

KFM による SiN 膜中捕獲電荷の放出特性評価

Charge De-trapping in SiN characterized by KFM

筑波大学 ○小澤 航大, 蓮沼 隆

Univ. of Tsukuba, °Koudai Ozawa and Ryu Hasunuma

E-mail: bk201210980@s.tsukuba.ac.jp

[研究背景・目的] 半導体メモリの一つである MONOS (Metal/Oxide/Nitride/Oxide/Semiconductor) 型メモリは、ゲート電圧の印加によって捕獲電荷層である SiN に電荷を捕獲あるいは再放出させてトランジスタの閾値電圧を変動させ、データの記録、消去状態を識別する。SiN 膜中捕獲電荷のナノスケールでの保持特性に関する知見を得ることはメモリの微細化を進めていくうえで非常に有益であるといえる。そこで我々は、試料の表面電位の二次元分布像をナノスケールで取得できる KFM (Kelvin Force Microscopy) を用いて SiN 膜中に電荷捕獲されている箇所の電位分布の経時変化を観察し、SiN 膜中捕獲電荷の保持特性を調査した。

[実験方法] KFM は、SPM (Scanning Probe Microscopy) の一種であり、原子間力により試料の表面形状像を取得できるとともに、金属でコーティングされたカンチレバーと試料間の静電気を測定することで試料表面の電位像を取得できる。まず、P 型 Si 上に SiN 膜を 5nm 堆積させた試料表面に、バイアス印加した Rh コートカンチレバーを接触させながら走査し、意図的に SiN 膜中に電荷を注入した。次に SiN 膜中に電荷捕獲させた領域を KFM で評価し、表面電位像を取得した。その後試料とカンチレバーの距離を 10 μ m 程度離し、室温・真空中で試料を放置した。放置後に再度 KFM により表面の電位分布を観察し、放置前後の表面電位像の変化を調べた。

[測定結果・考察] Fig. 1 は、-4V にバイアスしたカンチレバーを Y 軸方向に走査させて SiN 膜に電荷を注入した後に放置して得られた KFM 像である。放置時間はそれぞれ 30 分、2 時間、8 時間である。また、スキャンサイズは 500nm $\times$ 500nm である。像より、バイアスされた箇所が周辺よりも低い電位を示していることがわかる。これは SiN 膜中に電子が捕獲されたことによると考えられる。Fig. 2 は、Fig. 1 における表面電位像の画像データを Y 軸方向に積分して平均化して得られた、X 軸方向にみたときの電位プロファイルである。測定電位の値が放置時間によって異なるものの、プロファイルの谷の形状が、時間経過とともにわずかに広がっている様子を見ることができる。試料を放置している間に SiN 膜中に捕獲されている電子が横方向に移動することによって電位分布が変化したと考えられる。ただし今回は試料表面の水分による影響を受けていると考えられ、この結果がそのまま電荷の膜中での移動特性を表しているかは不明である。当日は、試料表面の水分量を制御して得られる結果を紹介するとともに、SiN 膜の電位分布変化に関してより定量的に評価し、議論を深めていく。

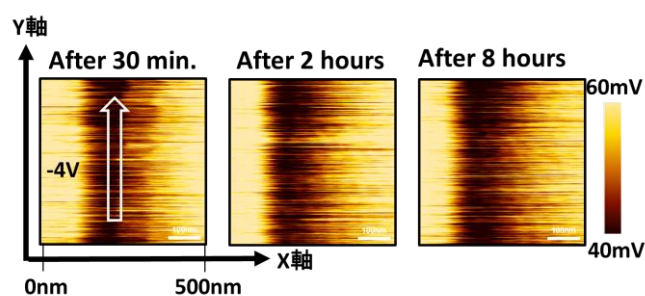


Fig. 1 SiN(5nm)/p-Si における表面電位像。カンチレバーを-4V のバイアスをかけて走査させ、その後室温・真空中で放置した。放置時間は 30 分、2 時間、8 時間である。バイアスかけた部分の電位が膜中電子捕獲によって周囲よりも低くなっている。

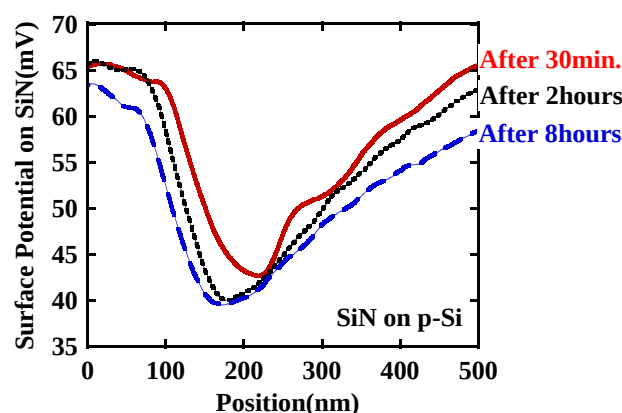


Fig. 2 電位プロファイル。SiN 膜に電荷捕獲後の放置時間別に Fig. 1 で得られた表面電位像の画像データを Y 軸方向に積分して平均化した。放置時間が長くなるにつれて捕獲電子が横方向へ移動し、電位プロファイルが次第になだらかになっている。