

运用唯物辩证法指导激光材料的研究

中国科学院上海光机所三室

马克思主义概括和总结了自然科学,它所揭示的唯物辩证法的一般规律,在各门自然科学中是普遍起作用的。无数事实雄辩地证明了“辩证法 is 唯一的、最高度地适合于自然观的这一发展阶段的思维方法”,“辩证法的规律是自然界的实在的发展规律,因而对于理论自然科学也是有效的”。我们是从事激光材料研究的,在实践中越来越感到马克思主义唯物辩证法的强大威力。激光工作物质是固体激光器的“核心”部分,激光的产生以及激光束的质量和激光的效率,主要是由它决定的。多年来我们在激光材料研制方面进行了大量的实验和摸索。但在无产阶级文化大革命以前,由于刘少奇一伙所推行的修正主义路线的影响,破坏和干扰了学习马列主义的群众运动,使我们科技人员不能自觉地运用唯物辩证法指导科学实践,因此,在研究工作中,虽然观察到了许多现象,累积了不少实验数据,但缺乏系统的辩证的分析,没有在广泛的实践基础上把认识往高里提,形成不了清晰的概念。工作中往往主观判断,抓不到事物变化的客观规律,在不同程度上做了形而上学和烦琐哲学的奴隶,影响了研究工作的进展。

无产阶级文化大革命、批林批孔和学习无产阶级专政理论运动以来,在深入批判刘少奇、林彪、邓小平修正主义路线的斗争中,广大科技人员提高了学习马克思主义理论的自觉性。在毛主席的哲学思想指导下,我们在科研工作中克服了重重困难,攻克了一个个的技术难关。近年来,遵照毛主席的教导:“让哲学从哲学家的课堂上和书本里解放出来,变为群众手里的尖

* *

仅在激光应用、激光器件上做了大量的工作,而且还能进行探索性的研究,进行简化全息术的探索,写出了《漫射景物单光束全息照相实验》的文章,引起有关单位的注意。这一切都是无产阶级文化大革命的伟大胜利,教育革命的灿烂之花。

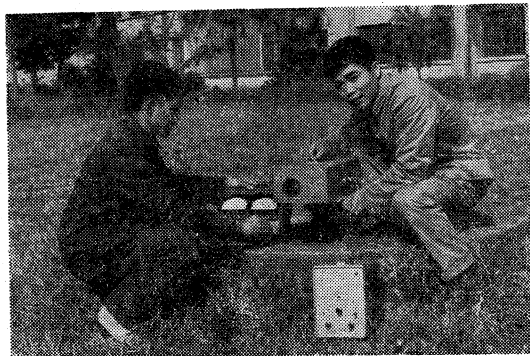


图4 中山大学物理系光学专业工农兵学员在使用激光准直仪

事实证明工农兵学员质量就是好,工农兵群众就是欢迎这样的大学生。列宁在回击资产阶级对无产阶级的攻击时说得好:“让他们去狂吠吧!我们走自己的道路”。

锐武器”，所党委引导和启发广大科技人员在马克思主义世界观指导下，自觉运用唯物辩证法来讨论和总结科研工作中的理论与实践问题，坚持用马克思主义占领科学阵地，指导科学实践。群众在学习和实践的结合中，逐步掌握马克思主义哲学思想，使我们激光材料的研究工作出现了生动活泼的新面貌。

辐射与无辐射

在研制激光材料时，为提高其激光效率，其中最重要的途径就是力求提高激光材料发光的量子效率。能否通过玻璃成分的变更来提高掺钕玻璃的发光量子效率呢？在初期，我们认为玻璃成分复杂并结构无序，所以，只是从大量的实验中摸索、调整玻璃的配方，往往抓不住事物的本质和变化规律，因此也不能有效地提高钕玻璃的激光效率。毛主席教导我们：“从事物的内部、从一事物对他事物的关系去研究事物的发展，即把事物的发展看做是事物内部的必然的自己的运动，而每一事物的运动都和它的周围其他事物互相联系着和互相影响着。”根据毛主席的教导，近几年来，我们运用对立统一的观点，从大量实验的资料中，分析和总结了钕离子(Nd^{3+}) 在玻璃态物质中所处的状况和能量转移过程，在认识的深化方面前进了一步。钕离子(Nd^{3+}) 是四能级系统，从吸收光泵能量一直到产生激光的整个能量转移过程中都存在着辐射和无辐射(光跃迁和热跃迁)这一对矛盾，并且这对矛盾在上述过程中的各个阶段是变化着的。比较各阶段辐射跃迁与无辐射跃迁的几率大小，可以看出，从能级 I (上能级)至能级 II (亚稳态)以及从能级 III (终态)至能级 IV (基态)的跃迁中，无辐射跃迁几率比辐射跃迁几率大得多，无辐射能量转移效率高；而从能级 II (亚稳态)至能级 III (终态)，则两种跃迁几率差不多。显然，解决亚稳态能级上辐射与无辐射这对矛盾双方的竞争是整个能量转移过程的关键，无辐射跃迁几率愈小，能量损失就愈少。玻璃基质对 Nd^{3+} 离子的辐射和无辐射跃迁几率都有直接的影响，而表现在无辐射跃迁上更为明显。几年来我们抓住玻璃成分和结构对 Nd^{3+} 离子的亚稳态 ${}^4\text{F}_{3/2}$ 的无辐射跃迁的影响这一关键因素，进行了多方面的研究和分析，通过玻璃的组成调整和工艺改进，减少了热跃迁损耗，使钕玻璃的量子效率进一步提高。

为把握一事物与他事物的区别，还必须研究矛盾在其总体上，在其相互联系上的特殊性。一般的激光晶体材料都是离子键化合物，而无机玻璃是极性共价键物质。在掺钕晶体中无辐射跃迁过程较多地从远距离相互作用和晶格振动与电子跃迁的耦合方面考虑。由于钕玻璃中有 50% 左右的共价键结构，其无辐射跃迁是一种使 4f 轨道带有一定程度的杂化的内分子能量传递过程，所以，要特别注意 Nd^{3+} 离子与最邻近的配位体之间的化学键性质对亚稳态无辐射跃迁的影响。这样一来，抓住了激光玻璃的矛盾特殊性，从而找到了影响无辐射跃迁的一系列玻璃结构因素，使我们可以事先估计各种钕玻璃的发光寿命和量子效率。

在毛主席哲学思想的指导下，我们掌握了影响钕玻璃的激光效率的主要矛盾后，就比较容易解决在工作中遇到的新问题。最近在研制新型掺钕磷酸盐玻璃时，发现相同的玻璃成分，采用不同的熔炼规程，其玻璃的激光效率有很大的差异，这是以往在研制掺钕硅酸盐玻璃中所没有遇到过的。“有比较才能鉴别”，“离开具体的分析，就不能认识任何矛盾的特性”。我们还是抓住 Nd^{3+} 离子亚稳态无辐射跃迁对量子效率影响这一主要矛盾，对比了硅酸盐玻璃和磷酸盐玻璃之间的不同结构和性质，发现由于磷酸盐易于吸收水分，所以导致玻璃中羟基 OH^- 对 Nd^{3+} 离子有力的相互作用，使亚稳态 ${}^4\text{F}_{3/2}$ 无辐射跃迁几率上升，增加了能量的损耗。针对磷

酸盐玻璃这个矛盾特殊性,我们在熔炼工艺中采用除水的特殊措施,在较短的时间内,很快就解决了掺钕磷酸盐玻璃的激光效率降低的问题,已开始应用于实际,研制的周期较过去有了很大的缩短,促进了研究工作的进展。

三不变与三变

掺钕钇铝石榴石(YAG:Nd³⁺)是一种最常用的激光晶体,已用它制成大功率连续和高重复频率的激光器。激光单晶的质量对激光器性能影响极大。我们是采用引上法生长上述晶体的。这个方法是将原料装在坩埚内加热熔化,将籽晶与熔体表面接触,然后通过机械设备使籽晶旋转同时慢慢向上提拉,使熔化的熔体不断地凝集在籽晶上面生长成人工单晶。YAG:Nd³⁺熔点高(1960°C),组分复杂,提拉速度慢(1.5毫米/小时),工艺条件要求严格,在单晶成长时,任何外界条件(如炉内的温度、气压、籽晶的转速、提拉的速度和冷却的水流等)的大幅度波动,都会破坏晶体的稳定生长,使实验失败。我们初期的实验是力求保持各种条件的恒定(即加热功率、籽晶转速、提拉速度三不变),主观地认为这样可以保证生长的条件,长出的晶体质量就好。但实际情况是长出的晶体往往由细变粗,粗细不均,晶体与熔体相接触的界面形状由凸变凹,其质量也常由透明变为失透。

伟大革命导师恩格斯指出:“任何静止、任何平衡都只是相对的,只有对这种或那种确定的运动形式来说才是有意义的。”我们认真学习了革命导师的教导,分析晶体生长的全过程,认识到所谓恒定的生长条件不是绝对的,是相对于晶体生长的每一短暂时刻这个特殊的运动形式而存在的。在这一时刻,晶体生长过程取得了相对平衡,此时保持这一平衡从而取得良好的结晶是必要的。但是“对辩证的观点来说,这一切对立,正如我们已经看到的,都只是相对的;绝对的静止、无条件的平衡是不存在的。个别的运动趋向于平衡,总的运动又破坏平衡。”一根晶体生长的全过程,需要较长的时间。随着时间的推移,晶体由短到长,其散热量由小变大,坩埚内的熔体由深变浅,熔体内的杂质含量也由少变多。随着这些变化的发生,晶体生长就从原来的平衡状态变为不平衡状态。为了适应这种从平衡到不平衡的变化,就必须适当调节外界条件,以变应变,在运动中求平衡。由此,我们进一步分析原因,并全力以赴寻找影响晶体由细变粗,界面由凸到凹,质量由透明到失透的主要矛盾,发现加热功率、籽晶转速和提拉速度是分别影响上述三个变化的主要因素。过去的所谓“三不变工艺”,事实上并不符合“既平衡又不平衡”这一客观规律。为适应晶体生长的上述变化过程,必须逐渐改变加热功率以适应晶体的粗细变化,改变籽晶转速以适应界面的凸凹变化,改变提拉速度以适应熔体杂质由少到多的变化,即从“三不变工艺”变成“三变工艺”。

当然,应该看到,“一个正确的认识,往往需要经过由物质到精神,由精神到物质,即由实践到认识,由认识到实践这样多次的反复,才能够完成。”我们刚采用“三变工艺”时,效果并不好,甚至有时在晶体中某一局部造成严重缺陷,从而使整根晶体报废。后来,经过反复实验,不断总结经验,分析失败原因,发现是由于我们对“三变工艺”规律没有正确掌握,在改变功率、转速和拉速时,往往急于求成,一次变化量过大,这种变化与晶体生长的新状态不相适应,结果造成晶体在某一部位的严重缺陷。“由认识到实践这样多次的反复”,使我们较为正确地掌握了“三变工艺”的客观规律,订出具体的操作方案,终于长出了直径变化不大,界面平整,整根透明的高质量晶体。

两高一长与两低一短

在毛主席革命路线的指引下，我们在开门办科研中，与上海新沪玻璃厂的工人师傅一起搞会战，开展了在陶瓷坩埚中熔制高质量钹玻璃的研究。要想得到大尺寸，光学均匀性好，铁等杂质含量低的钹玻璃，熔炼工艺是重要的。以前用铂坩埚熔炼玻璃时，都采用高熔炼温度，高搅拌速度，长熔炼时间的工艺方法，即所谓“二高一长”。在陶瓷坩埚中熔炼是否还能用这种工艺呢？起初我们也是盲目照搬“二高一长”的工艺，结果熔炼出来的钹玻璃，结石多，光吸收大（杂质多），光学均匀性差，不符合要求。

原因在哪里呢？起先把失败的原因完全归到陶瓷坩埚上，认为陶瓷坩埚比铂坩埚易受玻璃侵蚀，是先天不足，化出的玻璃质量差是理所当然的。后来，广大工人和科技人员一起学习马克思主义哲学，提高了分析问题的能力，克服了形而上学的观点，促进了工艺方法的改进。列宁指出：“自然界和社会中的一切界限都是有条件的和可变动的，没有任何一种现象不能在一定条件下转化为自己的对立面。”我们从大量的实验中发现一定条件下矛盾着的东西可以互相转化的现象，大家就进一步对两种坩埚熔制玻璃的条件进行了分析比较。铂坩埚抗玻璃液的侵蚀性能好，所以，采用高熔炼温度、长熔炼时间，对提高钹玻璃光学均匀性是有利的。但是，在陶瓷坩埚中，由于陶瓷材料一般含铁等杂质都较高，而且陶瓷坩埚易受玻璃液的侵蚀，因此，长时间高温熔炼就带来很多不利因素。熔炼温度越高，时间越长，侵蚀就越严重，对玻璃光学质量影响也越大。还有搅拌速度问题，搅拌的目的是使玻璃化学成份均匀，消除条纹，增加光学均匀性，在铂坩埚中采用高速搅拌可加速玻璃的内部运动，改善玻璃的化学均匀性，有利于消除条纹；但在陶瓷坩埚中则不同，搅拌速度快，固然有加快玻璃内部的均化过程，利于减少条纹的积极一面，但也随之带来消极的一面，即由于搅拌快而使玻璃液的运动加速，结果加剧了对坩埚的侵蚀，从而产生新的条纹。这两者之间有那一种倾向占主导的问题，如果选择合适的搅拌速度，可使均化过程占主导地位，即减少条纹的倾向就大于增加条纹的倾向。对比这些变化的条件，我们遵循“按照实际情况决定工作方针”的道理，通过实践，终于把“二高一长”改为“二低一短”，熔炼温度比原来降低了六、七十度，熔炼时间缩短了一半；搅拌速度由原来的高温、低温二段高速搅拌改为高温不搅，低温慢搅。实践证明，在陶瓷坩埚中采用“二低一短”的工艺规程，熔制出的钹玻璃质量有显著改进，主要激光性能达到了国际先进水平。

电场加热与磁场加热

随着激光技术的发展，对激光玻璃提出了越来越高的要求。传统的光学玻璃熔炼工艺对制备高强度、高效率、高质量的激光玻璃材料，已越来越不适应，必须进行根本改革。我们把目前所一贯采用的外热式加热改变为内热式加热，以减少高温玻璃液对坩埚的侵蚀作用，进而提高玻璃的光学质量和降低光吸收系数，这是玻璃工艺改革的一个新的方向。近几年，我们引进了高频加热技术来制备激光玻璃，利用玻璃本身的损耗来达到加热熔化的目的，而不用其他加热体，得到了较好的实验效果，同时，在实验过程中，对玻璃高频加热的本质及变化规律也取得了初步认识。通过反复试验，我们发现玻璃粉料在高频电场中可以很迅速地被加热，但是，一旦原料熔融变成液态以后，温度就很难继续上升（对于易熔的玻璃原料大约是 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 左

右,对于较难熔的玻璃大约是 1000°C 左右),高频电场加热遇到了困难。是什么原因呢?我们遵照毛主席关于“事物内部的这种矛盾性是事物发展的根本原因”和“研究事物发展过程中的各个发展阶段上的矛盾的特殊性”的教导,集中研究玻璃原料熔化过程的不同阶段上矛盾的特殊性,经过大量实验和反复分析,发现玻璃原料在加热的开始阶段,主要是介质损耗起主要作用,这时玻璃原料是不导电介质,电导损耗极小。随着温度的升高,玻璃原料中的一些易熔组份开始熔化,这时,电导损耗急剧增加,从原来的次要地位上升到主要地位。因此,玻璃原料在加热过程中发生“质”的变化,开始低温阶段,属于导电性极差的电介质,以后高温阶段属于导体。

毛主席教导我们:“不同质的矛盾,只有用不同质的方法才能解决。”在认识了玻璃原料在加热过程中发生的上述质的变化,即由不导电的介质变成导电的导体以后,就应采用不同的加热方法来解决这一问题。用电场加热不导电的原料是行之有效的,但变成导体以后,就应该采用其他的加热方法。金属可以在高频磁场中产生涡流损耗而被加热,高温玻璃的导电性虽然比金属差很多,但是没有质上的差别,是否可以利用高频磁场把高温玻璃原料继续加热?实验证明,这种设想是完全符合玻璃熔化过程中的内在变化规律的。在经过了上述工艺改进后,使玻璃原料从原先停滞不前的 800°C 一下升高到 1700°C 以上,突破了高频加热的技术关键,研制成我国第一台高频加热玻璃熔化设备,并熔制出低损耗的激光玻璃,取得了可喜的进展。

* * *

通过学习和实践使我们进一步体会到,只有树立马克思主义世界观,运用唯物辩证法指导科学研究,不断清除唯心主义、形而上学和各种资产阶级思想,才能使科研工作不断向前发展,这也是在科技战线开展社会主义革命,实行无产阶级对资产阶级全面专政的一个重要方面。可是,党内最大的不肯改悔的走资派邓小平和右倾翻案风的鼓吹者却断章取义,根本不谈马克思主义包括自然科学,片面强调马克思主义不能代替自然科学,其目的就是反对马克思主义占领自然科学阵地,妄图扼杀广大科技人员学习和运用马列主义、毛泽东思想的群众运动,这是对马克思主义的背叛,是搞复辟倒退的,必须进行彻底的批判。我们自然科学工作者,一定要认真学习马克思主义,努力“做一个以马克思为代表的唯物主义的自觉拥护者,也就是说应当做一个辩证唯物主义者。”

* * * ~~~~~ * * *

(上接第19页)

并在电视屏上观察到固定标本树胶的汽化现象(图3)。

用红宝石激光器照射后,在电视屏上观察到在细胞核仁区发生部分破坏,其周围有强烈的冲击波纹,随后逐渐收缩,并在被照射部位呈现出约2微米大小的斑痕。

细胞穿孔所需的能量约为5毫焦耳。对于含有色素的细胞,不经过染色便可破坏。例如,含有血红蛋白(Hemoglobin)的红血细胞、含有黄色素(Carodin)的粘菌,含有黑色素(Melanin)的视网膜等。对于不含色素的细胞,需要染色后再进行照射。通常使用的色素有:吖啶橙(Acridine Orange)、亚甲基蓝(Methylene Blue)、詹纳斯绿(Janus Green)等。经过染色后细胞的生理机能的变化以及激光照射后的影响是一个值得探讨的问题。

从初步实验结果来看,本仪器能够较准确地对细胞核仁区域或细胞的其它指定区域进行照射和局部破坏,其有效作用直径则小于2微米。因此,本仪器可为从事细胞学、遗传学或其他有关研究人员使用。