

### 3次元アトムプローブを用いた新規 Cu(Mn)/Co(W) 配線システムのサブナノ構造の解明とバリエーション評価

#### Sub-nanoscale Structure and the Barrier Performance of Cu(Mn)/Co(W) System for ULSI Cu Interconnect Probed Using 3D Atom Probe

東大院工<sup>1</sup>, 東北大金研<sup>2</sup> ○嶋 紘平<sup>1</sup>, 涂 远<sup>2</sup>, 韓 斌<sup>2</sup>, 高見澤 悠<sup>2</sup>,  
清水 秀治<sup>1</sup>, 清水 康雄<sup>2</sup>, 百瀬 健<sup>1</sup>, 井上 耕治<sup>2</sup>, 永井 康介<sup>2</sup>, 霜垣 幸浩<sup>1</sup>  
The Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, IMR Tohoku Univ.<sup>2</sup> ○K. Shima<sup>1</sup>, Y. Tu<sup>2</sup>, H. Bin<sup>2</sup>, H. Takamizawa<sup>2</sup>,  
H. Shimizu<sup>1</sup>, Y. Shimizu<sup>2</sup>, T. Momose<sup>1</sup>, K. Inoue<sup>2</sup>, Y. Nagai<sup>2</sup>, and Y. Shimogaki<sup>1</sup>

E-mail: shima@dpe.mm.t.u-tokyo.ac.jp

#### 緒言

ULSI 用 Cu 配線では、性能向上に向けた配線寸法の継続的縮小に伴い電流密度が増大し、Electromigration や配線抵抗の増大などの問題に直面している。これらの原因は Cu 周囲に位置する Ta/TaN 層にある。具体的には、Cu との密着性不良、高抵抗、二層構造に伴う Cu の占有体積の低下である。我々はこれらの問題を解決し高信頼性配線を形成するため、Cu 拡散バリエーションに優れ低抵抗かつ Cu と密着性の高い Co(W) 単層バリエーション層を開発した[1]。しかし、更なる配線幅の縮小によりバリエーション層の膜厚が極薄化するため (2017 年には 1.5 nm)、バリエーション層形成時のピンホール生成や W 濃度不足箇所の生成を避けられない。本研究では、Cu シード層中に Mn を微量添加することで超極薄 Co(W)バリエーション層中に内在する欠陥を修復し[2]、バリエーション層を高める Cu(Mn)/Co(W)配線システムを提案する。バリエーション層を高める W や Mn といった添加元素の偏析状態や Cu の拡散状況を 3次元で観察するために、sub-nm スケールの位置分解能を持つ 3次元アトムプローブを導入した[3]。

#### 実験手法

Cu(Mn)/Co(W)に加え、対照試料として Cu/Co(W), Cu(Mn)/Co, Cu/Co を作製した。Cu(Mn)シード層, Co(W)バリエーション層は、アミディネート錯体原料[4]を用いて化学気相成長法 (CVD) と原子層堆積法 (ALD) により成長した。W 濃度は現在使用されている TaN バリエーション層と同等のバリエーションを示す 16 at.%に設定し[1]、膜厚は 7.9 nm とした。試料作製後は Cu の下地への拡散を促進するために H<sub>2</sub> 雰囲気下で 400°C, 1h アニールした。

#### 結果および考察

アニールを施す前の Cu(Mn)/Co(W)試料における界面近傍の Cu, Mn, Co, W の 2次元平面マッピングを Fig. 1 に示す。W が Co(W)膜の粒界に偏析し、かつ Cu(Mn)中から抜け出した Mn が W と同様の場所に偏析している事がわかる。このような W の偏析が Co(W)膜中の Cu の粒界拡散を防止するとともに、Mn の偏析が Co(W)のバリエーションを効

果的に向上させている。

Fig. 2 に 400°C, 1h アニールした後の Cu(Mn)/Co(W), Cu/Co(W), Cu(Mn)/Co, Cu/Co 試料における、Cu 原子の 2次元断面マッピングを示す。Co 層自体にはバリエーションは乏しいが、W を添加する事により Cu の拡散が劇的に向上していることが分かる。更に、Cu/Co(W)試料においては Co(W)の粒界を通じて Cu が 3.0~4.0 nm 拡散しているものの、Cu(Mn)/Co(W)試料では Cu の拡散が 2.0 nm 以下に抑えられている。よって Cu(Mn)/Co(W)配線システムは極薄化するバリエーション層のバリエーションを効果的に向上させる事を 3次元アトムプローブ法を用いる事で明らかにした。

今後は、Co(W)の膜厚を 2.0 nm 以下に低減し Co(W)の Cu 拡散バリエーションを検証する予定である。

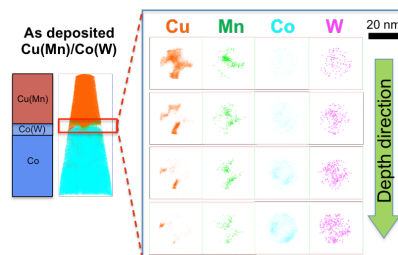


Fig. 1 Planar elemental maps of Cu, Mn, Co, and W with 1.0-nm-thick horizontal slices and 1.0-nm steps for as deposited Cu(Mn)/Co(W).

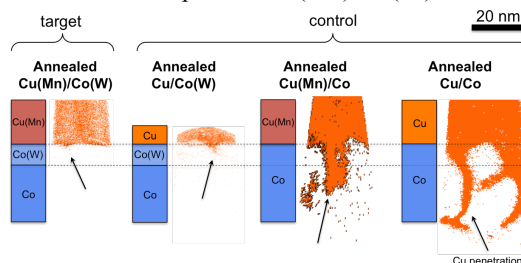


Fig. 2 Cross-sectional elemental maps of Cu with 2-nm-thick vertical slices near the center of the samples after annealing at 400°C for 1h.

#### 引用文献

- [1] H. Shimizu, *et al.*, *ECSS J. Solid State Sci. Technol.*, **2**, P471 (2013).
- [2] T. Nogami, *et al.*, *IEEE Proc. IEDM*, San Francisco, 2010.
- [3] T. F. Kelly, *et al.*, *Microsc. Microanal.*, **10**, 373 (2004).
- [4] B. S. Lim, *et al.*, *Nature Mater.*, **2**, 749 (2003).