

姚连增 俞文海 著

晶体世界



物理学基础知识丛书

科学出版社

物理学基础知识丛书

晶 体 世 界

姚连增 俞文海 著

科 学 出 版 社

1 9 9 2

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是介绍晶体材料的科普性读物。

全书共分七章。书中对人们感兴趣的宝石材料及其传说作了较详细的描述。同时叙述了晶体的结构、性能、用途和晶体材料的人工合成方法等内容。还介绍了晶体材料在新技术革命中的重要作用。

本书可供理工科大学低年级学生阅读，也可供从事晶体材料工作的青年科技人员参考。

物理学基础知识丛书

晶 体 世 界

姚连波 顾文海 著

责任编辑 姜淑华

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北口

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992年10月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1992年10月第一次印刷 印张：5 1/4 插页：1

印数：0 001—4 000 字数：118 000

ISBN 7-03-000818-9/O·209

定价：4.00元

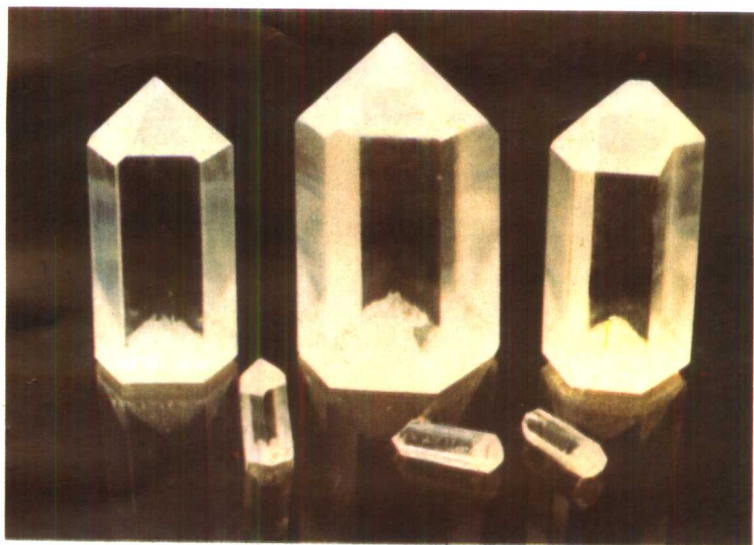


图 5.6 α -LiIO₃ 晶体



图 5.7 邻苯二甲酸氢钾

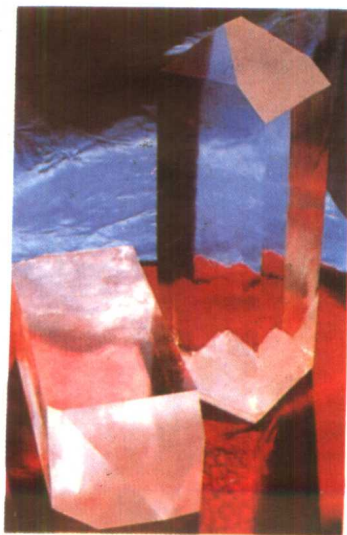


图 5.8 磷酸二氢钾

DAG 65/04



图 5.9 磷酸二氢铵



图 5.10 氟化磷酸二氢钾



图 5.11 季戊四醇

目 录

第一章 瑰丽的宝石世界	1
一、宝石的含义及分类	1
二、宝石的加工	2
三、天然宝石	6
四、人工合成宝石	12
第二章 什么是晶体	20
一、晶体外形的规则性	20
二、晶胞学说和空间点阵学说	22
三、揭示晶体微观结构的实验	25
四、晶体世界	27
五、单晶体、多晶体和非晶体	28
六、晶体学是一门古老而又年轻的学科	31
第三章 晶体的几何结构	35
一、宏观对称要素	35
二、对称型、晶系和晶族	39
三、单形和聚形	43
四、平移对称性	46
五、微观对称要素	50
六、球堆积模型	52
七、若干典型的晶体结构	56
八、晶格缺陷	60
第四章 晶体的物理性质	63
一、自然光与偏振光	63
二、折射与双折射	65
三、压电效应	67

四、热电效应·····	69
五、电光效应·····	70
六、晶体的硬度·····	72
七、晶体的解理性·····	75
第五章 人工晶体材料·····	77
一、饱和与过饱和·····	78
二、从溶液中培养晶体·····	82
三、过冷度与成核率·····	89
四、温度分布与界面稳定性·····	91
五、溶质分凝和组分过冷·····	95
六、从熔体中培养晶体·····	97
七、相变动力学·····	112
八、气相生长·····	115
九、太空晶体·····	121
第六章 晶体生长中的几个理论模型·····	125
一、完整光滑突变界面模型·····	126
二、非完整光滑突变界面模型·····	131
三、双原子层界面结构模型·····	135
四、弥散界面模型·····	141
五、蒙特卡罗方法·····	145
第七章 现代科学技术中的晶体材料·····	147
一、硅单晶与超大规模集成电路·····	149
二、集成光学——一个新兴的光学分支·····	150
三、光纤通信——信息社会的“神经”·····	151
四、碲镉汞 (HgCdTe) 晶体与红外热成像·····	152
五、蓝宝石的新用途·····	154
六、磁光材料中的钇铁石榴石·····	156
七、单晶体在热中子散射技术中的应用·····	156
八、砷化镓开始向硅挑战·····	160
九、巴基球的最新启示·····	161

第一章 瑰丽的宝石世界

人们以各种方式举行结婚纪念活动。有人将结婚 15 周年称为水晶婚；30 周年称为珍珠婚；40 周年称为红宝石婚；45 周年称为蓝宝石婚；60 周年（也有将 75 周年）称为钻石婚。钻石婚被认为是夫妻的最隆重的庆典。

上面提到的水晶、珍珠、红宝石、蓝宝石、钻石等，都是属于我们要介绍的“宝石”。

宝石最早取材于自然界的某些矿物，它们或具有瑰丽迷人的色彩，或具有玲珑秀丽的外形。它们千姿百态、种类繁多。在此，我们只能作一些浅近的介绍。

一、宝石的含义及分类

宝石的概念和内容是随时代而异的。通常把色泽艳丽、透明度高、硬度大、化学性质稳定或具有某些特殊光学效应（星光、变色、变彩），经加工琢磨可作贵重首饰或装饰品的天然矿物称为天然宝石，如金刚石、红宝石、蓝宝石、祖母绿、水晶等。珍稀宝石具有很高的经济价值，在国际市场上有“硬通货”之称。

由于宝石出产稀少、价格昂贵，人们用各种方法培养或合成出某些天然晶体矿物或非晶体矿物的人工合成体，如人造金刚石、人工红宝石和蓝宝石、人造水晶和翡翠等。这些原来只是在科学技术领域或工农业生产中为人类服务的材料，如今也成为人们瞩目的人工装饰品。

还有一类宝石，如珍珠、珊瑚、琥珀等，它们是由某种生物作用而形成的。我们称这类宝石为生物宝石。

宝石按照价格而论，可以分成两大类：

1. 珍贵宝石

包括像金刚石、祖母绿、红宝石、蓝宝石、优质翡翠、猫眼、黑蛋白石、田黄等。

2. 半珍贵宝石

包括像黄玉、海蓝宝石、珍珠、电气石、紫水晶、尖晶石和各种石榴石等。

宝石的重量单位是克拉，“克拉”一词来源于希腊语，它原是生长在地中海沿岸的一种豆角树，这种树结的豆荚长约15厘米，奇特的是其中的豆仁重量几乎完全相等，当时人们就用这些豆仁作为测定贵重微小物品的砝码。一克拉等于 $1/5$ 克，即200毫克，或约等于 $1/142$ 盎司。例如，在荷兰首都阿姆斯特丹最近展出了一颗名为“林勃兰”的黑钻石，重42克拉，据认为这是世界上迄今所发现的最大黑钻石。

后来，又由克拉(Carat)派生出黄金成色的单位开(Karat)，人们取其第一个字母K，作为表示黄金制品纯度的单位。常见的有14K、18K、22K和24K几种。14K含金量为58.33%，18K含金量为75%，22K含金量为91.67%，24K含金量为99.99%，其余部分用银或铜配。

二、宝石的加工

宝石的加工是一门很有讲究的艺术。

首先,居于宝石之冠的金刚石,现在已经有许多国家可以对它进行琢磨了。金刚石的硬度是最高的(摩斯硬度¹⁾为 10),对它的加工与别的宝石加工完全不一样。金刚石加工已经成了一个专门行业。德国、荷兰、比利时等国,金刚石的加工技术都是比较先进的,但比之印度又要逊色多了。

金刚石就是人们通常所称的钻石,大颗粒钻石是极为珍贵的,它的价格是黄金的几百倍,一般都视为国宝珍藏。

印度是世界上金刚石开采和加工最早的国家,现在仍然是世界上最大的钻石加工中心和钻石出口国,素有钻石工业王国之称。

印度每年要向世界市场提供约两亿颗小钻石,占世界总供应量的 75%,而美国和日本则是世界上最大的两个钻石销售市场。

宝石的加工包括两个方面的内容,一个是材料的选取,加工的手段和技艺;另一个就是造型的设计。无论是哪一种宝石,都要根据它的具体品质加工琢磨成一定的形状,才能更好地显露出它那动人的风采。

宝石的加工形状有许多种,但比较常用的有以下几种:

- a. 台阶形 加工比较简单,是初期的金刚石切型。
- b. 蔷薇花形
- c. 光灿切型 是目前金刚石的标准切型。
- d. 尖卵形切型
- e. 台阶形切型 人们经常喜欢将祖母绿宝石加工成这类切型,所以又把它称为祖母绿型。
- f. 凸圆形切型 造型简单,是一种最古老的切型。
- g. 水滴切型 实际上是 d 型的变形。

1) 见第四章中晶体的硬度。

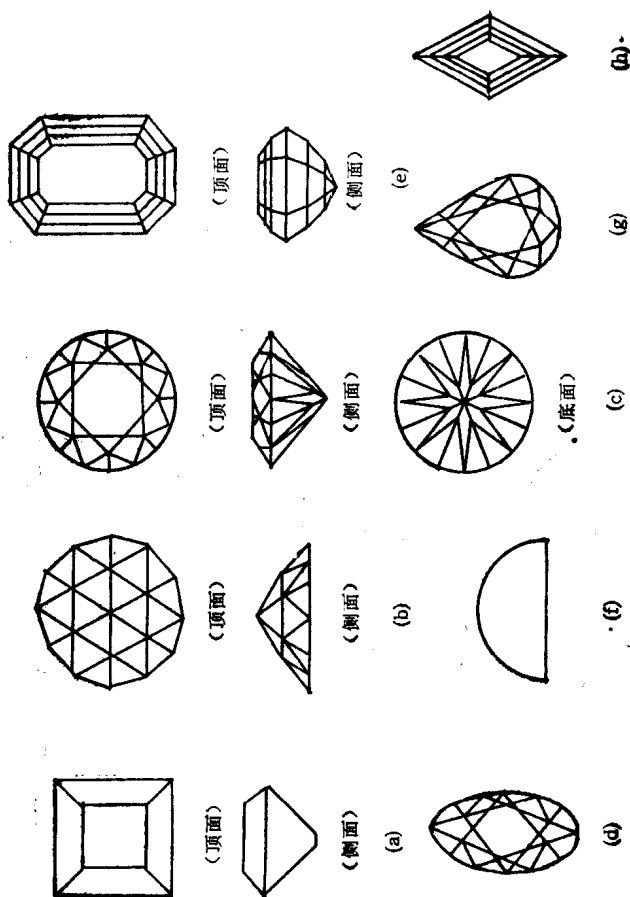


图 1.1 宝石的几种主要切型

b. 菱形切型 是 e 型的变形。

宝石采用什么样的切型，这要根据宝石的色调、透明度、折射率和色散等一系列性质来确定。经验丰富的工匠可以在一块形如玉米粒大小的宝石上琢削出大小均匀、角度合适的 70—80 个面来。对于色泽艳丽、透明度好的宝石，例如祖母绿、红宝石等，一般多采用台阶形刃型，而对于一些如蛋白石、猫眼、翡翠、珍珠等不透明或半透明的宝石，则多采用造型简单的凸圆形切型。

透明度好的宝石为什么多加工成具有许许多多小面的多面体呢？这主要是为了更充分利用宝石材料的光学性质。普通的光线如日光，是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种波长不等的单色光组成的。物质对不同颜色（即不同波长）的光的折射率是不同的，波长越小，折射率越大；反之，折射率就越小。这就表明折射率 n 是波长 λ 的函数，

$$n = f(\lambda)。$$

当一束光线入射到宝石的某一小面后，经折射进入宝石内部，由于折射率的不同，便产生了不同的折射角，形成色散，如图 1.2 所示。

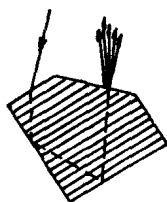


图 1.2 光的色散示意图

于是，这些经过折射散开的光线就以各自不同的方向，在宝石内部来回经过多次反射，最后由宝石的某些面折射而出，从而产生闪烁的光辉。这个性质对于深色宝石，如红宝石倒

不是很重要的,因为只有一个波长(红光)的光进入宝石,但对于无色宝石,如金刚石,这个性质就是相当重要的了。金刚石多为无色透明,其它色彩的也有。晶型多达数10种,通常多为8面体和12面体。晶面常鼓起成球面状。

三、天然宝石

宝石之所以珍贵,稀少是一个很重要的原因,它的蕴藏量不多,并且也不均匀。据今已知,地球上已经探明的2000多种矿物,其中只有200多种可以作为宝石使用,而最为人们所倾慕的仅几十种。

得到一块宝石,是件非常不容易的事情。即使在蕴藏丰富的非洲大陆,要想采到一颗宝石级金刚石(重量大于1克拉),就需要反复处理约250吨的矿石或砂砾,采得率仅仅是1/1250 000 000!这要付出多么巨大的劳动啊!

1. 宝石的神话

一般的天然金刚石重量都在1克拉以下,上百克拉的金刚石就可称得上是特大金刚石了。几百年来,世界上采得100克拉以上特大金刚石近1000颗,150克拉以上的著名金刚石只有50颗。迄今为止,世界上最大的金刚石是1905年在南非德兰士瓦发现的“库利南”,它重3106克拉,几经转手后,于1907年,作为寿礼进贡给了英皇爱德华七世,后将其解体,加工琢磨成105颗钻石,其中有9颗最著名,它们均保存于英国:

库利南一号	呈水滴状	重 530.2 克拉
库利南二号	呈方形	重 317.4 克拉
库利南三号	呈梨形	重 94.4 克拉

库利南四号 呈耳垂形 重 63.6 克拉

.....

世界上其它一些著名的金刚石，像“奥洛夫”、“亚格伯国王”、“彩色印度”、“摄政王”、“沙赫”等，各自都有非凡的经历。有一颗叫做“霍普”的钻石，就有着非常神秘的传说，先后有 20 多人为之丧生。

据说，500 年前，一位印度僧人从庙宇里的神像额头上，偷下了这颗闪烁蓝光的钻石，结果被抓住受刑而死。1642 年，霍普钻石落到法国走私商塔菲涅手里，塔菲涅把钻石卖掉后买了大批房产。塔菲涅的儿子嗜赌成性，负债累累，塔菲涅被迫把财产变卖掉，想回到印度重振家业，结果在途中被一群野狗活活咬死。这颗钻石又辗转 to 法皇路易十四手里，由于发生兵变，他在万民唾骂中死去。

1908 年，土耳其皇帝哈密德花了 40 万美元买下了霍普钻石，赐给皇后苏芭雅，后来却亲手把她刺死。一年后，哈密德自己也失去了皇位。1911 年，这颗钻石远渡重洋，被美国巨商麦克莱恩购得，在相继 40 年中，厄运接踵而至，最后麦克莱恩死在精神病院里了。

似乎这颗神秘的钻石落到谁手里，谁就要倒霉。明智的美国珠宝商温斯顿从麦克莱恩的后人手里买下了霍普钻石后，便捐献给了史密生博物馆，结束了这颗蓝钻石不祥的历程。

钻石常被用来作为显示财富和权力的装饰。法国皇帝拿破仑一世手中的宝剑，剑柄上就嵌有一颗重 137 克拉的“摄政王”钻石。伊朗国王巴列维于 1967 年继承王位举行加冕典礼时，所戴的王冠是由 3380 颗钻石镶嵌而成的，其中有 60 颗淡黄色的钻石作为衬托。这顶王冠现陈列于伊朗首都德黑兰中央银行大厅，并作为国家的金融储备。

2. 宝石的产地

金刚石 为宝石之冠，一般是无色的，以蓝色和玫瑰色最为稀有。多产于南非、澳大利亚、巴西和苏联。

红宝石 大都产于缅甸、泰国、斯里兰卡和坦桑尼亚。

蓝宝石 可分为皇家蓝、天蓝和蓝绿等几个品种。最上品的“克什米尔蓝”产于缅甸。澳大利亚蓝宝石的产量占全世界产量的50%。

翡翠(亦名硬玉) 是嵌宝石戒指面常用的宝石，绿翡翠属多。盛产于哥伦比亚、缅甸。1981年，国外出售一条翡翠项链，售价109万美元。

石榴石 颜色有绿色、葡萄酒色、红色和桔红色。这种宝石在美国最受欢迎，产于南非、美国、印度和斯里兰卡等国。

紫水晶 这是一种水晶质的宝石，除了紫色外，还有红色、黄色、茶色等，而以紫色最为名贵，尤其受到日本人的喜爱。多产于巴西和南非。

祖母绿 绿柱石是用来称呼具有化学式为 $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ 的一族宝石。它可以因其中所含的杂质不同而呈现出不同的颜色。在各种颜色的绿柱石中，要数祖母绿最漂亮，也最为珍贵，可与钻石媲美，被誉为“绿宝石之王”。哥伦比亚祖母绿宝石的产量占全世界总产量的90%以上。目前，世界上最大的一块祖母绿宝石重24 000克拉，是1950年在南非发现的。

海蓝宝石 和祖母绿同属绿柱石矿物，呈蓝色。产于哥伦比亚、斯里兰卡。1910年在巴西发现了一块海蓝宝石，长约半米，重110.5公斤，呈娇嫩的蓝色。

蛋白石 蛋白石本身的颜色范围可以从白到黑，但是使

它具有诱惑力的是其闪亮色彩,使人捉摸不定,正是因为它具有那种妖魔似的游离色,尤其受到人们的喜爱。它多产于澳大利亚、墨西哥和巴西等地。

橄榄石 黄中带绿,产于夏威夷,它几乎成了夏威夷的一个标志。

黄玉 黄色的结晶状宝石,真正的上品略带一点红色,产于斯里兰卡、巴西和苏联。

孔雀石 色如孔雀羽翼,产于斯里兰卡、澳大利亚。

金红石和尖晶石 产于斯里兰卡。

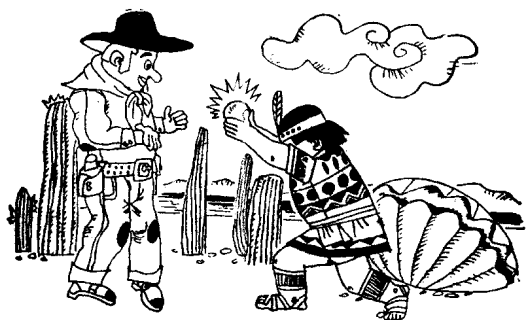
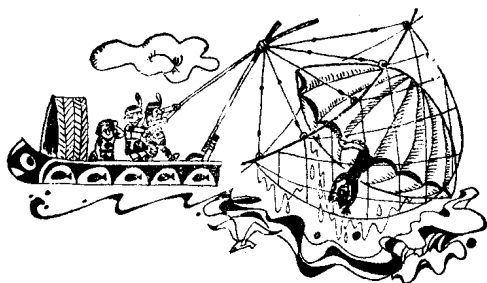
松石 产于伊朗和美国。

3. 生物宝石

在生物宝石中,珍珠是非常重要的。用它制成的皇冠、戒指、耳环、项链首饰等,秀丽美观,价值连城。珍珠可分为天然珍珠和人工养殖珍珠两类。天然珍珠被誉为“白色玉石”,世界上有三种天然珍珠最著名,即西欧的西珠,日本的东珠和我国的南珠。我国的南珠以它凝重浑圆、色泽鲜明、质地纯良而称著世界。

迄今世界上最大的一颗珍珠是由一位美国私人收藏家所有。这颗珍珠约重 6.4 公斤,就像一颗人的脑袋,曾标价 40 000 000—42 000 000 美元!这颗珍珠的发现是在 1934 年。一位名叫库珀的美国考古工作者在菲律宾南部沿海地区从事考古工作时,目睹了一幕令人惊奇的情景。这天,当地以采珠为业的达雅克人从海里打捞起一只约重 114 公斤的大海蛤。海蛤被捕出水面时,它的两瓣坚硬的壳还死死地夹着一具男尸的脚,这是一具采珠人的尸体。在这个大海蛤的体内就长着这颗大得出奇的珍珠。于是,这些信奉伊斯兰教的达雅克人就把这颗珍珠取名为“安拉(真主)的珍珠”,并归该部落酋长

所有。



两年后，库珀重返旧地，正遇上酋长的儿子发疟疾，生命垂危。库珀将随身带的抗疟药送给他，病人服药后身体便康复了。酋长为了报答库珀的救命之恩，便将这颗大珍珠送给了他。

类似这样的事情我国历史上也是有记载的，明代李时珍在《本草纲目》中引《廉州志》说：“合浦县海中有梅、青、樱三池。蜃人（即采珠人），每以长绳系腰，携篮入水，拾蚌入篮，即振绳令舟急取之。若有一线之血浮水，则葬鱼腹矣。”清代诗人冯敏昌在采珠歌中曾生动地写道：“江浦茫茫月影孤，一舟才过一舟呼。舟舟过去何舟得，采得珠来泪已枯。”当时