

走査型非線形誘電率顕微鏡による半導体キャリア分布観察のための 絶縁膜付きカンチレバーの開発

Development of cantilevers with insulating coating for semiconductor carrier distribution imaging using scanning nonlinear dielectric microscopy

東北大通研 ○高野 幸喜, 山末 耕平, 長 康雄

Tohoku Univ., °Koki Takano, Kohei Yamasue, and Yasuo Cho

Email: koki3424@riec.tohoku.ac.jp

走査型非線形誘電率顕微鏡 (SNDM) は半導体材料・デバイスにおけるキャリア分布をナノスケールで観察可能なプローブ顕微鏡の一種である。SNDM は探針と試料間に電圧を印加する場合に生じる探針-試料表面間容量の電圧に対する変化 (dC/dV) を測定する。 dC/dV は探針下に拡が空乏層容量の電圧変化に由来し、多数キャリアの種類に依存し異なる極性を持つ。SNDM では dC/dV を測定するため、導電性探針、試料表面の酸化膜 (絶縁体) および半導体で局所的な MIS (Metal-Insulator-Semiconductor) 構造が形成されることがこれまで前提とされてきた。しかしながら、既存材料である Si などと異なり、近年、新規な半導体材料として注目されている。MoS₂ などは表面に自然酸化膜を形成しないため、導電性探針先端が直接半導体に接触する。このため、キャリア分布に由来する空乏層の変化に加えて、伝導電流や探針からの電荷注入を生じ、 dC/dV 像の解釈が困難になる可能性がある。そこで、本研究では探針先端を絶縁膜で被覆することを提案する。探針先端を絶縁膜で被覆することで自然酸化膜を形成しない試料でも導電性探針、絶縁膜被覆および半導体で MIS 構造を形成可能である。

実験では反応性 RF スパッタリング法を用いて絶縁膜となる SiO₂ を導電性カンチレバー (Nanosensors, PPP-EFM) 表面に成膜し、絶縁膜付き探針を作製した。図 1 に SiO₂ 膜を 30nm の膜厚で成膜した絶縁膜付きカンチレバーの SEM 像を示す。図 2 は絶縁性を評価するため、Pt 蒸着基板上において取得した電流-電圧特性の測定結果である。絶縁膜のない通常のカンチレバーと異なり、図 1 に示した絶縁膜付きのカンチレバーでは、 $\pm 3V$ の印加直流電圧の範囲で有意な電流は流れなかったことから、SiO₂ 膜の絶縁性が確認できた。絶縁膜の有無による dC/dV 像の違いを検討するため、SNDM 用半導体標準試料 (SII 製) を同一の印加電圧 (1V_{pp}) で測定した結果を図 3 (a) (絶縁膜なし) (b) (同有り) に示す。図 3 (b) から絶縁膜付きカンチレバーを用いた場合でもコントラストが得られることが確認できた。一方、図 3 (a) と図 3 (b) を比較すると、信号強度について絶縁膜有りのカンチレバーの方が減少すること、走査するにしたがい強度が増すことがわかった。これは、絶縁膜付きカンチレバーでは SiO₂ 膜の成す容量成分が空乏層容量に直列に入るため、同一の印加電圧では探針下の実効電界が減少し、走査にともない SiO₂ 膜が摩耗するためと考えられる。以上の結果から、絶縁性が保持される範囲で膜厚を低減すると同時に絶縁膜の摩耗を抑制することが今後の課題である。

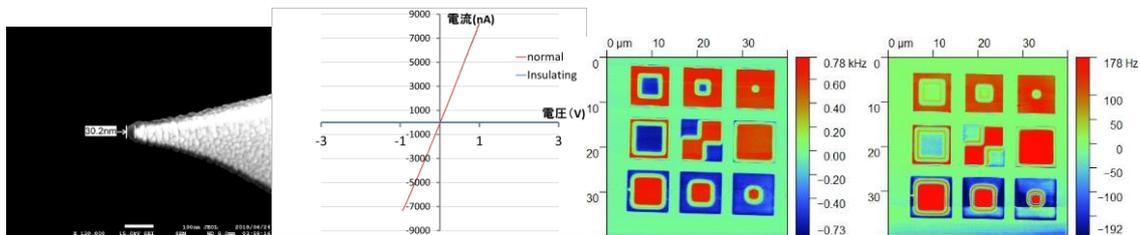


Figure1: SEM image of SiO₂ coated cantilever .

Figure2: Evaluation of insulation by current-voltage characteristics .

(a) normal

(b) insulating

Figure3: SNDM images .

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金 (16H06360) の補助を受けています。