

ナノサイズアルミニウム配線のエレクトロマイグレーション

誘起ひずみのアスペクト依存性

Effect of Aspect Ratio on Electromigration-induced Strain in Nano-size Aluminum Interconnection

英 崇夫^a、日下一也^a、新宮原 正三^b、坂田修身^c

Takao Hanabusa, Kazuya Kusaka, Shoso Shingubara, Osami Sakata

^a徳島大学、^b関西大学、^c高輝度光科学研究センター

^aTokushima University, ^bKansai University, ^cJASRI

アルミニウム配線中のエレクトロマイグレーション (EM) 誘起ひずみの挙動についてその場測定を行った。EM 試験は、供給電流密度との関係について調べた。配線に電流を供給したとき、Al 111 回折線ピーク位置 2θ は、すべての測定点において減少した。これは、配線中に圧縮応力が発生したことを示す。また、電流の供給を停止すると、 2θ は初期値に戻った。さらに、定常電流供給時にはほとんどの測定点において 2θ の変化は確認できなかった。

The behavior of electromigration-induced strain in an aluminum interconnection was investigated in-situ. The electromigration tests were performed as a function of applied current density. When the current was applied to the lines, 2θ of 111 diffraction peak decreased for all measurement points. This indicated that compressive stresses were present at all measurement positions in the lines. When the applied current was stopped, 2θ of 111 diffraction peak reverted to its initial value for all measurement points. At constant current density, no changes in 2θ could be observed for any of the measurement positions.

背景と目的

LSI の高集積化に伴い、使用中に微細配線にエレクトロマイグレーション(EM)損傷が発生することが知られている¹⁾。高密度の電子の流れおよびそれに伴う原子の移動がその原因であり、それによってボイドが発生して断線損傷が起こる。これらボイドの発生の前駆現象として配線中のひずみ変動を観測し、

EM の初期挙動を明らかにすることが本研究の目的である。

実験

本実験では、熱酸化シリコン基板上に RF スパッタリングによりアルミニウム膜を堆積し、ウェットエッチングにより配線形状に加工した試料を用いた。一つのチップの上に線幅の異なる単線が数種類並んでいる。ところ

が、細線の場合には十分な強度の回折線を得ることができなかった。したがって、本報告書には唯一測定が可能であった太線におけるエレクトロマイグレーション (EM) 誘起ひずみの挙動および EM 試験後の表面形状の変化について報告する。測定可能であった配線の形状は、幅が $20\mu\text{m}$ 、高さが $0.5\mu\text{m}$ 、長さが 2mm であった。ひずみ測定箇所は、陰極側、配線中央および陽極側の 3 箇所とした。試料温度を 200°C に固定し、配線に $2.5\text{kA}/\text{mm}^2$ および $4.0\text{kA}/\text{mm}^2$ の電流密度を負荷して EM 試験を行った。測定に使用した X 線のエネルギーは 8keV で、アルミニウム結晶の 111 面の格子面間隔の変化を調べた。

結果、および、考察

図 1 に EM 試験における配線内アルミニウム結晶 111 面の格子面間隔の変化を示す。配線に電流を流した場合、すべての測定箇所において 111 面の格子面間隔は増大し、電流停止後は減少して元に戻る。陽極側 (●印) と配線中央部 (▲印) においては、通電中の格子面間隔の変化はほとんど見られないが、陰極側 (■印) では、格子面間隔が徐々に減少する傾向が見られる。

図 2 に EM 試験後の配線中央部表面の SEM 写真を示す。配線表面全体に白い突起状の微細ヒロックが観察された。配線中すべての場所において、同様のヒロックが観察された。これより、配線中すべての場所に圧縮応力が発生したことが予想される。

参考文献

- 1) P. R. Besser, M. C. Madden and P. A. Flinn, J. Appl. Phys., 72 (1992) 3792.

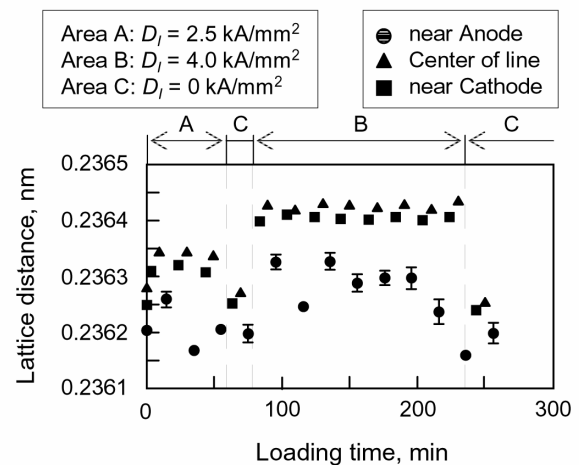


Fig.1 The lattice distance of the 111 diffraction plane as a function of time during the EM test.

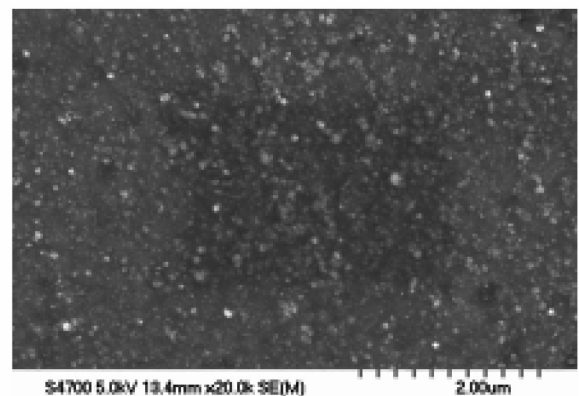


Fig.2 SEM image of Al interconnection surface after EM test.

論文発表状況

- [1] T. Hanabusa, K. Kusaka and O. Sakata, Thin Solid Films, **459** (2004) 245.
- [2] K. Kusaka, T. Hanabusa, S. Shingubara, T. Matsue, O. Sakata, K. Noda, M. Hataya, Stress-induced Phenomena in Metallization, AIP Conf. Proc. **741** (2004) 229.

キーワード

・エレクトロマイグレーション

電子流が金属原子に衝突することにより配線材料の電子や原子が移動し、ボイドやヒロックを発生させる現象のこと。