

PbI₂-PbCl₂-KCl 系统玻璃的形成及其析晶行为研究*

金政武 程继健

(华东理工大学无机材料系 200237 上海)

摘 要

本文从阳离子的配位数、化学键的特性等角度出发,探讨了 PbI₂-PbCl₂-KCl 三元系统的玻璃形成特性,并以 DSC、SEM 和 XRD 等为手段研究了组成为 50PbI₂·30PbCl₂·20KCl(mol%) 的玻璃的析晶行为。析晶动力学研究表明,所得玻璃的高、低温相变机理彼此不同。所得玻璃的析晶活化能接近于较稳定的氟锑酸盐玻璃,因此在析晶温度下表现出了较慢的析晶速率。通过适当的热处理,可以获得红外透过性能与原始玻璃一致的微晶玻璃,这种微晶化可大幅度地提高玻璃的显微硬度。加之,所得玻璃本身就具有良好的化学稳定性和优良的红外透过性能,因此有望以所得三元系统为基础,开发出一类具有实用价值的透红外玻璃材料。

关键词 非氟卤化物玻璃,透红外材料,玻璃制备,玻璃形成行为,晶化机理,力学性能,透红外性能

1 引言

作为一类新型的无机玻璃材料,近年来卤化物玻璃受到了人们广泛的关注。卤化物玻璃的研究在科学和技术方面均具有重要的意义。科学上的意义主要体现在卤化物玻璃具有不同于传统氧化物玻璃的独特的玻璃结构,从技术角度看,卤化物玻璃具有良好的红外透过性能,因而有可能取代石英光纤而成为新一代红外光通讯和能量传输材料。卤化物玻璃中的非氟卤化物玻璃具有更长的红外截止波长,如溴化铟玻璃的红外截止波长就可达 20 μm 以上^[1]。因此,非氟卤化物玻璃是一类潜在的超低损耗光纤材料,同时也可用于传输 CO 和 CO₂ 激光。广泛而深入地研究非氟卤化物玻璃始于八十年代初,但人们尚未获得具有实用前景的玻璃。对这类玻璃的研究目前还只停留在实验室探索阶段。

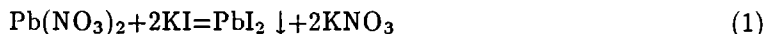
从实际应用的角度来看,非氟卤化物玻璃具有化学稳定性较差和 T_g 温度较低等缺点。此外,此类玻璃中的阴离子来自元素周期表中电负性最大的第七主族,故这类玻璃的化学键中含有较多的离子键性成份,因而具有很强的形成晶体的倾向,导致此类玻璃极易析晶。玻璃中析出的晶粒会对其红外透过性能产生严重的影响。为了使玻璃能够得到实际应用,就必须弱化其析晶倾向,或者是对其析晶过程加以控制。这就要深入研究非氟卤化物玻璃的晶化机理。显然,这种研究在理论和实践上均具有重要的意义。但是迄今为止尚未见这方面的研究报道。基于此,本文研究了所得玻璃的析晶行为,以期获得具有实用前景的非氟卤化物玻璃。

2 实验

2.1 玻璃样品的制备

* 1995 年 7 月 24 日收到初稿, 10 月 9 日收到修改稿
国家自然科学基金资助项目

本文所用的 PbCl_2 和 KCl 均为市售的分析纯试剂. PbI_2 则通过如下的化学反应合成:



上述反应中的 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 和 KI 亦为市售的分析纯试剂. 所用玻璃原料均要在真空干燥器内作去水处理, 然后在遮光条件下保存于干燥器内备用.

原料的称量、研磨和混合均在充有干燥氮气的手套箱内完成. 每次称取 2g 混合料, 在玛瑙研钵内经仔细地研磨和混合后, 用加盖的石英坩埚在电阻炉内进行熔制. 熔制温度在 500°C 左右, 熔制时间约为 20min. 为了防止熔制过程中的氧化, 炉内放置适量的碳粉并通高纯氮气. 为了提高冷却速率, 熔制完了之后的熔体要在两块不锈钢钢板之间冷却. 最终得到的是片状的玻璃样品. 为了防止玻璃被大气中的水份所侵蚀, 须将所得玻璃立即放入盛有汽油的称量瓶内, 然后放入干燥器内于遮光条件下保存, 以备测试.

热处理样品是通过将置于密闭的称量瓶内的玻璃样品在烘箱内进行热处理而得到的.

2.2 测试

DSC 曲线是在美国产 Dupont-1090B 型热分析仪上获得的. 每次称取 10mg 左右的片状玻璃样品, 参比物质为 Al_2O_3 . 为了防止样品在升温过程中氧化, 整个测试过程均在氮气保持下进行.

SEM 照片是在英国产 CAMBRIDGE S-250 型扫描电镜上获得的.

X 射线衍射谱是用日本产 rigaku D/MAX-RB 型衍射仪、于片状样品上获得的, 测试时使用了 $\text{CuK}\alpha$ 谱线.

红外透过曲线是用美国产 Nicolet FT-IR 20SX 型红外光谱仪测得的. 分辨率为 4cm^{-1} , 测试范围为 $4000\sim 400\text{cm}^{-1}$, 扫描次数为 32 次. 测试时采用了片状玻璃样品整个测试过程在氮气保护下进行.

样品的显微硬度用 Micromet- II 型显微硬度仪测定.

玻璃的相变热 ΔH 是通过热分析仪内部的程序直接从 DSC 曲线上获得的.

3 结果与讨论

3.1 PbI_2 - PbCl_2 - KCl 三元系统的玻璃形成区

所得玻璃形成区示于图 1. 此形成区是通过对所获得样品进行肉眼观察并辅以 X 射线衍射法加以验证而确定的. 对形成区边缘的组成点, 均进行了三次以上的重复实验.

所得片状玻璃的厚度一般介于 $0.3\sim 0.4\text{mm}$ 之间. PbI_2 单组份玻璃是棕红色的, 而大部分玻璃的颜色则呈黄色. 玻璃的颜色会因 PbI_2 含量的增加而逐渐加深至棕黄色, 当 PbCl_2 的含量增加时, 其颜色又会逐渐变浅而呈淡黄色.

所得三元系统表现出了较好的玻璃形成能力, 其中的个别组成在自然冷却时也可获得厚达 1mm 以上的玻璃. 同时, 所得玻璃也表现出了良好的化学稳定性, 通常可在大气中放置数周乃至数月而无明显的被侵蚀迹象. 个别玻璃, 特别是组成点位于形成区边缘的玻璃, 表现出了较强的析晶倾向. 在常温下保存数月之后, 就会因自发析晶而失透. 有些玻璃则可在常温下保存一年以上而不出现类似的自发析晶现象.

由图 1 可知, PbI_2 可以单独形成玻璃, 而 PbCl_2 则既不能单独形成玻璃, 也不能与 KCl 一起生成二组份玻璃. 说明 PbI_2 的玻璃形成能力优于 PbCl_2 . 玻璃态的生成规律只有从物质内部化学键的特性、质点的排列和几何构型出发才能得到根本的解释. 在晶态的 PbI_2 中, Pb^{2+} 与 6 个 I^- 配位而形成八面体构型的配位多面体 $[\text{PbI}_6]^{[2]}$; 晶态的 PbCl_2 则具有复杂的三维结构, 其中的 Pb^{2+} 与 7 个近邻 Cl^- 及 2 个相距较远的 Cl^- 配位, 形成畸变的双重三棱柱状配位多面体^[3]. 显然, 多面体 $[\text{PbI}_6]$ 的共棱、共面相连的几率要少于多面体 $[\text{PbCl}_9]$. 因此 PbI_2 表现出了优于 PbCl_2 的玻璃形成能力. L. Pauling 指出, 计算化合物的单键中所含

有的离子键百分数时可采用下式 [4]:

$$\delta\% = 1 - \exp\left[-\frac{1}{4}(x_A - x_B)^2\right] \quad (2)$$

式中的 x_A 和 x_B 分别为两个成键元素的电负性. 根据上式, 化学键 Pb-I 和 Pb-Cl 中所含有的离子键百分数分别为 3% 和 16%. 由此可见, 化学键 Pb-I 基本上是一个共键, 这使得该化学键具有了较高的方向性, 从而为多面体 $[\text{PbI}_6]$ 之间以顶角相连的方式形成近程有序、远程无序的玻璃态结构提供了基础. 这使得 PbI_2 不仅表现出良好的玻璃形成能力, 而且还可以单独形成玻璃. 化学键 Pb-Cl 中则含有相对较高的离子键性成份, 离子键的无方向性使得本来就具有较复杂构型的多面体 $[\text{PbCl}_6]$ 之间更易于以共边和共面的形式相连, 这不利于形成玻璃态结构. 因此不仅 PbCl_2 本身难以形成玻璃, 而且即使有 KCl 提供非桥 Cl^- , 也难以形成玻璃态结构. 因此可见, 阳离子的配位数越低, 化学键中的共价键性成份越高, 则相应卤化物的玻璃形成能力就越好.

3.2 玻璃的析晶行为

所得玻璃在室温下长期放置之后, 会因自发析晶而在玻璃内部析出大尺寸晶粒. 这些晶粒的尺寸往往会超过玻璃的本征红外截止波长, 因而会严重影响其红外透过性能. 如能通过某一受控的析晶过程使玻璃析出尺寸小于其本征截止波长的晶粒, 则有可能在一定的程度上解决这一问题. 其中最理想的情况是获得红外透过性能与原始玻璃一致的微晶玻璃. 为了作到这一点, 必须首先了解所得玻璃的析晶机理. 为此, 本文选用组成为 50 PbI_2 30 PbCl_2 20 KCl (mol%) 的玻璃(下文简称 D_1 玻璃)作了析晶动力学研究.

玻璃中的析晶过程可用 Avrami 方程描述 [5]:

$$x = 1 - \exp[-(kt)^n] \quad (3)$$

式中, x —经时间 t 之后的结果体积分数; k —反应速率常数; n —Avrami 数(与相变机理有关). 式(3)中的 k 服从 Arrhenius 方程 [5]:

$$k = k_0 \exp(-E/RT) \quad (4)$$

上式中, k_0 —频率因子; E —析晶活性能; R —气体常数. 本文采用 Bansal 等提出的方程 [5] 计算 E 和 k_0 的值. 该方程的表达式为:

$$\ln(T_p^2/\alpha) = E/RT_p + \ln(E/R) - \ln k_0 \quad (5)$$

上式中 T_p —析晶放热峰最高处的温度; α —升温速率; 其余物理量的物理意义等同于式(4). Bansal 的方程只适用于非等温过程. 非等温过程的 Avrami 数 n 可以由下式 [6] 求得:

$$\frac{d(\ln \Delta y)}{d(1/T)} = -n \frac{E}{R} \quad (0 < x < 0.3) \quad (6)$$

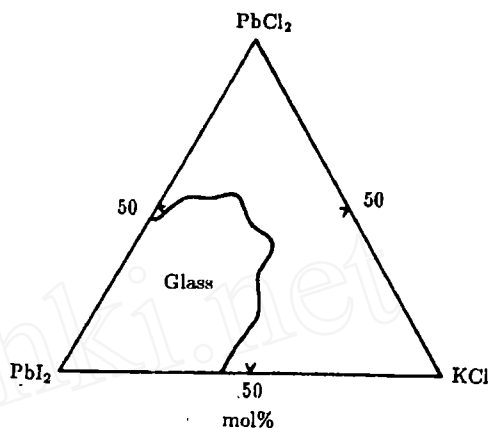


图 1 $\text{PbI}_2\text{-PbCl}_2\text{-KCl}$ 三元系统的玻璃形成区
fig.1 Glass forming region in the ternary $\text{PbI}_2\text{-PbCl}_2\text{-KCl}$ system

上式中, Δy —DSC 曲线与其基线之间的距离; x —结晶体积分数.

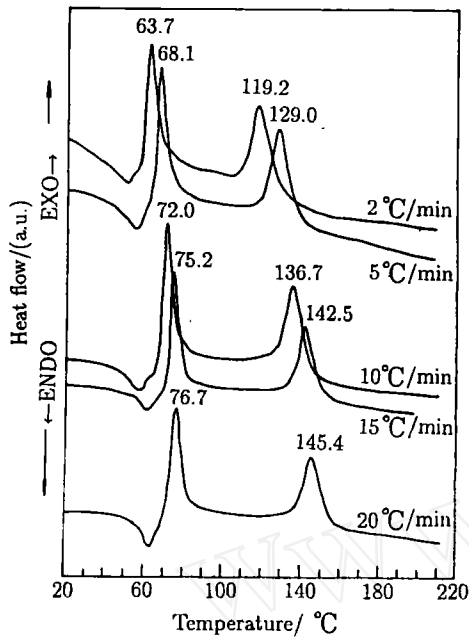


图 2 D_1 玻璃的不同升温速率 DSC 曲线
Fig.2 DSC curves of glass D_1 for different heating rates

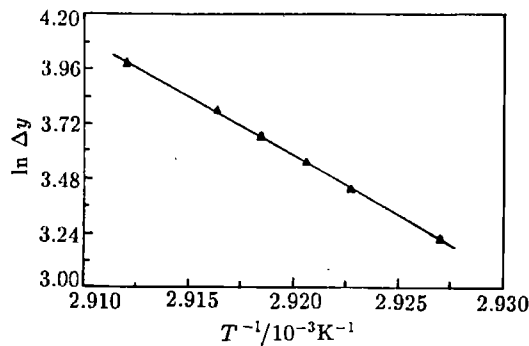


图 4 D_1 玻璃第一析晶峰的 $\ln \Delta y \sim 1/T$ 图 ($\alpha=10^\circ\text{C}/\text{min}$)
Fig.4 Determination of the Avrami's exponent n of the first crystallization by plotting $\ln \Delta y$ VS $1/T$ ($\alpha=10^\circ\text{C}/\text{min}$)

D_1 玻璃的析晶温度较低, 其第一析晶峰就出现在低于 100°C 的低温度处. 从组成上看, 非氟卤化物玻璃的阴阳离子间相互作用力较弱, 因此在较低的温度下即可由于热起伏而形成晶核并发生晶体生长. 一般而言, 非氟卤化物玻璃的析晶温度要低于氧化物玻璃和氟化物玻璃. 除非引入其他类型的化合物以增加玻璃中各离子间的相互作用力, 单纯通过非氟卤化物之间的相互取代是难以有效地提高该类玻璃的析晶温度的.

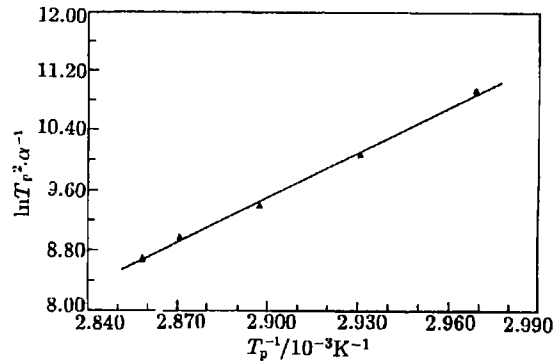


图 3 D_1 玻璃第一析晶峰的 $\ln(T_p^2/\alpha) \sim 1/T_p$ 图
Fig.3 Determination of the apparent activation energy E and frequency factor k_0 of the first crystallization by plotting $\ln(T_p^2/\alpha)$ VS $1/T_p$

为了获得相变动力学参数, 必须首先测得玻璃在不同升温速率下的 DSC 曲线. 图 2 示出了 D_1 玻璃的不同升温速率 DSC 曲线. 图 3~6 是依计算结果而得的曲线. 表 1 给出了由这些曲线算得的相变动力学参数及其相应的相变机理. 其中的相变机理是根据 Avrami 数 n 的值来确定的^[7]. 表 2 给出了不同升温速率下与两个析晶峰相对应的相变热 ΔH .

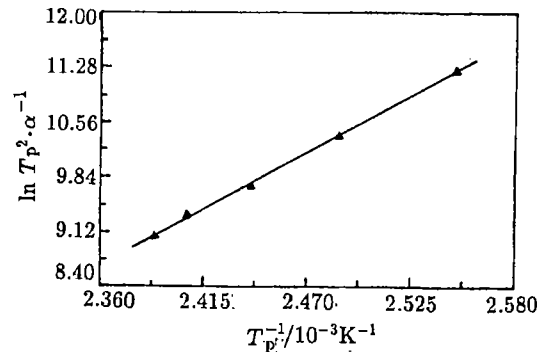


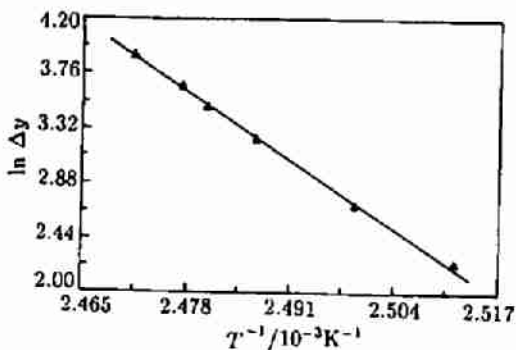
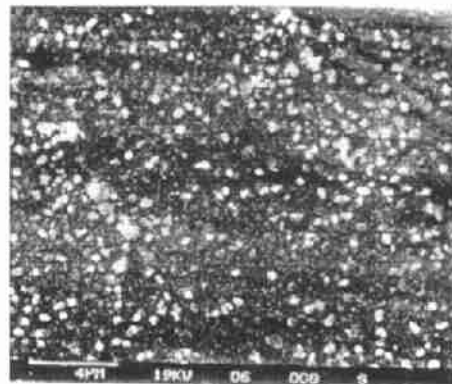
图 5 D_1 玻璃第二析晶峰的 $\ln(T_p^2/\alpha) \sim 1/T_p$ 图
Fig.5 Determination of the apparent activation energy E and frequency factor k_0 of the second crystallization by plotting $\ln(T_p^2/\alpha)$ VS $1/T_p$

表 1 D_1 玻璃的结晶动力学参数及其结晶机理Table 1 Reaction parameters of the crystallization of glass D_1 and the corresponding crystallization mechanisms

Crystallization peaks	First crystallization peak	Second crystallization peak
Reaction parameters of crystallization	$E=173\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ $k_0=3.3\times 10^{24}\text{S}^{-1}$	$E=111\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ $k_0=1.7\times 10^{12}\text{S}^{-1}$
Crystallization mechanisms	A diffusion controlled growth Constant nucleation rate	An interface controlled growth Zero nucleation rate

表 2 D_1 玻璃在不同升温速率下的相变热 $\Delta H/(\text{J/g})$ Table 2 Heats of crystallization $\Delta H/(\text{J/g})$ of glass D_1 at different heating rates

Heating rates $^{\circ}\text{C}/\text{min}^{-1}$	First crystallization peaks	Second crystallization peaks
2	5.51	7.03
5	6/23	5.08
10	6.86	7.13
15	4.92	5.58
20	6.43	6.27

图 6 D_1 玻璃第二析晶峰的 $\ln \Delta y \sim 1/T$ 图 ($\alpha=10^{\circ}\text{C}/\text{min}$)Fig.6 Determination of the Avrami's exponent n of the second crystallization by plotting $\ln \Delta y$ VS $1/T$ ($\alpha=10^{\circ}\text{C}/\text{min}$)图 7 D_1 玻璃热处理之后的析晶形貌Fig.7 Scanning electron micrograph of glass D_1 heated at 132°C for 2.5h

由表 2 可知, D_1 玻璃的高、低温相变热均远低于氟化物玻璃的相变热^[5], 这表明从热力学的角度看前者较后者更倾向于析晶. 但是, D_1 玻璃的两个析晶活化能的值并不小, 其值虽然远低于 $\text{Li}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 系统玻璃的析晶活化能^[8], 但已接近于某些较稳定的氟锆酸盐玻璃^[9]. 活化能的大小与所析出晶体的结构和原始玻璃中已存在的近程有序排列有关. 析晶活化能越大, 则相应于析晶粘度时的析晶速率就越慢. 因此, 尽管 D_1 玻璃在较低的温度下便开始析晶, 但是从动力学的角度看, 其析晶速率未必就比这些氟锆酸盐玻璃快. 故有可能在并不十分苛刻的条件下实现 D_1 玻璃的微晶化.

为了从析晶形貌上验证所得晶化机理, 将 D_1 玻璃在 132°C 下热处理了 2.5h. 图 7 是热处理之后的析晶形貌. 由此图可知, 析出晶粒的尺寸较小, 最大的晶粒也只在 $1\mu\text{m}$ 左右. 说明析晶温度下的晶体生长速率确实较小. 此外, D_1 玻璃第二析晶峰的 n 值为 3.1. n 值接近于 3.0 表明恒定数量的晶核以恒定的速率在三维方向上球形生长^[5]. 图 7 中的晶粒基本呈

球形, 在各个方向上均表现出了基本一致的生长速率, 并没有在某些方面上表现出突出的生长速率. 这些结果均与所得到的析晶动力学数据相吻合.

将 D_1 玻璃在 132°C 下热处理 14h 之后所得的 X 射线衍射图示于图 8. 晶相鉴定结果表明, 此时玻璃中析出 PbCl_2 和 KPb_2Cl_5 这两种晶体. 说明在第二个析晶峰下有两种晶体同时生成. 因此在析晶过程开始时, 这两种晶相之间将发生“竞争”, 这就会给晶体生长引入一个动力学势垒, 这也是导致晶粒生长较慢和使玻璃相对较稳定的一个重要原因.

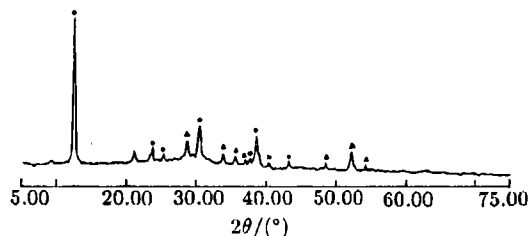


图 8 D_1 玻璃热处理之后的 X 射线衍射图
Fig.8 The XRD spectra of glass D_1 after heat treatment at 132°C for 14h

●: KPb_2Cl_5 ▲: PbCl_2

3.3 热处理对玻璃红外透过性能的影响

本文的研究结果已表明, 所得玻璃经恰当的热处理之后会析出尺寸较小的晶粒. 经过这样的热处理之后, 若在常温下玻璃中已析出的晶粒不再长大或玻璃中不再析出新的晶相, 则就相当于克服了玻璃的自发析晶. 此时, 若热处理后的样品仍具有良好的红外透过性能 (由于析出晶粒的尺寸可以控制得很小, 所以存在着这种可能性), 那么热处理之后的样品就可以作为透红外材料在常温下长期使用. 由此可见, 研究非氟卤化物玻璃的析晶行为不仅具有理论意义, 而且还具有重要的实际意义.

图 9 是 D_1 玻璃热处理前后的红外透射谱. 图中的曲线 B 基本上保持了曲线 A 的形状, 二者的红外透过率和红外透过范围也基本一致. 说明本文的热处理制度并未对玻璃的红外透过性能产生太大的影响. 这表明析出晶粒的尺寸很小, 在所测试的波长范围内透过玻璃的光并不发生明显的散射. 曲线 B 的透过率略高于曲线 A, 这是由于相应的透光部位相对较薄所致. 同理可知, 与曲线 C 相对应的样品中亦未析出大尺寸晶粒, 表明自发析晶现象已经得到克服. 实际上, 该样品仍具有与原始玻璃一致的红外透过能力. 曲线 C 的透过率比曲线 A 和 B 低, 且这种差别在整个测试范围内基本保持一致, 这是由于相应的透光部位较厚所致. 与曲线 A 不同, 在起始阶段曲线 B 和曲线 C 向短波长处倾斜, 产生这种现象的主要原因是玻璃中析出的晶粒使透过玻璃的红外光发生了散射. 在起始阶段曲线 B 和 C 就已基本平行, 说明在常温下放置 120 天之后玻璃中已析出的晶粒并无明显的长大, 表明适当的热处理可以抑制自发析晶现象的发生. 在小于 3100cm^{-1} 的波段内三条曲线就开始平行, 表明与热处理 2.5h 的样品相比, 热处理 14h 的样品中所析出的晶粒并无十分明显的长大, 说明晶粒的生长速率较小, 这再一次验证了本文所得的析晶机理.

为了探明图 9 中的中心位于 920cm^{-1} 处的吸收峰的起因, 采用不同的熔制工艺制备了玻璃, 并对所得玻璃的红外透过曲线作了比较, 其结果示于图 10. 显然, 该吸收峰是由熔制过程中所引入的含氧杂质引起的. 该吸收峰的宽度按曲线 A、B 和 C 的顺序依次增加 (见图 9), 说明相同的氧化过程在热处理过程中及常温下均有发生. 此外, 热处理之后在 1720cm^{-1} 处出现了一个新的吸收峰, 该吸收峰有可能是由热处理过程中所引入的含氧杂质引起的. 根据前人的研究结果^[10], 位于 1580cm^{-1} 和 3490cm^{-1} 处的吸收峰分别起因于 HOH 的弯曲振动和 OH 的伸缩振动. 由上述的分析可知, 可以通过采用更加完善和合理的制备工艺及热处理制度来消除这些杂质峰.

由图 10 可知, 本文所得玻璃具有优良的红外透过性能, 其红外截止波长已超过 $20\mu\text{m}$. 本文的研究还表明, 通过更加适当的热处理有望获得红外透过性能与原始玻璃一致的微晶玻璃, 这为本系统玻璃的实用化提供了进一步的可能性.

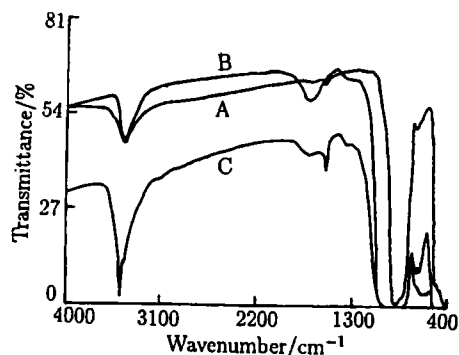


图 9 D_1 玻璃热处理前后的红外透射谱

Fig.9 IR transmission spectra of original and crystallized glass D_1

A: original glass (thickness 0.8mm); B: crystallized glass heated at 132°C for 14h; C: crystallized glass (132°C , 14h) kept at room temperature for 120 days

3.4 热处理对玻璃显微硬度的影响

为了初步判明热处理对所得玻璃力学性质的影响,测定了 D_1 玻璃热处理前后的显微硬度 H_v . 原始玻璃的 H_v 约为 670MPa (68.3kg/mm^2), 此值远小于通常的氟化物玻璃的 H_v . 造成这一结果的主要原因是, 金属阳离子与非氟卤素阴离子之间的键强远小于与氟离子之间的键强. 在 132°C 下热处理 14h 之后, 玻璃的 H_v 变为 818MPa (83.5kg/mm^2). 说明析晶之后玻璃的显微硬度得到了较大幅度的提高. 通过调节热处理条件, 可以进一步改善晶化玻璃的显微结构, 这样就有可能进一步提高玻璃的显微硬度.

4 结论

1. PbI_2 可以单独形成玻璃. PbI_2 是继 ZnCl_2 和 ZnBr_2 之后第三个可以单独形成玻璃的非氟卤化物.

2. 以 PbX_2 ($x=\text{I}, \text{Cl}$) 为基质的玻璃具有良好的玻璃形成能力和化学稳定性, 并且具有优良的红外透过性能.

3. 阳离子的配位数越低、化学键中的共价键性成份越高, 则相应非氟卤物的玻璃形成能力就越高.

4. 所得玻璃的高、低温相变机理彼此不同, 前者为非扩散控制的相变, 而后者则为扩散控制的相变.

5. 所得玻璃的析晶温度虽然较低, 但其两个析晶活化能却均较高, 且其值均已接近于较稳定的氟锆酸盐玻璃, 导致相应于析晶粘度时的析晶速率较慢.

6. 可通过受控晶化使所得玻璃微晶化. 这种微晶化可抑制自发析晶现象的发生, 同时还可以大幅度地提高玻璃的显微硬度. 微晶化之后的玻璃可具有与原始玻璃一致的红外透过性能, 这为在所得成玻系统中获得具有实用意义的透红外玻璃材料提供了进一步的可能性.

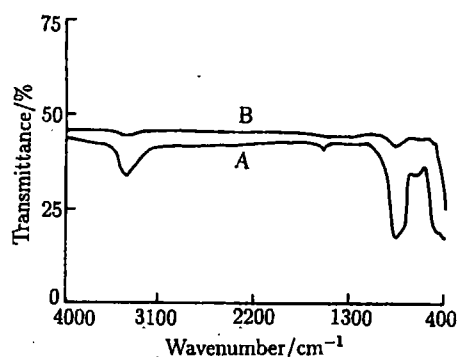


图 10 不同的工艺制度对玻璃透红外性能的影响

Fig.10 Infrared transmission spectrum of glass prepared at 500°C for 20min without (A) or with (B) a flow of pure nitrogen

参 考 文 献

- 1 胡和方, 马福定, Mackenzie J D. 硅酸盐学报, 1984, 12 (3): 307.
- 2 周公度. 无机结构学, 北京: 科学出版社, 1982. 319.
- 3 江浩川, 节洪维, 干福喜. 材料科学进展, 1991, 5 (1): 64.
- 4 Pauling L. 化学键的本质 (卢嘉锡等译). 上海: 科学技术出版社, 1966. 88.
- 5 Bansal N P, Doremus R H, Bruce A J, Moynihan C T. *J. Am. Ceram. Soc.*, 1983, 66 (4): 233.
- 6 Matecki M, Noiret-Chiaruttini I, Lucas J. *J. Non-Cryst. Solids*, 1991, 127: 136.
- 7 丁子上主编. 硅酸盐物理化学, 北京: 中国建筑工业出版社, 1980. 299.
- 8 丁子上主编. 硅酸盐物理化学, 北京: 中国建筑工业出版社, 1980. 299.
- 9 Bansal N P, Doremus R H, Moynihan C T, et al. *Mater. Sci. Forum*, 1985, 5: 211.
- 10 Simmons C J. *J. Am. Ceram. Soc.*, 1987, 70 (4): 295.

Formation and Crystallization Behavior of the Ternary $\text{PbI}_2\text{-PbCl}_2\text{-KCl}$ Glass

JIN Zhengwu CHENG Jijian

(Department of Inorganic Materials, East China University of Science and Technology Shanghai 200237 China)

Abstract

The glass formation behavior of $\text{PbI}_2\text{-PbCl}_2\text{-KCl}$ system was discussed in the view of coordination number and characteristics of chemical bonds. The crystallization behavior of $50\text{PbI}_2\cdot 30\text{PbCl}_2\cdot 20\text{KCl}(\text{mol}\%)$ glass was investigated by means of DSC, SEM and XRD. The kinetic parameters of crystallization of the glass were determined by nonisothermal methods. The results showed that the crystallization mechanisms corresponding respectively to two crystallization peaks in the DSC curve were different. The low crystallization rates at crystallization temperatures were attributed to high apparent activation energies, closing to the values obtained from the relatively stable fluorozirconate glass. It was found that the IR transmitting property of the glass-ceramic obtained under suitable heat treatment conditions was consistent with that of the original glass. The microhardness of the glass-ceramic could also be greatly improved. Moreover, the glass synthesized in this work had good chemical durability and excellent IR transmitting properties, so multicomponent glass based on our ternary system could be developed as one of promising materials for IR transmission.

Key words non-fluoride halide glass, IR transmitting materials, the preparation of glasses, glass formation behavior, crystallization mechanisms, mechanical properties, IR transmitting properties