19p-A7-5

エレクトロマイグレーションによる Cu ナノギャップ電極の作製と応用

Fabrication of Cu nanogap electrodes by using electromigration and its application

北大院情報　○米坂 瞭太，越智隼人，村上暢介，有田正志，高橋庸夫

Graduate School of IST, Hokkaido Univ., ○Ryota Yonesaka, Hayato Ochi, Yosuke Murakami, Masashi Arita, Yasuo Takahashi

E-mail: yone_r-nano@ec.hokudai.ac.jp

【はじめに】　更なる低消費電力、高集積化が期待される新規ナノ構造デバイス形成においてナノスケールの素子と外部回路を繋ぐナノギャップ電極形成技術は非常に重要な要素と言える。ナノギャップ電極形成には EB リソグラフィやメカニカルブレークジャンクション法など様々な研究が行われているが、本研究では LSI 内配線の故障原因として知られるエレクトロマイグレーション（以下、EM）に注目した。EM は金属配線への通電により金属原子の励起と拡散を引き起こし、最終的に配線の破断を引き起こす現象として知られている。これを制御する事でより簡便にナノスケールの電極を形成し、様々な新規ナノ構造デバイスの実現と解析に応用する事が本研究の目的である。ここでは集積回路応用を念頭に、配線材料である銅（Cu）のナノギャップ電極形成と応用について報告する。

【実験方法】　SiO_2/Si 基板上にフォトリソグラフィと真空熱蒸着法により金またはプラチナ電極を作成後、電子ビームリソグラフィと RF スパッタリングにより、観察試料となる銅細線（Cu : 30nm）を作製した。ソースメジャーユニットを用いた電気測定において、ギャップ間距離の狭窄を目的とした抵抗変化による電圧フィードバック制御（Feedback Control, 以下 FC）を行った。印加電圧の増加により EM が発生し抵抗値が設定値を上回ると印加電圧値を 90% まで減少させる FC アルゴリズムにより、熱による細線の溶解を防ぐと同時に効率的なギャップ形成を行った。

【実験結果】　Cu 細線が破断に至るまでの典型的な電気特性を Fig. 1 に示す。FC により徐々に Cu 細線の抵抗値が上昇し、最終的に破断に至る様子が確認できる。ギャップ発生後の走査型電子顕微鏡（SEM）像を Fig. 2 に示す。Cu 細線の最狭窄部に対して電子流上流側に破断箇所が発生している事からも、EM による細線の破断が強く示唆される。ギャップ間距離は最小で 8nm 程度であり、EM 耐性が比較的強い Cu 配線においても FC を用いた EM によるナノギャップ形成が有効であることを確認した。さらに、細線破断後に SEM 観察を行ったサンプルでは電圧印加による抵抗変化が観察された（Fig. 3）。電圧印加に伴い高抵抗状態と低抵抗状態を遷移する抵抗スイッチング動作に類似する抵抗変化が得られた。この結果から EM による原子移動により、抵抗変化が発生するような Cu ナノギャップが形成されていることが確認できる。

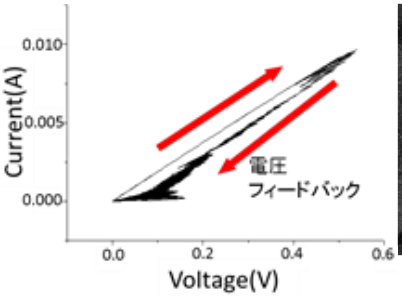

Fig. 1 I-V characteristics of the FC

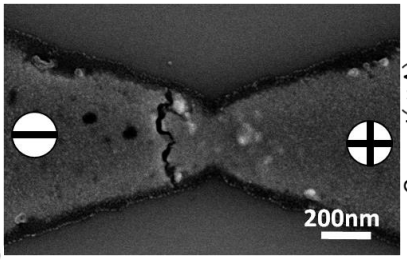

Fig. 2 SEM image of nanogap caused by the EM

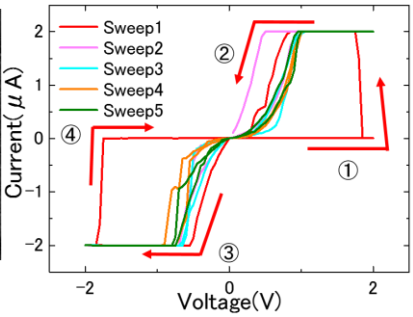

Fig. 3 I-V curves of the Cu nanogap sample after SEM observations showing resistance switching

© 2014 年　応用物理学会