

銅配線のストレスマイグレーションの特徴と長期メモリのための対策

The characteristics of Copper Stress Migration and the measure for long time memory

㈱ソシオネクスト, 松山英也

Socionext Inc.' Hideya Matsuyama E-mail: Matsuyama.hideya@socionext.com

【序】ストレスマイグレーション故障はエレクトロマイグレーションと並ぶ半導体デバイスの配線の代表的な故障である。エレクトロマイグレーションと同じく摩耗故障であるため長期保管メモリの開発にはこの故障現象の理解と対策が必須になる。本講演では銅配線のストレスマイグレーション故障のメカニズムを説明し、通常の保証期間を超える長期保存に耐えるための対策を提案する。

【ストレスマイグレーションの特徴】ストレスマイグレーション故障はデバイス内の配線と配線を覆う絶縁膜との膨張係数のミスマッチにより発生する応力により配線や via(コンタクト)が分離・切断する現象である。この故障の一番の問題点は加速が難しい点にある、加速要因は温度しかない。活性化エネルギーが小さい場合には実使用に対して 10 倍程度の加速しかできない場合もある。そのため対策として配線幅を太くするなど形状加速を行う。代表的な故障は via 下にボイドが発生する via 下モードである(図 1 参照)[1]。応力シミュレーションで解析を行うと配線の上部、キャップ絶縁膜の下で引張り応力が大きく、キャップ膜以降の絶縁膜が応力源であると考えられる。ボイドが発生することで内在応力が低減される。ボイドの発生箇所はグレインバウンダリーで配線幅が $2\mu\text{m}$ 以上の太幅配線ではグレイン三重点、 $1\mu\text{m}$ 以下の細幅では配線端である(図 2 参照)[2]。

【ストレスマイグレーションの対策】上記のように特徴を踏まえたうえで対策を立てることが重要である。プロセス的には内在応力が下がる工夫をすること。具体的にはキャップ膜以降の成膜温度をできるだけ下げる事、キャップ膜と銅配線の密着性を下げることが挙げられる。ただしエレクトロマイグレーションなど別の故障とのトレードオフになるため限度がある。そこでプロセスの制約を受けないレイアウト対策が重要になる。配線長や幅の制限、特に長期間保存を考えた場合は体積を制限することが重要である。配線の内在応力が十分下がるまでに発生しうるボイドを臨界ボイド体積(故障を引き起こすボイド)以下にするのである。

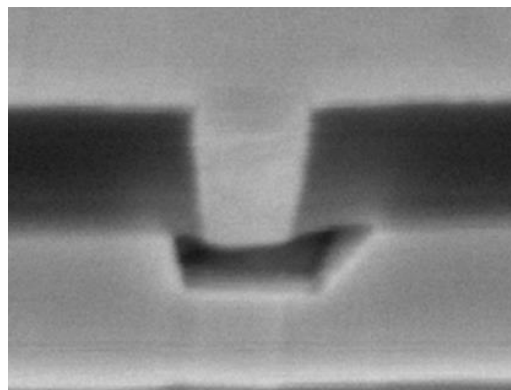
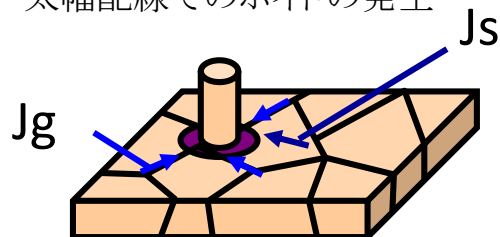


図 1. 銅配線のストレスマイグレーションで

太幅配線でのボイドの発生



細幅でのボイドの発生

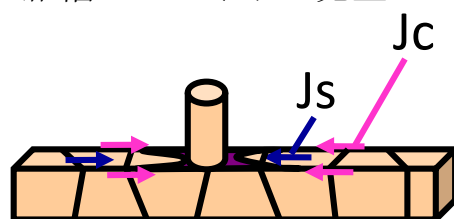


図 2. 太幅および細幅でのヴェイカンシー

[1] H. Tsuchikawa, Y. Mizushima, T. Nakamura, T. Suzuki, H. Nakajima, Jpn. J. Appl. Phys. 45, No. 2A, 714, (2006) など多数

[2] H. Matsuyama, T. Kouno, T. Suzuki, M. Shiozu, H. Ehara, S. Otsuka, T. Hosoda, T. Nakamura, Y. Mizushima, K. Shono, M. Miyajima, IEEE Integrated Reliability Workshop Final Report, 2006. p. 28