

平成17年 6月 8日  
(株) 半導体理工学研究センター(STARC)

## 45nm 世代以降を目指した高性能・高信頼性 Cu 配線プロセスを開発 - CuMn 合金による MnSixOy バリア層の自己形成 -

(株) 半導体理工学研究センター (代表取締役社長兼 CEO: 下東 勝博、以下「STARC」) と東北大学大学院工学研究科マテリアル開発系小池淳一教授は、45nm 世代以降の次世代 ULSI を目指した高信頼性銅 (Cu) 配線プロセスを新規に開発しました。Cu とマンガン (Mn) の合金 (CuMn 合金) を配線の一部に用いることで、Cu 配線とシリコン酸化膜である層間絶縁膜との界面に、2nm と極めて薄い MnSixOy バリア層を自己形成させます。これにより、45nm 世代以降の LSI における Cu 配線の性能と信頼性を大幅に改善することが可能となります。

現状 90nm 世代の Cu 配線プロセスでは、層間絶縁膜への Cu 拡散を防ぐため、タンタル (Ta) などの抵抗値が Cu より二桁も高いバリア層を配線下に薄くかつ均一に形成する必要があります。しかし、配線やビアホール内の微細化に伴い、このようなバリア層を、狭い配線溝や細いビアホール内により薄い膜厚で均一に形成することが困難となりつつあります。このため、微細化に伴う配線抵抗値の上昇や信頼性の低下が、今後、深刻な問題となることが予想されております。バリア層を薄く均一に形成することが、45nm 世代以降の ULSI 用 Cu 配線を実現するための重要な課題となります。

この課題を解決するため、バリア層を意図的に形成せず、Cu 中での拡散速度の速い異種金属を含む Cu 合金を Cu 配線の一部に用いることで、Cu と層間絶縁膜との界面にバリア層を自己形成させるプロセスが検討されています。しかし、これまでの技術では、組成が合金となるため配線自体の抵抗値が上昇してしまうという問題がありました。

今回、東北大学と STARC からなる研究グループは、CuMn 合金を採用し、配線の抵抗値を上昇させることなく極薄のバリア膜を自己形成する配線技術を開発し、更に、実際の ULSI へ適用するため、CuMn 合金を用いたデュアルダマシン配線プロセスを開発しました。層間絶縁膜であるシリコン酸化膜上に、特定 Mn 濃度の CuMn 合金を形成します。その後の熱処理で Cu と層間絶縁膜との界面に MnSixOy を自己形成させます。MnSixOy バリア層の厚さは 2nm で、微細なビアホール内でも均一に形成されます。配線抵抗は、純 Cu を用いた場合と同等です。

本プロセスは、ビアホールの特性も向上させます。これまで用いられてきた前もってバリア層を形成する Cu 配線プロセスでは、上下の Cu 配線を接続するビアホールの底にバリア層が残ってしまいビア抵抗の上昇とビアホール信頼性劣化 (ストレスマイグレーションやエレクトロマイグレーション) の要因となっていました。しかし、本プロセスでは、MnSixOy バリア層はビアホール底部には形成されず、上下の配線は連続した Cu として形成されます。MnSixOy バリア層を用いることで、従来プロセスに比較し、ビア抵抗値が 50% 低減し、更に信頼性が一桁近く向上することを確認しました。

なお、今回の CuMn 合金による MnSixOy バリア層の自己形成技術は、米国サンフランシスコで開催される多層配線関連の最大の国際会議である、International Interconnect Technology Conference 2005 (IITC2005、6月8日) に於いて発表されました。

(単語の説明)

**Cu** : 原子番号 29。先端 LSI の配線材料として用いられている。古くから用いられてきた Al に比べ、抵抗値が低いという利点を持つ。ただ Si 酸化膜中や Si 中の拡散が速く、Cu の Si 中への拡散を防ぐバリア層を必要とする。

**Ta** : 原子番号 73。Cu のバリア層として広く用いられる。窒化物である TaN も同様。

**Mn** : 原子番号 25。Cu 中の拡散速度が早く、酸化しやすい物質である。

**MnSixOy** : Cu 中の Mn は、Cu とシリコン酸化膜 (SiO<sub>2</sub>) との界面で、SiO<sub>2</sub> の酸素を奪うことで Mn 酸化物となる。このとき、微量の Si も取り組むため、MnSixOy となる。

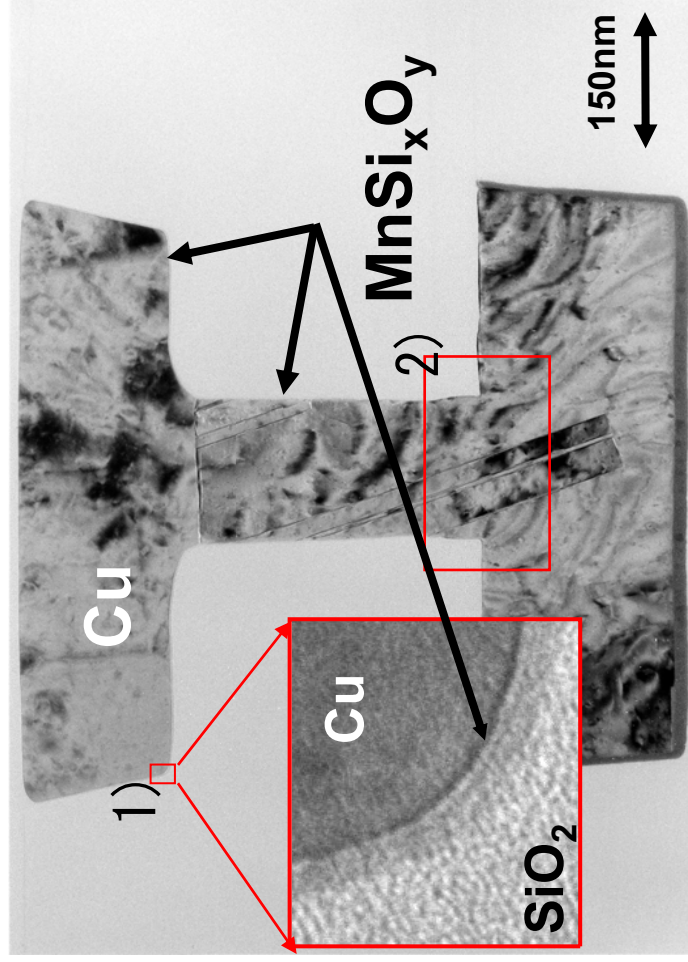
デュアルダマシン配線プロセス : 層間絶縁膜にあらかじめ配線パターン溝とビアホールを形成。その後、バリアメタル膜、Cu 膜の順に堆積。更に化学機械研磨法 (CMP) により、配線パターン溝とビアホールのみ Cu を残すことで、Cu 配線を形成するプロセス。

(添付資料)

電子顕微鏡による、Cu 配線の断面写真。

# 自己形成バリア層を持つ2層Cu配線の断面TEM観察結果

自己形成 $MnSi_xO_y$ バリア層(2nm) 従来技術で形成されたTaバリア層(15nm)



## 本プロセスの特徴

- 1) 約2nmの $MnSi_xO_y$ 層が、シリコン酸化膜とCuとの界面に自己形成される。
- 2) 上下のCu配線間にバリア層が存在しない。