

LSI 多層配線単層バリア材料としての Co-63at%Nb 合金の可能性

Possibility of Co-63at%Nb alloys as single-layer barrier materials for LSI interconnect

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: LSI デバイスに広く用いられる Cu 配線は, 層間絶縁膜との境界に Cu の熱拡散抑制 (バリア機能) と密着性向上 (ライナー機能) を目的とした Ta/TaN または Co/TaN の二重構造を必要とする. デバイスの微細化が進行すると, このような二重構造は配線の体積を圧迫するため, バリアとライナーの機能を併せ持つ単層バリア材料が求められている. 単層バリア材料は Cu の高速拡散経路となりうる粒界を持たないことが望ましい. 当グループではこれまで CALPHAD 法によりバリア材として有用なアモルファス Co 合金を探索してきた^[1,2]. その中で高いバリア効果を有すると予測された Co-63at%Nb 合金について今回報告する.

方法: 基板には *th*-SiO₂ 付きの p 型 Si ウエハを用いた. PVD 法を用いて Co と Nb のターゲットを同時スパッタして Co-63at%Nb 合金を 3 nm 成膜し, 続いて真空を破らず Cu を 150 nm 積層した. 熱処理は Ar + 5%H₂ を導入した還元雰囲気あるいはベース圧 10⁻⁷ Pa 程度の高真空雰囲気で実施した.

結果: バリア機能の評価のために, バイアス負荷前後の C-V 曲線を比較することで Cu が SiO₂ へ拡散するか調査した. バイアスは 3.0 MV/cm とし, 250°C の還元雰囲気下で 30 分間印加した. Fig. 1(a)に Co-63at%Nb 合金をバリアに用いた場合の, Fig. 1(b)にバリアを用いなかった場合の C-V 曲線を示す. Fig. 1(b)ではバイアス印加によりフラットバンド電位が負方向へシフトした一方で, Fig. 1(a)ではそのようなシフトは見られなかった. このことは, Co-63at%Nb 合金により Cu の拡散が抑制されたことを意味する. 次に, ライナー機能の評価のために, 基板及び Cu との密着性をテープ試験^[3]で調査したところ, Co-63at%Nb を用いたサンプルでは剥がれがなく結果は良好であった. また, 熱負荷に対する構造安定性を見るために, サンプルを 400°C で 30 分間熱処理し, 断面の STEM 観察と EDS による元素線分析を実施した. 断面 STEM 像を Fig. 2(a)に, 線分析の結果を Fig. 2(b)に示す. Co-63at%Nb 合金は熱処理後もアモルファス構造を維持し, 合金元素の分離や Cu または基板との過剰な反応は生じていないことが分かった. これらの結果から, CALPAHD 法で見出された Co-63at%Nb 合金は単層バリア材料として必要な特性を有していると考えられる.

[1] 山田他, 2021 応用物理学会春季学術講演会 17p-Z26-14. [2] Y. Yamada et al., J. Vac. Sci. Technol. B 40, 013204 (2022). [3] Standard test methods for measuring adhesion by tape test, ASTM D3359-97.

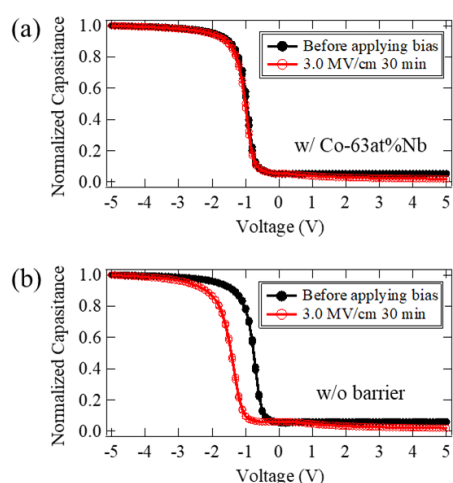


Fig. 1 C-V curves before and after applying a bias of 3.0 MV/cm for 30 min at 250°C. (a) with Co-63at%Nb alloy, (b) without barrier.

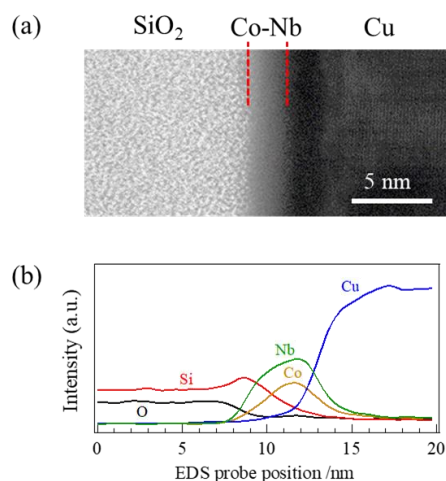


Fig. 2 (a) STEM cross-sectional image and (b) EDS line analysis of a sample after annealed at 400°C.