

# 半导体激光的多光束耦合、整形及反馈隔离

巩马理

徐端颐 潘龙法 金国藩

(西南技术物理所, 成都)

(清华大学, 北京)

**摘要:** 本文给出一种实现半导体激光的多光束耦合及整形的新方法——界面耦合法, 具有结构简单、实现光束耦合数目多及同时实现多光束的整形的特点。本文还结合半导体激光的反馈噪声, 分析了常用的偏振隔离系统并给出了实用的设计、加工和装配要求, 对实际工作具有指导意义。

A new technique for combining, shaping and isolating laser diode beams

Gong Mali

(Southwest Institute of Technical Physics)

Xu Duanyi, Pan Longfa, Jin Guofan

(Tsinghua University)

**Abstract:** A new multi-beam combining and shaping technique is proposed for laser diodes(LDs) with the advantages of simplicity and almost no-limited beam's number. With considering the optically feedback noise of LD, the polarization isolating unit between feedback lights and LDs has been analysed so as to get the technical requirements during designing, manufacturing and adjusting.

## 一、引 言

半导体激光光束的耦合, 是获得高功率光束以及实现波分复用的基本技术, 在光信息存储、光通信、光信息处理以及光二极管泵浦激光等方面具有广泛的意义。光束的耦合, 通常是利用光束的偏振特性和波长特性, 用偏振元件或色散元件来实现<sup>[1]</sup>。偏振耦合的效率, 但可实现耦合的光束数目较少, 一般为两束; 色散元件虽然能耦合多束光, 但效率较低。另外, 半导体激光器所发出的是双高斯光束, 经准直镜后成为具有椭圆横截面的光束, 常需整形使其成为圆横截面的光束。在上述方法中, 还需另加光学元件实现光束整形, 使整个光学系统结构复杂。针对以上问题, 本文提出了一种新的光束耦合方法——界面耦合方法, 可在同一棱镜上实现多束光的耦合, 适当设计棱镜各耦合入射面的夹角, 还可实现多束半导体激光光束的整形, 使多束椭圆横截面光束, 经耦合后成为在同一光路上传输的圆截面光束。半

导体激光是高增益低反射率输出,后续系统的反馈进入激光器后,将引起严重的反馈噪声,就此,本文针对常用的波片偏振反馈隔离进行了分析,并给出了隔离器的设计、加工和装调要求。

### 二、光束的界面耦合与整形

众所周知,光束斜入射到介质的界面上时,将分解成为一反射光束和一折射光束,此并根据光路可逆原理,设计如图1所示的 $n+1$ 面棱镜,可实现 $n$ 束光束的耦合。第 $i$ 束光束经第 $i$ 面入射进棱镜折射后到达第 $i+1$ 面被反射,并与在该面上入射并折射的第 $i+1$ 束光束,沿同一光路一齐入射到第 $i+2$ 面,又与第 $i+2$ 束光实现耦合,直至到达第 $n+1$ 面时,已有 $n$ 束光束被耦合在一起,沿空间同一光路从第 $n+1$ 面射出。实现多光束界面耦合的条件是:棱镜的相邻两面间的夹角 $\gamma_{i,i+1}$ ,等于在这个面上入射光束的折射角 $\theta_i$ 与 $\theta_{i+1}$ 之和:

$$\gamma_{i,i+1} = \theta_i + \theta_{i+1} \quad (i = 1, 2, \dots)$$

用 $n+1$ 面棱镜同样也可实现 $n+1$ 束光束耦合(图2),此时,除满足(1)式外,还必须使最后一面与第一面的夹角满足类似条件:

$$\gamma_{n+1,1} = \theta_{n+1} + \theta_1$$

在界面耦合中,光束斜入射到耦合棱镜表面上,这实际上也就是单变形棱镜实现椭圆对称横截面光束整形为圆对称横截面光束的基础<sup>[2]</sup>,因此,在利用(1)式实现多束光束空间耦合时,使各椭圆横截面光束以如下入射角

$$\theta_{oi} = \arcsin \left( \frac{M^2 i - 1}{M^2 - 1/n^2} \right)^{1/2}$$

入射时,就可在同一耦合棱镜上,实现多个光束耦合的同时实现多个光束的整形。式中, $M_i$ 是需整形的倍数; $n$ 则是棱镜的折射率。

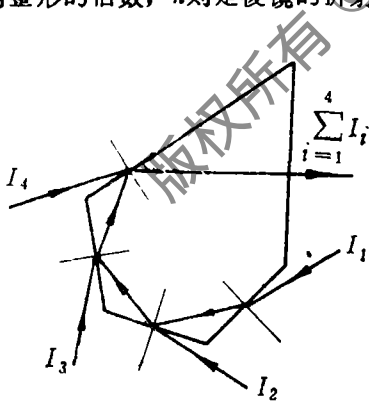


图1 实现 $n$ 束光耦合的 $n+1$ 面棱镜

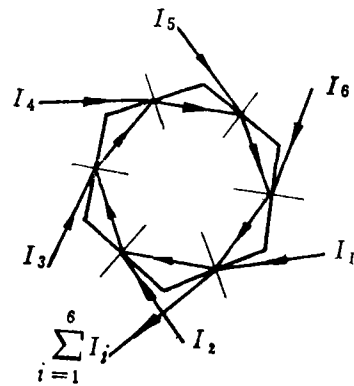


图2 实现 $n+1$ 束光的 $n+1$ 面棱镜

界面耦合的关键是提高耦合效率。如不采取其它措施,则不能对所有光束都实现高效耦合。对波长各异各个光束,可采取镀膜的方法,提高所有光束的耦合效率。在耦合棱镜的各入射面上,对入射光增透过,而对反射光增反射:

$$T(\lambda_i) = \begin{cases} \text{高} & \text{第}i\text{面} \\ \text{低} & \text{其它面} \end{cases}$$

在出射面上则对所有波长的光束增透射,这实际上就构成了光通信中的波分复用器件。以此为基础,作者曾设计、加工了一双光束耦合-整形棱镜。两半导体激光光束的波长分别为7800 Å和8300 Å,在棱镜(K<sub>9</sub>玻璃材料)上的入射角分别为75.5°和73.6°, $\gamma_{1,2} = 79.3^\circ$ 。镀膜后的两光束耦合效率分别为93% (对7800 Å光束)和82% (对8300 Å光束),该棱镜成功地用于光盘光学系统中<sup>[3]</sup>。

### 三、反馈隔离

实用半导体激光器是线偏振输出的,其偏振度可达 $10^2 \sim 10^3$ 。因此,在实验系统中,都采用了波片偏振隔离技术,利用光束往返两次通过四分之一波片后,位相延迟为 $\pi$ ,偏振面偏转 $90^\circ$ ,实现与光源的隔离。这样的隔离系统,可简化成图3所示的偏振干涉等效光路。两个偏振方向相同( $x=0$ )的偏振器和位于两偏振器中间的一个位相延迟波片,波片使入射光分解为两相互垂直的分量并产生相对位相延迟。设两分量在检偏器方向分量的光强为 $I_1$ 和 $I_2$ ,由偏振光干涉理论<sup>[4]</sup>,总光强为:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta \quad (4)$$

反馈光的反馈率(定义为反馈到激光器上的光功率与激光出射光功率之比)为:

$$r_F = R[(1 - \sin^2 2\varphi \sin^2 \delta) + \xi \sin^2 2\varphi \sin^2 \delta] \quad (5)$$

式中, $R$ 是后续光学系统的总反射系数; $\varphi$ 、 $\delta$ 则是四分之一波片和主轴与偏振棱镜偏振面方向的夹角和位相延迟量; $\xi$ 是偏振器的偏振消光比。

在理想情形下,式中 $\varphi = 45^\circ$ , $\delta = \lambda/2$ ,则反馈光为零。但实际上,波片的定向装配误差引起主轴方向角误差 $\Delta\varphi$ ,加工、测量及温度变化将引起波片厚度 $h$ 、双折射( $n_e - n_o$ )和光波长 $\lambda$ 的改变,这些将产生位相延迟误差 $\Delta\delta$ :

$$\Delta\delta = \frac{4\pi}{\lambda} [n_o - n_e(\varepsilon)] \left\{ \Delta[n_o - n_e(\varepsilon)] + \Delta h - h \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \right\} \quad (6)$$

式中, $n_e(\varepsilon)$ 是波片单轴晶体的e光折射率; $n_o$ 是o光折射率; $\varepsilon$ 是其主轴与出射面的夹角。

用无量纲参数 $C$ 研究半导体激光反馈噪声时<sup>[6]</sup>,要求 $C < 10$ ,而 $C$ 与 $r_F$ 的关系为<sup>[3]</sup>:

$$C \approx 100\sqrt{r_F} \quad (7)$$

因此,实用的波片偏振隔离系统,必须符合以下要求:

$$R[(2\Delta\varphi)^2 + (\Delta\delta)^2 + \xi] < 1 \quad (8)$$

### 四、结束语

本文提出了一种半导体激光多光束耦合技术,其特点是:结构简单,可耦合的光束数目多,一个 $n$ 面棱镜可实现 $n-1$ 束或 $n$ 束光束的耦合,还可方便地同时实现多光束的整形。耦合棱镜实际上是一多面棱镜,加工方便,成本低。界面耦合方法特别适于耦合多束不同波长的光束,实际上界面耦合棱镜本身就构成了一个波分复用/分路器,可用于光纤通信,空间光

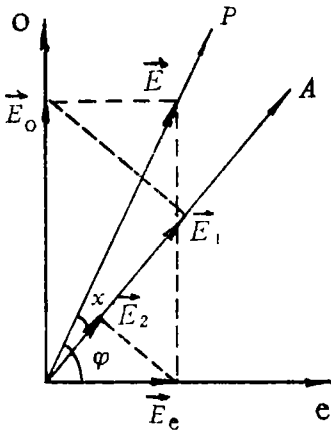


图3 偏振隔离的等效光路

# 半阴偏振镜研究

李国华 吴华友 于德洪

(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜)

**摘要:** 半阴偏振镜是精确确定和测量平面偏振光的偏振方位的重要器件。本文做了系统的理论分析, 并对所设计制作的半阴偏振镜进行了测试, 结果表明, 调整精度达到设计要求。

## The study of half-shade polarization prisms

Li Guohua, Wu Huayou, Yu Dehong

(Laser Institute, Qufu Normal University)

**Abstract:** The half-shade polarization prism is an important device for determining and measuring accurately the azimuth of a beam of plane polarized light. In this paper, the theoretic analysis of the device was given systematically. Experimental test of the half-shade polarization prism was made. The results show that the setting precision agrees well with the theoretic design.

### 一、概 述

在偏光应用技术中, 常需要准确地测量平面偏振光的偏振方位。一般的测量是较容易

通信及光信息处理。文中还根据半导体激光器的反馈噪声要求, 分析了波片偏振隔离系统, 并由此导出了实际设计、加工及装调这类隔离器的技术要求, 对实际工作具有重要意义。

### 参 考 文 献

- [1] Roychoudhuri C, Proc.SPIE., 1987; 740; 67
- [2] David Kuntz, Laser Focus & Electro-Optics, 1984; 20(3); 44
- [3] 巩马理, 清华大学博士论文, 北京: 清华大学, 1989; 16
- [4] Born M, Wolf E, Principles of Optics, 6th Edition. Oxford, Pergaman Press, 1980; 694
- [5] Verbeek B H et al., Philips Tech.Rev., 1987; 13(10); 292

收稿日期: 1990年4月20日。