

Al/CaF₂/Si MIS 構造のトンネル電流評価

Tunneling current measurement of Al/CaF₂/Si MIS structures

東工大院総理工 °須田慶太、傳田純也、桑田友哉、越田悠太、渡辺正裕

Tokyo Institute of Technology °K. Suda, J. Denda, Y. Kuwata, Y. Koshita and M. Watanabe

E-mail: suda.k.ae@m.titech.ac.jp

【はじめに】シリコン(Si)/フッ化カルシウム(CaF₂)ヘテロ構造は界面における伝導帯バンド不連続 ΔE_C が 2.3[eV]と大きく、Si 基板上にエピタキシャル成長可能なため、Si-LSIと集積可能な量子構造デバイスの構成材料として有望である。絶縁体 CaF₂に期待される役割の一つに、トンネル系デバイスの障壁材料としての役割があるが、その電流電圧特性の設計解析に用いる物性値、特に、有効質量 m^* 及び、他の構成材料である Si, Al 等との間の伝導帯バンド不連続 ΔE_C の文献値は、厚膜を対象とした XPS 測定に基づいた測定値 [1]や、走査トンネルプローブを用いた真空界面における測定値[2]などを便宜的に流用してきた。しかし、将来の機能デバイス設計に際しては、数原子層程度まで薄膜化し、かつ、異種材料界面を含むトンネル接合を構成した状況での電流電圧特性により評価した値を用いることが不可欠となる[3]。そこで今回、Al/CaF₂/Si MIS 構造素子を作製し、 m^* および ΔE_C の抽出を試みたので報告する。

【素子作製】今回試作した素子構造を Fig. 1 の挿入図に示す。n-Si(111) 0.1° off 基板 ($\rho < 4[m\Omega cm]$)を SC-1,SC-2 洗浄後、厚さ 80[nm]の熱酸化膜を形成し、ウェットエッチングにより $2\mu m\phi$ の窓を形成した後、保護酸化膜を形成、分子線エピタキシー装置内に搬入し保護酸化膜除去後、CaF₂($d=0.93, 1.55[nm]$)を基板温度 80°Cで成長した。その後、Al/Au 電極をリフトオフにより形成して素子完成となる。

【結果と考察】トンネル電流の理論解析には、トランスファーマトリックス法と Esaki-Tsu の式を用い、CaF₂の有効質量 m_{CaF_2} 及び、Si と CaF₂のバンド不連続 ΔE_C をパラメータとした。測定と理論解析の結果を Fig. 2 に示す。膜厚 $d=0.93[nm]$ の試料に関して、 $m_{CaF_2}=1.0m_0$ 、 $\Delta E_C=1.24[eV]$ 、 $d=1.55[nm]$ の試料に関して、 $m_{CaF_2}=0.7m_0$ 、 $\Delta E_C=1.5[eV]$ で実験結果を良好に再現した。抽出したパラメータを、Fig. 3 に示す。これらの結果から、今回の膜厚範囲と用いた解析モデルでは、 m_{CaF_2} 、 ΔE_C の値は、膜厚に依存する可能性が示唆された。

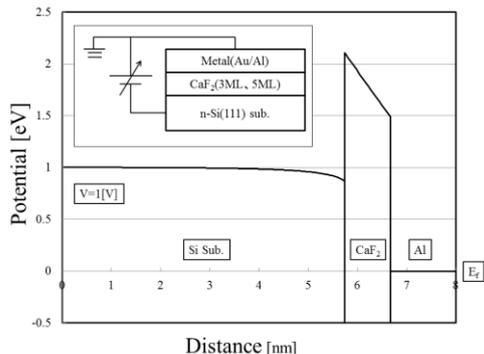


Fig. 1 ポテンシャル構造 (d=0.93[nm])

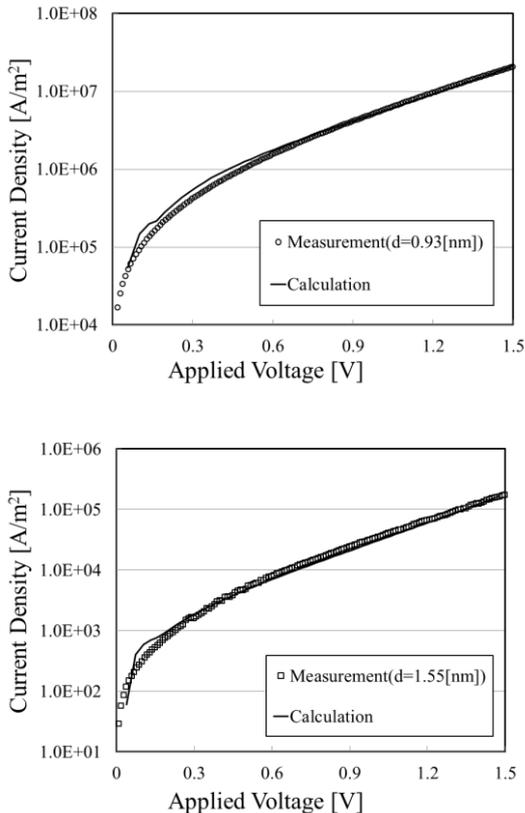


Fig. 2 電流電圧特性(室温)

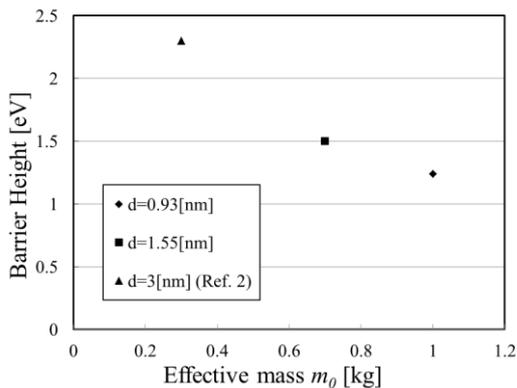


Fig. 3 抽出したパラメータ

【参考文献】

- [1] A. Izumi *et al.* Appl. Phys. Lett. **67**, 2792 (1995)
- [2] Bingyang Zhang *et al.* Jpn. J. Appl. Phys. **38**, 4887 (1999)
- [3] 須田他、2013年度秋季第74回C 応用物理学会 19p-P94