次世代 ULSI 配線材料 $CuAl_2$ の TDDB 信頼性に及ぼす組成の影響

Composition Effects on TDDB of Next Generation Interconnect Material $CuAl_2$

東北大 [1]，JX 金属 [2]　°(D2)久家　俊洋 [1,2]，小池　淳一 [1]

Tohoku Univ. [1], JX Nippon Mining & Metals Corporation. [2], °Toshihiro Kuge[1,2], Junichi Koike[1]

E-mail: kuge.toshihiro.r5@dc.tohoku.ac.jp

背景　ULSI の微細化に伴い、現行の Cu 配線では抵抗増加が深刻な問題となってきており、Cu に替わる材料として金属間化合物が注目されている。NiAl、Cu_2Mg、$CuAl_2$、Al_3Sc などがライナー・バリアフリーの次世代配線材料の候補として報告されているが、抵抗率や微細配線への埋め込み特性という観点から $CuAl_2$ が最も有望であると考えられる[1,2]。本発表では、$CuAl_2$ の熱酸化 SiO_2 に対する TDDB(Time–dependent–dielectric–breakdown)信頼性に及ぼす組成の影響を調査した結果を報告する。

実験　TDDB 特性の測定のため、MOS 構造(Cu–Al/*th*–SiO_2(20 nm)/*p*–Si/Al)をフォトリソグラフィーにより作製した。Cu–Al 薄膜は同時スパッタにより成膜し、Cu と Al それぞれの出力を調整することにより Cu の組成を 29.2 ~ 35.0 at.%の範囲で変化した。作製したサンプルは、高真空下でアニール(400 ºC)した後に、所定の温度・電界強度下で TDDB 特性を評価した。

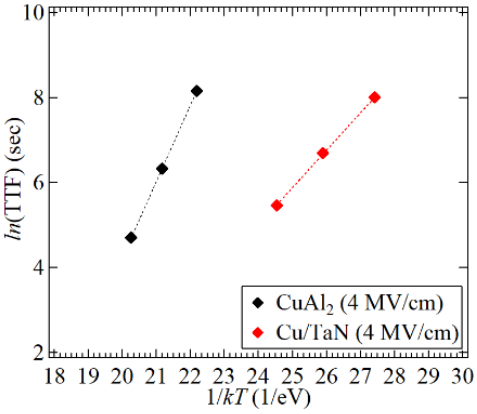

Fig. 1. Comparison of breakdown time between $CuAl_2$ and Cu/TaN

結果　図 1 に $CuAl_2$ 及び Cu/TaN の破壊時間の温度依存性を示した。活性化エネルギーは $CuAl_2$ では 1.79 eV、Cu/TaN では 0.88 eV であり、$CuAl_2$ の方が長寿命であるということがわかった。$CuAl_2$ の凝集エネルギーは Cu よりも高いことから、$CuAl_2$ の結合の方が強いと考えられ、更に $CuAl_2$ は SiO_2 との間に AlO_x の層を形成し、それが拡散防止層として作用するため、Cu よりも TDDB 信頼性が優れていると考えられる。

図 2 には、$CuAl_2$ 及び、組成が Al–rich なサンプルと Cu–rich なサンプルの破壊時間を比較して示した。この結果から、Al–rich のサンプルよりも、他の 2 サンプルの方が TDDB 特性において優れていると分かった。Cu–Al 状態図から Al–rich のサンプルは Al が析出していることが知られており、Al は $CuAl_2$ と比較して低い凝集エネルギーを有しているためであると考えられる。しかし、最も信頼性が低い Al–rich な組成でも Cu/TaN よりも高い信頼性を有していることから、$CuAl_2$ が有望な配線材料であることが分かる。

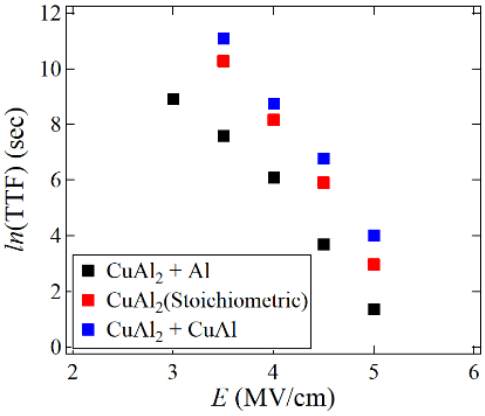

Fig. 2. Electric field dependence of failure time

Reference: [1] L. Chen, D. Ando, Y. Sutou, D. Gall, J. Koike, Appl. Phys. Lett. 113 (2018) 183503.

[2] L. Chen, D. Ando, Y. Sutou, J. Koike, J. Vac. Sci. Technol. B 37 (2019) 031215.

© 2022年 応用物理学会