時間分解 SNDM の開発と局所欠陥評価への応用

Development of time-resolved scanning nonlinear dielectric microscopy and

its application to the evaluation of localized defects

東北大 9山岸裕史,長康雄

Tohoku Univ., ^OYuji Yamagishi, Yasuo Cho

E-mail: yamagishi@riec.tohoku.ac.jp

[はじめに] 走査型プローブ顕微鏡 (SPM) を応用した時間分解物性計測は、SPM のナノスケールの空間 分解能で観察対象のダイナミクスの詳細な解析を可能にすると期待される。走査トンネル顕微鏡 (STM) や静電気力顕微鏡 (EFM)、ケルビンプローブ原子間力顕微鏡 (KPFM) を用いた時間分解計測法がこれ までに開発され、試料の導電率や表面電位の時間変化が可視化されている[1-3]。こうした背景のもと、我々 は微小な静電容量変化を時間分解計測する顕微鏡 (時間分解 SNDM) を開発し、さらに半導体/絶縁膜界 面に分布する欠陥準位の評価に応用したので報告する。

[実験と結果] 図 1(a)に時間分解 SNDM の装置構成を示す。探針直下の容量の時間変化は LC 発振器(発振 周波数 f_0 :4 GHz)の周波数シフトとして検出されるが、測定では LC 発振器の出力信号を直接記録し、測 定後に数値復調法によって周波数シフト信号を得る。原理的な時間分解能は発振周波数のみで決まる(1/6) ため、最高でサブナノ秒に迫る時間分解能が得られる。評価対象の試料には 20 nm の熱酸化膜付きの n 型 SiC 基板を用いた。探針を試料に接触させて幅 10 μ s、-10 V の電圧パルスを試料に印加した時の一点での 周波数シフトの時間変化を図 1(b)に、さらに試料面内での時間変化を図 1(c)に示す。電圧パルス印加によ る負の周波数シフト(-7 kHz)は探針直下への電子蓄積による静電容量の増加に起因する。パルスのター ンオフ後には周波数シフトの正方向への急峻な増加に続いて緩やかな減少が見られるが、これは酸化膜 /SiC 界面の欠陥準位 (D_t)に捕獲された電子が緩やかに放出される過程に対応している。この過渡応答の 振幅と緩和時定数を解析することで D_t のエネルギー分布 (図 1(b))が得られ、さらにそのマッピングを 行うことで D_t の面内分布が可視化出来る[4]。図 1(d)では D_t の不均一な面内分布が可視化されており、

MOS 界面でのキャリア輸送に強く影響を与えていることが示唆される。

[謝辞]本研究は SIP 次世代 パワーエレクトロクス及 び科学研究費補助金 (16H06360)によって実施 された。

[参考文献] [1] Y. Terada et al., *Nat. Photonics*, **4**, 869 (2010) [2] R. Giridharagopal et al., *Nano Lett.*, **12** 893 (2012) [3] J. Murawski et al., *J. Appl. Phys.*, **118**, 154302 (2015) [4] N. Chinone, et al., *Microelectronics Reliability*, **64** 566 (2016)



図 1 (a) 時間分解 SNDM の構成. (b) 電圧パルス印加時の周波数シフトの時間変化. 過渡応答成分の解析で得られた D_{tt} のエネルギー分布も併せて示した. (c) 周 波数シフト像の時間変化. (d) D_{tt} の面内分布像.