

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 誘起ひずみの挙動

英崇夫^a, 日下一也^a, 新宮原正三^b, 坂田修身^c, 松英達也^d, 野田和宏^e, 旗谷充彦^e,
大島浩二^f

^a徳島大学工学部, ^b広島大学先端物質科学研究所, ^c高輝度光科学研究センター,
^d新居浜工業高等専門学校, ^e徳島大学大学院, ^f広島大学大学院

近年, LSI の小型化, 高集積化に伴って配線の微細化が急速に進んでおり, 現在では DRAM(Dynamic Random Access Memory)内の配線最小幅は約 120nm である. 極細の配線に電流を流すと高密度の電子の流れ, およびそれに伴う原子の移動によりエレクトロマイグレーションと呼ばれる配線の破断や短絡が起こる. 本研究では SPring-8 の放射光を用いて電流を流した際に極細配線中に生じるエレクトロマイグレーションにより誘起されるひずみを測定した. その結果, 配線に生じるひずみは保護膜なしの配線では時間に依存せず, 保護膜のある配線では時間経過とともに緩やかに変化した.

A down-sizing of wiring has recently progressed with miniaturization and high integration of LSI. The minimum width of wiring in DRAM (Dynamic Random Access Memory) has now reached to about 120nm. A high density current in a very fine wire will cause an electromigration and finally induces a fracture and/or a short circuit of wiring. In this research, we investigated the strain induced by the electromigration in a fine Al-line. The strains produced in an unpassivated were independent of a loading time but those in a passivated line changed with time duration.

はじめに

近年, LSI の小型化, 高集積化に伴って配線の微細化が急速に進んでいる. 極細配線に電流を流すとエレクトロマイグレーションと呼ばれる断線や短絡故障が発生する. 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る. これらの断線や短絡の前駆現象として生じる配線中のひずみ変動を測定することで, エレクトロマイグレーションの発生初期の挙動が明

らかとなる.

本研究では放射光の高輝度特性と高空間分解能を利用することによりミクロンサイズの配線に発生するエレクトロマイグレーション誘起ひずみを測定し, そのひずみの変化を時間, 配線の測定位置の関数として明らかにする. 同時に配線上に保護膜を形成することにより生じる影響についても調査する.

配線試料

本研究で使用した配線はアルミニウムの単線配線であり、配線の両端に TiN 電極が蒸着されている。電流はその電極に接続されたボンディングワイヤーを通して流した。図 1 に電極周辺の電子顕微鏡写真を示す。配線材料は Al-1.0%Si 合金で基板表面と平行に結晶の {111} 面が優先配向した多結晶体である。配線のサイズは幅 $20\mu\text{m}$ 、高さ $0.5\mu\text{m}$ で、その長さは保護膜なしのものが $2000\mu\text{m}$ 、保護膜ありのものが $1000\mu\text{m}$ である。

実験方法

本研究では BL13XU の多軸ディフラクトメータ上にヒーター付き試料台を設置し、その上に配線試料を保持した。配線試料は 200°C に加熱され、エレクトロマイグレーションが起こりやすい環境に保持した。XRD 測定に使用した放射光のエネルギーは保護膜なしの配線では 8.00keV ($\lambda=0.1550\text{nm}$)、保護膜ありの配線では 12.40keV ($\lambda=0.0990\text{nm}$) であり、X 線の照射面積は $120\times 200\mu\text{m}^2$ である。

XRD 測定位置は図 2 に示すように配線の陰極側を A 点、陽極側を E 点、中央を C 点として定義する。測定時にはこの 3 カ所を順番に連続して XRD 測定を行った。測定には $2\theta=38.4^\circ$ ($\lambda=0.1550\text{nm}$)、 24.4° ($\lambda=0.0990\text{nm}$) 付近に現れる Al-111 回折線を用いた。1 カ所の測定時間は約 6 分であったことから A,C,E の 3 カ所の XRD 測定を 1 サイクルとし、1 サイクルの測定が 20 分になるように調整した。配線に供給される電流はフィードバック制御により一定に保持した。また、供給電流は段階的に大きくし、電流値を変化させる前では一旦停止させた。保護膜なしの配線では電流密度 $4.0\text{kA}/\text{cm}^2$ の 8 サイクル目の測

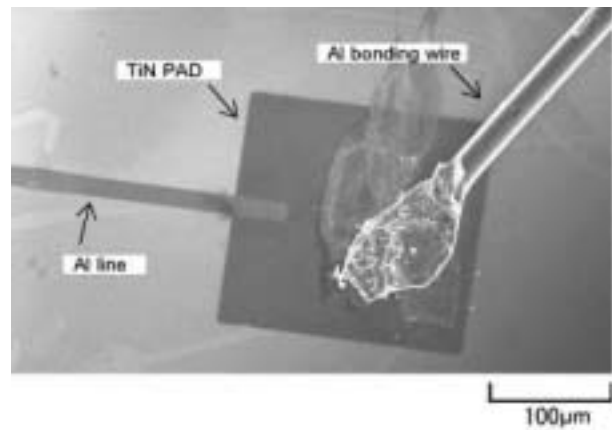


図 1 電極周辺の電子顕微鏡写真

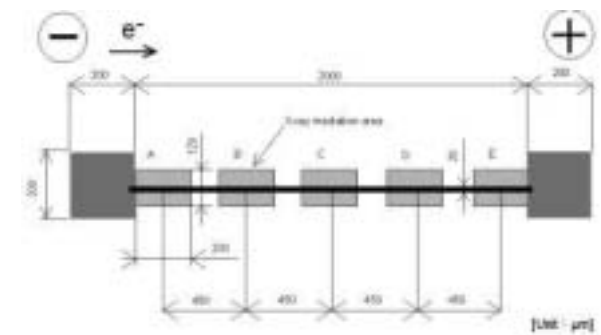


図 2 配線上の XR 7D 測定位置

定中に配線が破断した。

実験結果

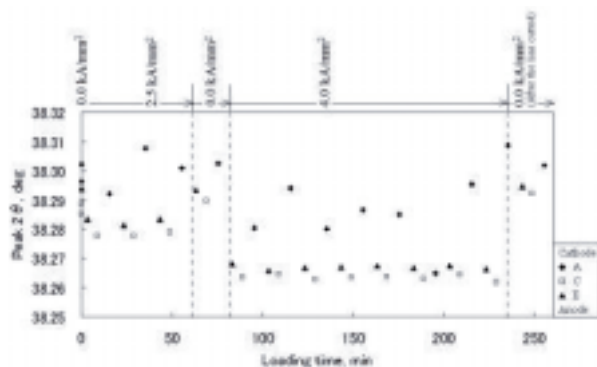
図 3 は Al-111 回折線の 2θ ピーク値の経時変化を示したものである。

保護膜なしの配線では 2θ ピーク値は電流の供給とともに急激に減少し、電流を供給し続ける間は、 2θ ピーク値は一定であった。電流の供給をやめると 2θ ピーク値は元に戻った。保護膜ありの配線では 2θ ピーク値は通電中に増加する傾向を見せ、電流密度 $2.0\text{kA}/\text{cm}^2$ のとき増加、それ以上の電流密度では緩やかに減少した。また、電流を止めている間も緩やかに変化した。

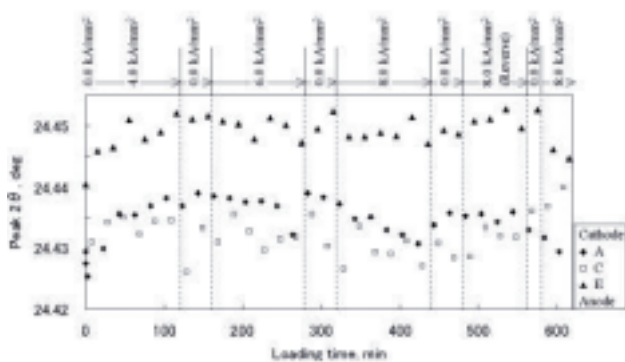
考察

配線に電流を流すと 2θ ピーク値が変化する。このことから電流を流すと配線にはエレクトロ

マイグレーションにより誘起されたひずみが生じていると考えられる。保護膜のない配線の場合、配線表面での拘束がないため表面で原子の拡散が生じ、ひずみは電流の投入とともに即座に変化すると考えられる。保護膜のある配線の場合、配線が保護膜により拘束されているため徐々に変化が起こったものと考えられる。



(a) 保護膜なし



(b) 保護膜あり

図 3 111 回折線の 2θ ピーク値の経時変化