

辻村 学*

第15回 ADMETA 2005 国際会議が、2005年10月12～14日に東京大学山上会館で開催された。本会議は集積回路の最先端配線技術会議として20年以上の実績を有しており、米国 (AMC) と日本で毎年開催されている。今年は国内外より Tutorial 102名, Conference 225名の参加者を得て例年以上に盛況を呈した。参加人数も姉妹学会である AMC を越え、多層問題に関する日本国内の関心の高さと市場の高揚感を実感した。

会に先立ち小宮山東京大学総長にご挨拶戴き、引き続き昨年度の Award 表彰が行われた。基調講演はまず東北大学の小柳教授により「A New Smart-Stack Technology for Three-Dimensional LSI」と題し、将来の3D実装を語って戴いた。各層の厚みがすでに30 μ mまで完成しており、さらに薄膜化されるとの報告があった。続いて ST Microelectronics 社の Dr. J. Torres には「Advanced BEOL R&D activity at Croles Alliance」と題して Integration の将来を語って戴いた。バリアでは Cu-Si-N や Cu 合金そして将来の ELK としてのエアギャップ技術などが紹介された。

論文数・論文テーマの傾向は図1に示すとおりである。以下プログラムに沿って報告する。

Session 2 Low-k (1)

SONY の招待講演は $k < 2.5$ の ULK 膜を用いた積層 Hybrid structure を採用し、65nm および 45nm 世代に向けての高信頼性 BEOL module 構築の技術紹介である。最適な Dummy pattern 配置により膜中水分の影響

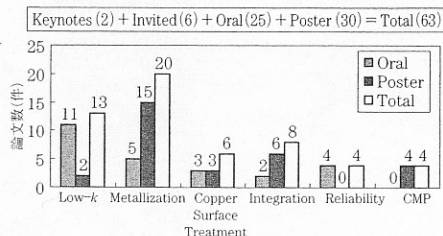


図1 論文の傾向

を極力排除し、高信頼性を達成した。NEC から、Porous SiOCH 膜に対して UV (EB)-curing 処理し、機械的強度を向上、Curing 前後の膜強化モデルの提唱まで踏み込んだ報告がされた。ルネサスからは、 $k = 2.65$ の Porous SiOC 膜に対し、2 種類の UV ランプで照射した際の基礎膜物性比較、2 層モジュール検証結果比較が示された。今回、UV (EB)-curing に関する報告が特徴的であり、今後 45nm 世代以降にますます活発になるとと思われる。

Session 3 Low-k (2) / NiSi

Dow の招待講演は SILK Porous Film への EB および UV 照射による膜質改善に関するものであった。Selete から PE-CVD SiOC 膜の UV 改質の報告があり、機械強度向上と k 値の初期低下が示された。東芝-SONY からは PE-CVD SiOC 膜の UV による機械強度とプラズマ耐性向上が報告された。前半の Low- k はいずれも、膜中の有機基を原料の選択と UV 照射で制御することにより機械強度を改善する報告であり反応機構の解明に期待が持たれるが、UV の波長、強度、時間などが開示されていない点が残念であった。

後半 NiSi について、UMC より Pt 添加による NiSi の disilicidation の抑制が報告された。Pt 以外にも添加効果が期待できるかとの質問には、Ta, Pd など数種の金属につき実験したが Pt がベストとのことであった。Renesas は NiSi の Narrow Line Effect が弗素によって抑えられるといった内容であったが、弗素の役割については今後の研究を待ちたい。最後は NiSi の CVD 成膜がトリケミカルから報告された。原料は $Ni(PF_3)_4$ と Si_3H_8 であり、すべて無機系である点が興味深い。Si の組成を変えることによって V_0 をシフトさせていた。

Session 4 Metallization

Cu 配線へのバリアメタルキャップ形成技術として、無電解めっきによる CoWP, CoWB キャップ技術 (Freescale 社) と、CVD-W によるキャップ技術 (日立製作所) の発表があった。いずれも信頼性向上には有力な方策であるが、選択成長を用いているため、選択性の破れからくる配線間リークなどが実際上の問題と推測され、関連する質問などがなされた。また Cu 電解めっき関連では、ポーラス低誘電率絶縁膜のリーク電流とめっき液組成 (PEG 分子量の影響) に関する発表 (MIRAI-ASET)、めっき液のインピーダンスを制御して均一性を向上させた含浸めっきに関するもの (荏原製作所)、などが発表された。最後に Al ダマシン配線に関する発表が三星電子より予定されていた

がキャンセル。世界の配線技術の趨勢が Cu となった現在でも、メモリでトップを走る三星が Al 配線を追及している点は、非常に興味深いことである。

Session 5 Copper Surface Treatment

三星から枚葉式洗浄技術について招待講演があった。主題の Cu 表面処理については、純 Cu 面出しについて 3 つの異なる技術が提案され、盛り上がりを見せた。Low- k /Cu デュアルダマシン構造形成時、via 底下層 Cu 配線表面の酸化に対し、従来、Ar スパッタで純 Cu 面を出していたが、Low- k 材料へのダメージと viatrench 結合部などの肩落ちという問題がある。3 つの発表はおのおの、超低酸素分圧ガス中アニールによる還元 (産総研)、蟻酸を用いたドライクリーニング (富士通)、熱フィラメント生成水素ラジカルによる還元 (山梨大) である。今後、Low- k /Cu プロセスとの整合性の観点から実用的な技術開発が期待される。

Session 6 Integration

IBM, 東芝, SONY の招待講演では $k = 2.8$ の SiCOH を Low- k 材料とした 65nm の integration の紹介があった。ITRS の k_{eff} の目標 (< 3.0) をクリアするため、 k 値の高いハードマスクをなくす方法を取った。この方式は初日の SONY, 東芝の Hybrid 方式と比較して Low- k 材料の強度を確保できる利点があるものの、脆弱な Low- k 材料表面を直接 CMP しなければならないという課題がある。それに関しては電解研磨を適用してダメージを低減した。また、東芝、堀場、荏原、京工大からはカソードルミネッセンス (CL) を使った絶縁膜のストレス測定の結果が紹介された。絶縁膜のストレスによる CL のエネルギー変化を利用して CMP 後の Cu 配線近傍の局所的なストレスを絶対値で計測しており、密集配線と大面積パッドの違いを 2 次元にマッピングして示した。東工大からは、オンチップ伝送線路配線の高密度化構造の提案があった。

Session 8 Reliability

東北大から CuMn による自己整合バリア層の形成技術についての招待講演があった。シード層に CuMn 合金を用い、めっき埋め込み後のアニールにより層間膜との界面に自己整合的に薄く均一な $MnSi_3O_5$ 反応層を形成するという斬新な手法で、良好な多層信頼性のデータと共に、会場から多くの注目を集めた。次いで、東芝がポーラス Low- k 膜をインテグレーションする時の課題として、層間膜からの水分脱離により Ta バリア層が酸化し、配線の歩留り・信頼性に深刻な影響

を与えることを示した。LETI は、Cu/ULK 配線のリーク特性について、150 $^{\circ}$ C 以上では界面の歪みが強い 2 次元伝導を引き起こしリークパスの主経路になるというモデリングおよび実験結果を発表した。SONY からは、合金シードを含めた Cuめっき膜の機械的性質について詳細な報告があった。いずれも、45nm 以降にますます深刻になるとと思われる Cu 配線の信頼性に関する課題やプロセスが提案された。

Session 9 Low-k (3)

IMEC は、 $k = 2.7$ のダマシン構造における電気特性向上の検討結果を報告した。Low- k 膜ダメージ低減方法として、MHM を用いた O_2 レスエッチング方法により加工後の絶縁膜の実効誘電率上昇を抑制し、TD-DB 特性を向上できた。さらにバリアメタルの成膜において Ta re-sputter を採用することで成膜ステップカバレッジが向上し、リーク特性が改善できた。大陽日酸は、分子モデルシミュレーションで SiCOH 膜の CH_3 基を C_2H_5 基に置換したことで k 値・密度は変化なくヤング率が向上することを示した。結果の考察は乏しかったが、アプローチとしては興味深く、次世代ポーラス Low- k 材料への検証を期待したい。CEA-LETI は、ポーラス Low- k のボロジゲン除去を、Cu-CMP 後に実施することでバリアメタルの拡散を抑制することができ、Low- k 膜の容量を 30% 低減できると報告した。基礎評価段階の報告であり今後の実用化に向けた開発を期待する。CASMAT は Cu 拡散防止絶縁膜として $k = 2.9$ の PBO の Spin-on 膜を開発し、130nm ノードで用いられている $k = 4.9$ の P-SiCN 膜の TDDB 特性と同等の結果を得たことを報告した。今後、実用化に向けたドライエッチング特性、さらにはダマシン構造での信頼性評価を進められることを期待する。

** Back to the Teacher for the Future **

90年代後半、多層配線技術に革命が起こった。ダマシンプロセスである。続いて低誘電率化が新たな革命を呼び、2000年代の配線技術はデバイスのみならず装置・材料を巻き込み、デバイス製造技術革命の嵐が吹き荒れた。微細化の終焉が叫ばれる中、半導体研究・開発者の中では再度 50年代に戻って、基礎からの研究・開発の見直しが必要視され始めた。それゆえ今年の ADMETA は従来にも増して基礎研究・開発に重きをおいた論文が多く投稿されたのだと思う。

正に、「Back to the Teacher for the Future!

ADMETA が未来の多層技術の一端を担っている。

*Tsujiura Manabu
(株)荏原製作所 精密・電子事業カンパニー
上席執行役員 工博 (ADMETA2005 委員長)