28p-B9-8

## 結晶粒界近傍におけるエレクトロマイグレーションのその場観察

In-situ observation of the electromigration in the vicinity of grain boundary

## 北大院情報<sup>1</sup>, 阪大産研<sup>2</sup>

<sup>0</sup>村上 暢介<sup>1</sup>, 越智 隼人<sup>1</sup>, 有田 正志<sup>1</sup>, 浜田 弘一<sup>1</sup>, 高橋 庸夫<sup>1</sup>, 竹田 精治<sup>2</sup>

Graduate School of IST, Hokkaido Univ.<sup>1</sup>, ISIR, Osaka Univ.<sup>2</sup>,

<sup>°</sup>Yosuke Murakami<sup>1</sup>, Hayato Ochi<sup>1</sup>, Masashi Arita<sup>1</sup>, Kouichi Hamada<sup>1</sup>,

## Yasuo Takahashi<sup>1</sup>, Seiji Takeda<sup>2</sup>

## E-mail: y.murakami0524@frontier.hokudai.ac.jp

**はじめに** 電流による金属原子の拡散現象であるエレクトロマイグレーション(Electromigration、 以下 EM) は集積回路内配線の故障原因として研究される一方、微細構造作製法として利用する 為の研究も進められている。どちらの研究においてもナノスケールの領域で EM により原子がど のように移動するかを詳細に理解することは重要であり、その重要性は増している。本研究では 透過型電子顕微鏡(TEM)を用いることで Au 細線に発生する EM を直接観察し、原子移動現象 の詳細な解明を行う事を目的としている。今回は結晶粒界を有する Au 細線を観察し、EM による 原子移動現象に結晶粒界が及ぼす影響について検討を行ったので報告する。

**実験方法** TEM 観察用基板は CVD-SiN/Si である。この基板上にフォトおよび EB リソグラフィーとリフトオフ法により Au 細線パターンを作製した。細線(Au、99.99%)および電極パッド(Au / Cr)の薄膜形成には真空蒸着法(~1×10<sup>4</sup> Pa)を用いた。KOH による裏面からの基板 Si エッチングによる窓開け(SiN メンブレンの作製)を行った後、ソースメジャーユニット(SMU)を用いた電圧印加と電流測定を行いながら TEM 観察(JEM-2010 及び JEM-200CX)を行った。

実験結果と考察 その場観察により得られた Au 細線の TEM 像を Fig.1(a) に示す。EM による細線の狭窄化が進行し、最狭窄部の細線幅がおよそ 6.5nm 程度になっている。また、観察結果より最狭窄部周辺に結晶粒界が存在することが確認された。さらに、この細線に対して定電圧印加を行うと Au 細線のエッジ部が僅かに移動し、細線幅が増減する様子を観察することに成功した。この変化は、TEM 像内で最狭窄部よりも上側の細線において明瞭に発生する一方、最狭窄部よりも下側の細線では変化が認められなかった。また、特に TEM 像内で細線右側のエッジ部 (Fig.1(a) において白点線で示す)の変化が大きく見られた。この観察結果に注目し、細線幅の時間変化を表したグラフを Fig.1(b)-(d) で示す。それぞれ Fig.1(a) に両向き矢印で示す部分の細線幅を測定している。これら 3 つのグラフから、3 カ所の測定場所全てで同時に細線幅が増減している事が確認された (特に明瞭な部分をグラフ中に黄色のハイライトで示す)。これらの結果は、結晶粒界がEM による原子移動を妨げるように働くことを強く示唆している。原子が Fig.1(a) の TEM 像において上から下 (電子の移動方向と同じ方向) へ移動する場合、最狭窄部付近にある結晶粒界で



 Fig. 1 狭窄した Au 細線の TEM 像とその解析結果
 Time (sec)

 (a) Au 細線の TEM 像. 最狭窄部の細線幅はおよそ 6.5nm
 (b) ~ (d) Au 細線幅の時間変化. 測定場所は Fig.1(a)中の両向き矢印に対応