非線形誘電率顕微鏡法による低濃度ドーパントプロファイル評価

Evaluation of low dopant concentrations using scanning nonlinear dielectric microscopy

○広田 潤[1], 鷹野 正宗[1], 竹野 史郎[1], 赤堀 浩史[1], 茅根 慎通[2], 長 康雄[2]
東芝 S&S 社[1], 東北大 通研[2]
○Jun Hirota[1], Takano Masamune[1], Shiro Takeno[1], Hiroshi Akahori[1], Norimichi Chinone[2], Yasuo Cho[2]
Toshiba Semiconductor & Storage Products Company[1]. RIEC, Tohoku Univ[2].
E-mail: jun2.hirota@toshiba.co.jp

1.はじめに

MOSFET や IGBT をはじめとする Si パワーデバイスは、電源バッテリー、家電、モーターなどに利用されており、市場規模は拡大している。Super Junction-MOSFET 構造では継続的にオン抵抗の低減が進められており、オン抵抗と耐圧保持の観点から、N、P ドリフト層の詳細なキャリア分布評価が重要である。キャリア濃度は、10^{16}atoms/cm^3 以下と低く、更に数%レベルの濃度差の判別が必要であるが、この状態を詳細に解析する事は難しいのが現状であった。

我々は、走査型プローブ顕微鏡の一種である SNDM(走査型非線形誘電率顕微鏡)[1]に着目した。SNDM は印加電圧に対する試料とプローブ間の容量変化(∂C/∂V)からキャリア分布を 2 次元的に測定る方法であり、10^{-22}[F]と非常に高い容量変化感度を持つ。この高感度性を活かし、6 階までの高調波成分(∂C^n/∂V^n n=1,2・・・6)を同時に取得することも可能であり[2]、キャリア分布の濃度分解能を上げることも期待ができる。本報告では、SNDM のキャリア濃度感度のポテンシャルを調べるべく、キャリア濃度が 10^{13}atoms/cm^3 台の低濃度領域を有する N 型ウエハの断面測定を行った。測定濃度下限を調べると共に、高調波成分のデータを活用することで、微小濃度差の判別について検討した。

2.実験と解析方法

5x10^{13}atoms/cm^3～1x10^{20}atoms/cm^3 のキャリア分布を有する N 型ウエハ断面を鏡面研磨した試料を SNDM 計測に用いた。大気中で∂C^n/∂V^n の n=6 までの係数を同時に取得して、SNDM 信号とキャリア濃度の相関を調べた。また、高調波成分の信号から C-V カーブを再構成し、フラットバンドとキャリア濃度の関係を調べた。

3.結果と考察

今回計測したサンプルのキャリア濃度下限である 5x10^{13}cm^{-3} で予測通り SNDM 信号を得ることができた。容量変化の印加電圧による一次微分∂C/∂V とキャリア濃度の相関を Fig. 1 に示す。約 8 桁と非常に大きなダイナミックレンジを持っている。今回のケースでは、直流バイアス零の条件下で計測し、3x10^{15}cm^{-3} で SNDM 信号がピーク値を持ちコントラストリバーサルが起きている。次に、n=6 までの∂C^n/∂V^n 信号を使い、局所 C-V カーブを再構築した。Fig. 2 に示す。この計測時のキャリア濃度範囲は、1x10^{14}～3x10^{18}cm^{-3} とした。濃度低下に伴い、理論通りフラットバンド電圧が負側にシフトする事を確認できた。フラットバンド電圧の変化からも微小濃度差を判別することができる事が明らかになった。

N タイプ基板の場合、13 乗台キャリア濃度を SNDM で測定が可能であり、局所 C-V カーブを再構築することで、微小濃度差の判別を確からしく行うことができる。本手法は、パワーデバイスのキャリア分布評価に有効な技術である。

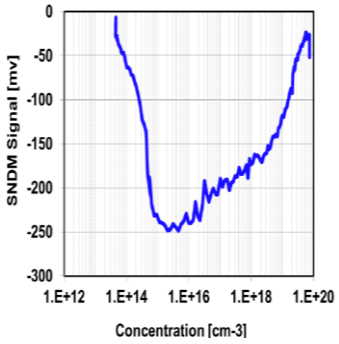

Fig. 1 キャリア濃度と SNDM 信号の関係

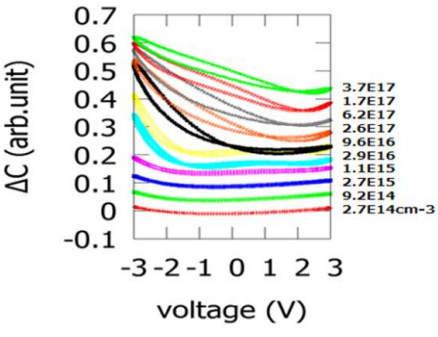

Fig. 2 再構成した局所 C-V カーブ

4.参考文献

[1]Y.Cho, et.al, Rev. Sci. Instrum.67 (1996)2297.
[2]N.Chinone, et.al, Journal of Applied Physics.116, 084509(2014)

© 2015年 応用物理学会