

半導体中の欠陥(深い準位)を高感度に検出する フォトキャパシタンス測定

Keyword: 半導体結晶評価、深い準位、deep level、フォトキャパシタンス測定、PHCAP

半導体結晶中の極微量の結晶欠陥や不純物は、半導体デバイスの性能、特性を定め、あるいは製品歩留り、信頼性を左右します。フォトキャパシタンス測定(PHCAP)は、このような極微量の結晶欠陥や不純物による深い順位を高感度かつ定量的に検出します。

原理は図1(a)に示すように、空乏層中に存在する欠陥が作る深い準位(DeepLevel)を、深い準位に相当するエネルギー値を持つ単色光でイオン化あるいは中性化し、その波長からエネルギー値、その時の空乏層のキャパシタンス変化から欠陥密度を正確に検出します。

図1(b)は金(Au)を故意に拡散したシリコンを対象としたフォトキャパシタンススペクトルの典型的な例であり、横軸: 単色光の波長からの準位エネルギー、縦軸: 準位密度を求めています。深い準位密度は、ドーパント濃度との相対比として求まるので、原理的には、例えば 10^{15}cm^{-3} 程度のドーパント濃度試料であれば、 10^{10}cm^{-3} 以下の検出感度が得られ、非破壊検査であるフォトキャパシタンス測定法の検出感度は、破壊検査となるICP-MSに匹敵します。(図2)

近年、発光ダイオード(LED)や半導体レーザーなどの発光デバイス、更にはモータードライブなどに使われる電力用半導体デバイスは半導体材料のワイドバンドギャップ化が進んでおり、これらは深い準位のエネルギー値も大きくなるので、熱励起に依らない光エネルギー励起を用いる本方法は新たな評価手法として最適です。

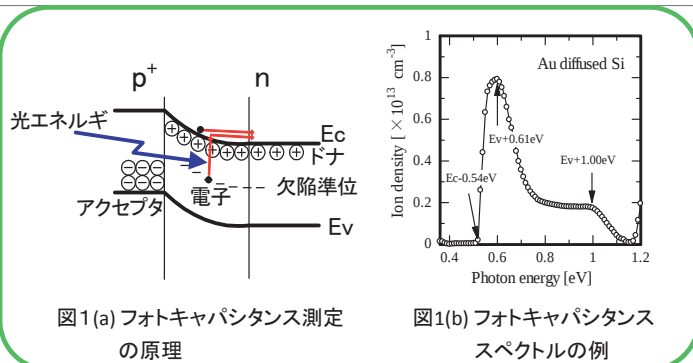


図1(a) フォトキャパシタンス測定の原理

図1(b) フォトキャパシタンススペクトルの例

研究の概要

材料・ナノテク

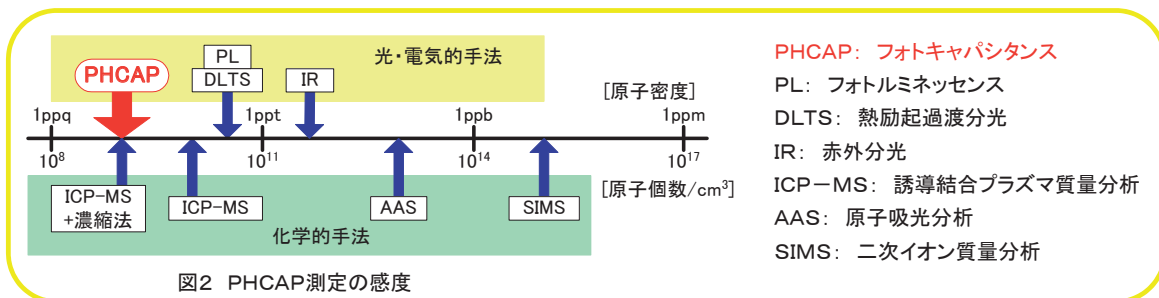


図2 PHCAP測定の感度

フォトキャパシタンス測定装置開発、実用化のための、深い準位測定の受託研究、共同研究の連携を求めます。

・特筆すべき研究ポイント:

- 「一定容量法測定」オプションによって、より定量性に優れるとともに、深い準位の空間分布の測定も可能
- 現有の測定器の深い準位の測定範囲: エネルギー値0.2eV~4eV、感度(実績値): $10^{12}\text{cm}^{-3} \sim 10^{16}\text{cm}^{-3}$

・従来技術との差別化要素・優位性:

- 深い準位のイオン化(励起)には熱エネルギーを用いて、その時の過渡的容量変化を観測する手法(DLTS等)が用いられています。エネルギー帯域幅が広く精密制御できる光エネルギーを用いてバンドギャップのほぼ全帯域幅をカバーし、また定常状態の容量変化を測定することにより精密な欠陥密度を計測できます。

アピールポイント

■ 技術相談に応じられる関連分野

- ・ 半導体結晶中の欠陥検出と測定技術
- ・ 半導体結晶の電気的特性の評価技術
- ・ 半導体プロセスの不良解析

■ その他の研究紹介

- ・ テラヘルツ波の発生と応用に関する研究
- ・ 有機分子の単結晶成長に関する研究
- ・ 分子振動の帰属解明方法に関する研究



佐々木 哲朗

電子工学研究所
特任教授