

走査型非線形誘電率顕微鏡法を用いた dC/dV と dC/dz 測定による キャリア濃度の定量化に関する研究

The research of quantification of carrier density by dC/dV and dC/dz measurement with Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy

劉彬, 平永良臣, 茅根慎通, 長康雄

°Liu Bin, Yoshiomi Hiranaga, Norimichi Chinone, Yasuo Cho

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

1 はじめに

走査型非線形誘電率顕微鏡 (SNDM) [1]による dC/dV 法の測定原理は、電圧に対する容量の応答から、キャリア濃度の分布を知ることである。例えば、N型の半導体の場合を考える。試料に正の電圧を印加すると、探針直下の半導体表面に空乏層ができる。空乏層の厚さが大きくなると静電容量が小さくなる関係がある。Fig.1に探針直下の静電容量 C_s の印加電圧による変化、即ち $C-V$ 曲線のキャリア濃度依存性を示す。これを見るとわかるように、正バイアスのときに濃度が濃い場合は空乏層があまり開かず原点での dC/dV は小さく。ある程度濃度が薄くなると空乏層厚さが大きく変化するため原点での dC/dV は大きくなる。しかし、更に濃度が薄くなると半導体は真性半導体に近づきほぼ誘電的に見えるため、蓄積側(この場合は負側)での静電容量が小さくなり、 dC/dV は減少する。よって原点の dC/dV はキャリア濃度に対して二価関数となり、ある濃度でピークを持つ、この現象をコントラストリバーサルと呼ぶ[2]。

以上のことより、コントラストリバーサルが起きるので、 dC/dV のみの方法からキャリア濃度を定量化することは難しいと考えられ、新しい測定方法が必要となる。

dC/dz 測定は、顕微鏡の探針とサンプルの距離を変えて、探針とサンプルの間の容量を変化させる、それをSNDMで発振周波数の変化にして検出する[3]。Fig. 1からもわかるように、原点での C_s の値はキャリア濃度の増加に対して一価関数として増加し、その結果、N型かP型か問わず、容量 C_s の距離 z に関する変化率もキャリア濃度の一価関数として変化する。

dC/dV と dC/dz の測定結果を合わせて分析すると、キャリアの種類と濃度の定量化は可能になる。今回は二つ方法で、階段状サンプルを測定する。

2 実験結果と考察

濃度が違う六層から成る階段状サンプル(キャリア濃度がサンプルの右の表面から 10^{16} atoms/cc から 10^{19} atoms/cc まで)をSNDMで dC/dV と dC/dz の両方を測定した。Fig.2は dC/dV と dC/dz 測定したデータとキャリア濃度の関係である。 dC/dV の測定条件は印加電圧 0.5 V_{pp}、周波数 30 kHz であった。原理通り dC/dV 信号は、 10^{17} atoms/cc のあたりで最大値を持ち、キャリア濃度に関して二価関数になっており、コントラストリバーサルが起きていることがわかる。

一方、 dC/dz 信号はキャリア濃度が大きくなると、単調に増加しており、予想通りキャリア濃度に対して一価関数となり、コントラストリバーサルは起きていない。

以上のことより dC/dV 信号からPNの極性が dC/dz からキャリア濃度の定量が行え、SNDMはこの両者を同時に計測できるため、誤判断することなくキャリア濃度プロファイルが計測できることが示された。

参考文献

- [1] Y. Cho, A. Kirihaara, and T. Saeki: Rev. Sci. Instrum. **67**, 2297 (1996).
- [2] R. Stephenson *et al.*: Appl. Phys. Lett., **73**, 2597 (1998).
- [3] 平永良臣ら：第 76 回応用物理学会秋季学術講演会 16a-2L-5.

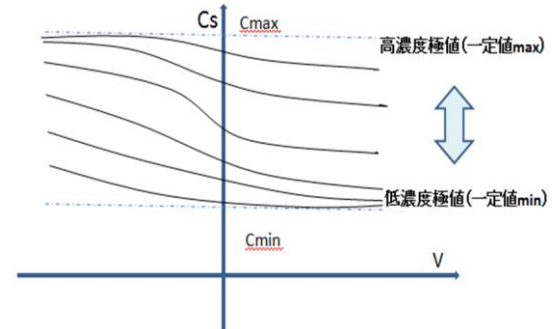


Fig. 1: The dependence of density of CV-curve and the relationship between dC/dV and C_s at the origin

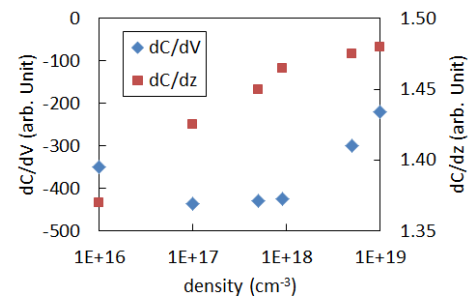


Fig. 2: Result of the dC/dV and dC/dz measurement