

機能性に優れた窒化物および酸窒化物の開発

北海道大学 大学院工学研究院 特任教授

吉川 信一

(お問い合わせ先) E-MAIL: kikkawa@eng.hokudai.ac.jp



研究の背景

わが国が世界をリードする誘電体や磁性体などの電子セラミックスは、携帯電話、パソコン、自動車などで無数に利用されています。これらの材料としてこれまでは金属酸化物が用いられ、様々な高機能化が図られてきました。しかし、例えば誘電体の容量は、酸化物材料の厚みをマイクロメートル程度まで薄くして積み重ねた積層コンデンサーにより、極限まで高容量化されました。

さらなる高容量化を目指すためには、大きな誘電率をもつ新たな化合物を発見することが重要です。また、従来の酸化物誘電体では有害な鉛を成分元素とする場合が多く、環境保全の観点から非鉛誘電体が求められています。周期表で酸素に隣接する元素である窒素からなる金属窒化物や酸窒化物は、新たな高機能電子セラミック材料として大きな期待がもたれています。

研究の成果

私たちは、酸窒化物ペロブスカイトであるSrTaO₂NやBaTaO₂Nの高密度焼結に成功し、圧電応答顕微鏡によって分極パターンに見合った変位パターンを観察して、強誘電体であることを世界で初めて確認しました(図1)。また、中性子回折法によって結晶構造を解析し、窒化物イオンはTa⁵⁺イオンの周りにシス型配位して局所的に極性をもつTa₄N₂八面体を形成していることを明らかにしました。電子セラミックスの優れた機能性を、幾何異性によって発現することに先鞭をつけた研究です。

また、α-Fe微粉をアンモニア気流中200℃以下の低温で窒化すると、Fe₁₆N₂からわずかに変位した結晶構造をもつ窒化鉄が部分的に生成し、磁化が10%ほど大きな磁性体になることも発見しました。さらに、チタン

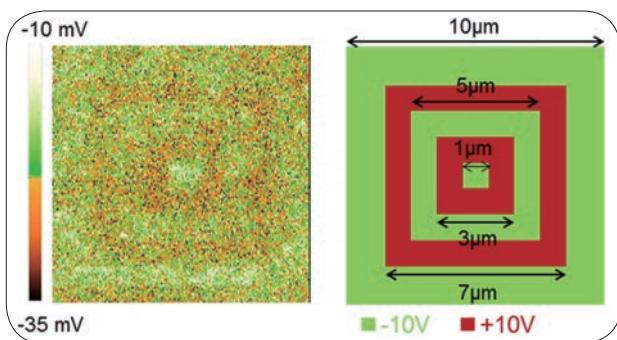


図1 酸窒化物誘電体SrTaO₂N高密度焼結体における圧電応答顕微鏡像

とケイ素の複合ターゲットを、窒素雰囲気中で高周波スパッタして析出した薄膜は、酸窒化物に特有な薄黄色から褐色を呈しました(図2)。これらを800℃以上でポストアニールすると、TiNナノ粒子が析出して緑~紺色を呈するプラズモン共鳴が見られました。

今後の展望

これらの新しい金属窒化物および酸窒化物は、無機材料化学や固体化学に新たな学問領域を拓きました。すでに民間企業でもこうした新素材に対する関心が高まっており、30年ほど前の新素材ブームが再来する先駆けと期待しています。さらに、私たちは様々な元素の組み合わせや微細組織を制御して、機能性を発現する新しい材料化学が展開するとともに、その成果が産業応用されるように後押ししたいと考えています。

関連する科研費

2007-2008年度 基盤研究(B)「ゲル化窒化法による金属酸窒化物の形成と機能発現」

2009-2011年度 基盤研究(A)「ゲル化窒化法による複金属酸窒化物系高温超伝導体の創出」

2010-2011年度 特定領域研究「格子不整の結晶化学による機能性酸窒化物の創製」

2012-2014年度 基盤研究(A)「巨大誘電率をもつ酸窒化物ペロブスカイトにおける機能化プロセス」

y	as-depo	800℃	900℃
0.78			
0.67			
0.52			
0.38			

図2 Ti_{1-y}Si_y(O, N)酸窒化物薄膜における組成およびアニールによる幅広い色調変化