

$R_2O-MO-SiO_2$ 系统玻璃的力学性质

张永明

摘要: 本文系统地研究了 $R_2O-MO-SiO_2$ 系统玻璃的 α 、 β 、 E 、 G 、 μ 等性质随组成变化的规律。并研究了 $Na_2O-BaO-SiO_2$ 、 $Na_2O-ZnO-SiO_2$ 、 $K_2O-PbO-SiO_2$ 系统玻璃的高温剪切模量。用DSC-7, X-ray衍射方法研究了该系统玻璃的析晶性能。用Raman光谱讨论了该系统玻璃的结构, 并讨论了结构与性质的关系。

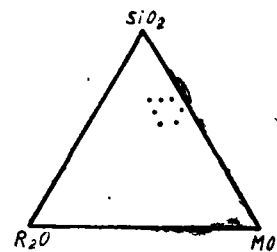
一、引言

迄今为止, Na^+ 、 K^+ 、 Ba^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 等离子对硅酸盐系统玻璃力学性质影响的研究报导较少。1982年里委茨报导了 $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$ 系统玻璃的声弹性^[1]; 1986年曾我直弘报导了铅硅酸盐玻璃的弹性模量随组成变化的规律^[2]。本文重点对 $R_2O-MO-SiO_2$ 系统玻璃的力学性质及剪切模量与温度的依从性进行了研究, 为研制力学性能好、延迟时间温度系数小的延迟线玻璃提供了依据。

二、实验工作

实验玻璃配方组成的选点见三元相图、成分见下表。

成分 \ 含量mol%	03	04	05	23	24	13	14
R_2O	5	10	15	15	15	5	10
MO	30	25	20	25	30	35	35
SiO_2	65	65	65	60	55	60	55



玻璃炉料选用化学纯原料。含 PbO 玻璃采用莫来石坩埚熔制, 熔化温度为 $1300^{\circ}C \sim 1400^{\circ}C$, 其余玻璃用铂金坩埚熔制。玻璃搅拌均匀后出炉浇注成型为方块。送入马弗炉内, 按系统分别在相同的热处理条件下进行精密退火。玻璃冷却后加工成 $\phi 5 \times 50mm$ 、 $\phi 5 \times 35mm$ 及 $3 \times 3 \times 21mm$ 尺寸的样品, 分别测定有关性质。本工作采用RP-2型自动膨胀仪测定玻璃膨胀系数($20^{\circ}C \sim 400^{\circ}C$, 误差为1%)。测定玻璃的弹性模量用复合共振法(误差为1%)。用排液失重法

注: 本文作者的导师为王世焯, 辅助导师为李玉林

及比重瓶法测定玻璃的密度。

三、实验结果

实验结果指出：在 $xR_2O - (0.35 - x)MO - 0.65SiO_2$ 系统玻璃中 (R 为 K, Na)。当 MO 为 BaO 时，随 x 增加，玻璃密度，超声波速度及弹性模量减少，热膨胀系数增加；当 MO 为 ZnO 时，随 x 增加，玻璃密度、弹性模量及超声波速度减小，热膨胀系数增加；当 MO 为 PbO 时，随 x 增加，玻璃密度、超声波速度及弹性模量减小，热膨胀系数增加。

在 $0.15R_2O - (0.20 + x)MO - (0.65 - x)SiO_2$ 系统玻璃中，当 MO 为 BaO 时，随 x 增加，玻璃密度，弹性模量及热膨胀系数增大，超声波速度减小，当 MO 为 ZnO 时，随 x 增加，玻璃密度及弹性模量增大，热膨胀系数及超声波速度减小；当 MO 为 PbO 时，随 x 增加，密度增大，弹性模量及超声波速度的变化均较小。

测定 $0.15R_2O - (0.20 + x)BaO - (0.65 - x)SiO_2$ 系统玻璃的剪切模量随温度变化的结果表明：随温度升高，剪切模量减小，在 $100^\circ C$ 以下呈直线型；

对 $0.15R_2O - (0.20 + x)ZnO - (0.65 - x)SiO_2$ 系统的测定结果表明，升高温度，剪切模量减小，在 $100^\circ C$ 以下基本呈直线型；⁽³⁾

在 $0.15R_2O - (0.20 + x)PbO - (0.65 - x)SiO_2$ 系统中，测定结果也相似。即升高温度，剪切模量减小，在 $100^\circ C$ 以下呈直线型，在 $100^\circ C \sim 150^\circ C$ 呈二次曲线型。将该系统玻璃的剪切模量随温度变化用二次曲线（抛物线）模拟⁽⁴⁾，在 $IBM-PC$ 上进行处理，采用 5 点平滑的方法，得到了效果较好的 dG/dT 随 T 变化曲线。从而可以按公式 $-\frac{1}{\tau} \frac{d\tau}{dT} = -\frac{1}{2} \left(\alpha + \frac{1}{G} \frac{dG}{dT} \right)$ 计算延迟时间温度系数。式中 $\tau = \frac{l}{v}$ ， τ 为延迟时间， α 为膨胀系数， G 为剪切模量。

$\frac{d\tau}{dT}$ 为延迟时间温度系数。

四、结 论

(1) 本工作系统地研究了 $R_2O-MO-SiO_2$ 系统玻璃的力学性质随组成变化的规律。测定了 $Na_2O-BaO-SiO_2$ ， $Na_2O-ZnO-SiO_2$ ， $K_2O-PbO-SiO_2$ 三个系统玻璃剪切模量与温度的关系。研究结果对研制延迟线玻璃有指导意义。

(2) 含 PbO 玻璃系统剪切模量随温度升高的变化 ($1000 \sim 2000 kg/cm^2$) 比含 BaO ($5000 \sim 7000 kg/cm^2$) 及含 ZnO 玻璃 ($6000 \sim 7000 kg/cm^2$) 小，适合于作延迟线玻璃的基质玻璃。

参 考 文 献

- [1] Лившиц физика и Химия Стекла 1982 8 (6) 688—693
- [2] 護, 曾我直弘; 窯業協会誌 1986 94 (10) 1041—1047
- [3] 千福喜; 〈光学玻璃〉 P84. P119.
- [4] 南京大学编; 〈数值逼近方法〉 P91—95

Mechanical Properties and Structure of the
Glasses in $R_2O-MO-SiO_2$ System

Zhang Yong ming

This paper describes the mechanical properties of glasses in $R_2O-MO-SiO_2$ system ($R: Na, K, M: Zn, Ba, PbO$) and the shear modulus with temperature. The crystalline tendency of these glasses has been studied by DSC and X-ray diffraction methods. The present paper also reports the Raman spectra of these glasses and discusses the structure of these glasses.