

中国牌深紫外非线性光学晶体 ——KBBF 和 SBBO 晶体

陈创天* 吴柏昌

(福建物质结构研究所 福州 350002)

关键词 非线性光学晶体,深紫外,成果

材料是新技术发展的基础。非线性光学晶体(俗称倍频晶体或变频晶体)是一种功能材料,它的主要功能是变频(改变光频)。通过它的变频效应,能把某种激光器的输出波长在新的频率处产生新的激光波长,从而为产生新的激光辐射创造了一条途径。

自激光器问世以来,各国科技工作者都在努力探索适用于不同波段范围的变频晶体材料,并已成功地研制出一批实用的非线性光学晶体。但是,所有这些非线性晶体的适用光谱范围都在 200nm 以上,即仅适用于紫外光-可见光-近中红外光区域。因此,许多科技工作者目前都在致力于探索适用于 200 nm 以下(即深紫外区)的新型非线性光学晶体。显然,有机晶体不可能达到这个要求,只有无机晶体才有可能作为这种材料的研究对象。但是,从紫外-深紫外区都透明的无机晶体并不多,特别是能同时满足可以实现相位匹配和具有合适大小倍频系数的无机晶体就更少,而且还要考虑它们从尺寸大小和物化性能稳定性方面是否具有实用价值等问题。由此可见,要想找到适用于 200 nm 以下的深紫外非线性光学晶体难度是很大的。难怪有人把 200nm 称之为“一堵墙”。

中国科学院福建物质结构研究所在运用晶体非线性光学效应的阴离子基团理论方法的基础上,通过结构选型、化学合成、相关系分析,晶体生长和光学性能测试等综合研究,于 80 年代研制成功了 BBO(β -BaB₂O₄)和 LBO(LiB₃O₅)晶体。这两种晶体的发现使我国的非线性光学晶体研究处于国际领先地位。90 年代以来,又进一步研制成越过“200nm 墙”的适用于深紫外的新晶体——KBBF(KBe₂BO₃F₂)和 SBBO(Sr₂Be₂B₂O₇)晶体。

研制 KBBF 和 SBBO 晶体的目的,就是为能通过倍频直接把紫外-可见激光变频为深紫外激光。我们按照阴离子基团理论方法,对众多的多聚硼氧化物进行了系统的分类和理论计算,并通过大量的化学合成和非线性光学效应大小的测试与判断的循环验证,发现 KBBF 和 SBBO 化合物,能达到我们所需要的预期性能。由此,开始晶体生长的研究工作,接着进入一系列的物理性能表征和研究阶段,并在此基础上开展器件的应用开发研究。通过这样完整的全过程,最终认定 KBBF 晶体和 SBBO 晶体的确都是新型深紫外非线性光学晶体,都能把紫外

* 原福建物质结构研究所研究员,现中国科学院北京人工晶体研究发展中心主任
收稿日期:1999年10月26日

可见激光直接变频为深紫外激光的新型非线性光学晶体。

KBBF 晶体最主要的特点是:有一个足够大的、具有实用价值的非线性光学系数($d_{11} \approx 2 \times d_{36(\text{KDP})}$);有很宽的透光波段范围,从 155nm—3 700nm 都是透明的;它的双折射率约为 0.07—0.08,这样适中的双折射率,既适合于实现宽波段范围相位匹配的要求,又不会造成基波光与谐波光有明显的离散现象,而且有一个合适的接收角宽度(≈ 1.47 毫弧度/厘米),这意味着在变频使用中对激光器的输出激光平行度相对要求不高;几乎在整个透光波段范围都能实现相位匹配。我们根据实验得到的色散方程的计算结果表明,用 KBBF 晶体可以实现 Nd:YAG 激光 1 064nm 的 6 倍频输出 177.3nm 的深紫外激光;我们也已在实验上用 KBBF 晶体直接倍频产生了短至 184.7nm 的新激光输出,在此之前使用其它晶体倍频只能产生短至 205nm 的倍频光。这是迄今为止,世界上唯一的从计算到实验都证实能实现输出如此之短的激光倍频波长的非线性光学晶体,因此又被人们誉为中国牌非线性新晶体。可以说,KBBF 晶体的研制成功是非线性光学晶体探索研究的新突破,将从根本上推动紫外区激光技术的发展。SBBO 晶体的基本性质与 KBBF 晶体大致相同。

虽然我们已成功地探索到以 KBBF 和 SBBO 为代表的一些性能上适用于深紫外区的非线性光学晶体,但是距离真正研制出实用于这个光谱区域的非线性光学晶体还有许多工作要做。从物理性能上来说,这两种晶体是紫外-深紫外区的良好非线性晶体,很可惜的是,它们的物化性能都还欠佳,主要表现在很难生长出对于实用来说具有足够尺寸的晶体。KBBF 晶体具有很强的层状生长习性,生长出的晶体的光学质量尽管不错,但它像云母晶体那样,解理性很强,很难生长出具有一定厚度的块状晶体,而且生长出的晶体容易解理,经不起光学加工(切割和研磨)中的机械应力作用。因此要使这两种新晶体的研究成果转化成生产力,还需要从晶体生长和器件设计两方面做许多深入的开发研究工作。