

高等学校教材

光学材料与辅料

查立豫 郑武城 编著
顾秀明 薛翠秀

兵器工业出版社

光学材料与辅料

查立豫 郑武城 编著
顾秀明 薛翠秀

兵器工业出版社

(京)新登字 049 号

内 容 简 介

本书包括光学材料、光学辅料两大部分,是高等工业学校光学工艺与检测专业本科生的必修课或限定选修课教材

本书总结了多年来《光学材料与辅料》课程的教学经验,增加了近年来国内外光学材料、光学辅料方面的新成果,注意了新材料、新技术、新工艺的应用,对光学仪器厂的生产有很好的参考价值,可供光学材料与辅料的科研人员、高等工业学校的有关教师、光学仪器厂技术人员参考,也可作为业余大学、职工大学、夜大学用教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

光学材料与辅料/查立豫等编著. —北京:兵器工业出版社, 1995. 4
ISBN 7-80038-826-3

I. 光… II. 查… III. 光学-材料 IV. 043

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 09956 号

兵器工业出版社出版

(北京市海淀区车道沟 10 号)

新华书店总店科技发行所发行

各地新华书店经销

北京市怀柔县燕文印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 14 字数: 332.28 千字

1995 年 4 月第 1 版 1995 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1-1000 定价: 8.00 元

出版说明

遵照国务院国发〔1978〕23号文件精神，中国兵器工业总公司承担全国高等学校兵工类专业教材的规划、编审、出版的组织工作。自1983年兵总教材编审室成立以来，在广大教师的积极支持和努力下；在国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的积极配合下，已完成两轮兵工类专业教材的规划、编审、出版任务。共出版教材211种。这批教材出版对解决兵工专业教材有无问题、稳定教学秩序、促进教学改革、提高教学质量都起到了积极作用。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设需要，特别是国防现代化培养人才的需要，反映国防科技的先进水平，达到打好基础、精选内容、逐步更新、利于提高教学质量的要求，我们以提高教材质量为主线，完善编审制度、建立质量标准、明确岗位职责，建立了由主审审查、责任编委复审和教编室审定等5个文件。并根据兵工类专业的特点，成立了九个专业教学指导委员会和两个教材编审小组。以加强对兵工类专业教材建设的规划、评审和研究工作。

为贯彻国家教委提出的“抓好重点教材，全面提高质量，适当发展品种，力争系统配套，完善管理制度，加强组织领导”的“八五”教材建设方针。兵总教材编审室在总结前两轮教材编审出版工作的基础上，于1991年制订了1991~1995年兵工类专业教材编写出版规划。共列入教材220种。这些教材都是从学校使用两遍以上、实践证明是比较好的讲义中遴选的。专业教学指导委员会从兵工专业教材建设的整体考虑对编写大纲进行了审查，认为符合兵工专业培养人才要求，符合国家出版方针。这批教材的出版必将为兵工专业教材的系列配套，为教学质量的提高、培养国防现代化人才，为促进兵工类专业科学技术的发展，都将起到积极的作用。

本教材由黄善书主审，经中国兵器工业总公司光学技术专业教学指导委员会复查，兵总教材编审室审定。

限于水平和经验，这批教材的编审出版难免有缺点和不足之处，希望使用本教材的单位 and 广大读者批评指正。

中国兵器工业总公司教材编审室

1991 08

前 言

本教材是根据 1991 年高等工业学校《光学技术》专业教学指导委员会拟订的《光学材料与辅料》的教学大纲编写的。全书包括光学材料、光学辅料两大部分，是高等工业学校光学工艺与测试专业本科生的必修课或限定选修课教材。

本书的第一部分以光学材料为主线，介绍光学玻璃、光学晶体、光学塑料的品种、性能、制造技术和应用前景。

本书的第二部分以光学辅料为主线，介绍光学加工中所用的各种辅助材料，并以光学工艺的工序次序作为此部分教材的编写次序。内容包括金刚石磨料磨具、冷却液、抛光粉、抛光模层材料、光学玻璃的腐蚀及防护、光学清洗材料、光学用胶、光学仪器的防霉防雾等。

本书在广泛收集国内外光学材料与辅料新成果的基础上，加强了材料学的基本理论，注意了新材料、新技术、新工艺的应用。

本书由北京理工大学查立豫同志任主编，第一、二、四章由查立豫同志编写，第三、六、七、十章由北京理工大学郑武城同志编写，第八、十一、十二章由长春光机学院顾秀明同志编写，第五、九章由西安工业学院薛翠秀同志编写。

本书承蒙北京长城光学仪器厂黄善书同志主审，长春光机学院蔡立同志任责任编委，《光学技术》教学指导委员会审核，兵总教材编审室审定，作者谨向他们致以深切谢意，并同引为本书参考文献的作者和单位致谢！

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中缺点与不足之处，敬请广大读者批评指正。

作者：199208 于北京

序 言

在国民经济第八个五年计划期间，兵器工业总公司组织了各有关兵工专业系列教材的编写工作。教材内容是根据专业设置和人才培养规格的要求确定的。

“光学技术”专业在八五期间的系列教材包含有摄影仪器、航空瞄准具原理与设计、瞄准仪器、测距仪器、薄膜技术、光学材料与辅料、光学玻璃工艺学、晶体生长工艺学等。这些教材配合七五和六五期间出版的教材，组成了该专业的一个比较完整、协调的系列。

每一种系列教材的作者和编写大纲都经过“光学技术”专业教学指导委员会的委聘和研讨讨论，最后由兵总教材编审室审定。

各类光学仪器在国防技术上一直承担着观察、监视方面极为重要的任务；在空间技术方面利用电影经纬仪跟踪拍摄人造天体；在原子能方面利用高速摄影装置拍摄和研究核反应和爆炸的过程；在机械、建筑、材料工业、农业、医学等方面各类光学仪器都是必不可少的。应该说光学仪器在社会主义建设各个领域中的作用一直十分重要。

解放以来，我国的光学工业得到了蓬勃的发展。在有关学科和技术上都已先后缩短了与国际水平的总差距，而且有的方面已达到或接近国际先进水平。

光学玻璃方面：无色光学玻璃已能生产 18 种类型计 135 种牌号；有色光学玻璃生产类型有硒镉着色玻璃、离子着色的选择性吸收玻璃和中性玻璃等；特种光学玻璃有耐辐射光学玻璃、防辐射光学玻璃、透红外光学玻璃、透紫外光学玻璃、超低膨胀玻璃以及种种光学功能玻璃等等。

光学晶体方面经过几十年的研究，已能成功地培养透紫外晶体、透红外晶体、偏振晶体、闪烁晶体、窗口材料、激光晶体、电光晶体、声光晶体和变频晶体等。

光学塑料的研究我们起步略晚，光学性能的范围比起光学玻璃来尚有较大的局限性，但是光学塑料已正式开始用于望远镜目镜系统以及低档摄影镜头中。

为了满足近代光学发展的需求，我国已能生产梯度折射率光学材料，为光学材料开拓了新的使用领域。

在光学零件冷加工领域正朝两个方面不断发展：一方面是更高的生产率；另一方面是更高的精度。

在高效生产方面，中等精度的透镜、棱镜已经正式采用大批量生产方法。使用金刚石磨轮的铣磨、使用金刚石精磨片的高速精磨、聚胺酯抛光、使用固着磨料抛光片的抛光，机械法定心磨边等工序并均已实现比较稳定的生产。

高效生产所使用的辅料，例如人造金刚石，采用粉末冶金法制造金刚石磨轮和精磨片，固着磨料抛光片，聚胺酯片，氧化铈抛光粉，新型冷却液等都已正式用于生产。但是在产品的系列化方面和质量的稳定性方面，与国际当前水平相比尚存在一定差距。

在高精度加工方面，大型球面加工和非球面加工上采用了计算机控制抛光；在高精度平面镜和棱镜加工上采用了环形抛光；此外光学零件的复制技术也已普遍地用于生产。

真空镀膜采用了离子束蒸发技术和反应蒸发技术，可以镀制从真空紫外到远红外的各个光谱区域的多层光学薄膜。采用了计算机辅助设计，并向自动化方向发展。

精密刻划方面，成功地采用了光刻法、莫尔条纹定位、激光干涉条纹定位、全息照相、离

子蚀刻等技术，制作出例如 21 位编码盘和全息闪耀光栅等精密刻划元件。

纵观我国的光学技术，包括军用光学仪器和光学材料、光学零件的制造工艺，经过多年的发展，都已经陆续进入了更高的发展阶段。总结过去，展望未来，迎接 21 世纪的挑战，是兵工系列教材编写时的要旨。相信系列教材的问世，无疑将促进光学工业的进一步发展。

严沛然 199305

绪 论

光学材料与辅料是属于材料科学的一部分。材料科学与能源、信息并列为当代技术的三大基础。材料科学是解决许多社会问题和科学发展的关键性科学，对全面实现农业、工业、国防和科学技术现代化具有极其重要的作用。

本课程主要分为光学材料与光学辅料两个部分。两个部分基本上可以并重。光学材料是指用于光学系统中的各种材料，学习此内容的作用是使学生了解光学材料的性能、制造方法、应用前景，以利于学生在学习光学设计时，具有选材的能力，在学习光学工艺课时，能对加工对象有一全面的了解。光学辅料是指光学加工中所需要的各种辅助材料，主要的又是化学材料，学习此内容后，使学生对光学加工有一个更为完整的概念。

光学材料主要包括光学玻璃、光学晶体、光学塑料。

光学玻璃是用得最早、最广的一种光学材料。光学玻璃的发展为光学仪器工业的发展奠定了基础。光学玻璃要求宽的光谱透过率、高的光学均匀性、不允许含有肉眼看得见的条纹、气泡和机械夹杂物。光学玻璃的品种繁多、成分复杂、性能各异，对光学玻璃原料的选择、熔炼、成型、退火、检验提出了严格的工艺规程和操作方法，以保证光学玻璃在品种和质量上都能满足光学仪器的要求。

晶体材料在光学技术上用于制造分光镜、偏光镜等；在原子技术上用于制造探测放射性的闪烁计数器元件，在电子技术上用来制造功能器件和检测器件；激光技术上制造激光振荡工作物质、调制和偏转器件；在信息处理技术上用于制造信息的写入、读出和存储器件；在光电子系统中，由光源、倍频、调制、偏转以至存储、显示各部分需要的器件，绝大部分都要用晶体材料做成。总之，晶体材料已在各种技术上、特别是在新技术的发展上起着很重要的作用。

光学塑料已有 60 多年的历史，第二次世界大战期间，由于光学玻璃不够供应，用聚甲基丙烯酸甲酯和聚苯乙烯生产军用光学仪器。光学塑料具有许多优点，例如不易打破，耐冲击性能好；成型方便，可以不用冷加工，直接铸塑成光学零件，因此，产品成本低；比重小，可减轻光学仪器的重量。但是，目前来说，光学塑料的品种、性能还远远不能满足光学设计的要求。

光学辅料包括金刚石磨料磨具、冷却液、抛光粉、抛光模层材料、光学清洗材料、光学用胶、光学玻璃和光学仪器的防霉防雾等。

光学辅料对光学加工来说是极为重要的，金刚石磨料磨具、冷却液、抛光粉、抛光模层材料、光学清洗材料等是光学冷加工中极为重要的辅料，它们对光学零件冷加工的质量和效率起着重要的作用，只有优质的辅料，才能保证合格的表面加工质量和高的生产效率。

光学用胶品种繁多，好的光学用胶不仅能保证胶合件的成像质量，而且，随着光学用胶聚合速度的提高，使胶合工艺的效率大为提高。

光学玻璃的防腐蚀和光学仪器的防霉防雾在光学加工与光学仪器制造工业中是非常重要的。由于光学玻璃的腐蚀，不仅使光学零件的表面质量大为下降，而且由于反复退修，使生

产率难以提高。光学仪器的生霉、生雾，影响军用光学仪器性能的发挥，只能退回工厂修理。近年来，对光学玻璃和光学仪器的腐蚀问题进行了深入的科学研究，取得了较好的成绩。

光学材料与辅料是一门十分重要的学科，由于品种繁多、涉及面广、独立性强，除共同属于材料学科外，缺乏学科上的一致性，经过深入推敲，使本教材内容多而不繁，杂而不乱，干线清楚，前后呼应，希望能为读者多做贡献。

名词术语符号表

比容	v	波长	λ
比热容	c	波数	σ
浓度	c	光程差	δ
密度	d	折射率	n
温度	t	色散系数	γ
蒸气压	p	分辨率	α
渗透层深度	d	透过率	τ
形变	e	光吸收系数	K
热膨胀系数	α	应力双折射	δ_s
努普硬度	HK	偏光应力系数	B

39946

责任编辑：蒋昌群

封面设计：邹晓燕

ISBN 7-80038-826-3



9 787800 388262 >

ISBN 7-80038-826-3/TH · 52 (课)

定 价： 8.00 元

目 录

绪论

第一篇 光学材料

第一章 光学玻璃	(1)
§ 1 无色光学玻璃	(3)
§ 2 有色光学玻璃	(26)
§ 3 特种光学玻璃	(29)
§ 4 梯度折射率光学玻璃	(32)
第二章 光学晶体	(43)
§ 1 晶体的基本概念及其性质	(43)
§ 2 晶体材料的分类及其发展	(47)
§ 3 晶体生长方法	(50)
§ 4 晶体生长技术发展动态	(54)
§ 5 某些晶体的性能数据与质量指标	(58)
第三章 光学塑料	(64)
§ 1 光学塑料的种类、品种和优缺点	(64)
§ 2 光学塑料的结构	(65)
§ 3 光学塑料的物理化学性能与光学性能	(66)
§ 4 王冕光学塑料	(69)
§ 5 火石光学塑料	(73)
§ 6 环氧光学塑料	(76)
§ 7 其它光学塑料	(78)
§ 8 梯度折射率光学塑料	(80)

第二篇 光学辅料

第四章 金刚石磨料及磨具	(84)
§ 1 金刚石及其它磨料	(84)
§ 2 金刚石磨具的特性及其选择	(90)
§ 3 金刚石磨具的制造工艺	(96)
第五章 冷却液	(101)
§ 1 油溶性类冷却液	(102)
§ 2 乳化液类冷却液	(103)

§ 3 水溶液类冷却液	(108)
第六章 抛光粉	(111)
§ 1 光学加工对抛光粉的要求	(111)
§ 2 抛光粉的种类和性能	(111)
§ 3 铈-稀土抛光粉的物化性能对抛光能力的影响	(113)
§ 4 二氧化锆抛光粉	(117)
§ 5 添加剂对抛光粉性能的改善	(119)
§ 6 晶体用抛光材料	(120)
第七章 抛光模层材料	(123)
§ 1 抛光模层的作用和对它的要求	(123)
§ 2 抛光模层的组成	(124)
§ 3 抛光模层基本材料的作用和性能	(125)
§ 4 聚氨酯抛光模	(127)
§ 5 聚四氟乙烯抛光模	(131)
§ 6 固体抛光丸片	(133)
第八章 光学玻璃的腐蚀及其防护	(135)
§ 1 光学玻璃的腐蚀机理	(135)
§ 2 光学玻璃的防腐蚀	(152)
第九章 超声波清洗及光学清擦材料	(158)
§ 1 超声波清洗机理	(158)
§ 2 抛光后光学零件的超声波清洗	(160)
§ 3 装配前光学零件的超声波清洗	(162)
§ 4 光学塑料零件的超声波清洗	(163)
§ 5 金属零件的超声波清洗	(163)
§ 6 光学清擦材料	(164)
第十章 光学用胶和结构胶	(168)
§ 1 光学用胶应具备的基本特性	(168)
§ 2 粘附机理简介	(169)
§ 3 天然冷杉树脂胶	(170)
§ 4 甲醇胶	(172)
§ 5 环氧光学胶和结构胶	(176)
§ 6 光学光敏胶	(182)
§ 7 晶体胶合用胶	(186)
第十一章 光学仪器生霉及其防护	(188)
§ 1 霉的种类和生长条件	(188)
§ 2 光学仪器的防霉	(192)
第十二章 光学仪器起雾及其防护	(195)
§ 1 雾的生成及其种类	(195)
§ 2 防雾的机理及方法	(196)

第一篇 光学材料

光学材料包括光学玻璃、光学晶体、光学塑料三大类。光学玻璃是用得最早、最广的光学材料，它属于无机高分子凝聚态物质。光学晶体是具有规则排列结构的固体，由于人工晶体生长工艺比较困难，光学晶体的使用就没有光学玻璃普遍，但是晶体材料在新技术发展上起着很重要的作用，例如在光电子学技术方面，由光源、倍频、调制、偏转、存储、显示等各部分需要的器件，又如非线性晶体所包括的电光晶体、声光晶体、变频晶体等，都要用晶体材料制成。光学塑料属于有机高分子化合物，它的特点是抗震、质轻、价廉、成型方便，一旦研究出满足光学要求的光学塑料，成型后的光学塑料零件将比光学玻璃零件、光学晶体零件成本要低得多。

第一章 光学玻璃

玻璃是无机高分子凝聚态物质。不论其化学成分和固化温度范围如何，它是由熔体过冷却所得到的无定形体，由于粘度逐渐增加而具有力学性能的。它的外部特征是：有较高的硬度、较大的脆性、裂开时具有蜡状的折断面、对可见光具有很好的透明度。玻璃态材料具有如下物理通性。

1. 各向同性

玻璃的物理性质，从任何不同的方向测量都是同值的。这是由于组成玻璃的原子或离子从统计学的观点来看，在各个方向上的排列是一致的。

2. 介稳性

玻璃态比晶态含有较高的内能，所以，玻璃态有向晶态转变的可能性。但由于玻璃在室温下的粘度很大，无限地变慢了这种转变过程。

3. 稠化过程的渐变可逆性

玻璃熔体在冷却过程中没有新相出现，而是逐渐地稠化，而且是可逆的。这与结晶物质不同，熔融状的结晶物质，只能在固定的结晶温度下结晶，待全部结晶后，温度才开始下降。

4. 固化过程中，玻璃物理化学性质的连续渐变性。

如图 1-1 中，曲线 1 是晶体的物理化学性质

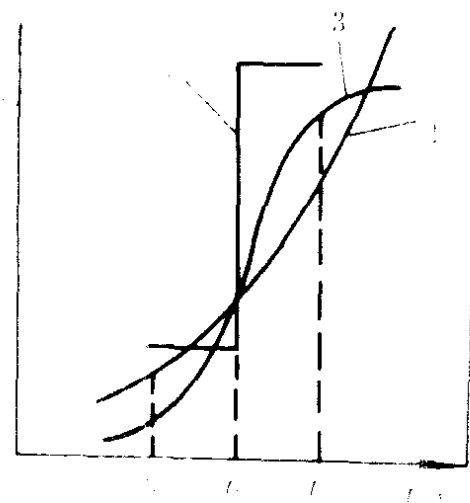


图 1-1 玻璃的比容 v 、比热容 c 与温度的关系曲线
1—晶体；2—比容 v ；3—比热容 c

与温度的关系曲线，当结晶温度为 t_1 时，晶体的物理化学性质发生突变。曲线 2 和 3 分别表示玻璃的比容 v 、比热容 c 与温度 t 的关系曲线。图中标的 t_g 与 t_f 表示玻璃的固化温度范围，当温度低于 t_g 时，玻璃的粘度大于 $1\text{TPa} \cdot \text{s}$ ，玻璃呈现脆性；当温度高于 t_f 时，粘度小于 $100\text{MPa} \cdot \text{s}$ ，玻璃出现液态的典型性质。由曲线 2 和 3 可以看到，当温度低于 t_g 和高于 t_f 时，成直线关系；在 t_g 和 t_f 的温度范围内，成曲线关系，说明系统的性质在加速变化。但并非突变，而是连续渐变。

对于玻璃的内部结构有两种学说：

1. 晶子学说

晶子学说认为：玻璃中除了无定形体结构外，还有有规则部分，有规则部分就是晶子，晶子并不等于具有正常晶格的微小晶体，而是晶格极度变形的，较有规则的排列区域。晶子可以是一定组成的化合物，也可能是固溶体。晶子与晶子之间由中间过渡层所隔离，因而，离晶子中心愈远，不规则程度愈显著，这就是玻璃具有近程有序的结构。

为什么认为玻璃中有晶子呢？硅酸盐玻璃在 500°C 以下，折射率的变化仅仅与温度有关，但在 $520\sim 590^\circ\text{C}$ 间观察到折射率突然变小，而 $\alpha\text{-SiO}_2$ 与 $\beta\text{-SiO}_2$ 的晶变温度正好在 $520\sim 590^\circ\text{C}$ 间，从而，认为玻璃中有晶子存在。

2. 不规则网状学说

不规则网状说的实验依据是：玻璃的 x 射线结构分析图与同组分晶体的相比较，所得结果比较相似。连续网状说说明了玻璃中的硅氧四面体相互间的排列具有连续性，多面体与金属离子间的排列是统计的、无序的，因而使玻璃的宏观性质具有各向同性。当组成改变时，玻璃的性质也连续地改变。由此，可以解释为什么玻璃没有一定的熔点，为什么玻璃不能用一个简单的分子式表示。

晶子学说强调玻璃的微不均匀性和近程有序，而连续网状学说着重说明了玻璃结构网络的连续性、无序性和均匀性。这两种学说反映了玻璃结构问题的两个方面。

单元系统玻璃的结构，如二氧化硅、氧化硼、氧化磷是光学玻璃中常见的玻璃形成体。

石英玻璃由硅氧四面体 $[\text{SiO}_4]$ 组成，四面体 $[\text{SiO}_4]$ 通过顶角互相连接，构成三维空间的骨架，此骨架的强度决定了石英玻璃具有较高的软化温度、机械强度和较低的热膨胀系数等性质。玻璃态二氧化硅的结构如图 1-2 所示。

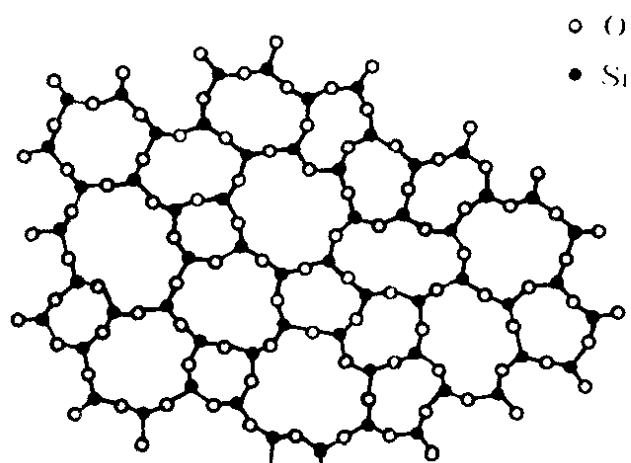


图 1-2 玻璃态 SiO_2 结构模型

玻璃态三氧化二硼的结构是： B^{3+} 周围有三个 O^{2-} ，形成硼氧四面体 $[\text{BO}_3]$ ， $[\text{BO}_3]$ 通过顶点相连，构成向二维发展的层状结构，层状结构决定了玻璃态氧化硼具有较低的软化温度及化学稳定性和较高的热膨胀系数，如图 1-3 所示。

玻璃态五氧化二磷的结构是： P^{5+} 周围有四个 O^{2-} ，形成磷氧四面体 $[\text{PO}_4]$ ，每个磷氧四面体中的四个键，有一个是双键，使 $[\text{PO}_4]$ 产生变形， $[\text{PO}_4]$ 之间以顶角相连，但在双键的一端，四面体之间的连接断裂，所以，玻璃态五氧化二磷是二维空间的层状结构，如图 1-4 所示。

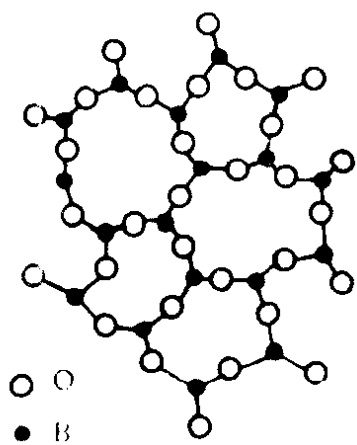


图 1-3 玻璃态 B_2O_3 结构模型

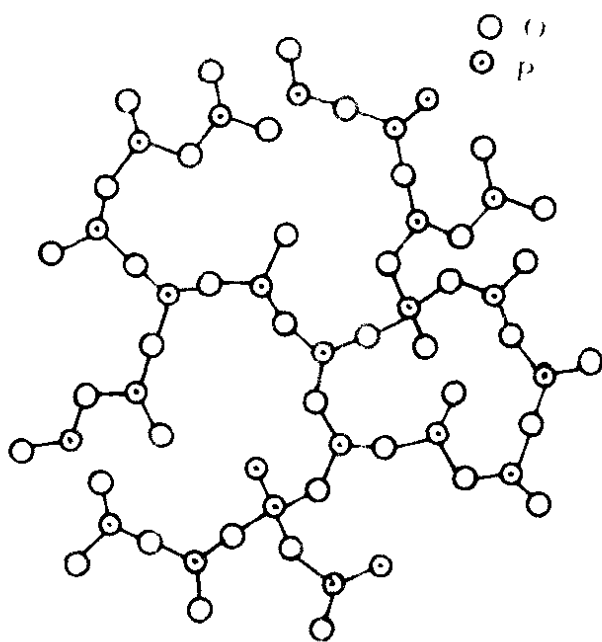


图 1-4 玻璃态 P_2O_5 结构模型

§ 1 无色光学玻璃

§ 1.1 无色光学玻璃的分类与化学成分

无色光学玻璃按国家标准 GB903—87 的规定分为两个系列：1. 普通光学玻璃系列——P 系列，其牌号序号由 1~99；2. 耐辐射光学玻璃系列——N 系列，其牌号序号由 501~599。

根据折射率 n_d 和色散系数 ν_d ，无色光学玻璃分为 18 种类型，类型的名称、符号和化学组成系统如表 1-1 所示。

表 1-1 无色光学玻璃的类型和化学组成系统

序 号	光学玻璃类型	代 号	化学组成系统
1	氟冕玻璃	FK	$RF-RF_2-RPO_3-R(PO_3)_2$
2	轻冕玻璃	QK	$R_2O-B_2O_3-SiO_2; R_2O-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2-RF$
3	冕玻璃	K	$R_2O-RO-B_2O_3-SiO_2$
4	磷冕玻璃	PK	$R_2O-RO-B_2O_3-Al_2O_3-P_2O_5$
5	钡冕玻璃	BaK	$R_2O-BaO(ZnO, CaO)-B_2O_3-SiO_2$
6	重冕玻璃	ZK	$BaO(ZnO, CaO)-B_2O_3-SiO_2$
7	镧冕玻璃	LaK	$RO-La_2O_3-B_2O_3-SiO_2$
8	特冕玻璃	TK	$RF-RF_3-As_2O_3$
9	冕火石玻璃	KF	$R_2O-PbO-B_2O_3-SiO_2; R_2O-PbO-B_2O_3-SiO_2-RF$
10	轻火石玻璃	QF	$R_2O-PbO-SiO_2; R_2O-PbO-B_2O_3-SiO_2-TiO_2-RF$
11	火石玻璃	F	$R_2O-PbO-SiO_2$

续表

12	钡火石玻璃	BaF	$R_2O - BaO - PbO - B_2O_3 - SiO_2$
13	重钡火石玻璃	ZBaF	$BaO(ZnO) - PbO(TiO_2) - B_2O_3 - SiO_2$
14	重火石玻璃	ZF	$PbO(TiO_2) - SiO_2$
15	镧火石玻璃	LaF	$B_2O_3 - La_2O_3 - PbO(CdO)$
16	重镧火石玻璃	ZLaF	$B_2O_3 - La_2O_3 - Ta_2O_3$
17	钛火石玻璃	TiF	$R_2O - PbO - B_2O_3 - TiO_2 - SiO_2 - RF$
18	特种火石玻璃	TF	$R_2O - Sb_2O_3 - B_2O_3 - SiO_2; PbO - Al_2O_3 - B_2O_3$

注：表中 R 代表一价、二价、三价金属

国家标准 GB903—87 比原来的 GB903—65 增加了五种光学玻璃类型，它们是氟冕玻璃 FK、特冕玻璃 TK、镧火石玻璃 LaF、重镧火石玻璃 ZLaF 和钛火石玻璃 TiF。

国家标准 GB903—65 共有 81 个牌号，取消了 TF2 牌号，增加了 55 个牌号，所以新标准 GB903—87 共有 135 个牌号。取消 TF2 的原因是它的特殊部分色散性能比同类玻璃差得太多。

将国家标准 GB903—65 中的四个牌号更名，它们是 ZK12、ZBaF6、ZBaF7 和 QF4，重新分别命名为 LaK11、LaF1、LaF5 和 TiF2。这是因为前三个牌号含一定数量的 La_2O_3 ，后一个牌号含有一定数量的 TiO_2 ，考虑到新标准 GB903—87 已有 LaF 类和 TiF 类，故将其更名。

几个主要国家无色光学玻璃大类对照如表 1-2 所示。

表 1-2 几个主要国家无色光学玻璃大类对照表

中 国	德 国	日 本	英 国	法 国	苏 联
FK 氟冕	FK 氟冕			FC 氟冕	
PK 磷冕	PK 磷冕	PK 磷冕			ΦK 磷冕
	PSK 重磷冕	PSK 重磷冕			
		PSKS 特重磷冕		PCDS 特重磷冕	
	BK 硼冕	BK 硼冕	BSC 硼硅冕	BSC 硼硅冕	
QK 轻冕	BaLK 轻钡冕	BaLK 轻钡冕	LBC 轻钡冕	BCL 轻钡冕	JK 轻冕
K 冕	K 冕	K 冕	HC 硬冕	C 冕	K 冕
	ZK 锌冕	ZK 锌冕	ZC 锌冕		
BaK 钡冕	BaK 钡冕	BaK 钡冕	MBC 中钡冕		BK 钡冕
ZK 重冕	SK 重冕	SK 重冕	DBC 重钡冕	BCD 重钡冕	TK 重冕
	SSK 超重冕	SSK 超重冕	SC 软冕	BCS 特殊钡冕	
			SBC 特殊钡冕	BCDD 特重钡冕	CTK 超重冕
LaK 镧冕	LaK 镧冕	LaK 镧冕		CHD 高色散冕	
	TiK 钛冕	LaLK 轻镧冕			
		LaSK 重镧冕			
		TaK 钽冕			