

光折变效应及各类新型光折变材料的研究,是目前国际上极为活跃的研究领域之一。由于光折变材料本身所具有的一系列独特性质,使它在非线性光学研究领域独树一帜。于去年八月末在瑞士苏黎世召开的“第一届欧洲极性电介质应用学术会议及1988年铁电体应用国际学术讨论会”上,在非线性光学方面的几十篇学术论文中,就有五分三之二的文章是报导有关光折变方面的研究成果的。

光折变效应及新型光折变材料研究之所以备受人们注意,主要是基于两方面的原因:首先是光折变材料的若干特性具有明显的应用背景,例如,在低功率连续激光($1\text{mW}/\text{cm}^2$)下,某些材料在室温时即可显现光折变效应。它们将有可能作为现有光学技术和器件的更新型乃至替代型技术和装置而出现在光学计算、光学信号处理、光学图像信号放大、全息存储、实时指令、实时光学图像识别、光开关、卷积/相关、微分/积分、空间调制、惯性导航、非相干光—相干光图像转换等一系列应用光学项目中。另一方面,光折变材料具有极强的非线性特性,应用这些材料开展研究,将使人们有可能观察到迄今为止尚未观察到的新现象,获得新的实验结果,发现一些新的物理过程。

什么是光折变效应呢?顾名思义,这是指光作用于物质上引起折射率变化的一种效应。这种物理现象的发现可以追溯到六十年代。1966年美国贝尔实验室的Ashkin等人在使用电光晶体 LiNbO_3 和 LiTaO_3 做实验时发现,当激光聚焦在晶体上,可观察到晶体的折射率发生了变化,而折射率变化又引起了光波波前的变化,进而产生了光衍射现象。这一结果导致该电光晶体在强光下运转受到了限制,故当时的人们称这种现象为“光损伤”。对“光损伤”现象进一步研究后,人们又发现加热或用均匀光照射晶体,可以消除“光损伤”,晶体又能恢复到激光照射前的初始状态。人们称这种有趣的物理现象为光折变效应(Photorefractive effect)。

光折变效应一般包含下列的物理过程:

1. 当光场作用了物质,在物质中将激发起载流子(电子或空穴)。
2. 载流子通过诸如扩散,在电场作用下漂移或光伏效应将在物质内运动,最后被深能级所俘获,形成空间电荷分布,进而形成空间电场。

3. 所形成的空间电场,再作用到物质上产生一级电光效应(普克尔效应),从而使物质折射率发生变化。

例如,当两束光在光折变晶体中相干后,在晶体上形成强弱相间的条纹,光强处载流子被激发,并且将在光场梯度方向发生飘移,其结果是导致空间电荷分布亦呈周期性(疏密相间),最后呈稳定结构,从而形成时间上稳定的空间电场分布。沿电场方向电荷密度有梯度。周期电场作用于晶体,使电场强处物质折射率改变大。电场弱处折射率改变小,从而在物质中产生折射率光栅。由此可见,所有的光折变材料都必须能吸收光子并且具有可移动的电荷及非零的电光系数。根据这一共同点,除了上面提到的铁电氧化物 LiNbO_3 、 LiTaO_3 外,人们还找到了相当多的材料也具有光折变效应,按其类别大致可分为:

- 1 铁电氧化物类: 诸如 BaTiO_3 , KNbO_3 , KTN , KTP , SBN , BNN , KNa , SBN 等。
- 2 立方硅族氧化物类: 诸如 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ 等。
- 3 半导体类化合物: 诸如 GaAs , CdTe , InP 等。

光折变效应有以下三个特点:

1 光作用在光折变材料上,所产生的折射率光栅与入射光光强大小无关,而只与两束光的光强比有关。光强在这里只反映建立折射率栅的速度快慢:光强若强则折射率栅建立的快,光强若弱则折射率栅建立的慢。

2 对无梯度光强(指均匀光强,例如晶体置于均匀光场情况),则光强无论多强,都不会在晶体中产生光折变效应。

3 当两束光作用于物质时,在物质中相干形成强度分布的栅,进而形成折射率分布的栅。对于通常介质,这两种栅的位相是一致的。而对于光折变材料,这两个栅的位相不一致,位相差为 $\frac{\pi}{2}$ 。由于光折变材料这

一极其重要的特性,两束同时入射到晶体的光之间将产生能量转换现象,人们称这种现象为两波耦合效应。

两波耦合效应是一种有趣的非线性光学现象。当两束光入射到光折变晶体上时,如果两束光的光程差小于激光源的相干长度,则两束光的能量将通过作用而耦合,即相对于一定取向的晶轴,能量以一定确定的方向从一束光转移到另一束光。人们巧妙地利用这一原理,在光折变晶体上放大一束光的能量,目前,在钛酸钡晶体上已成功地获得放大因子高达2万倍的效果。在图1中,由同一氩激光器出射的光被分为两束,经反射镜M,入射到钛酸钡晶体上的是泵浦光,另一束经反射镜M,后入射到晶体上,在经过微缩底片0后这束光载有底片上的字母信号,称为信号光,它将投射到晶体后面的屏上。如果信号光被一滤光片NF,阻挡,由于光的强度减弱,在没有泵浦光的情况下,光屏

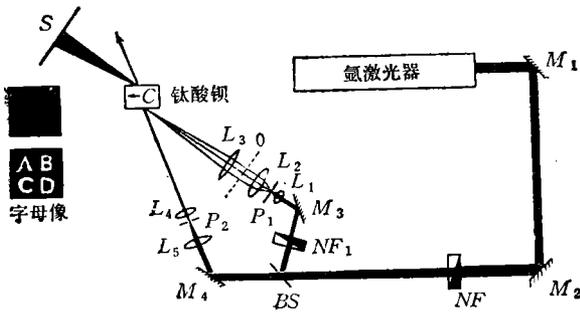


图 1

上的字母就会难以辨认,直止看不见;而此时若同时加上泵浦光,它把能量传递给信号光,使其强度放大,在屏上显现清晰的字母像。

下面再介绍几种光折变晶体的非线性光学现象一种是可用以实现畸变象复原的自泵浦位相共轭效应。

相对入射光波具有反相位(或波阵面)的光波叫位相共轭波。位相共轭波的获得可通过四波混频方法或受激散射方法实现。如图 2(a)中 I_p 为泵浦光, I_s 为信号光, I_c 为共轭光。由图可见,通常要有三束光作用于晶体上方能产生位相共轭波输出,但若一束光入射到钛酸钡晶体,则不需要 I_p 光束的存在便可获得位相共轭波 I_c (如图 2(b) 所示)。实际上,此时入射光 I_s 在晶体的表面内反射而自发产生泵浦光,故人们称这种现象为自泵浦位相共轭效应。

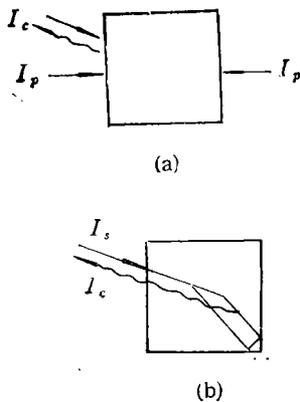


图 2

利用钛酸钡晶体的这种特性研制成的位相共轭反射镜,其反射率可达 60% 以上,且与一般的反射镜不同,它可以使发生了畸变的像恢复原样。在图 3(a)、图 3(b) 中一个平面光波(实线)通过一块畸变介质(玻璃)后,分别经普通反射镜和共轭反射镜反射,反射后再次通过畸变介质发生了不同的情况。图中 1 为入射平面光波, 2 为通过畸变介质(玻璃)后被畸变了入射波阵面, 3 为经两种反射镜反射后的波阵面, 4 分别为反射波再次通过畸变介质后的波阵面。从图中可以

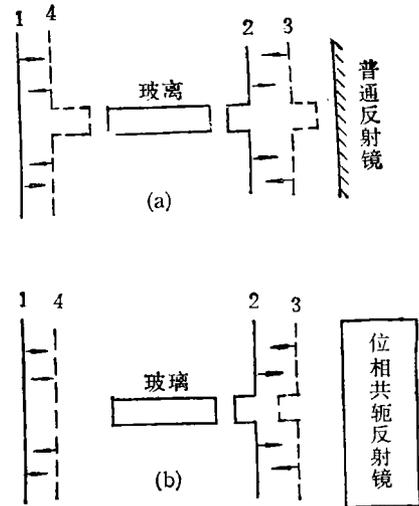


图 3

清楚地看出,共轭反射镜使畸变了波阵面获得复原,而普通反射镜则不具备这一功能。人们利用钛酸钡晶体的这一特性,已经成功地完成了畸变象复原实验,图 4 给出了这一实验的配置图,实验中以连续多模激光源为激光源,光折变材料是钛酸钡晶体。当激光束经空间滤波器扩束后,通过有少女头像的幻灯片 S ,这束光就载着头像的信号经透镜 L_1, L_2 等入射到畸变介质(玻璃片 D)上,经过玻璃片后就产生畸变,因此当载像束由镜 4 反射到光屏上时得到面目全非的“少女”像。而由钛酸钡产生的位相共轭波再次通过介质 D 后,畸变得到消除,这样,由分束片 BS 反射到光屏上时完美地再现了幻灯片上的图象。

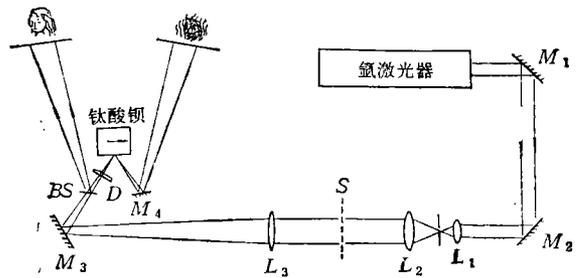


图 4

当光入射到光折变晶体上时,还可产生一系列引人入胜的光感生的光散射效应。

图 5 中 1 是两波相互作用形成的各向同性扇形光散射; 2 是三波相互作用形成的,相对入射光对称分布的各向异性圆锥形光散射; 3 是和 3 处四波相互作用形成了相对出射面法线对称分布的各向同性和各向异性光散射。

此外,人们已经利用光折变效应在 KNbO_3 晶体上成功地把输入的非相干光载像信息转换为相干光载像信息输出(图 2(b) 所示);还实现了体全息存储;有关高

中微子层出不穷的神秘故事

魏 民

在基本粒子的大家庭里,没有任何一个粒子,象中微子那样,那么令人不可捉摸,那么令人困惑,而又那么地充满生机.它伴随着整个近代物理的发展,引出一系列层出不穷的神秘故事.

一、中微子的生日

要考证中微子的生日,不是一件容易的事.最早的可信证据,是一九三〇年十二月四日,当时年仅三十岁的泡里,在给图宾根的“从事放射性工作的女士们和先生们”的一封信中提及.在这封信中,为了解释 β 衰变丢失的能量以及所谓的“氮的危机”,泡里提出了关于存在一种探测不到的粒子的假设.但实际上,当时泡里关于这种粒子的描述,十分象今天我们所认识的中子,事实上,泡里最初确实也称它为中子.而真正的中子,是二年后,由英国物理学家詹姆斯·查德威克的实验发现的.费米根据泡里的假设,于一九三一年到一九三三年期间,对中微子的概念进行了澄清,确立了

核结构的理论,指出了中子与中微子的根本差别,并且提出了弱作用的假说.一九三四年初,费米以意大利文,发表于“新试验”的论文,定量地用他的弱作用理论与中微子假说,精确地解释了 β 衰变,从而间接地证实了中微子的存在.但是,由于中微子与物质发生相互作用的几率是如此之小,实验上很难抓住它.直到一九五六年,美国洛斯阿拉莫斯实验室的两位物理学家,小克赖德·柯恩和弗雷德里克·雷因斯,利用美国原子能委员会的一个大型裂变反应堆,成功地探测到了反中微子,至此,正如雷因斯所说:“这项直接的观测结果,消除了对于存在中微子的全部怀疑,与任何别的基本粒子一样,中微子业已成为现实的粒子.”曾被誉为“天才的神童”的泡里,在他的晚年,用诙谐的语气,称自己“神童消失了”,“天才还留着”,终于在他去世前二年,目睹自己的预言变成了现实.中微子从假设到证实,迈过了四分之一世纪的历程,它的分娩是如此之困难,“中微子之父”是如此之多,难怪生日的确定,存

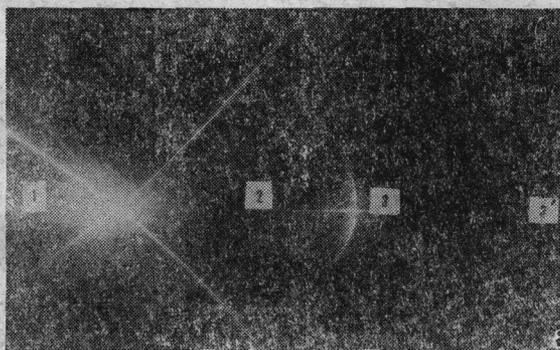


图 5

阶混频效应,非相干光两波耦合效应、自脉动现象、光学双称现象及弛豫过程等方面的研究正在进行.

虽然,人们在光折变效应及光折变材料研究上已经取得了不少进展,但离真正了解和掌握它的规律还有相当距离.从光折变材料的生长规律到它的一些基

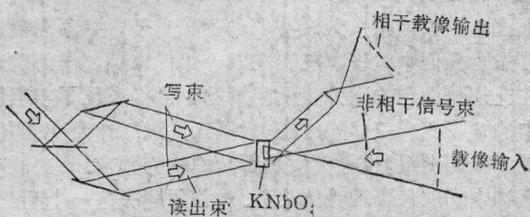


图 6

本物理机制,都尚未完全搞清楚.物理学家正力图建立比较完善的理论模型,以期能对一些非线性光学现象进行系统的解释.同时也在尽可能地设法提高现有光折变晶体的各项性能指标,特别是在响应速度方面,以满足基础研究和应用研究的需求.另一方面,寻求新的质量更好的光折变晶体和进一步深入揭示新的非线性光学现象也已提到日程上来.可以预期有关光折变效应和光折变材料的研究,将会取得更大的进展.