

Ni 添加 KTaO_3 結晶における巨大誘電応答(Ⅲ)Giant Dielectric Response in Ni-doped KTaO_3 (Ⅲ)

島根大 教育 ○塚田真也, 秋重幸邦

Shimane Univ. Shinya Tsukada, Yukikuni Akishige

E-mail: tsukada@edu.shimane-u.ac.jp

電子機器の高性能化や蓄電技術の必要性が高まるにつれて、高誘電率・低損失かつ優れた温度安定性を持つ誘電体材料が求められている。現在の誘電体材料には BaTiO_3 をベースとした積層セラミックスコンデンサが使われているが、薄膜化・多層化は限界にきている。

最近、黒色の Ni 添加 KTaO_3 結晶において Ag 電極を焼き付けた場合、室温で(見かけの)誘電率が 10 万以上・誘電損失が 0.01 程度かつ優れた温度安定性を持つ誘電特性が実現された[1]。巨大誘電応答を示す次世代の材料候補として、 $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ や酸素欠損型六方晶 BaTiO_3 が報告されているが[2, 3], Ni 添加 KTaO_3 結晶はそれらよりも温度や周波数安定性に優れている。これらの大きな誘電応答の機構は従来の BaTiO_3 系材料と異なり、強誘電性相転移に関連せず界面の効果であることが分かっている[4]。実際、この高誘電率・低損失を有する黒色の Ni 添加 KTaO_3 結晶の誘電性も電極や厚みによって変化するので、試料と電極の仕事関数の差から non-ohmic な接合が実現し、エネルギー障壁が界面に生じた結果大きな誘電応答が得られたと解釈している[1, 5]。薄膜化・多層化による電気容量の増大は限界に来ており、Ni 添加 KTaO_3 結晶の誘電性を明らかにすることは材料設計の新たな指針を得るためにも重要である。本発表では、この大きな誘電応答の鍵となるエネルギー障壁を評価するために行った電流-電圧測定の結果を報告する。

Ni 添加 KTaO_3 結晶は、 K_2CO_3 のセルフフラックス法により育成した。キャリアの量を変化させるために NiO を 0.2 mol%, 1 mol%, 5 mol% 添加した。透明・緑色・黒色の結晶が得られ、NiO 添加量が増える毎に黒色の部分が増えた。その中で、1 mol% 添加した黒色の結晶に対して FIG. 1 にあるように電極を付けてピコアンペアメータを用いて電流-電圧特性を測定した。仕事関数の小さな Ga-In と試料の界面はオーム接触し、Ag との界面は非オーム接触をするため、片側のみ Ag 電極を使用することで誘電応答に関係するエネルギー障壁を評価することができる。

FIGURE 1 に温度を変化をさせて測定した電流-電圧特性を載せる。電圧を印加する方向によって振る舞いが異なっており、ダイオードが形成されていることが分かる。プラス側の振る舞いがエネルギー障壁の大きさを反映し、マイナス側はエネルギー障壁のトンネリングを反映している。温度が大きいほど電気抵抗が大きく、ダイオードの耐電圧が大きくなることが FIG. 1 より分かる。エネルギー障壁やダイオードの直列抵抗、どれくらい理想的な接触になっているのかを評価し、それらの温度依存性を説明できるモデルについて検討した。

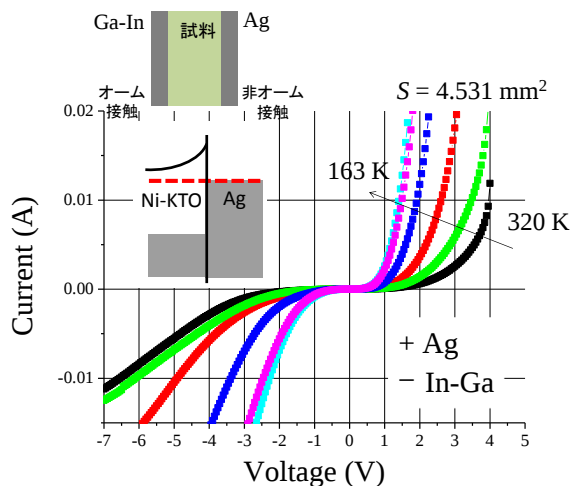


FIG. 1. Current-voltage characteristics of 1.0-mol%-Ni-doped KTaO_3 crystals (KT:1%Ni) with Ag and Ga-In electrodes at six temperatures. The geometry of KT:1%Ni and electrodes is shown in the inset. An ohmic contact is formed at the interface between Ga-In and KT:1%Ni, while a non-ohmic contact is formed at Ag and KT:1%Ni, leading to the asymmetric current-voltage characteristics.

ACKNOWLEDGEMENT

本研究は、科研費(23740241)と中国電力技術研究財団の助成を受けた。

REFERENCES

- [1] S. Tsukada, *et.al.*: Appl. Phys. Lett. **99**, 082902 (2011).
- [2] C.C. Homes, *et.al.*: Science **293**, 673 (2001).
- [3] J. Yu, *et.al.*: Chem. Mater. **16**, 3973 (2004).
- [4] M.C. Ferrarelli, *et.al.*: J. Mater. Chem. **19**, 5916 (2009).
- [5] S. Tsukada and Y. Akishige: Jpn. J. Appl. Phys. **51**, 09LC01 (2012).