

光 隔 离 器

尚 连 聚

(曲阜师范大学物理系 山东 273165)

光隔离器是光纤通信系统和精密光学测量系统中常用到的一种光学器件。在光路中,它的主要作用是阻止光被其他物体反射回来沿原路的传播,如图 1 所示,从端口 1 到 2 的正向光能顺利通过,而阻

止从端口 2 到 1 的反向光。随着光通信技术的进一步发展和光电子材料研究热潮的兴起,光隔离器的用途越来越广泛。与此同时,人们对光隔离器的各项特性指标也提出了更高的要求。

图 1 光隔离器的作用

止从端口 2 到 1 的反向光。

随着光通信技术的进一步发展和光电子材料研究热潮的兴起,光隔离器的用途越来越广泛。与此同时,人们对光隔离器的各项特性指标也提出了更高的要求。

1. 光隔离器的结构组成和工作原理

光隔离器由两个线偏振器中间加一法拉第旋转器构成。它的工作原理如图 2 所示。

偏振器有一透光轴,对理想的偏振器,沿透光轴方向偏振的光能完全通过,而沿与之垂直方向偏振的光则完全不能通过。

下面说明光隔离器的作用原理。假设偏振光的传播方向沿 z 轴正方向,设偏振器 1 的透光轴在 x 方向,光经过偏振器 1 后变为偏振方向沿 x 方向的线偏振光(图 2 (a)),经过法拉第旋转器后沿反时针方向(也可沿顺时针方向,由外加磁场决定)旋转过 $\theta = 45^\circ$ 角,即与 x 轴成 45° 角(图 2 (b))。为了

使正向光顺利通过,偏振器 2 的透光轴亦应与 x 轴成 45° 角。光经过偏振器 2 后偏振方向仍然与 x 轴成 45° 角(图 2 (c)),被其他物体反射后沿原路返回的光线其偏振方向不变(图 2 (d)),反向光通过起偏器 2 后偏振方向仍然与 x 轴成 45° 角(图 2 (e))。由于法拉第旋转效应的不可逆性,当光通过旋转器后仍按反时针方向旋转 θ 角,因而到达偏振器 1 时将与 x 轴成 $2\theta = 90^\circ$ 角(图 2 (f)),与偏振器 1 的透光轴互相垂直,有效地阻止了反向光通过。所以光隔离器的主要功能就是阻止通过它的光再被外界物体沿原路线

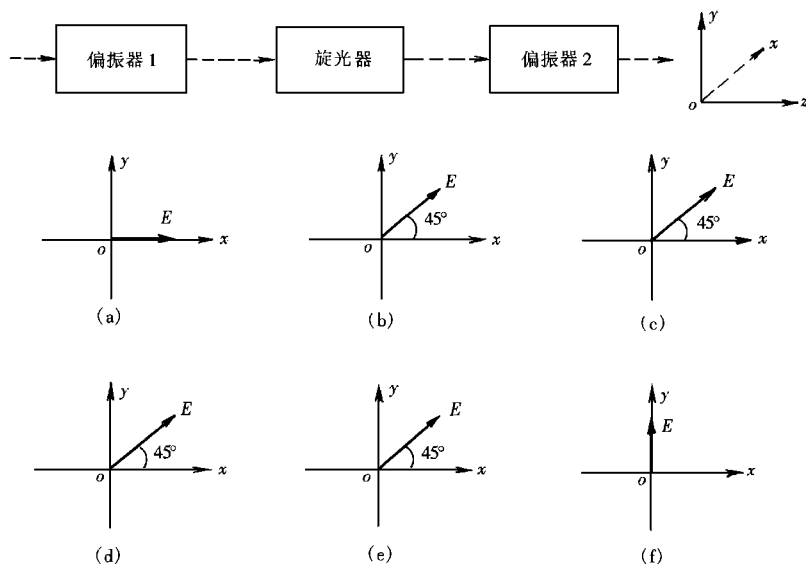


图 2 光隔离器的原理

法拉第旋转器利用法拉第旋转效应使通过它的偏振光发生偏转。当在偏振光的传播方向外加磁场时,偏振光旋转过一角度 θ , $\theta = VBL$;其中, B 是外加磁场的磁感应强度, L 是器件材料厚度, V 是表示材料特性的常数,叫费尔德常数。偏振光旋转的

方向可以这样决定:不管光的传播方向如何,迎着外加磁场的磁感应强度方向观察,偏振光总按顺时针方向旋转。法拉第效应的这种旋向的不可逆性特别重要,光隔离器正是利用它的这种特性制成的。光隔离器的旋转器常采用钇铁石榴石(YIG)晶片(或小球)外加横磁场做成。这种材料在长波长波段有较小的损耗和较大的费尔德常数。

2. 光隔离器的用途

下面仅从 3 个方面来说明光隔离器的用途,当然光隔离器的用途十分广泛,不仅限于此。

2.1 用在激光器与光纤之间

在光纤通信中,当光纤与激光器耦合时,其端面或接头处的反射将影响激光器的稳定性。这在高码速光纤通信系统,相干光纤通信系统,频分复用光纤通信系统,光纤有线电视系统以及精密光学测量系统等的应用中是一个重要问题。为了消除反射波对激光器的影响,需要在激光器与光纤之间加光隔离器。

2.2 作为光纤放大器的组成部件

光纤放大器的出现预示着光纤通信将进入一个新时期,利用光纤放大器可以大大提高发射端光纤内的光功率,可以实现光—光功率放大,可以提高接收端的接收灵敏度。光隔离器是光纤放大器的重要组成部分,下面即为光纤放大器的组成示意图,这里仅以掺铒光纤放大器(EDFA)为例来说明光隔离器在光纤放大器中所起的作用。掺铒光纤放大器(前向泵浦)的构成如图3所示。

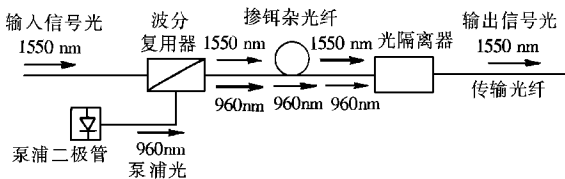


图3 掺铒光纤放大器

在光纤放大器中,光隔离器主要用来防止反射光引起信号光源或泵浦光源的波动,并保证信号在放大器内单向传输。一般来说一个光纤放大器中应至少采用两个光隔离器,有些光纤放大器在掺铒光纤前后各使用两个光隔离器以提高放大器的性能。另外,利用光隔离器还可以提高泵浦光的泵浦效率,同时防止输出光返回到光纤放大器中产生不良的干扰。

2.3 用在精密光学测量系统中

在光谱分析技术中常常要用到光隔离器。例如,在光谱分析实验中,如果发光材料发出的光又被外界物质反射到发光材料上,那么我们所测量到的结果就不能如实地反映发光材料在我们所设定的外界条件下本应该具有的某些性质,为了消除这些外界的干扰,我们常在发光材料和测量仪器之间加一光隔离器。

我们在研究某些新型光电子材料的发光机制时,尤其要注意排除与前面类似的干扰。现在光电子材料的研究还处在攻坚阶段,尽管已研制出了许多新型的发光材料(如多孔硅、量子纳米团簇等许多

种硅基低维半导体材料),但是这些材料的发光能力不仅很弱,而且它们的发光状况容易受外来光的影响,这就要求我们在研究它们的发光机制时更要排除外界物质的反射光对它们的影响,像上面介绍的一样,只要在它们和外界之间放一光隔离器就可以排除这种干扰了。

3. 光隔离器的主要特性指标

光隔离器的主要特性指标是插入损耗 L 和隔离度 I 。设 $P_{i正}$ 、 $P_{o正}$ 为正向传输时的输入和输出功率,而 $P_{i反}$ 、 $P_{o反}$ 为反向传输时的输入和输出功率,则正向损耗为

$$L_1 = 10\log(P_{i正}/P_{o正}) \quad (\text{dB})$$

反向损耗为

$$L_2 = 10\log(P_{i反}/P_{o反}) \quad (\text{dB})$$

而隔离度则为反向损耗与正向损耗之差

$$I = L_2 - L_1$$

隔离度 I 越大,光隔离器的作用效果就越好。

4. 光隔离器的应用前景

随着光通信技术的进一步发展,人们对光隔离器的各项特性指标也提出了更高的要求,为此,研制新一代的光隔离器已成为光通信技术进一步发展的需要。

当今时代,信息技术正在迅猛发展,要求信息传递的速度更快,信息存储能力更大,信息处理能力更强,为了适应这一要求,人们提出了用速度最快的光作为载体,发展光集成技术或光电子集成技术,这就驱使着人们孜孜不倦地去探索各种光电子材料,在这些研究中当然离不开光谱分析和光电能谱检测,光隔离器在其中起着举足轻重的作用。

如果光集成技术或光电子集成技术能够实现的话,那么大规模生产量子化的光电器件就成为可能。在这些量子化的光电器件内,有时也需要用光隔离器来排除它们各自发出的光信号被其他量子点反射回来而产生的不良影响。到那时,制造量子化的光隔离器和发展光隔离器与其他光电器件的集成技术已成为时代的迫切需要。

