

丁·E·史坦浮斯著
吴家欣等译

玻璃的物理性质

中国工业出版社

玻璃的物理性质与玻璃的结构密切相关。

本书从有代表性的玻璃结构学说之一——无规则网状结构假说出发，对无机玻璃的结构及本性的理论进展作了系统的阐述，并在这个基础上，探讨了玻璃在固态、液态及转变范围内的一些性质以及它们之间的相互联系。

本书的主要对象是玻璃研究工作者。高等院校有关学科的师生及玻璃工厂的技术人员也可参考。

J. E. Stanworth

PHYSICAL PROPERTIES OF GLASS

Oxford University Press

1953

* * *

玻璃的物理性质

吳家欣、凌宏英、刘季康译

*

中国工业出版社建筑图书编辑室编辑（北京德胜门内大街10号）

中国工业出版社出版（北京德胜门内大街10号）

（北京市书刊出版事业登记证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $350 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $71/4$ ·字数178,000

1962年11月北京第一版·1962年11月北京第一次印刷

印数0001-1,602·定价（10-7）1.25元

*

统一书号：15165·1739（建工-241）

譯 者 的 話

本书系根据英国牛津大学出版社 (Oxford University Press) 1950年出版、1953年重印的J.E.史坦浮斯 (Stanworth) 著的“玻璃的物理性质” (Physical Properties of Glass) 一书譯出。原书为威里斯·杰克逊 (Willis Jackson)、H.弗勒里希 (Frönlich) 及N.F.莫特 (Mott) 主編的“材料的物理与化学专論丛书” (Monographs on the Physics and Chemistry of Materials) 之一。

作者結合自己的研究心得首先简单地介紹了科学工作者及工程師們感到特殊兴趣的一些現代玻璃的化学組成，接着就按照无規則网状結構假說的观点，系統而詳尽地闡述了現代有关无机玻璃的結構及本性的理論进展；并在这个假說的基础上，逐章探討了玻璃在固态、液态及轉变範圍內的一些性质以及它們之間的相互联系。讀者通过这种結構特征与各种物理性质間的統一，可以对玻璃的本性获得一个較清晰的概念。

然而，必須指出，本书对晶子結構假說的观点缺乏必要的論述，同时，也极少引証苏联的重要科学文献，这是本书的最大缺点。尽管譯者在这方面已經努力作了一些补注，但显然还是十分不够的。此外，本书多沿用原始資料的称謂，用詞上有不够划一之处，讀者在閱讀时宜加注意。

本书的主要对象是玻璃研究工作者。高等院校有关学科的师生及玻璃工厂的技术人員也可参考。

本书的譯校分工如下：凌宏英譯第2、6、9、10及11章；刘季康譯序言及第1章；吳家欣譯第3、4、5、7及8章，并整理譯文，校注全书。

在本书譯稿的最后审定工作中，謝于深同志曾付出辛勤的勞

动并給予譯者以很大的帮助，特別應該提到，包括序言在內的一些章节是經過他重譯或改写的，譯者謹在此表示衷心的感謝。

譯者虽力求做到譯文忠实，保存原著风格，但毕竟限于年輕学淺，初試翻譯，時間仓促，因此，謬誤疏漏与含糊生澀之处，定所难免，深盼专家先进，多方賜教，鞭策譯者不断修正此书缺点，以趋完善。

譯 者

1959年12月于上海

序 言

最近二十年来，对于玻璃物理性质的了解有了显著的进展。本书着重阐述无机玻璃的本性及结构的现代理论的进展；不准备详细介绍现今几千种不同化学组成的玻璃物理性质的大量技术资料。有关这些资料，已见于莫茨著“玻璃的性质”^①及埃特尔、毕拉尼、希耳著“玻璃技术图表”^②二书中。

对于尚未完全了解玻璃性质的读者，必须着重指出，任何有关玻璃物理性质的一般陈述，都应视为只适用于本书或原始资料中所指的特定的组成范围。例如，从物理学考虑，玻璃中的钠离子会提高电损失因数，但往往有这样的情况，在一定的组成中加入少量的氧化钠后，却降低了电损失因数。对科学工作者要说明的是本书有时采用了“中硅石”、“硼硅酸盐玻璃”等术语，而没有提供出确切的化学组成。因为原始资料本来就缺乏这方面的资料，所以这种表示方法有时是不可避免的。诸如“硼硅酸盐”等词组，都只应看作是叙述某一组成的简写方式，而并非指在玻璃内存在着固定的化合物。

第一篇主要论述通过X射线研究及对密度、颜色、荧光与折射所进行的研究得出的玻璃结构。从这些性质可以知道许多关于玻璃态结构原子空间排列的情况。但本书不拟叙述原子间键型的现代观点。

尽管在玻璃结构方面的研究有了很大的进展，但我们对它的

① G. W. Morey, Properties of Glass, Reinhold, New York, 1938.

② W. Eitel, M. Pirani and K. Scheel, Glastechnische Tabellen, Springer, Berlin, 1932.

了解仍很肤淺。有必要进一步探討玻璃的形成性质，即使是由 Bi_2O_3 和 As_2O_5 那样簡單的氧化物所构成的玻璃。比方說，麦勒及其他学者虽然都提到过 As_2O_5 （見第13頁），但还須以更精确的資料証明，所制得的是五氧化二砷玻璃，而不是由五氧化二砷分解所成的三氧化二砷玻璃。

第二篇叙述玻璃在固态时的一些性质。这些性质在某种程度上經常取决于玻璃所經受的热处理，特別是在轉变范圍內，但这一点不宜过份強調。第八章詳細闡述了玻璃的轉变范圍，并援引了屠尔的著作及他的“假想溫度”的概念。讀者显然希望通过更精确的热力学来解决这个課題，但它还没有达到定量应用的阶段。

在我們的知識領域內有許多明显的缺口，希望这些缺口将促使我們作进一步的研究。即使是近年最受注意的机械强度，也存在着尖銳的分歧意見；因此仍需进一步研究，如确定出取向效应和尺寸因素对玻璃纖維的极高强度的重要作用，滿意地解釋葛里菲斯裂縫的形成等。对循环負載的研究还刚开始，但試驗条件若有所改进，无疑地将提供出更有价值的資料。迟緩彈性及粘度問題近年来也受到很大注意，但由于實驗上及理論上的困难，进展很慢。目前很难或不可能将彈性伸展、迟緩彈性伸展及粘滯流动完全分开，因此在讀到根据目前有关測定所作的任何理論闡述时，必須注意到这一点。

作者欣然向审阅过本书原稿或部分原稿并提出意見的同事們致謝。虽然这种帮助能使本书尽量避免錯誤和含糊，但作者仍盼望讀者指出缺点。編写本书时，得到我的實驗室主任 L. J. 戴維斯（Davies）先生的鼓励和公司提供的方便条件，作者在此一并致謝。

作 者

1949年12月于英国湯姆生——勃
斯頓有限公司(British Thomson-
Houson Co. LTD.)研究實驗室，
拉格比（Rugby）

目 录

第一篇 玻璃的組成与結構

第 一 章 玻璃的化学組成	1
第 二 章 玻璃的結構	9
玻璃形成的条件	9
由X射綫衍射所显示的玻璃的結構	18
玻璃中原子排列的进一步詳述	34
顏色与荧光	44
玻璃的折射系数	54

第二篇 玻璃在固态时的一些性质

第 三 章 破裂的类型	64
第 四 章 玻璃的机械强度	73
試样尺寸对强度的效应	81
热处理对纖維强度的效应	88
表面处理对强度的效应	90
負載時間对强度的效应	94
循环負載对强度的效应	100
玻璃的碰撞强度	101
溫度对强度的效应	102
玻璃的蠕变性质	104
玻璃强度的理論	108
第 五 章 金屬离子及气体向玻璃体的扩散	113
金屬离子向玻璃体的扩散	113
气体向玻璃体的渗透	116
第 六 章 玻璃的电学性质	120
玻璃作为电解质	121

直流电导率	124
电导率对温度的相倚性	127
介电吸收	130
介电常数与损失角	131
功率损失与化学組成	136
第七章 固态玻璃的表面	139
表面耐蝕性	151

第三篇 玻璃在液态及转变范围内的一些性质

第八章 玻璃在转变范围内的性质	154
膨胀率与热吸收效应	154
比热	163
密度与折射率	165
时间对粘度与电导率的效应	170
迟緩彈性效应	173
粘度对温度的相倚性	179
第九章 粘度与表面張力	181
粘度	182
玻璃組成对粘度的效应	187
表面張力	190
第十章 退火	193
应力的松弛	193
结构的均匀性	199
第十一章 失透	201
人名索引	213

第一篇 玻璃的組成与結構

第一章 玻璃的化学組成

在比較詳盡地探討玻璃的結構与性质的物理原理以前，需要很簡略地指出已被公认为玻璃及玻璃物质的化学組成。下面所作的簡述是为了达到几个目的：第一，确定本书后几章准备考虑的玻璃物质的范围；第二，提供适宜方式来着重指出“玻璃”一詞所包括的化学組成是多种多样的；第三，列出一些对于科学工作者及工程師們有特殊兴趣的現代玻璃的組成。

在許多科学工作者之間已經习惯于将某些有机物质看成玻璃，这些物质，例如葡萄糖，可以过冷变为剛性固体而无可見結晶。对于这些无定形的有机物质是否称为玻璃，特別是在美国有过許多爭論。一般的意見似乎都认为，“玻璃”一詞只适用于无机物质，但是，这种限定在欧洲恐怕尚未博得普遍的贊同。塔曼^①在他的經典著作“玻璃态”中，論述了許多有机“玻璃”，却很少提到无机物质^②。

① G. Tammann, Der Glaszustand, 利奧波尔德 伏斯 (Leopold Voss), 萊比錫 (Leipzig), 1933年。譯者按：該书俄譯本为Г. Тамман, Стеклообразное Состояние, 科学技术联合出版社 (ОНТИ), 莫斯科——列宁格勒 (Москва——Ленинград), 1935年。

② 在世界文獻中，論述无定形态的物理問題的书籍并不多。塔曼在“玻璃态”一书中总结了他以低分子有机化合物为主的无定形态性质方面 35 年来所作的工作。值得推荐的另一本科学专著是柯培可“非晶态物质”。书中除着重介紹以作者为首的列宁格勒物理学派的研究成就外，并从无定形物质的結構特性及分子运动的观点出发，全面地探討了許多簡單的及高分子的无定形物质（其中也包括玻璃）的物理性质。通过結構特征与分子运动的統一性，得出了許多現象間的相互联系。詳見：П. П. Кобеко, Аморфные Вещества, 苏联科学院出版社 (Изд. АН СССР), 1952年。中譯本由錢人元、錢保功等譯，科学出版社，1958年。——譯者

本书只考虑无机玻璃，这纯粹是为了方便和简化，丝毫没有否认有机玻璃的意图。因此，就本书的目的而言，我们可以同意美国材料试验学会^①最近对玻璃所下的定义^②：“玻璃是熔融的无机产物，能冷却到刚性状态而不结晶”^③。这一定义包括了許多不象玻璃那样在工业上很重要的物质，例如，氯化鋅、硝酸鈉、硝酸鉀、硝酸銀、硫酸亚鉍、氯化鉛^④、硫代硫酸鈉、矾类以及其它急冷后形成玻璃的水合盐类^⑤。这些玻璃不准备进一步考虑，我們实际上将只探討“氧化物”玻璃。另一方面，有一些玻璃，例如，由純粹的三氧化二硼(B_2O_3)及五氧化二磷(P_2O_5)所形成的玻璃，它們本身并没有什么商业价值，但对于玻璃工艺，無論在技术上或科学上却有相当重要性。

在下一章內，将要談到一些被认为是形成玻璃的基本东西的氧化物，其中最重要的是二氧化硅(SiO_2)、三氧化二硼(B_2O_3)、五氧化二磷(P_2O_5)以及由于价格昂貴而罕用的二氧化鍺(GeO_2)。虽然，无 SiO_2 的高 B_2O_3 玻璃和含有或不含有 B_2O_3 或 SiO_2 的高 P_2O_5 玻璃也应用于特殊目的，但是，在商业中大量应用的还是硅酸盐或硼硅酸盐玻璃。

如所周知，石英玻璃有两种，一种是透明熔融石英，一种是半透明熔融硅砂。石英玻璃在商业上出現已經将近50年了。較近发展的一种玻璃其 SiO_2 含量約为96%，其余主要是 B_2O_3 ，还含少量的 Al_2O_3 (約0.4%)及 Na_2O (約0.02%)。这种玻璃的物理性

① 美国材料試驗学会：American Society for Testing Materials, 簡称A. S. T. M。

② 玻璃工业(美国)(Glass Industry), 1945, 26, 417。

③ 苏联科学院术语委员会对玻璃所下的定义是：“凡由熔融物过冷而得，并因粘度逐渐增加而具有固体机械性质的无定形物体，不管其化学組成及凝固溫度范围如何，均謂之玻璃，而且由液态变为玻璃态的过程是可逆的。”參見И. И. 基泰戈罗德斯基(Китайгородский)等著，前重工业部建筑材料工业管理局編譯科譯，“玻璃工艺学”，建筑工程出版社，1958年，15頁。——譯者

④ 还有碘化鉛。——譯者

⑤ G. W. 莫萊，玻璃的性质，萊茵蒙德出版公司(Reinhold Publishing Corporation)，紐約，1938年，第74頁。譯者按：該書于1954年已出版了第2版。

质接近于石英玻璃，是以H. P. 胡德 (Hood) 及M. E. 諾德堡 (Nordberg) 专利的特殊方法制成^①。这一以商业名“怀柯尔”(Vycor)而闻名的新型玻璃的性质，根据菲列浦斯的“玻璃，奇迹的缔造者”^②一书所载，摘于表1。

96%硅氧玻璃与石英玻璃的一些性质的比较 表1

性 质	96% 硅 氧 玻 璃	、 石 英 玻 璃
软化点(°C)	1,510±30	1,650
退火点(°C)	890±20	1,140
应变点(°C)	790±20	1,070
膨胀系数(°C ⁻¹)	$(7.8-8.0) \times 10^{-7}$	$(5.5-5.8) \times 10^{-7}$
密度(克/厘米 ³)	2.18	2.20

这种玻璃是以特殊的方法制成^③。首先熔融的是較軟的硼硅酸盐玻璃(約含75%SiO₂及20%B₂O₃)，并且，用这种特定組成的玻璃做成制品；制品成型后进行热处理(例如，在500—650°C保持数小时)，直到玻璃內分成两个明显的相：一个所含的几乎是純粹的SiO₂，另一个則含有高百分数的B₂O₃及Na₂O，后者約在98°C时迅速溶解于3N HCl或5N H₂SO₄中。在瀝滤出可溶相后，将剩下的骨架加热至900—1000°C，在这一过程內，制品的体积約收縮35%，形成了透明、无孔隙的玻璃，其組成已如上述。

除了作为熔剂加入的极少量的三氧化二硼外，以二氧化硅为主要成分并作为唯一的玻璃形成氧化物的一些玻璃，可用于制造

① 見：美国专利 (U.S. Patent) 2,215,039。——譯者

② C. J. Phillips, Glass: The Miracle Maker, 毕特曼出版公司 (Pitman Publishing Corporation), 紐約, 1941年, 第52頁。譯者按：該书于1948年已出版了第2版。

③ 我国学者殷之文等也曾研究过高硅氧玻璃。參見：殷之文与王丽君著“高砂氧玻璃”，中国科学院冶金陶瓷研究所編輯，中国科学院出版，1954年。——譯者

容器、片、板^①、灯泡、真空管灯泡与管芯、普通仪器以及温度计等玻璃。表2及表3中所列的数据为这些组成提供了一般的概念。

容器、片、板玻璃的化学组成

表 2

	容 器 玻 璃				滚压板玻璃	拉制片玻璃
	1933年 ^②	1940年 ^③	1946年 ^④	1946年 ^⑤	1940年 ^⑥	1940年 ^⑥
SiO ₂	74	70.4—75	72.1	73—73.5	70.5—73	71—73
Al ₂ O ₃	0.5	0.5—3.1	1.8	1.5—2.5	0.5—1.5	0.5—1.5
CaO	5	4.6—9.6	} 9.8	} 10.5—12.1	13—14	8—10
MgO	3.5	0.3—4.3			0—1	1.5—3.5
Na ₂ O	17.0	} 15—17	} 15.6	} 13—14	12—14	14—16
K ₂ O	—				—	—
BaO	—	—	0.3	0—0.5	—	—
B ₂ O ₃	—	—	0.2	—	—	—
SO ₃	—	—	0.1	0—0.25	—	—
F ₂	—	—	0.1	0.2—0.3	—	—

自表2可以看出,在过去几年内,容器玻璃中氧化钠和氧化钾的含量在逐步降低,而氧化钙和氧化镁的用量则增加,这样就提高了玻璃的化学耐蚀性。事实上,最近的容器玻璃组成已经与片、板玻璃相差不远。

① 片玻璃与板玻璃是有区别的。板玻璃比较厚并且经过机械加工(例如,磨光等),片玻璃厚度较薄,一般为2—6毫米,未经过磨光。片玻璃是板玻璃的一种。——译者

② D.E.沙普(Sharp),工业与工程化学杂志(美国)(J. Ind. Eng. Chem.), 1933, 25, 755。

③ D.E.沙普,玻璃工业(美国), 1940, 21, 158。

④ H.穆尔(Moore)与A.K.赖尔(Lyle),玻璃工业(美国), 1947, 28, 563;表示1946年美国制造的容器玻璃的平均组成。

⑤ H.穆尔与A.K.赖尔,玻璃工业(美国), 1947, 28, 563;表示1946年美国由于缺乏纯碱而在某些情况下采用的玻璃组成。

⑥ D.E.沙普,玻璃工业(美国), 1940, 21, 158。

灯泡、真空管灯泡与管芯、普通仪器及温度

計玻璃的化学組成①

表 3

	灯泡及真空管管芯玻璃	灯泡及真空管灯泡玻璃	仪 器 玻 璃			标准温度計玻璃,耶那(Jena)16 ¹⁰⁰
SiO ₂	57	70.3	70	68.6	62.6	67.5
Al ₂ O ₃	1	1.4	3.3	3.3	4.3	2.5
MgO	—	3.4	—	—	—	—
CaO	—	5.5	6.3	7.3	7.1	7.0
BaO	—	2.0	—	—	7.9	—
Na ₂ O	12	16.4	14	12.3	10.2	14.0
K ₂ O		1.0	6.2	5.3	6.0	—
PbO	30	—	—	—	—	—
B ₂ O ₃	—	—	—	3.2	1.9	2.0
ZnO	—	—	—	—	—	7.0

表 3 内所示的玻璃中, 含有氧化鉛的玻璃比較重要, 这是因为它具有高体积电阻(这种性质与氧化鈉和氧化鉀含量低有关)。这类玻璃广泛地应用在电气装置的结构中。德国所用的灯泡及真空管灯泡玻璃的組成与英国及美国的有少許差别, 后者沒有氧化鋇, 而二氧化硅約含72%。仪器玻璃的设计是为了获得优良的灯工制作性质, 而灯泡玻璃則相反, 其设计是为了适合于自动机制作。温度計玻璃的显著特点是只采用一种碱性氧化物(14%Na₂O), 这是为了避免玻璃随着時間产生緩慢的体积变化而引起零点的位移。

在硼硅酸盐玻璃中, 最著名的是派萊克斯(Pyrex)类型, 它广泛应用于制作烹調器皿及一般实验室仪器。表 4 列出派萊克斯及其它几种在真空管与灯泡制造中有技术价值的硼硅酸盐玻璃的大致組成。

① 除了含有氧化鉛的玻璃外, 表内所有的玻璃組成均取自: H. 卡新(Kalsing), R. 希密德(Schmidt)与M. 湯麦斯(Thomas), 玻璃技术学报(德国)(Glastech. Ber.), 1943, 21, 66。

一些硼硅酸盐玻璃的化学组成

表 4

	派萊克 斯 ①	C 9 鎢封接 玻璃	杜倫 (Duran) 玻璃 ②	可伐 ③ 封接玻璃	C 11 鉬封 接玻璃	鉬封接 玻璃 ② 1477 III	儀器玻璃 2877 III ②
SiO ₂	80.6	74.6	73.8	65	73	64.6	75.6
B ₂ O ₃	11.9	18.0	13.4	25	14	10.9	9.0
Al ₂ O ₃	2.0	1.0	4.0	1.8	2.3	4.9	5.0
CaO			0.3	—		0.5	0.4
MgO	} 1.1	} 0.3	0.2	—	} 3.0	0.2	—
As ₂ O ₃			—	—		0.2	—
BaO			3.1	—		—	3.8
ZnO	—	—	—	—	—	10.8	—
Na ₂ O	4.4	} 5.9	4.6	} 8	} 7.5	7.4	5.2
K ₂ O	—		0.2			0.4	1.2

另一系统的玻璃称为铝硅酸盐玻璃。这种玻璃含有高百分数的SiO₂和低百分数的B₂O₃或P₂O₅作为玻璃形成氧化物，此外，通常加入约20—25%的Al₂O₃。表5列出这种玻璃的两类组成。

在铝硅酸盐玻璃中，耶那的苏普尔瑪克斯 1565 III 是首先在商业上出现的，它使用于要求软化温度特别高的场合，如制造高压汞放电灯、化学燃烧管以及所谓“炉上器皿”（其中玻璃油炸锅即为一例）。表5所示的第二个玻璃代表着最硬的铝硅酸盐玻璃之一，它完全不含有熔剂B₂O₃、Na₂O或K₂O，当玻璃的粘度为10¹³泊（一个随意选取的“退火”温度）时，它的温度约为805°C，而普通的氧化钠——氧化钙——二氧化硅灯泡或管子玻璃的相应温度约为530°C。表5中的第三个组成表示了最近科学方面的发展，这种以钙铝酸盐为主，只含少量玻璃形成氧化物SiO₂的玻璃，具

① D.E.沙普，工业与工程化学杂志（美国），1933，25，755。

② H.卡新，R.希密德与M.湯麦斯，玻璃技术学报（德国），1943，21，66。

③ 可伐（Kovar, Ковар）为一种铁镍钴合金。按苏联资料，可伐的化学组成为Fe33.7%，Ni29%，Co17%，Mn0.3%；在20—100°C时的平均线膨胀系数为(45—50) × 10⁻⁷。和可伐的成份与性质都很接近的合金是费泉古（Fennico, Фернико），其化学组成为Fe54%，Ni28%，Co18%。

譯者

铝硅酸盐玻璃的化学组成

表 5

	1 ^①	2 ^②	3 ^③
SiO ₂	55.3	53.7	5.8
Al ₂ O ₃	22.9	22.0	39.8
B ₂ O ₃	7.4	—	—
MgO	8.5	—	5.0
CaO	4.7	13.5	49.4
Na ₂ O	0.6	—	—
K ₂ O	0.4	—	—
BaO	—	5.8	—
P ₂ O ₅	—	5.0	—

有異常的物理性质，例如，它們既有很高的变形溫度，又有相当高的膨脹系数。

在硼酸盐玻璃（不含或基本上不含SiO₂）中，很少具有商业价值，这里可以提到两种。首先，大家都知道，硅酸盐玻璃不能抵抗鈉蒸汽的侵蝕，因此，在制造鈉蒸汽放电的灯泡时，和鈉蒸汽相接触的玻璃可以采用与表 6 的組成相近的硼酸盐玻璃。自从 G.W.莫萊^④发现含有稀土族元素的硼酸盐玻璃具有高的折射率及低的色散后，光学玻璃有了較新的发展。莫萊所叙述的两种玻璃組成示于表 6。

以P₂O₅为玻璃形成氧化物的玻璃，在很特殊的情况下才在商业中应用。这种玻璃的例子示于表 7。較重要的应用之一是基于氧化鉄引入至磷酸盐玻璃中后，能得到优良的紅外線吸收性质而不呈現可見顏色：这种玻璃首先为E.伯尔格(Berger)^⑤所叙述，其中的两个組成示于表 7。在組成經過审填选择的磷酸盐玻璃中

① 为苏普尔瑪克斯 (Supermax) 1565^m 的組成。參見：H.卡新，R.希密德与M.湯麦斯，玻璃技术学报（德国），1943，21，66。

② J.E.史坦浮斯，玻璃工艺学会会志（英国）(J. Soc. Glass Tech., Trans.), 1946，30，381。

③ J.E.史坦浮斯，玻璃工艺学会会志（英国），1948，32，154。

④ 美国专利2,150,694。

⑤ 美国专利1,961,603和英国专利 (British Patent) 387, 778。

一些特殊硼酸盐玻璃的化学组成

表 6

	钠蒸汽放电灯玻璃 ^①	两种硼酸盐光学玻璃 ^②	
B_2O_3	36	12	40
Al_2O_3	27	—	—
BaO	27	—	20
MgO	10	—	—
Ta_2O_5	—	28	—
TiO_2	—	12	—
ZrO_2	—	6	—
La_2O_3	—	42	20
ThO_2	—	—	20

一些特殊磷酸盐玻璃的化学组成

表 7

	吸收红外线的无色玻璃		透射短紫外 线辐射的 “黑色”玻璃	高电阻玻璃	抗氩氟 酸玻璃
P_2O_5	70.7	40.0	67.0	33.1	72
B_2O_3	4.0	30.0	—	14.0	—
Al_2O_3	10.0	10.0	4.0	15.5	18
MgO	4.0	10.0	—	16.0	—
ZnO	1.0	—	—	9.0	10
CaO	—	—	5.9	—	—
BaO	—	—	20.1	12.4	—
K_2O	10.0	10.0	—	—	—
FeO	2.5	2.5	—	—	—
CoO	—	—	2.0	—	—
NiO	—	—	1.0	—	—

引入钴及镍的氧化物可获得深紫色而并不减弱波长在 250 毫微米左右的短紫外线辐射对玻璃的透射，这是磷酸盐玻璃的另一有趣的应用，J.G. 胡莱 (Hooley) ^③ 引用过这种玻璃，当厚度为 1 毫米

① R. 希密德，玻璃技术学报 (德国)，1937，15，89。

② 美国专利 2,150,694。

③ 美国专利 2,398,530。

时, 254毫微米紫外綫对玻璃的透射約为 70%。这种玻璃的一个成功的組成列于表 7。无碱磷酸盐玻璃也可以制成具有特別高的体积电阻的^①, 具有这种性质的典型組成示于表 7; 这种玻璃的比电阻在 300° C 时約为 $10^{12.6}$ 欧姆/厘米³, 而在同一温度下, 普通鈉鈣硅酸盐灯泡玻璃的比电阻約为 $10^{8.6}$ 。最后, 早已熟知, 磷酸盐玻璃能抵抗氫氟酸溶液或气体的侵蝕; 这种玻璃最近已在美国进行商业性生产, 其組成示于表 7。据称, 这种玻璃可采用一般的技术来熔融并制成管子及普通仪器, 同时, 还能滿意地在灯焰上制作^②。

第二章. 玻璃的結構^③

玻璃形成的条件

为什么一些氧化物能形成玻璃而另一些却不能? 这个重要的基本問題从柴哈里阿先的 1932 年的論文中^④ 得到第一次的回答。这篇論文仍然十分重要, 我們以后将比較詳尽地叙述它。稍早一点, 哥德希密德 (Goldschmidt) ^⑤ 曾經尝试寻找氧化物 A_mO_n 形成玻璃的能力与它的离子半徑比 $\rho = R_A/R_O$ ^⑥ 之間的相互关系。玻璃态氧化物, 例如, SiO_2 、 GeO_2 及 P_2O_5 , 它們的 ρ 为 0.2—0.4, 这相应于氧原子圍繞 A 原子形成一个四面体排列, 但是, 正如柴哈里阿先所指出的, BeO 与 SiO_2 几乎具有相同的 ρ 值, 但 BeO 本身却不能形成玻璃。

玻璃中的原子实质上如同在晶体中一样, 必須为力所联系,

① J.E. 史坦浮斯, 玻璃工艺学会会志 (英国), 1946, 30, 381。

② 美国专利 2,381,925 和英国专利 585,257。

③ 玻璃物质的結構是当前的重大科学課題之一, 它們代表着物质自液态转变