

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 (2)

Development of cantilevers with insulating coating for semiconductor carrier distribution imaging using scanning nonlinear dielectric microscopy(2)

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である。SNDM は探針と半導体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 n 型, p 型で極性が変化し, 値の大きさはキャリア密度に依存するためキャリア分布を観察可能である。SNDM によるキャリア分布観察では導電性探針, 試料表面の酸化膜 (絶縁体) および半導体で MIS 構造が形成されることが前提とされてきた。しかしながら, 近年, 半導体材料として注目されている MoS₂ などは自然酸化膜を形成しないため, MIS 構造が形成されず, 導電性探針が直接半導体表面に接触する。このため, 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。前回の報告で, 著者らは探針先端を絶縁膜で被覆する絶縁膜付きカンチレバーを提案した。探針の絶縁膜により, 自然酸化膜を形成しない試料についても MIS 構造を形成可能であり, キャリア分布のコントラストが得られることを報告した。一方で, 探針と試料表面の接触にともなう絶縁膜の摩耗が課題であった。そこで本報告では, 絶縁膜の摩耗を低減するための対策と結果について報告する。実験では, 絶縁膜の摩耗を低減するための第一のアプローチとして, 接触力を低減するため前回までの報告で使用していたカンチレバー (Nanosensors, PPP-EFM, ばね定数 2.8N/m) の代わりに, ばね定数がより小さいカンチレバー (Nanosensors, PPP-CONTpt, 0.2N/m) を使用した。まず, 前回までと同様にコンタクトモードを用いて SNDM 用半導体標準試料 (SII 製) を観察した。図 1 (a) に測定前, 図 1 (b) に測定後の探針の SEM 像を示す。前回は観察後に絶縁膜の摩耗が観察されたが, 本実験では観察前後で絶縁膜厚の変化はほぼ見られず摩耗を大幅に低減することができた。第 2 のアプローチとして, 探針を間欠接触させる SIS (Sampling Intelligent Scan, 日立ハイテクサイエンス) モードを使用した。図 2 に観察前後の探針の SEM 像を示す。SIS モードを用いることにより, さらに摩耗を低減することができた。また, コンタクトモードと SIS モードで信号強度を比較するため, それぞれのモードを用いて同一条件で試料を交互に 4 回測定し, 信号強度をグラフにプロットした (図 3)。間欠接触方式では, 接触時間が減少するため, 信号強度が減少する可能性があるが, 接触時間を適切に制御することで, SIS モードでもコンタクトモードと同等の信号強度が得られた。本結果は, ばね定数が小さいカンチレバーを用いること, 及び間欠接触方式で測定することで, 信号強度を下げることなく, 絶縁膜の摩耗を低減することができることを示す。

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。

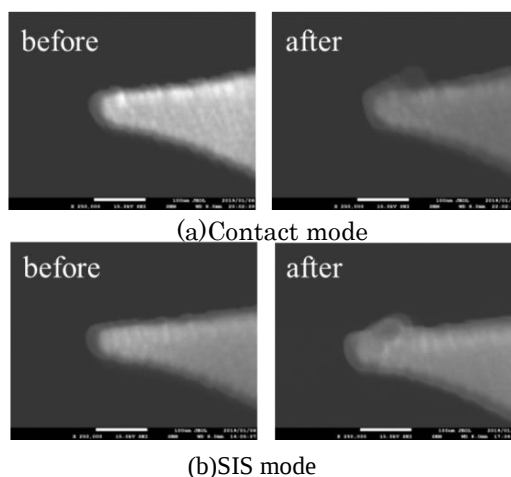


Fig. 1 SEM images of cantilever tip before and after SNDM imaging

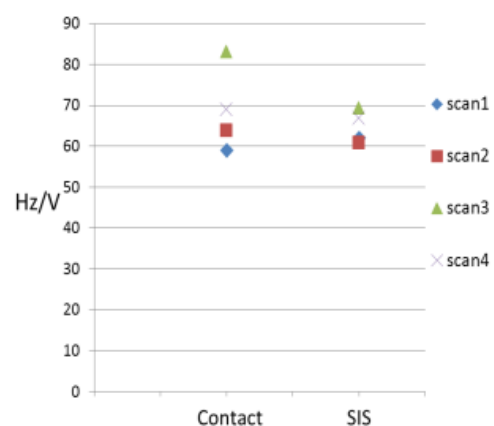


Fig. 2 Comparison of signal intensity between Contact and SIS mode.