

LSI 多層配線単層バリア材料としてのコバルト合金の可能性

Possibility of Various Cobalt Alloys as Single-Layer Barrier Materials

for LSI Interconnection Using Thermodynamic Calculation

東北大学¹, JX 金属 (株)² ○(D)山田 裕貴^{1,2}, 矢作 政隆^{1,2}, 小池 淳一¹

Tohoku Univ.¹, JX Nippon Mining & Metals Corp.², °Yuki Yamada^{1,2}, Masataka Yahagi^{1,2},

Junichi Koike¹

E-mail: yamada.yuki.s5@dc.tohoku.ac.jp

背景: 現行の LSI デバイスには配線材料として Cu が広く用いられている。また, Cu の熱拡散を防ぐバリア層の TaN 並びに絶縁層との密着性を向上させるライナー層の Ta が併せて用いられる。しかし, デバイスの微細化に伴って Ta/TaN の二重構造が配線の体積を圧迫するために, 配線抵抗が急激に上昇することが懸念されている。そこで, 我々はバリアとライナーの機能を併せ持つ単層バリア材料を着想した。ここでは, 熱力学計算を用いたその探索方法の試みについて紹介する。

方法: ライナー層を Co で代用することで配線の信頼性が向上したという報告^[1]に着目し, 単層バリア材料には Co 合金を選択した。また, 極薄膜でも良好なバリア特性を示すためには, バリア材料は高速拡散路の粒界がない安定なアモルファス構造^[2]で, Cu の溶解度が小さいことが望ましい。これらの特徴を満たす Co 系合金を見出すために CALPHAD (計算状態図) 法を適用した。計算用のソフトウェアには FactSage^[3]を用いた。まず, 合金のアモルファス安定性を評価するために T_0 曲線の潜り込みに着目した。 T_0 曲線が深く潜り込む系では, 準安定相として過冷却液体 (アモルファスと同等) が得られやすい。次に, 溶解度の評価のためにアモルファスと Cu が同じ相で熱力学的に不安定 (=不混和) な組成-温度領域を検証した。不混和領域が高温まで広がっているほど優れたバリア特性が期待できる。

結果: 一例として Co-Zr 系を対象に計算を実施した結果を示す。Fig. 1(a)から, この系では T_0 曲線の深い潜り込みが見られ, アモルファス安定性が高いことが予想される。また, Cu と Co-Zr の混和-不混和領域を示す Fig. 1(b)から, Co-12at.%Zr で不混和領域が温度の極大値を持つことが読み取れる。このような計算を他の様々な Co 合金系に対しても実施し, 比較することで, 単層バリア材料として適した系のスクリーニングができると考えられる。

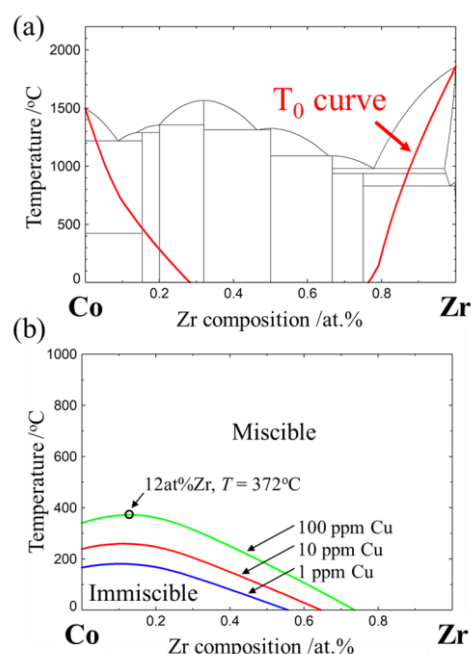


Fig. 1 Calculated (a) T_0 curve and (b) miscible-immiscible curves for Co-Zr system.

[1] T. Nogami et al., Proc. of IEEE IITC, (2013). [2] A.E. Kaloyeros and E.

Eisenbraun, Annu. Rev. Mater. Sci. 30, pp 363–385 (2000). [3] C.W. Bale et al, CalPhad 54, pp 35–53 (2016).