

在18°C到250°C范围内测量六种光学材料的线性热膨胀系数

摘要 本文介绍氯化钾、氟化钙、化学蒸发附着物硒化锌、硫化锌、单晶锗和铈酸锂在18°C到250°C范围内的线性热膨胀系数。最后一种是各向异性晶体，其热膨胀系数是平行和垂直C轴两个方向的。给出的特性曲线表在60°K到500°K范围内六种材料的特性。

引言

测量较新光学材料的热膨胀系数已经进行几年了，其温度范围由室温降到液氮和液氮温度。设备有三个末端电容型膨胀计与辅助设备；参考文献1已经介绍。其后，类似的设备测量温度的范围从室温到250°C左右。由在膨胀光电元件结构中的高温环氧树脂来代替，改进温度控制器，把低热敏电阻移近加热磁带以减少控制器的响应时间来稍加改进设备。改进的设备已经做过反复校准。

本文将介绍六种材料在放大的温度范围内所测量的线性热膨胀系数；这些结果在美国光学协会Tucson会议上已经报告过。

膨胀光电元件是实心圆柱形小试样，长约13毫米，对直径要求不高。试样是由以下

几家公司供应的：氯化钾和氟化钙及铈酸锂圆柱这三种试样由俄亥俄 Solon Harshaw 化学公司供应；化学蒸发附着物硒化锌和硫化锌试样由马萨诸沃尔瑟姆的 Raython公司供应；单晶和多晶试样由俄克拉何马 Quapaw 的 Eagle-Picher 供应，这些试样的其他数据在参考文献4给出，这些篇文章报导了它们在60°K到300°K范围内的热膨胀特点。

结果

表1指出六种光学材料的热膨胀系数，图1给出特性曲线。为了得到这些数值，每间隔25°C取电容和温度值，文献1详细地介绍了这些数据下降情况。由于必须取两个数据序列才得到膨胀系数一个值以及获得的

表1 六种光学材料的线性热膨胀系数($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

T/°C	KCl	CaF ₂	ZnSe	ZnS	Ge	LiNbO ₃	
						$\alpha//$	$\alpha\perp$
40	36.4	18.2	7.1	6.7	6.1	3.6	15.1
60	36.5	18.7	7.5	6.7	6.1	4.0	15.7
80	36.6	19.2	7.7	6.7	6.2	4.3	16.1
100	36.9	19.6	8.0	6.8	6.2	4.4	16.5
120	37.3	19.9	8.2	7.1	6.2	4.5	16.8
140	38.0	20.3	8.4	7.3	6.2	4.5	17.2
160	160	20.6	8.5	7.5	6.3	4.4	17.4
180	39.5	21.0	8.6	7.9	6.3	4.3	17.8
200	40.4	21.4	8.7	8.2	6.3	4.1	18.1
220	41.4	21.7	8.8	8.5	6.4	3.8	18.3
240	42.8	22.1	9.0	8.7	6.8	3.5	18.6

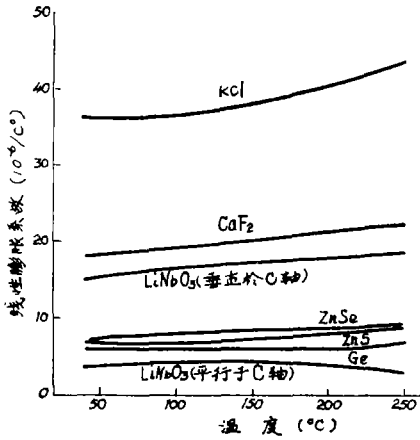


图1 在40—250℃范围内，六种光学材料的线性热膨胀系数

最低实际温度约为25℃，稍高于室温（18℃）几度，所以内插列表的数据和特性曲线开始于40℃。但是特性曲线十分平以容许外推到稍许低的温度，而高温界限也可超过250℃。

关于锗品质因数，见参考文献4，在低温范围内单晶和多晶试样的膨胀特性曲线本质上不能区别，然而在高温范围内，多晶数据表现出异常散射和缺乏一段到一段的重复性，虽然在两种类型之间计算膨胀系数的差很少超过 $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。也许因为锗在较高温度有较高的传导性（热传导和电传导性）。在任何情况中，我们所报导的数据只是较好的单晶试样。

图2和图3是参考文献4中的低温数据与表示六种材料膨胀特性曲线的新数据的结合，其温度范围是60°K到500°K以上。用两种不同设备获得的数据在室温左右重迭的范围一般是可容许的。存在偏差的地方，就本文给出的KCl, CaF₂, ZnSe的新数据应该看作是较可靠的。砷酸锂平行于C轴的低温异常膨胀特性将在下文中讨论。

在16—300°K低温范围内测量精度在其他文章中引证过。利用电容法的灵敏性和测量温度的精确性来测量很少用于高温范围。这些因素降低高温下的精度，允许测量的线性膨胀系数误差在 $\pm 0.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

而较早的文章报导在低于室温的测量值，用的是绝对温度值，我们已经给出高于室温的普遍范围的摄氏温度。由于两种温度的刻度间隔相等，所以膨胀系数可以表示为K或℃单位可互相转换。

在我们报导这温度范围内文献给出过六种光学材料的热膨胀数据。其他研究结果下面作简单的讨论。虽然在较高温度其差别趋向较大，但是，那些数值大体上与我们的数值相一致。我们的试样和他们的试样可假定有相同的化学成分；但制取方法可能有区别，晶体结构可不同，同样他们的测量技术与我们也不同。这样精确地的定量比较膨胀系数不可能有太大的意义。由于事先作过，当材料的热膨胀系数很小时也给出了百分比差别。

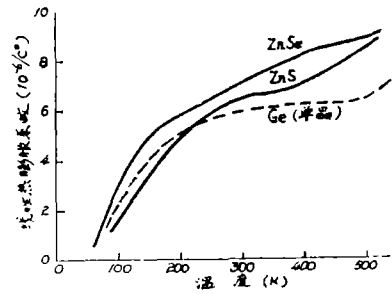


图2 ZnSe, ZnS及锗单晶约在60—500°K的线性热膨胀系数

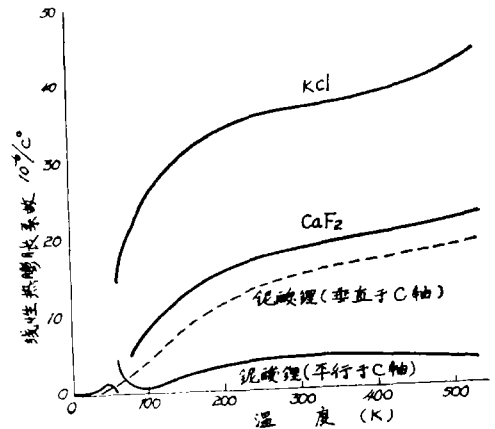


图3 KCl, CaF₂和LiNbO₃在60—500°K的线性热膨胀系数。低于60°K的砷酸锂膨胀特性本文没有讨论

Leadbetter 和 Newsham 已经报导过关于 KCl 单晶试样的测量值, 他们用液态镓浸没膨胀计测量 50—200℃ 的固体的体积膨胀系数。我们在表 1 中给的线膨胀系数在 70℃ 低于他们的 5%, 在 250℃ 低于 2%。Lagu 和 Dayal 计算的理论与我们的值很一致, 在 40—140℃ 理论值比我们的值平均大 1%, 从 140℃ 到 240℃ 理论值比我们的值平均低 2%。

Batchelder 和 Simmou 用 x 射线膨胀计测量了 CaF_2 单晶试样 (6—322°K), 他们的值在 40℃ 比我们的值大 4%

我们的 ZnSe 线性膨胀系数可以与其他两组报导的数据相比较。Singh 和 Dayal 用 x 射线膨胀计检测的值是比我们在对比的最高温度和最低温度下测的值大 $0.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, 而在中间的温度范围内是很一致的。由 Zholanova 和 Sergeev 用石英膨胀计测量的值与我们的没有很好的符合。虽然他们的测量值在 40℃ 时近似与我们的值相等, 但是在 220℃ 时他们的值比我们的低很多, 约差 $1.0 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, 约为 10%。

用光学陶瓷 KO-2 多晶材料得到 ZnS 的测量值。有人指出在真空中加热形成粉末状的 ZnS 制备陶瓷。用干涉方法得到的膨胀测量值由 Artyukh 等人报导过。他们的数值超过我们测得的 CVD ZnS 膨胀系数 0.2×10^{-6}

$/^\circ\text{C}$ 。在 70—145℃ 他们的值比我们的低。温度增加到 145℃ 以上, 偏差转向, 在 220℃ 他们的值比我们的值少 $0.8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$

国家标准局 Kirhy 等人所测得的值给出诸在 25—800°K 范围的线性膨胀系数。在 80℃ 我们的值比他们的值大 $0.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。在 120—230℃ 我们的值与他们的值很一致。

Zhdanova 等人用石英膨胀计测量了各向异性材料铈酸锂的膨胀系数。他们的测量值是在 77—500°K 情况下得到的, 用的试样是在恒定电场中用 Czochralski 方法生长的单晶上切割的。测得垂直于 C 轴的膨胀系数在 40—220℃ 与我们很一致。他们的值似乎比我们的值平均小 $0.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 。主要的偏差出现在我们测得的与他们测得的平行于 C 轴的膨胀系数。虽然在 40℃ 偏差很小 (他们的值比我们的值大 $0.3 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), 但在 120℃—220℃ 范围内有相当大的偏差。他们测量的值较小, 约为 $2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, 他们的数据指出在接近 180℃ 时膨胀系数最小。而我们的数据在 130℃ 左右出现最大, 130℃ 以上随着温度增加而膨胀系数连续减少。Zissalde 和 Peuzin 用 x 射线衍射方法得到的其他测量值不可能与我们的数据作有意义的比较。

译自 “Applied Optics” Vol.17

No.7 P 1152 1978

〔吴桂英 译〕