

巨大誘電率ペロフスカイト結晶 $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ の Cd 置換効果

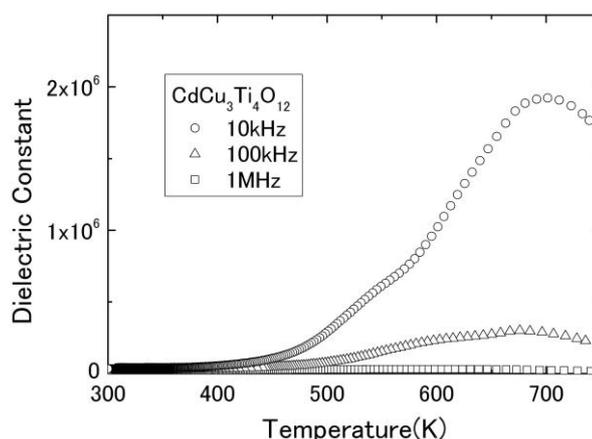
固体物性Ⅱ研究室 田代貴美

一般的に誘電率が7より大きいものは高誘電物質といわれる。強誘電体はその相転移に関連し、誘電率が1000より大きい値を示す。誘電体はコンデンサ材料に応用されていて、高い誘電率を持つ物質であれば、デバイスを小型化、高品質化できるため高誘電率物質は多くの研究者によって研究されている。例えば、コンピュータのメモリ素子であるDRAMは、Siを酸化して得られる SiO_2 コンデンサーに電荷がある(1)か、無いか(0)で記憶するので、より良い高速メモリのために誘電率の大きな材料が研究されている。中でもペロフスカイト型酸化物は高い誘電率を示すことでよく知られている。ペロフスカイト型酸化物とは一般的に ABO_3 という結晶構造を持ち、強磁性、強誘電性や超伝導性を示す興味深い物質群である。このペロフスカイト型酸化物の一つに $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ (CCTO)がある。この物質は1967年Raveauらにより高温超伝導物質の探索中に合成されたもので、1979年Bochuらによってその結晶構造が報告されている[1]。CCTOの結晶構造は室温で立方晶、空間群が $\text{Im}\bar{3}$ 、格子定数が $a=7.391\text{ \AA}$ である。また、2000年アメリカDufoint社のSubramanianらによって誘電率が測定され、室温から広い温度幅で 10^4 という巨大な値を示すことを発見した[2]。一般に強誘電体の誘電率はCurie-Weiss則に従って温度依存する。そのため室温付近で大きな誘電率をもち、温度依存が小さいものは応用するにあたり理想的なものといえる。しかしながら、CCTOはこれまで強誘電性を示す事は確認されておらず、誘電特性は従来のペロフスカイト型強誘電体とは非常に異なっている。巨大誘電応答のメカニズムについては多くの説が提案されているが、未だ定説は得られていない。

$\text{ACu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ 物質群の誘電特性をみると[2]、 $A=\text{Cd}$ や La は約400と2桁小さく、もしこれが本当であるなら、巨大誘電応答の物理が変わっている可能性がある。このことからAサイト原子の役割について興味を持たれる。さらに、Cd結晶は $\epsilon=409$ という報告[2]と $\epsilon\sim 9\times 10^3$ という相反する報告[3]があり、再吟味する必要がある。

そこでAサイトのイオンに対して、Cdイオンをドーピングした試料を作製し、50K~750Kまでの誘電率を測定し、基礎的データをきちんと得ることを第一の目標とした。

右図は $\text{CdCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ の300K~750Kの温度領域における誘電率の温度依存性である。



References

- [1] B. Bochu *et al.*, *J. Solid State Chem.*, **29** (1979) 291.
- [2] M. A. Subramanian *et al.*, *J. Solid State Chem.*, **151** (2000) 323
- [3] R. Zuo *et al.*, *Solid State Commun.*, **138** (2006) 91.