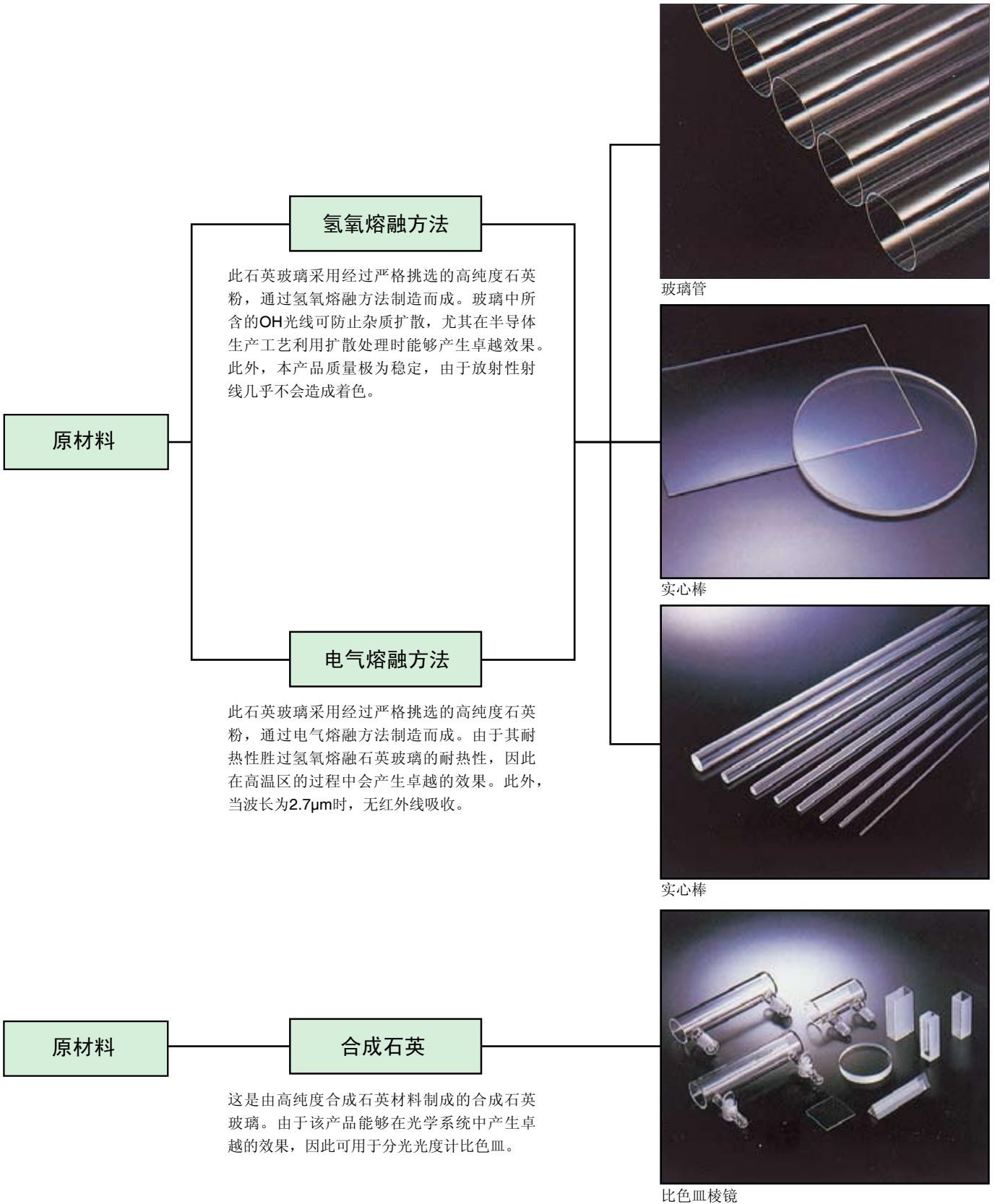


石英玻璃

MARUWA 利用进口及国内熔融石英玻璃棒、玻璃管和玻璃板作为原材料进行生产制造。考虑到产品质量，根据生产工艺差异从几种类型的原材料中选择所需产品特征的理想类型。产品的部件号和代表用途以及成分分析示例如下。



## 石英玻璃

## ■ 类型

按生产工艺分类	MARUWA 石英					
	其它材料制造商的类似物质					
			Momentive Performance Materials Inc.	Sumitomo Metal Industries, Ltd.	TOSO Quartz Corp.	SAINT-GOBAIN
电气熔融产品	KE	FN-101	124, 214	SK-3030	HR	ST-10
氢氧熔融产品	KF	FN-102	-	SK-4304	N	VITREOSIL, TSC-3
高纯度电气熔融产品	KE-FS	FH-301	144, 224	SK-3036	HRP	-
高纯度氢氧熔融产品	KF-F1	FH-302	-	SK-4306	NP	TSC-4, -5
电气熔融合成硅石	-	FS-401	012	-	-	-
火焰熔融合成硅石	SY	FS-402	-	SK-1300	ES	SPECTROSIL

MARUWA是Momentive Performance Materials Inc.的授权制造商和分销商。

Momentive Performance Materials Inc.也作为材料的稳定供应源以及材料质量和技术的研究者/开发商为客户提供服务。

## ■ 杂质分析示例

单位: ppm

MARUWA 石英部件号		Al	Fe	Cu	Na	K	Li	OH
KE	FN-101	14.0	0.2	<0.05	0.8	0.6	0.6	<5
KF	FN-102	15.0	0.3	<0.03	0.8	0.7	0.4	约为150
KE-FS	FH-301	8.0	0.2	<0.05	<0.2	0.4	0.2	10
KF-F1	FH-302	9.0	0.2	<0.03	0.1	0.1	<0.1	150
-	FS-401	<0.2	<0.08	<0.03	<0.05	<0.05	<0.05	≤5
SY	FS-402	<0.04	<0.05	<0.03	<0.02	<0.02	<0.02	≤200

※产品典型分析值

## ■ 机械性质

特征	透明石英玻璃	单位
密度	2.203	g/cm <sup>3</sup>
压缩强度	1.1 × 10 <sup>9</sup>	Pa
抗张强度	4.8 × 10 <sup>7</sup>	Pa

多种数据显示了石英玻璃的测量值，而非规格值。强度根据焊接方法和形状而有所不同。如果您有意订购，请联系我们。

## ■ 石英玻璃的加工产品

通过从多种类型材料中选择最佳材料进行制造石英玻璃的加工产品，因此可以满足图纸和文档中所示的用户规格。有关交货和规格详情，请联系最近的销售处。

## ● 扩散/CVD处理用模具

如今大部分熔炉为竖式熔炉。也提供了大型石英以制造直径为300 mm的晶片。

## ● 蚀刻/灰化处理用模具

许多晶片处理类型机器用于蚀刻和灰化处理。在这些处理中所用的石英工具被加工成不同的形状。

## ● 清洗处理工具

对于晶片处理而言，清洗处理所用的石英槽必不可少。同时提供了大型石英槽以进行处理直径为300 mm的晶片。

## ● 其它加工产品

石英玻璃加工产品的使用并非仅限于半导体制造工艺。它们也可用于执行光纤制造。

石英玻璃

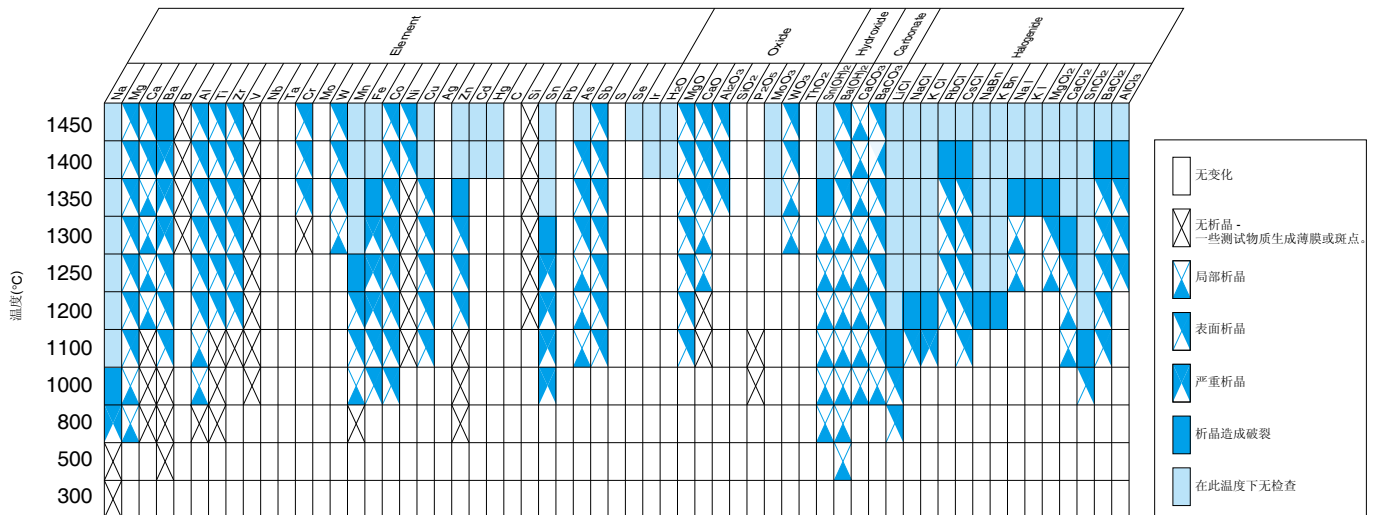
■ 熔融石英产品（用于半导体）

种类	特征	应用
214 实心棒	透明熔融石英实心棒具有最少气泡线和杂质以及非常稳定的尺寸。	在半导体工业中加工并使用的晶片载体。
214 LD石英管	具有与 214相同优越特征的透明熔融石英管。用于较大直径。	用于半导体工业中的扩散、氧化、LPCVD等。
224 石英管、LD管、实心棒	具有与 214相同优越高粘度和外观。在特殊过程中，碱含量降低至PPB水平。	在恶劣条件（即使少量碱成分也会对贴片范围造成不利影响）下用于半导体扩散炉。
244 石英管、LD管、实心棒	与 224相同。氧化铝含量更低。	供应给寻求低碱含量石英的客户。
124 石英锭	用于透明石英板和透明窗口板。由直径为1.8 m、高度为60 cm、重量为4t的石英锭制成。高纯度材料，偶尔含有极小气泡。具有多种尺寸和形状。	用于半导体工业中的晶片载体和法兰结构处理。也用于需要低成本和高质量的多种化学目的。
144 石英锭	与124等级相同。氧化铝、钾和钠含量更低。	供应给寻求低氧化铝、钾和钠含量材料的客户。
012 石英锭	透明合成熔融石英锭形状与124相同。	由于纯度非常高，因此可用于最重要的半导体工艺中所用的石英板和圆盘。

■ 反应性

在正常温度下，大部分酸、金属、氯和溴不会与熔融石英起化学反应。熔融石英会与碱溶液起轻微化学反应，反应性会随着温度和溶液浓度的上升而加剧。温度超过150°C时，磷酸与熔融石英会起化学反应。在任何温度下，仅氢氟酸也会与熔融石英起化学反应。碱性氯化物、碳酸盐、硫酸盐等与熔融石英起化学反应产生高温的同时，碳和一些金属会使熔融石英脱氧。总之，在一般应用场合下，熔融石英根本不会起化学反应。在真空装置中可观察到高温下不同元素和化合物与熔融石英起化学反应。将每个样本在最低温度下放置1个小时，然后在更高温度下放置1个小时。重复此项操作。反应性取决于保持时间。

● 高温下熔融石英与特定元素和化合物起化学反应的剖面图



石英玻璃

■ 耐压设计

熔融石英可用于承压产品；因此，需要了解石英管相应尺寸所能够承载的最大压力。根据以下公式可计算室温状态下的压力值。

● 透明熔融石英管的断裂公式

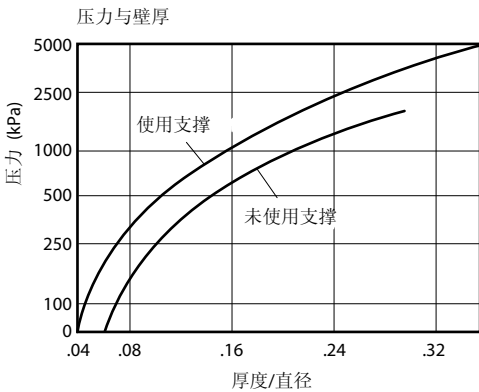
$$S = \frac{pr}{t}$$

S = 环形应力(Pa)  
 p = 工作压力(Pa)  
 r = 管孔径(mm)  
 t = 壁厚(mm)

此公式不适用于内部压力超过  $7 \times 10^5$  Pa (100 psi) 的情况。

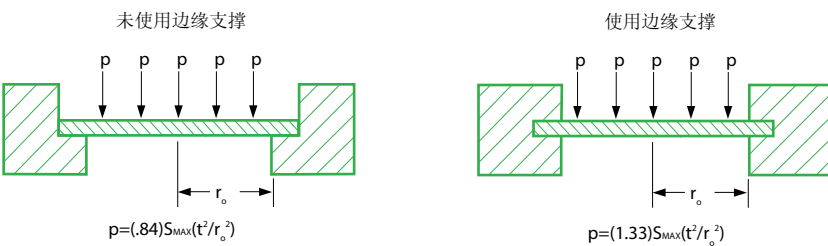
● 透明熔融石英圆盘和平板的断裂公式

需要计算与承压熔融石英圆盘、平板和透明窗口的不同应用相关的压力差。



使用和未使用支撑时的最大压力：通过乘以与特定压力相关的水平轴系数可得出。来源：Momentive Performance Materials Inc.

以下公式适用于室温状态下不考虑周围支撑时的情况。



p = 压力差 (Pa)  
 r<sub>o</sub> = 未支撑的石英圆盘的半径 (mm) (如果是平板，则为宽度)  
 S<sub>max</sub> = 最大应力 (约为7:1的安全系数)  $7.0 \times 10^6$  (Pa)  
 t = 圆盘厚度 (mm)

然而，使用此公式时必须考虑以下影响部件强度的条件。

- a. 表面应充分抛光，无损坏
- b. 将样本固定到压力工具上所用的夹持方法
- c. 垫片材料
- d. 表面上以及两侧之间的温度梯度
- e. 压力上升率
- f. 样本本身的温度

石英玻璃

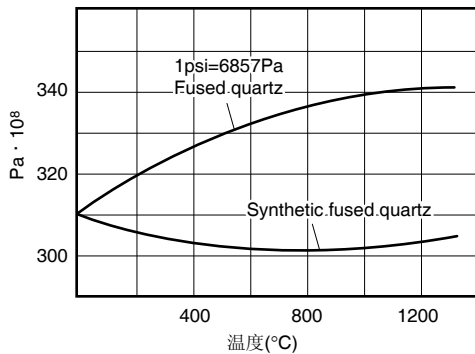
■ 物理性质

熔融石英的物理性质与其它类型玻璃的物理性质几乎相同。熔融石英不会受压缩影响，设计压缩强度超过  $1.1 \times 10^9 \text{ Pa}$  (160,000 psi) 当表面出现划痕时，任何玻璃都会直接损失原始强度，抗张强度也会直接受到影响。当表面条件满足时，熔融石英的设计抗张强度超过  $4.8 \times 10^7$  (7000 psi)。在实践中，通常建议使用  $0.68 \times 10^7 \text{ Pa}$  (1,000 psi) 的设计应力。下表显示了与标准物理性质相关的数据。

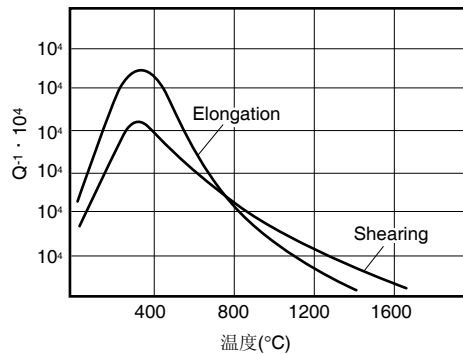
● 214透明熔融石英的标准物理性质

特征	标准值	特征	标准值	
比重	$2.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$	介电常数 (20°C 1Mz)	3.75	
强度	5.5-6.5(莫氏硬度)	耐电压	$5 \times 10^7 \text{ V/m}$	
设计抗张强度	570KHN <sub>100</sub>	损耗因数	$4 \times 10^{-4} \text{ max}$	
设计压缩强度	$4.8 \times 10^7 \text{ Pa(N/m}^2\text{)}$ (7000psi)	耗散因数	$1 \times 10^{-4} \text{ max}$	
体积弹性模量	$1.1 \times 10^9 \text{ Pa}$ ( $5.3 \times 10^6 \text{ psi}$ )	折射率	1.4585	
刚性模量	$3.1 \times 10^{10} \text{ Pa}$ ( $4.5 \times 10^6 \text{ psi}$ )	收缩率 (nu值)	67.56	
杨氏模量	$7.2 \times 10^{10} \text{ Pa}$ ( $10.5 \times 10^6 \text{ psi}$ )	声速 (横波)	$3.75 \times 10^3 \text{ m/s}$	
泊松比	0.17	声速 (纵波)	$5.90 \times 10^3 \text{ m/s}$	
热膨胀系数 (20~320°C)	$5.5 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$	声阻尼因数	11db/mMHz max	
热导性 (20°C)	$1.4 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$	透射率 (700°C) 汞的 $\text{cm}^2 \text{ mm/cm}^2 \text{ sec.cm}$	氢	$210 \times 10^{-10}$
比热 (20°C)	$670 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$		氢	$21 \times 10^{-10}$
软化点	1683°C		氖	$17 \times 10^{-10}$
缓慢冷却点	1215°C		氙	$9.5 \times 10^{-10}$
畸变点	1120°C			
电阻率 (350°C)	$7 \times 10^7 \text{ qcm}$			

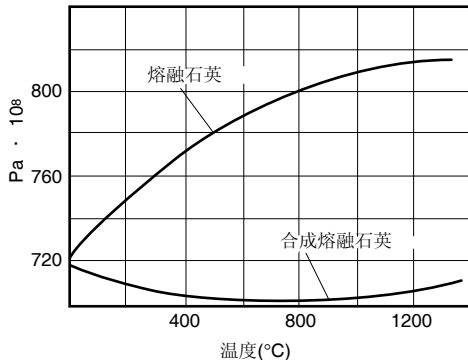
刚性模量



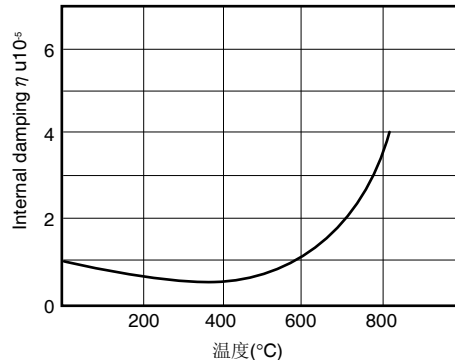
与合成熔融石英相关的延长率和剪切造成的内摩擦



杨氏模量



声阻尼因数



## 石英玻璃

### ■热特征

熔融石英的最重要特征之一是热膨胀系数非常小，仅为  $5.5 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  ( $20 \sim 320^{\circ}\text{C}$ )。此系数是铜的  $1/34$ ，硼硅玻璃的  $7/1$ 。因此，熔融石英可用于精密光学产品（如光学板、反射镜、熔炉窗口）以及需要最低温度变化灵敏度的产品。其另一特性是耐热冲击性非常高。例如，即使突然加热至高达  $1500^{\circ}\text{C}$  或更高温度时然后在水中淬火，熔融石英的晶片也不会破裂。

#### ●熔融石英的实验缓慢冷却率

$$\text{从两侧冷却: 冷却率 } (^{\circ}\text{C}/\text{min}) = 4274.7 \times \frac{\text{残余应力}(\text{Pa})}{(\text{壁厚 mm})^2}$$

$$\text{从一侧冷却: 冷却率 } (^{\circ}\text{C}/\text{min}) = 4274.7 \times \frac{\text{残余应力}(\text{Pa})}{(2 \times \text{壁厚 mm})^2}$$

残余应力或设计应力取决于使用方式，但它们均处于  $1.7 \times 10^7 \sim 20.4 \times 10^7 \text{ Pa}$  ( $25 \sim 300 \text{ psi}$ ) 范围内。通常，当壁厚小于  $25 \text{ mm}$  时，熔融石英会以  $100^{\circ}\text{C}/\text{hr}$  的速率冷却。

#### ●温度影响

熔融石英在室温下为固体，但在高温下会变为玻璃状态。与晶体结构不同，熔融石英无明显的熔点，但可在广泛温度范围内软化。由固体变为塑料状态的温度范围被称作转变范围，可通过随着温度上升粘度持续变化进行识别。

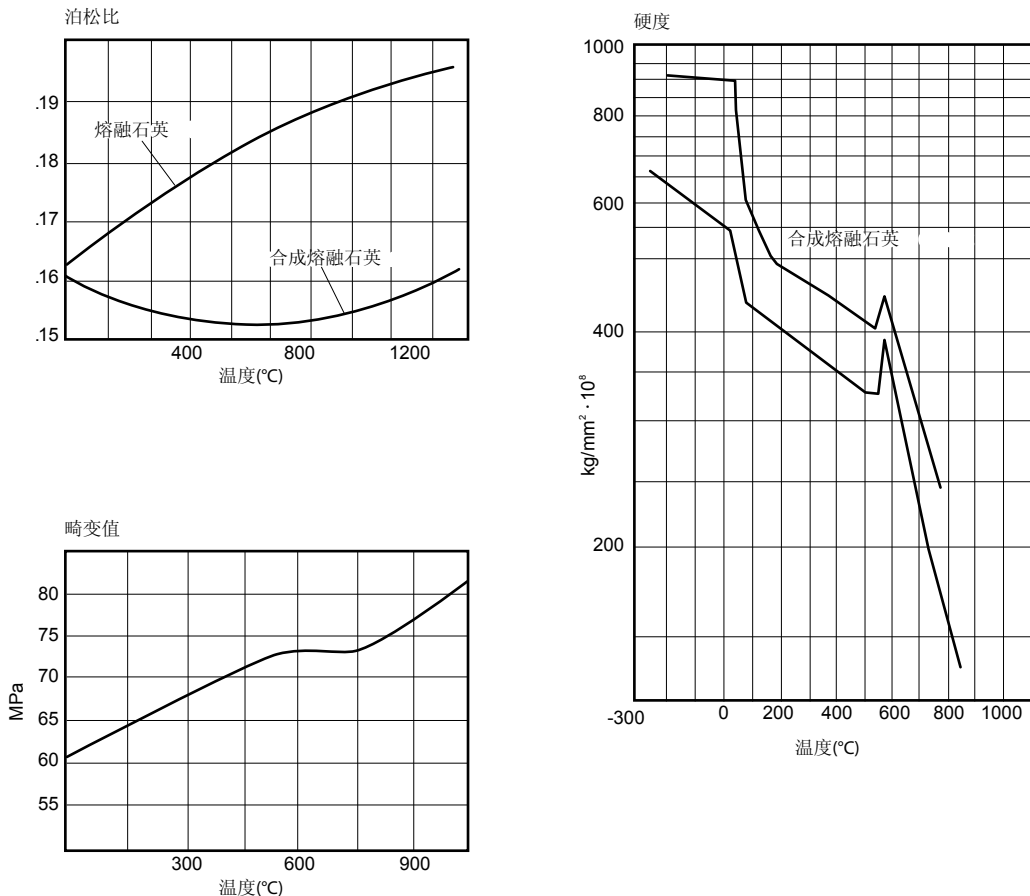
#### ●粘度

粘度是物质受到剪切应力时的流体阻力大小。由于“流动性”范围非常广，粘度大小通常用对数表示。表示粘度的玻璃术语是畸变点、缓慢冷却点和软化点，定义如下。

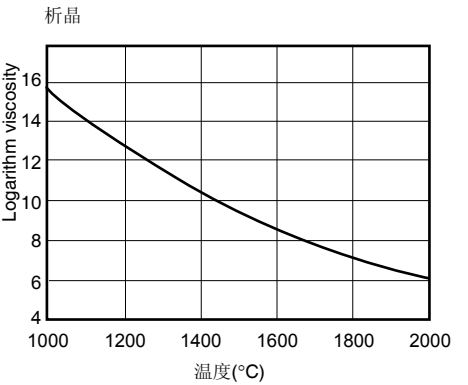
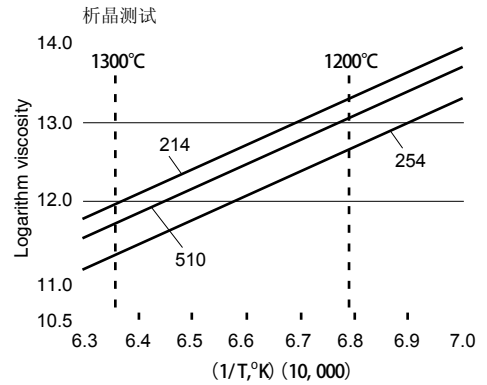
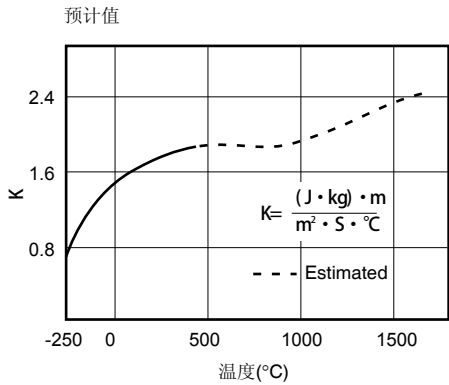
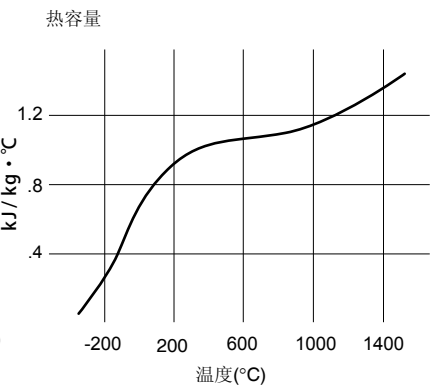
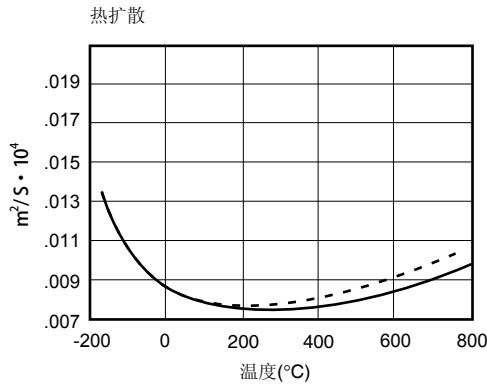
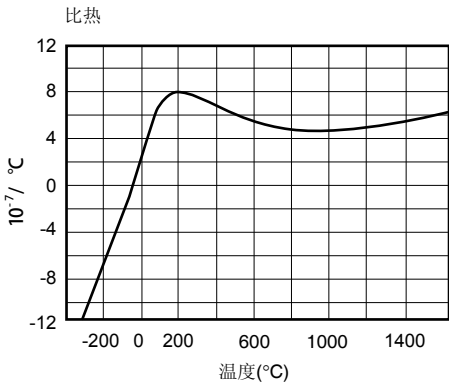
畸变点：内应力几乎取消时的温度，符合  $10^{14.5}$  poise 的粘度。 ( $1 \text{ poise} = 1 \text{ dyne}/\text{cm}^2 \text{ sec}$ )

缓慢冷却点：内应力在 15 分钟内几乎取消时的温度，符合  $10^{13.2}$  poise 的粘度。

软化点：玻璃由于自身重量而变形时的温度，符合  $10^{7.6}$  poise 的粘度。根据测量条件，报告的石英软化点范围为  $1500^{\circ}\text{C} \sim 1670^{\circ}\text{C}$ 。



石英玻璃



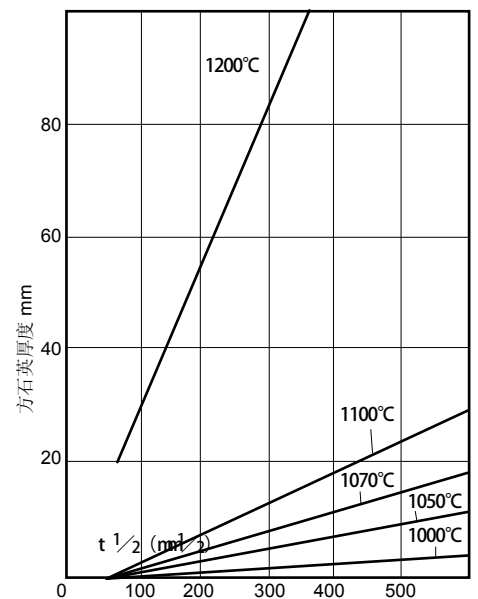
● 析晶

析晶和粒子生产是高温下限制熔融石英性能的因数。析晶具有两个过程 - 核生成和晶体生长。通常熔融石英的析晶率非常小，因为仅在表面出现方石英相的核生成，且晶相的生长率很低。通常，当表面受到碱元素和其它金属的污染时，熔融石英的核生成即开始。众所周知，非化学计量的熔融石英（如Momentive Performance Materials Inc.制造的石英）中出现不规则的核生成率比化学计量的石英材料小得多。

● 方石英生长

核生成阶段中方石英的生长率取决于某些环境因数和材料特征。石英的温度和粘度是最重要的因数，而氧和蒸汽分压也会影响晶体生长率。熔融石英的析晶率会随着羟基（OH-）含量和温度的上升以及粘度的下降而有所上升。因此，Momentive Performance Materials Inc.生产的含有少量羟基的高粘度熔融石英在析晶阻力方面异常优秀。低于 1000°C 的温度条件下通常不会转变为β方石英。当暴露于从β方石英到α方石英的转变温度（-250°C）的温度循环下时，熔融石英会失去其原始结构。由于在转变期间比容充分变化，有些情况下会出现散裂或物理断裂。

方石英厚度/时间



204熔融石英。在214中观察类似现象。

石英玻璃

■ 光学特征

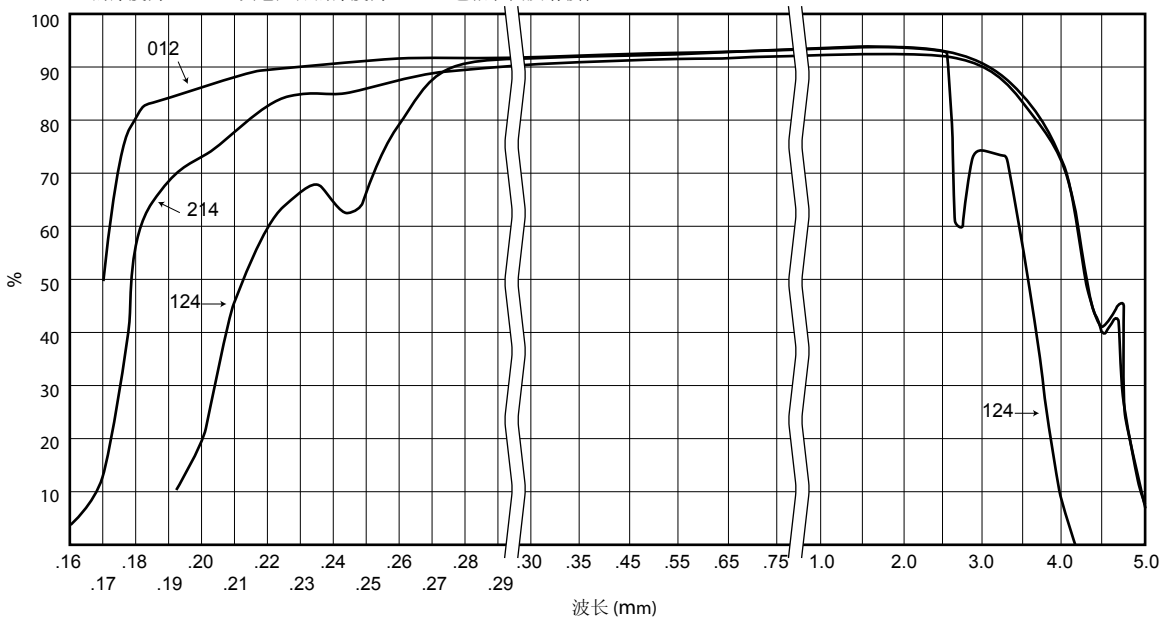
由于透明度能够反映材料的纯度和生产工艺，因此，光学透射率可用来区分不同类型玻璃态石英。245 nm时，特定指数为紫外线阻断、紫外线吸收；2.73 μm时为存在吸收带。10 mm厚样本的UV阻断范围为 155-175 nm，该值能够反映出纯熔融石英的纯度。在更长的波长方向上过渡金属杂质可转变阻断值。如果需要，可添加杂质以增加UV吸收。例如，在219熔融石英管中添加钛。245 nm时的吸收带是表现为脱氧玻璃的特征，表示该石英由电子熔融制造而成。当由“湿式”工艺制造玻璃态石英时，例如氢氧熔融和合成方法，在 2.73 μm时结构所含的羟基离子的基本振动带将被强烈吸收。

● UV阻断

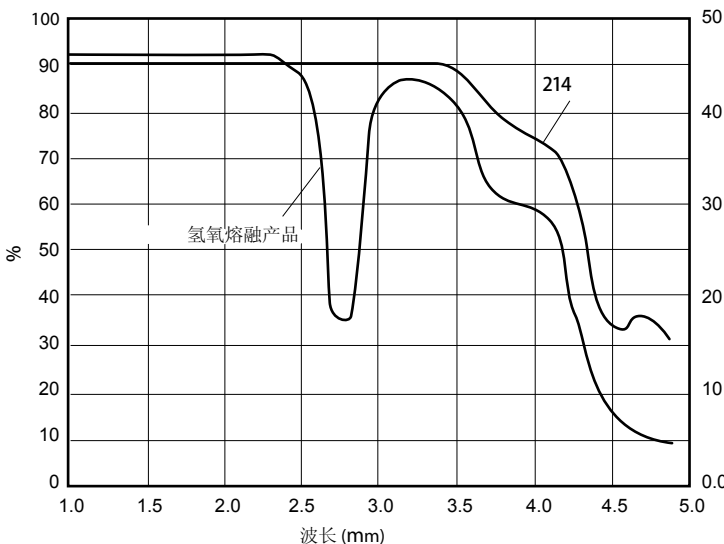
如透射曲线所示，214熔融石英管（厚度为 1 mm）的UV阻断值低于 160 nm，在 245 nm时可观察到有轻微吸收。羟基离子吸收未被承认。速率约为 100 ppm时，219熔融石英包含钛。厚度为1mm的样本可阻断低于 230 nm的UV。厚度为 1mm的样本的红外线范围为 4.5-5.0 μm。下图详细显示了214和124熔融石英的透射率，包括由于反射到两侧而造成的损耗。显示了厚度为1mm的214的透射率和厚度为 1mm的 124的透射率。124熔融石英是非常有效的红外线辐射传输材料。红外线传输高达 4 μm，在 2.73 μm时稍微在“水吸收带”中。通过以下公式可从这些样本中计算厚度不同的样本的透射率。

$T = (1-R)^2 e^{-\alpha t}$ ，此处T= 小数点表示的透射率，R = 一侧的表面反射损耗，e = 自然对数的基数， $\alpha$ = 吸收因数 (cm<sup>-1</sup>)，t = 厚度 (cm)。

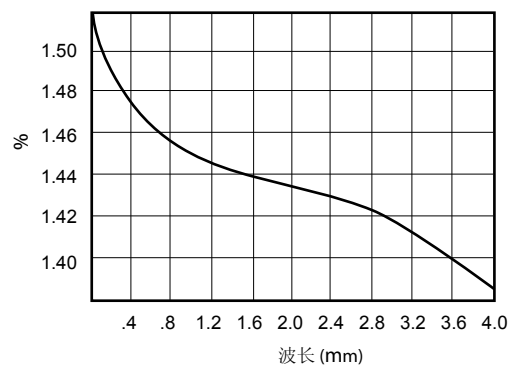
熔融石英的平均透射曲线  
124的厚度为10 mm，其它产品的厚度为1 mm（包括表面反射损耗）。



红外线透射率



折射率



石英玻璃

124熔融石英的平均透射率  
厚度为100 mm (包括表面反射损耗)

波长 (μm)	平均透射率 (%)	平均吸收因数 (CM <sup>-1</sup> )
.225	65.0	.342
.230	67.4	.308
.240	62.6	.383
.250	69.5	.280
.270	89.0	.035
.300	91.2	.014
.350	91.9	.009
.450	92.5	.005
.550	92.3	.004
.650	92.9	.003
.750	92.8	.005
1.00	93.2	.002
1.50	93.4	.001
2.00	93.6	.001
2.50	93.2	.007
2.60	92.9	.011
2.73	59.3	.460
2.90	85.2	.099
3.00	83.3	.122
3.17	82.5	.132
3.32	83.6	.120
3.60	48.3	.671
3.80	17.2	1.704
3.88	17.5	1.687
4.14	1.7	4.017
4.27	1.5	4.135
4.31	0	∞

214熔融石英的平均透射率  
厚度为1 mm (包括表面反射损耗)

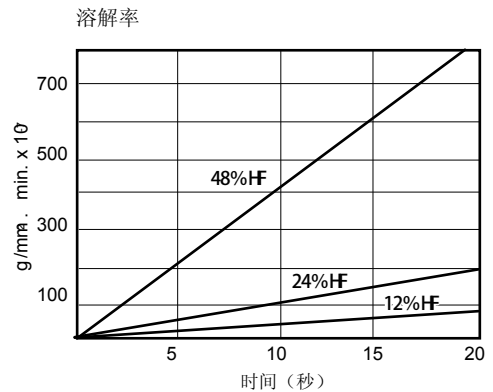
波长 (μm)	平均透射率 (%)	平均吸收因数 (CM <sup>-1</sup> )
.160	4.6	4.6
.162	5.8	5.8
.164	7.4	7.4
.166	8.4	8.4
.168	10.9	10.9
.170	18.5	18.5
.175	43.6	43.6
.180	60.4	60.4
.185	66.1	66.1
.190	70.4	70.4
.200	71.3	71.3
.205	73.4	73.4
.210	76.1	76.1
.220	79.4	79.4
.230	85.3	85.3
.240	87.3	87.3
.245	86.5	86.5
.250	86.6	86.6
.260	87.7	87.7
.270	89.5	89.5
.280	90.2	90.2
.290	90.7	90.7
.300	90.9	90.9
.350	91.1	91.1
.450	92.2	92.2
.550	92.5	92.5
.650	92.7	92.7
.750	92.9	92.9
1.00	93.1	93.1
1.50	93.2	93.2
2.00	93.5	93.5
2.50	93.4	93.4
2.65	93.5	93.5
2.75	93.0	93.0
2.80	92.9	92.9
2.90	92.9	92.9
3.00	92.7	92.7
3.10	92.7	92.7
3.20	92.8	92.8
3.30	92.8	92.8
3.43	92.7	92.7
3.80	81.2	81.2
3.92	81.0	81.0
4.20	67.5	67.5
4.25	66.0	66.0
4.30	57.5	57.5
4.45	43.1	43.1
4.58	49.7	49.7
4.70	36.1	36.1

● 储存

若有空间, 尽可能将熔融石英储存在原包装容器中。若无法如此储存, 请将包装的熔融石英保持原样。为防止石英管两端受损以及灰尘和湿气对石英管的纯度和性能造成不利影响, 不得拆除石英管两端的盖板。

● 清洗

应用时若需要清洁, 请按以下方式清洗产品。使用添加了脱脂剂的软化水或蒸馏水清洗产品, 特别是石英管。将熔融石英浸入7% (最大值) 氟化氢氨水溶液达10分钟或 10 vol% (最大值) 氢氟酸溶液 5分钟。表面蚀刻将从石英表面清除所有类别的污物以及少量熔融石英。为了不留下在后期加热过程能导致析晶的微量水滴, 用数倍软化水或蒸馏水清洗熔融石英并立即进行干燥。为了减小污染的可能性, 应小心处理熔融石英。始终佩戴干净的手套, 这一点也很重要。由于水和酸溶液易于进入大部分半透明石英管的毛细管, 因此应避免对其进行清洗。当为处理以上现象将毛细管部分快速加热至高温时, 石英管可能爆裂。



## 石英玻璃

### ■ 特别加工的“防水/防油”石英玻璃



什么是“防水/防油”石英玻璃？

这是指通过涂上透明氟以使表面防水的一种石英玻璃，从而增加防水、防油和防污效果。超薄氟涂层厚度小于  $1\mu\text{m}$ ，通过化学方式粘合在石英玻璃表面。该涂层具有较高的耐用性和耐热性。透明涂层不会损失石英玻璃的光学特征（紫外线和红外线透射率），不会降低透射率，这一点已经得到确认。

### ■ “防水/防油”石英玻璃的特征

性质	特征
防水/防油	防水、防油和防污效果胜过无涂层石英玻璃。
透明度	保持几乎与无涂层石英玻璃的紫外线和红外线同等的透射率。
耐用性/耐热性	由于氟涂层材料通过化学方式粘合在石英玻璃表面，保持了该涂层较高的耐用性和耐热性。
高精度加工	$1\mu\text{m}$ 的超薄氟涂层适用于需要精度的场合。

通过与DuPont的技术合作制造了“防水/防油”石英玻璃。