

(637) 融体超急冷技術のセラミックスへの応用

依頼講演

名古屋工業技術試験所 ○鳥居保良

最近、融体超急冷法による新しいガラスの合成に高い関心が寄せられている。この技術は、名が示す如く材料を熔融し、これを極めて速い冷却速度で薄膜状に急冷凝固させるもので、元来はアモルファス金属を作るために開発された。セラミックスの分野では古来よりアモルファス材料の代表とも言えるガラスが良く知られているが、この技術を適用すると、これまでガラスになると思われない酸化物もガラスになることがわかり、当初はガラス形成論の立場から極めて興味が持たれた。

1977年に LiNbO_3 のアモルファス薄膜が作成され、アモルファス状態でも強誘電体になり得ることが示され、大きな反響を呼んだ。これが発端となって超急冷セラミックスの研究は急速に活発となった。しかし、セラミックスは一般に高融点材料であり、実験に技術的困難を伴うことが多く、また物性測定に適した膜厚均一な薄膜試料が金属のようには得られにくく、超急冷装置にたいしても多くの工夫がこられ、特に加熱溶解部分についてはいろいろと提案がなされてきた。

これまでの材料科学は主に結晶物理学を基礎にして展開され、各種の機能性新材料が精力的に開発されてきたが、アモルファス材料に高機能性を付与する手本は殆どなく、それをいかに見つけて活用することがアモルファス材料開発の鍵である。Table 1 は融体超急冷法によって得られたアモルファスセラミック材料の代表例を示す。現在ではただ単にアモルファス固体を作るという段階の域を脱却して、電気伝導性、磁性、誘電性など物性論的にも興味深い課題を対象にして研究されるようになり、今後の発展が楽しみな分野になりつつある。しかし、その研究手法は結晶質材料のように確立されてないので、アモルファス材料の性質がその構造とどのような関係にあるのかを地道に把握することが当面の重要な課題である。また、アモルファス材料の開発とは別の方向で、配向性多結晶膜化、準安定結晶相の生成、超急冷ガラスからの形状異方性微結晶の析出などの諸現象が見出され、高機能性結晶質材料を開発するニュープロセス技術としても発展する可能性もある。融体超急冷の研究はまだ未熟な段階であるが、当所で行われてきた研究を中心にして以下の構成で述べる。

- (1) 融体超急冷装置の試作 (2) アモルファス化の条件 (3) アモルファス材料の特徴
(4) 新しいアモルファス材料 (5) 融体超急冷技術の新しい応用

Table 1. Rapidly-quenched amorphous films

composition	characterization
$\text{Li}_2\text{O}-\text{M}_2\text{O}_3$ system ($\text{M}=\text{Al}, \text{Ga}, \text{Bi}$)	ionic conduction
$(\text{Li}, \text{Na}, \text{K})(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_3$	glass formation, crystallization process
LiNbO_3 , LiTaO_3	ferroelectricity
PbTiO_3 , $\text{PbO}-\text{TiO}_2$ system	dielectric constant, crystallization process
$\text{Li}_2\text{O}-\text{BaO}-\text{Nb}_2\text{O}_5$ system	ionic conduction, glass structure
$\text{R}_2\text{O}-\text{WO}_3$ and $\text{R}_2\text{O}-\text{MoO}_3$ systems ($\text{R}=\text{alkali}$)	ionic conduction, electrochromism
$\text{Fe}_3\text{O}_4-\text{P}_2\text{O}_5$ and $\text{Fe}_3\text{O}_4-\text{Bi}_2\text{O}_3$ systems	ferromagnetism, ir-transmission
$\text{BiFeO}_3-\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ system	ferromagnetism
$\text{V}_2\text{O}_5-\text{Nb}_2\text{O}_5-\text{Li}_2\text{O}$ system	humidity sensitivity, ir-spectra
$\text{V}_2\text{O}_5-\text{ZnO}$ system	electronic conduction, glass structure
$\text{Pb}_5\text{Ge}_3\text{O}_{11}$	pyroelectricity
$\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ system	crystallization process, grain-orientation
$\text{YF}_3-\text{BaF}_2-\text{ZnF}_2$ system	ir-transmission