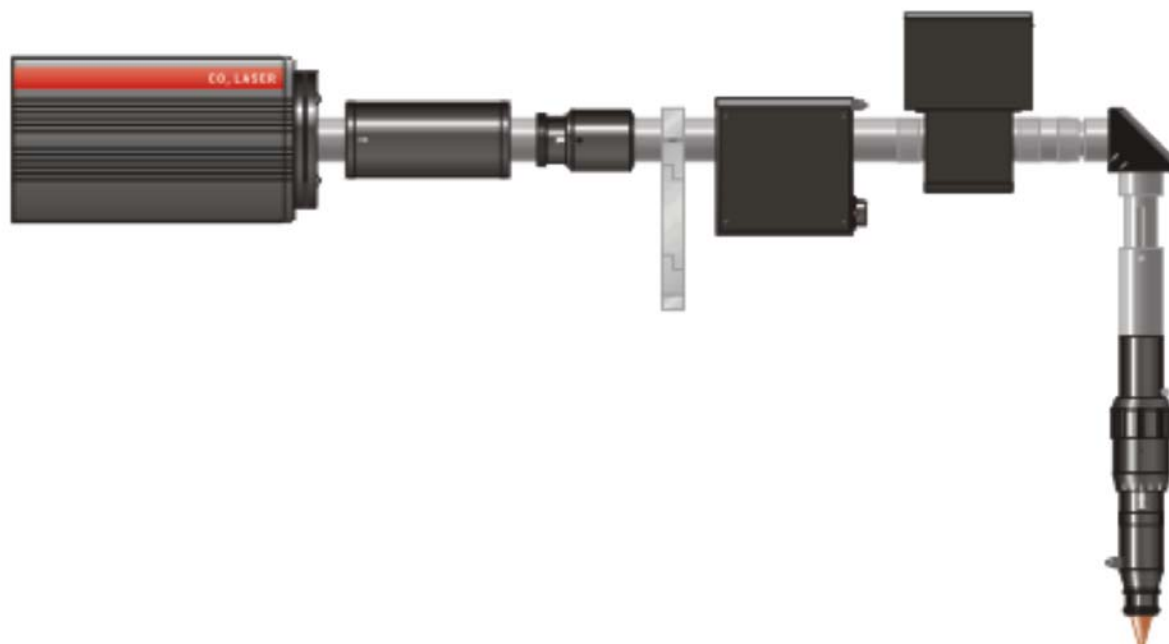


# CO<sub>2</sub>mpact 用户手册

(500W 以下激光光束传输系统)





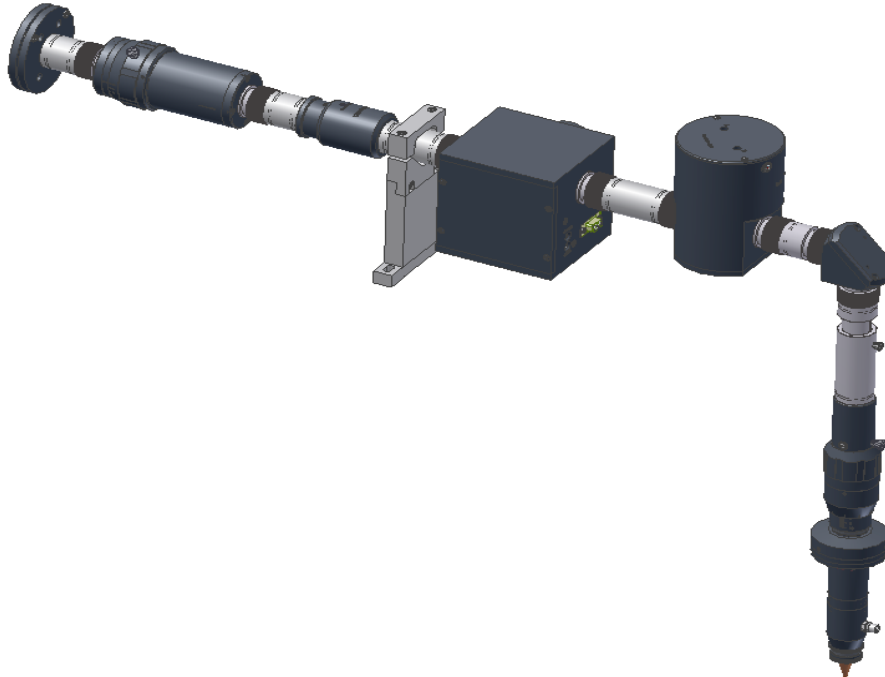
## CO<sub>2</sub>mpact 用户手册目录

简介 .....	3
螺纹衬套 ( Thread inserts ) .....	4
束流管(Beam pipe) C-BPxx.....	5
扩延管(Extender pipe) C-BPExx/yy.....	5
可伸缩适配器 ( Retractable mount ) C-RM.....	6
管支架 ( Pipe supports ) C-PS.....	6
扩束器 ( Beam Expanders ) C-BEx.x.....	7
扩束器原理 ( Beam expander theory ) .....	7
手动衰减器 ( Manual attenuator ) C-MA.....	9
工作原理 ( Principle of operation ) .....	9
衰减器使用 ( Attenuator use ) .....	13
反射隔离器 ( Reflection isolator ) C-RI.....	14
工作原理 ( Principle of operation ) .....	14
拐角反射镜模块 ( Corner mirror block ) C-CM.....	15
同轴相位延迟器 ( In-line phase retarder ) C-CM-PR4 (& C-CM-PR2) .....	16
分束器 ( Beamsplitter ) C-BS.....	17
微焦调节器 ( Fine focus adjustment ) C-FA.....	17
定心单元 ( Centering cell ) C-CC .....	18
透镜喷嘴组合 ( Lens nozzle assemblies ) C-LNxx .....	18
快门主机 ( Shutter head unit ) C-SU .....	19
简介和使用 ( Description and use ) .....	19
内部电路 ( Internal circuit ) .....	19
快门控制器 ( Laser Shutter Controller ) LSC01 .....	20
连接 ( Connections ) .....	20
操作 ( Operation ) .....	20
电路操作 ( Circuit Operation ) .....	21
焦点显示模块 ( Beam injector module ) C-BI.....	22
电源 ( Power ) .....	22
二极管激光器 ( Diode Laser ) .....	23
CO <sub>2</sub> 激光束 ( CO <sub>2</sub> Laser Beam ) .....	23
可见光束准直 ( Alignment of Visible Beam ) .....	23
十字定心器 ( Cross wire ) C-CW.....	23
螺纹适配器 ( Thread adapters ) .....	24
光学器件 ( Optics ) .....	25
聚焦透镜 ( Focusing lenses ) 7.5ZLF38, 7.5ZLF63, 7.5ZLF100 and 7.5ZLF127 .....	25
硅反射镜 ( Silicon mirrors ) 9.8SIS3-00 and 10SIS3-00 .....	25
相位延迟器 ( Phase retarders ) 9.8SPR3-90 and 10SPR3-90 .....	25
硅反射镜 ( Silicon mirrors ) Silicon mirror 11SIS3-00 .....	26
合束器 ( Beam combiner ) 9.8ZBS3-45-R.....	26
布儒斯特窗口 ( Brewster windows ) ZBW5320MP and EZBW5320MP.....	26
扩束器输出透镜 ( Beam Expander output lens ) 11ZLF63 .....	26
扩束器输入透镜 ( Beam Expander input lenses ) .....	26

## 简介

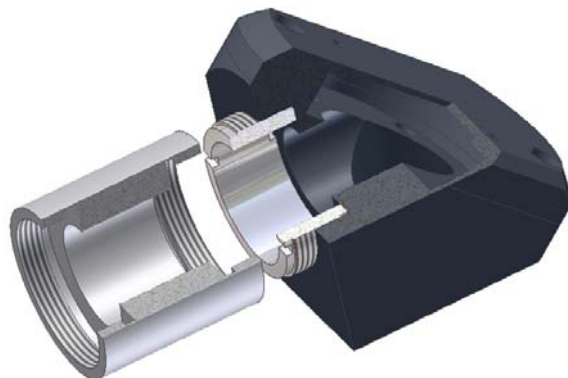
CO<sub>2</sub>mpact 光束传输系统专为小功率 CO<sub>2</sub> 激光器 (最大功率 500W, 最大光束直径 12mm) 而设计。光束传输系统各部件保障了光束从激光器的输出口到被加工件之间的有效传输。螺纹衬套帮助简化各部件的组装, 整个系统还可以通过管架牢固的固定于工作台上。

以下内容会对各部件进行介绍。有些部件仅需简单说明, 另外一些则需要对其光学功能以及使用做较为详细的阐述。



上图为一个系统示例。从左上到右下依次为: 激光器安装适配器, 衰减器, 扩束器, 束流管和管支架, 快门, 焦点显示模块, 拐角反射镜模块, 扩延管, 微焦调节器, 定心单元, 透镜和激光输出口组合。不同部件之间由短程束流管连接。

下面的剖面视图展示了如何使用一个螺纹衬套将一段束流管与拐角反射镜模块连接起来。



## 激光器安装适配器 ( Laser mounts C-LM and C-LMA )



C-LM

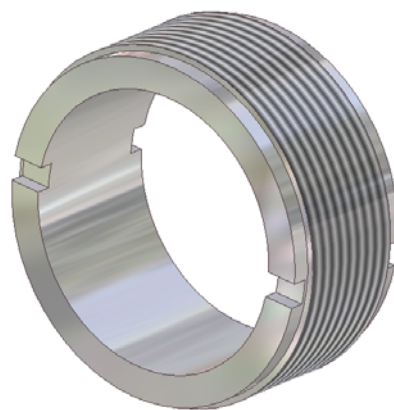


C-LMA

有两款适配器可以直接用于 CO<sub>2</sub>MPACT 系统与激光器的输出端连接：可调式与非可调式。适配器螺孔阵列与激光器一致。适配器中心螺孔可匹配螺纹衬套(见下图)，通过螺纹衬套可将束流管与其他部件连接。

螺孔有少量间隙使其可以侧向移动，可用于将光束置于孔心位置。如果激光光束精确垂直于激光器输出端板，那么使用 C-LM 就足够了。如果需要将光束传输路径稍加倾斜，则需要可调式 C-LMA。C-LMA 由 2 块板组成，第一块固定于激光器，第二块可以通过 3 个螺钉对倾斜角度进行调节。两块板之间的压缩 O 型环为调整提供类似于弹簧的弹力。

## 螺纹衬套 ( Thread inserts )



不锈钢螺纹衬套用于连接 CO<sub>2</sub>MPACT 系统的各种部件。螺纹尺寸 M29 x 1mm，内径 19mm。螺纹衬套两端的凹槽可以对锁紧固定以及撤销提供杠杆作用。

## 束流管 ( Beam pipe C-BPxx )



束流管充当光束的护罩，防止光束的意外阻断。更重要的是出于安全考虑，束流管避免了 CO<sub>2</sub> 激光与皮肤接触。束流管还扮演连接光束传输系统各部件的角色，它们使整个系统更加牢固。束流管也可以接入轻微正压力的净化空气，这有助于清除光路内的灰尘以及稳定来自吸收气体对光束的影响。

束流管的标准长度为 30mm，50mm，100mm，和 300mm。使用螺纹衬套可以组装更长长度。也可以使用扩延管组装不定长度。可以提供 30mm 配备净化喷嘴的束流管 ( C-BPP30 )。

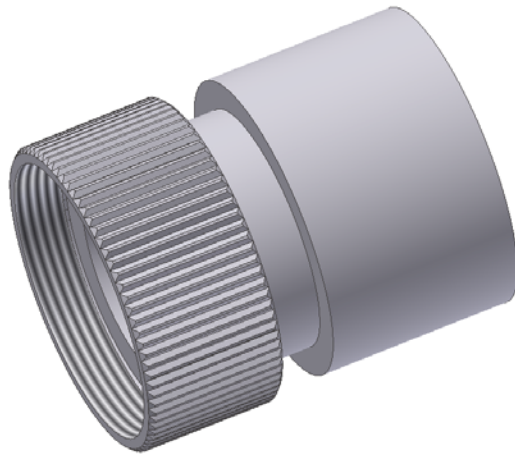
束流管内径 19mm，可以通过螺纹衬套与其他部件连接。

## 扩延管 ( Extender pipe C-BPExx/yy )



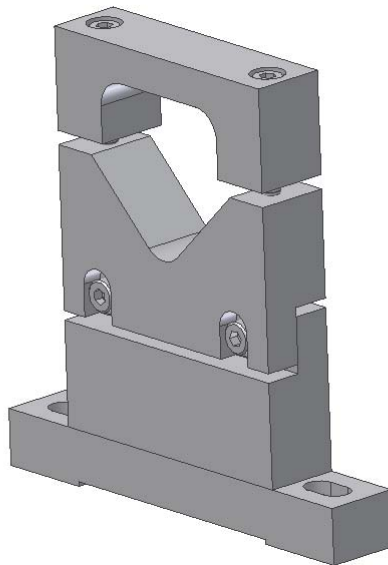
扩延管实质上就是一款套筒式可伸缩束流管，它用于填补标准长度束流管无法达到的连接要求。它的扩延部分是一个滑动锁止机构。长度范围覆盖 50-70mm(型号：C-BPE50/70)和 85mm-125mm(型号：C-BPE85/125)。与其他束流管一样，可以使用螺纹衬套与其他部件连接。

## 可伸缩适配器 ( Retractable mount C-RM )



可伸缩适配器成对使用。当需要将系统内一个部件移除时，可以将该适配器固定于需要移除部件的两端，这样就可以不扰乱其他部件的位置。伸缩适配器还可以用于其他部件的特定定位方向的锁定。使用螺纹衬套将该适配器与部件连接，然后使用它们的联接圈连接束流管。将联接圈从螺纹衬套松开后，就可以轻松的将部件移除。焦点显示模块和快门都配备可伸缩适配器。

## 管支架 ( Pipe supports C-PS )



管支架可以按激光器匹配高度将束流管牢固固定于工作台。管支架有 4 部分组成：基座，中端部分，V 型部分（支撑管道）以及夹具。基座有两个槽孔，用于将其固定于孔距为 25mm 或 1" 光学平台。两个槽孔间隔 75mm 或者 3"。

中端部分用于将束流管置于恰当的高度。能满足由 Rofin，Coherent，Synrad，和 Spectron 所提供的通用激光器需求。将 V 型部分两端的螺丝松开，可以对高度做轻微调整。标准高度为 73,78,81 和 123mm。

## 扩束器-定倍和变倍 ( Beam Expanders C-BEx.x )



### 扩束器原理

顾名思义，扩束器用于增大激光束的直径。有两种原因可能需要扩束：

1. 在聚焦时，较大直径的光束往往能够聚焦成更小的斑点。这样光束在目标物上会呈现更高的能量密度。
2. 大直径光束发散小，经过长距离传输后光束直径变化不会像小光束那么大（除非刻意散焦）。在飞行光路系统中（飞行光路通常指的是扫描镜），就算光路增加了也能保持能量密度不变，同时由于波前曲率变化，降低了焦点偏移。

以上两点可以用数学公式表述：

$$S = \frac{4M^2\lambda F}{\pi D} \quad (1)$$

$S$ =聚焦光斑直径， $F$ =透镜焦距， $D$ =透镜内光束直径， $M^2$ =光束  $M$  的平方因子（非放大倍率）。注意，聚焦透镜必须为受衍射限制的。

$$D_0\theta = \frac{4M^2\lambda}{\pi} \quad (2)$$

$D_0$ =光束腰直径， $\theta$ =光束远场发散角（全角度）。等式右边对于任何特殊光束均为常量，所以， $D_0$  增加， $\theta$  减小。

如果扩束器的放大倍率为“ $m$ ”，那么输出光束与输入光束与下面公式相关：

$$D_{Out} = mD_{In} \quad (3)$$

$$\frac{1}{R_{Out}} = \frac{1}{m^2 R_{In}} + \frac{1}{G} \quad (4)$$

$$\theta_{Out} = \frac{\theta_{In}}{m} \quad (5)$$

$D$  为光束直径， $R$  为波前半径（见 Fig 1）。 $G$  为所设置扩束器的几何焦距。对于较  $CO_2$ MPACT 昂贵的系统， $G$  为其调焦环上的刻度值。通常， $G$  值通过实验设置。注意，如果将  $G$  设为无限（扩束器具有零光功率），输出波前半径不等于输入波前半径，除非光束腰位于输入（ $R_{IN}=\infty$ ）。



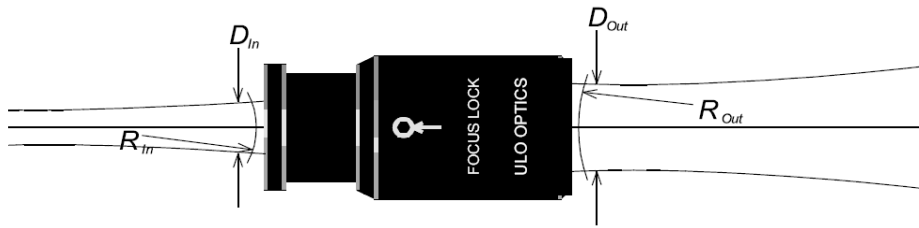


Fig 1: Definition of terms

上边方程式 (5) 涉及输入端和输出端的远场发散角，通常可以总结为： $m$  降低了所有的角度，包括相对于光轴的光束准直误差。

### CO<sub>2</sub>MPACT 扩束器

CO<sub>2</sub>MPACT 扩束器与 ULO 老式的 BSL 12 系列在光学上相同。不同点是 CO<sub>2</sub>MPACT 扩束器稍长，并且经过改进可以在输出端接螺纹衬套。输入端有内置螺纹。滑动锁止聚焦机制允许对光束波前半径调整。出厂设置的中心位置可无限对焦。但是，实际设置需求，由具体实验结果而定。

下面表格所列为可实现的放大倍率以及输入通光孔径。注意，虽然较长的壳体可以达到 7-12 放大倍率，在壳体内最低和最高放大倍率分别为 1.3 和 7.0。

放大倍率	1.3	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0
最大输入光束直径 (mm)	10	10	10	8	6.0	5.0	4.5	3.5	3.0	2.5
输入通光孔径 (mm)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.0	10.0

Table 1 : 输入通光孔径

对于所有放大倍率，输出透镜以及滑动锁止槽的机械长度是共同的，聚焦范围+1 米至-1 米。因此，扩束器可以用作“长工作距离”聚焦透镜。当扩束器用作长焦距聚焦透镜时，焦距=工作距离 (=G) 除以放大倍率 ( $m$ )，即  $F=G/m$

例如，将一个 7 倍扩束器的焦距调整至超过 1400mm，其 (有效) 焦距为  $1400/7=200\text{mm}$ ，而不是 1400mm。可以将  $F=200\text{mm}$  用于上边方程式中光斑尺寸  $S$  的计算，倘若  $D$  为输入光束直径 (或者可以用 1400mm 作为  $F$  值，将输出光束直径作为  $D$  值，两种计算结果均大于放大倍数)。

### 缩束器

偶尔有人会将扩束器反向使用，用作缩束器。原则上这是可行的，但是，有几点注意事项必须牢记：

1. 输出口的功率密度会增大为放大倍率  $m$  的平方 ( $m$  为扩束器的放大倍率)。
2. 输出光束的远场发散角以及光束的任何角偏误差均会按放大倍率数  $m$  增加。因此，将光束定心于扩束器将更加棘手，难度增加可能远超想象。
3. 聚焦会更加棘手。范围大约为  $+1000/m^2$  从无穷大至  $-1000/m^2$  毫米。因此，一些短聚焦距离比较可行。建议在将缩束器的对焦设置正确之前，不要将任何其他光学器件置于光束下。这会导致聚焦光束直射到其他光学元件而引发的损坏。



## 手动衰减器 ( Manual attenuator, C-MA )



### 工作原理

工作原理基于“布鲁斯特角”。当线性偏振光在光学材料（未镀膜）表面入射时，通常会有一部分光被反射，另外一部分光会透射。可是，当线性偏振光以 Fig 1（称为 P 偏振）中方向入射时，就不会有反射光；光会 100%透射，此时入射角等于布鲁斯特角。而当偏振位于如 Fig 2（称为 S 偏振）中所示的垂直方向时，就会有反射光。

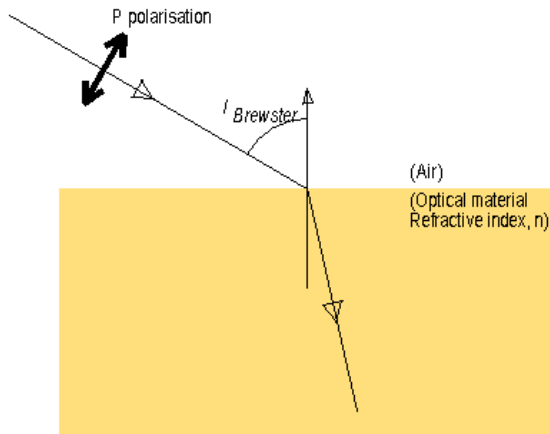


Fig 1: P 偏振

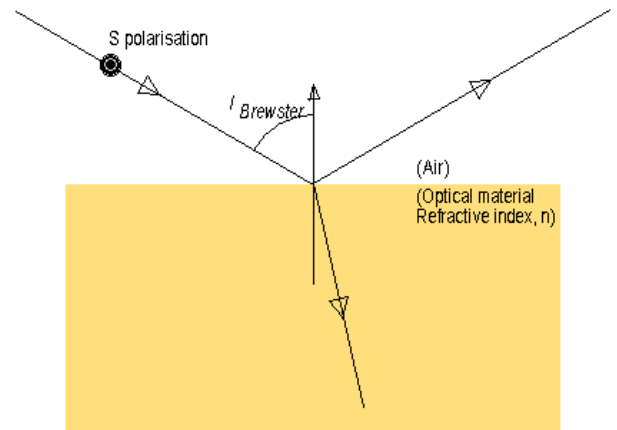


Fig 2: S 偏振

如果入射光是混合偏振光，情况会更加复杂，但是透射光中会包含较少的除了 P 偏振之外的全部偏振光。通过使用一系列界面，最终透射光会全部是 P 偏振光，激光束功率也会有一些损失。很明显，一个窗口相等于两个空气/材料界面。

布鲁斯特角的计算：

$$I_{Brewster} = \tan^{-1}(n)$$

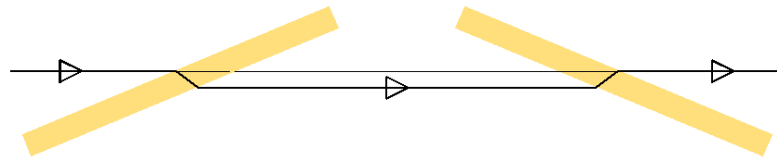
n 为材料的折射率。Table 1 列出了 ZnSe 对应不同波长的布鲁斯特角。

$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	$n$	$I_{\text{Brewster}}$	$T_P$ (%) *	$T_S$ (%)
0.633	2.591	68.90°	99.90	47.28
3.0	2.438	67.70°	99.99	49.73
7.0	2.422	67.57°	100	50.01
10.6	2.403	67.40°	100	50.33
12.0	2.393	67.32°	100	50.51

**Table 1: ZnSe Brewster angle data (\* with  $I_{\text{Brewster}}$  set at 10.6 $\mu\text{m}$  value)**

波长对布鲁斯特角影响不大，所以一旦设定波长，透射率变化也不大。基于布鲁斯特角的衰减器在一个宽波长范围内均能有效工作。（注意：针对 10.6 $\mu\text{m}$  有多种，而且表面均镀膜。这些均不适用于其他波长。）

以布鲁斯特入射角倾斜的平面窗口通常被叫做布鲁斯特板（或布鲁斯特窗口）。在衰减器中，2 片布鲁斯特板以 V 型排列（如 Fig 3 中所示）。当使用 ZnSe 时，因为入射角为 67.4°，为了呈现光束的方形剖面，板长需要是板宽的 2.6 倍。V 型结构用于纠正波数位移。



**Fig 3:以 V 型结构排列的 2 片 ZnSe 布鲁斯特板**

衰减器中有 4 个 air/ZnSe 界面（2 片板），每个的透射率  $T_P$  为 100%， $T_S$  为 50.33%。因此，经过 4 个界面后，净透射率  $T_P$  为 100%， $T_S$  为 6.4%。这些数值展示了衰减器对透射率的限制。

为了改变透射功率，布鲁斯特板沿光轴转动。如果  $\Theta$  表示入射光束的偏振方向与布鲁斯特板 P 面的夹角，那么衰减器透射率可表示为：

$$T = 1 - 0.9358 \sin^2(\Theta)$$

下面 Fig 4 为一对未镀膜 ZnSe 布鲁斯特板透射率随旋转角度变化的曲线图。

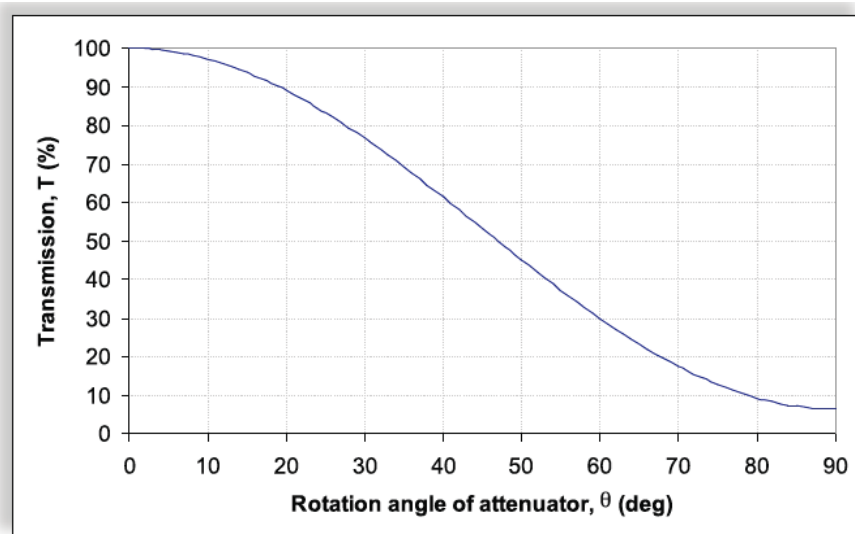
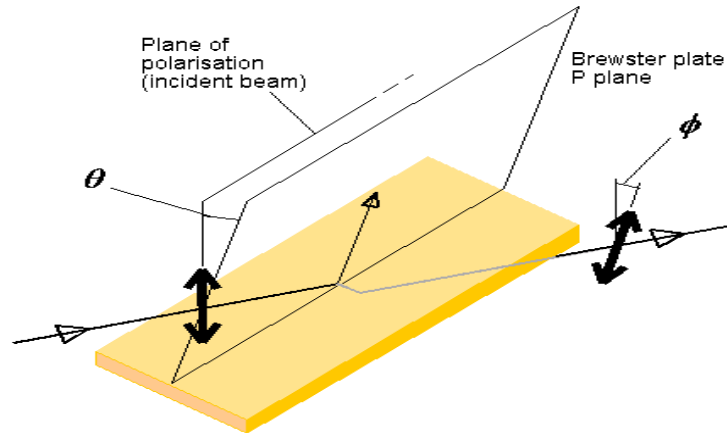


Fig 4

鲜为人知的是偏振的输出面会相对于输入而旋转（由 Fig 5 中的  $\Phi$  表示）。随着衰减器的旋转，偏振面也被“拖拽”旋转，但是旋转角度相对较小。在反转和下降至零之前，实际上会达到一个最大角度值。这是因为 S 偏振的剩余透射会起最终支配作用。


 Fig 5: 定义角  $\theta$  和  $\Phi$ 

旋转公式如下：

$$\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{0.7466 \sin(\theta) \cos(\theta)}{1 - 0.7466 \sin^2(\theta)} \right]$$

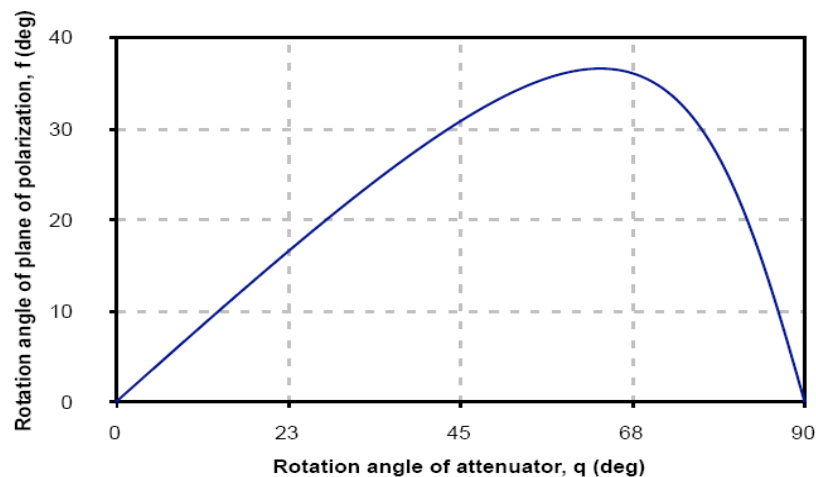


Fig 6 一对未镀膜 ZnSe 布鲁斯特板偏光旋转曲线图。

如果过程对偏振不敏感则没什么问题，但是输出光束必须有一个固定的偏振面（比如，当光束随后会被反射到一个相位延迟器时），那时为了旋转回偏振，需要一些校正措施。

一种方法是通过一套静态布鲁斯特板来完成。可是需要的数量很多：6 个用于确保偏振面保持其在原始方向  $1^\circ$  范围内。虽然布鲁斯特板都有功率承受限制（ $\sim 500W$ ），使用镀膜板可以减少使用数量。

另外一种方法，另一个衰减器以相反的方向转动一个角度可以重新准确校正偏振，fig 4 中的透射曲线会改变。

总之，当激光器自身无法控制功率并且过程对偏振不敏感时，布鲁斯特衰减器就显得非常重要。偏振必须为线性偏振。

### 镀膜的布鲁斯特板

通过对每片布鲁斯特板的一面进行特殊镀膜，在损失很少（99%透射取代~100%透射）P面偏振的情况下，可以增强S面偏振的反射率从50%至98%。其结果是，穿过衰减器的最小透射率会很低，约为0.04%（2%的2%）。这只对10.6um一个波长有效。如果想要衰减器对一个较宽范围波长有效，需要使用非镀膜布鲁斯特板。

镀膜为复合多层镀膜，所以吸收限制了激光功率大约为500W。而500W为CO<sub>2</sub>MPACT系列的推荐限制功率。

上边Fig 4和6对应的曲线如下面7和8所示。注意，作为一个完美的偏振器，透射曲线严格遵守马吕斯定律  $T = \cos^2\theta$ 。另外注意，对于一个完美的偏振器，在输出端的偏振面将会始终追随偏振器大约为90°。对于镀膜衰减器，不管怎样，偏振将会从一个较大角度反转回零。

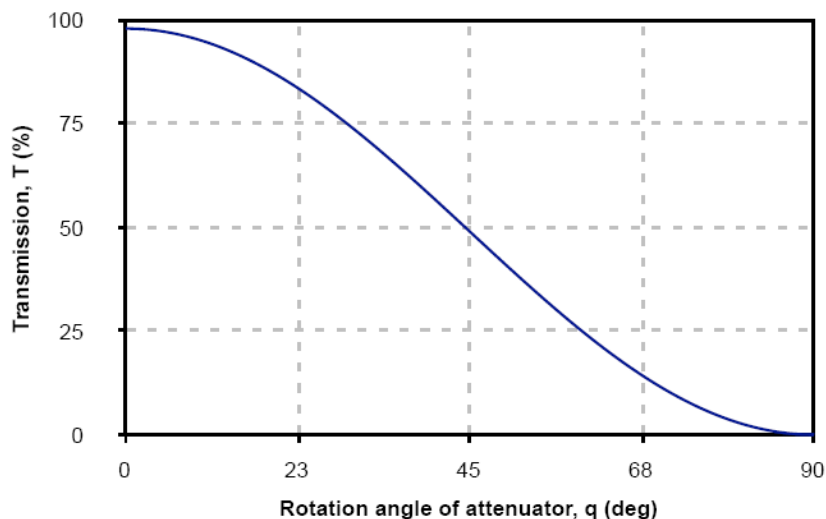


Fig 7: Plot of transmission against rotation angle for a pair of coated ZnSe Brewster plates.

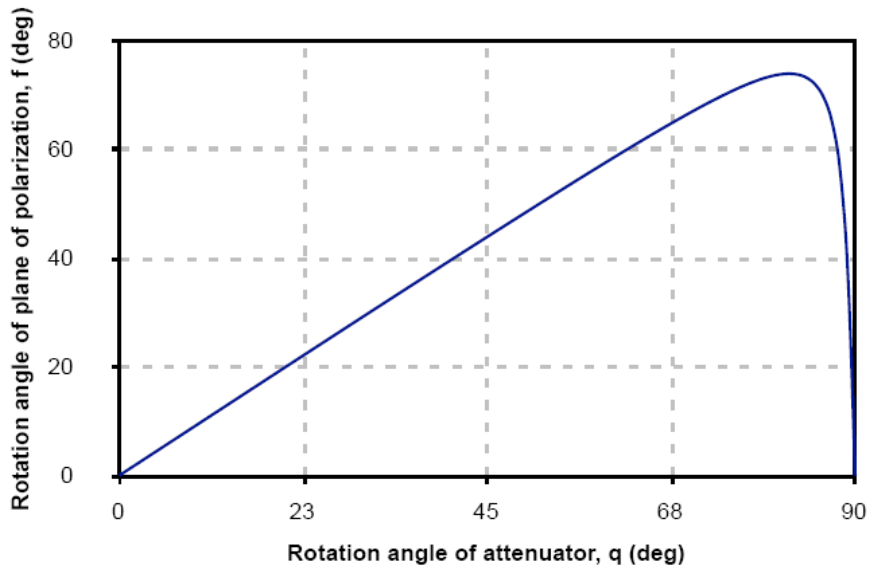


Fig 8: Rotation of polarisation for a pair of coated ZnSe Brewster plates.

### 衰减器的使用

衰减器上有刻度环并配备锁止螺钉。通过旋转刻度环来旋转内部的布鲁斯特板，对应的刻度值即为标称透过率（稍后版本可能会标注关于镀膜板透射率的一些特定数字）。

刻度环设置为 100（%）时，注意布鲁斯特板的 P 面与衰减器筒的另一端大箭头对准。箭头也指示了激光束传输的优选方向（镀膜板更具相关性）。

刻度环锁止在 100 位置时，将衰减器装配到系统并转动衰减器直到大箭头位于已知偏振面。这时布鲁斯特板的 P 面与偏振面一致而且透射率最大（约 100%）。对于更精确的设置，监控透过衰减器的激光功率并调整为最大功率读数。在大部分激光器中，偏振面或者垂直或者与垂直方向成  $45^\circ$ ，这也意味着箭头或者在最上面或者与另一端成  $45^\circ$ 。

最后，将衰减器支架两端固定。这时再旋转刻度环，就会改变透射功率，剩余功率会被衰减器吸收。对于较高功率或者长时间吸收剩余功率，会导致衰减器发热。适当的时候需要水冷系统。

## 反射杂散光隔离器 ( Reflection isolator C-RI )



### 工作原理

在光学原理上，反射隔离器与手动衰减器一致，但是反射隔离器不改变输出光束的功率。反射隔离安装于系统中，光束可以通过但是没有损失。但是，反射回激光器的光以及在正交方向的偏振光将会被衰减。使用 2 片未镀膜的布鲁斯特板透射率为 6.4%，2 片镀膜板的透射率为 0.04%。

在一些激光器系统中，反射隔离器可以防止工件反射激光进入激光腔引发激光器工作不稳定，甚至反射的高功率激光损坏激光器。激光器用户需要向激光器制造商咨询激光腔可以承受的功率范围以及由此决定需要镀膜板还是非镀膜板（或者需要串联多个隔离器）。

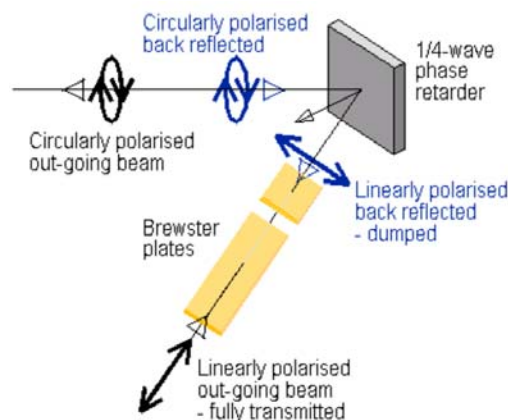


Fig 1: Set up required for the reflection isolator

如上所述，向后的反射光必须相对于输出光束偏光垂直，所以在系统内隔离器与工件之间某处，为了让隔离器工作，偏振必须旋转  $90^\circ$ 。此时系统内需要有一个  $\lambda/4$  (1/4-wave 或者  $90^\circ$ ) 相位延迟反射镜，用于将线性偏振光束转换为圆形偏振光束。金属铝和铜最易反射光进入激光器。Fig 1 为隔离器的构造图。

输出光束被偏振以达到通过隔离器的最大透过率以及和相位延迟反射镜与 S 和 P 方位成  $45^\circ$ 。反射后光束被圆形偏振并用于处理材料。如果发生向后反射，将会被相位延迟器再次反射并经历另外一个  $\lambda/4$  相位延迟。第二次反射不会还原第一次产生零延迟而是叠加产生  $\lambda/2$  (或  $180^\circ$ ) 延迟。其结果是重新创造线性偏振，但是与输出光束垂直。因此，隔离器会吸收光束。

注意，相位延迟镀膜以及对反射镜的偏振准直不精确会导致反射光束的椭圆偏振，也削弱了隔离器对功率的有效吸收。

### 反射杂散光隔离器的使用

隔离器与衰减器的安装方法相同，只是没有用于功率调整的调节环。箭头定义了布鲁斯特板的 P 面以及优先传播方向(与镀膜板相关性更大)。旋转隔离器直到箭头与偏振方向对齐或使用功率计，此时透过率最大。然后锁定。

### 反射模块 ( Corner mirror block C-CM )



C-CM 反射模块采用 Supermax 镀膜 25.4mm(1") 或 25mm 直径的硅反射镜。作为选择， $\lambda/4$  相位延迟器可能被采用。反射镜装配于一个可进行倾斜度调整的环状物上，通过盖板上的两个孔即可进行调整。环状物上装配锥形弹簧提供对反射镜的调整限制。

反射模块提供几个弧分的预调整，所以无需过多调整。如果需要较大调整(可实现 $\pm 2^\circ$ )，可检查入射光束的准直以及以前的部件是否正确。

反射镜可以更换而不影响准直。更换的时候将盖板上的螺丝取下，弹簧也要取下。拉反射镜的边缘(或使用一片胶带粘住反射镜背面)将其取下。更换新的反射镜并将弹簧复位，然后用螺丝固定盖板。注意，弹簧的大线圈要放入盖板内的凹处。

反射模块可与螺纹衬套或可伸缩适配器连接。建议连接可伸缩适配器输入侧的一个，这样就可以使反射模块以任何角度方位角定位(当反射模块包含相位延迟器时尤为有用)。

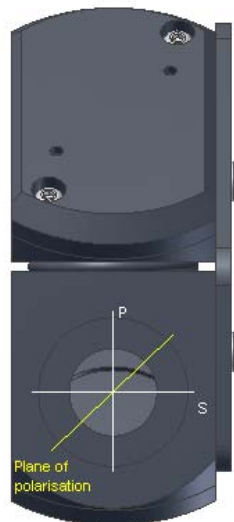
注意，C-CM 的通光孔径为 16.4mm。



## 同轴相位延迟器 C-CM-PR4 & C-CM-PR2 ( In-line phase retarder C-CM-PR4 (& C-CM-PR2) )



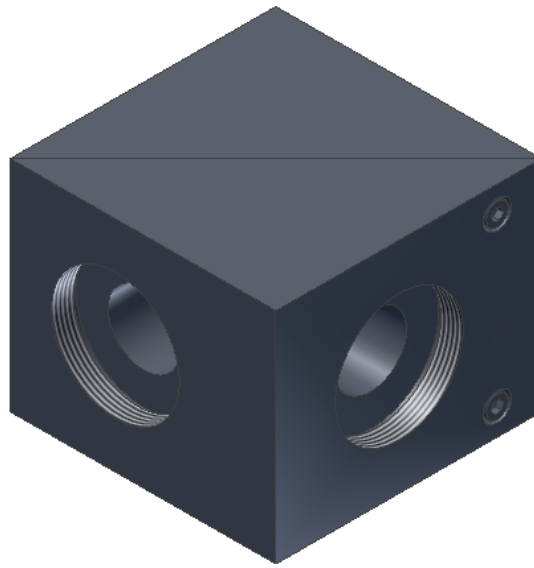
将 4 个反射模块组合成一对或组合成潜望镜，就可以做成一个光束输入和光束输出在一条直线上的同轴系统。将  $\lambda/4$  相位延迟器放入第一个反射模块并将标准的零相位反射镜放入其他 3 个反射模块，就会得到一个同轴圆形偏振系统。C-CM-PR4 相对于进入设备的线性偏振光束要定向准确。要与 S 和 P 面成 45 度，如下面 Fig 1 所示。通常偏振面会垂直或者水平，所以系统会翘起来 45 度。



**Fig 1 偏振面相对于 S & P 面的定位**

C-CM-PR2 相当于半个-PR4，由 2 个反射模块以潜望镜模式排列组成。如果用户不担心输入光束和输出光束之间的偏移，可以选择 C-CM-PR2 作为一个比较偏移的选择。

## 分束器 C-BS ( Beamsplitter C-BS )



C-BS 是一款固定准直分束器，在其入射角 45 度有一个 25.4mm 直径，3.0mm 厚度的光学元件。可以选择适用的反射镀膜和偏振类型。分束器的通光孔径为 16.4mm，为了能让光束在通过 3mm 厚的 ZnSe 镜片时横向位移，透射光束孔相对于输入口偏移 1.5mm。

## 精密焦距调节器 C-FA ( Fine focus adjustment C-FA )



该调节器作为透镜和喷嘴的手动聚焦设备。通过转动凹口环进行升降，每转动一圈的管体移动 1mm。外套管上标有 0.1mm 的增量。总移动量为 20mm，以 1mm 线标注为 10-5-0-5-10。配有止动旋钮固定焦距设置。

管体滑动时不会旋转：一个与止动旋钮成 90 度的槽栓防止转动。这些机构可以防止由后面透镜定心错误引发的光束偏离。

调节器的两端都可以连接螺纹衬套。

## 定心单元 C-CC ( Centering cell C-CC )



定心单元两端均有 2 个螺纹衬套接口：一个用于输入，一个用于输出。通过调整定心单元体侧的 3 个螺丝，可以侧向调节一个螺纹衬套以及对应的另外一个，用于精确调整光束输出或设置设定的偏移。注意，在将一个螺丝向内旋转时，需先将对面的螺丝向外旋转疏松。调整完成后，需将所有 3 个螺丝固定紧。

## 透镜喷嘴组合 ( Lens nozzle assemblies C-LNxx )

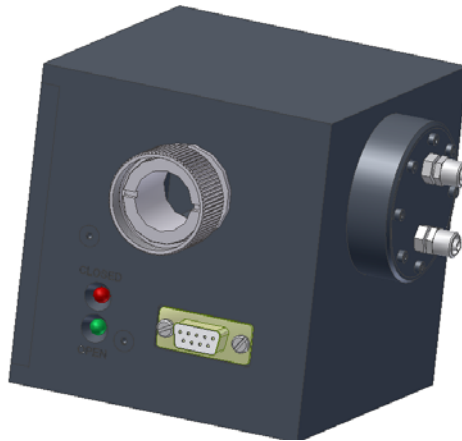


透镜喷嘴组合由 3 种标准透镜组焦距：38，63，和 100mm。透镜组安装于一个独立的单元并旋于喷嘴部分。上图所示为 C-LN100，由 C-LN63 和螺纹管接头组成。透镜组件内部通光孔径为 17.5mm。

如需调整铜制喷嘴到透镜组的距离（设定正确的 stand-off， $\pm 3\text{mm}$ ），需要将其拧下，拧松锁定环然后将调整螺纹管。最后将锁定环拧紧。

喷气嘴入口可以导入气体。标准透镜组可以承受最大 5 bar。入口需要 6/4 导管。

## 快门主机 ( Shutter head unit C-SU )



### 简介和使用

快门主机采用旋转电磁线圈将硅镜翻入或翻出激光光路。快门关闭时，光束被反射到一个水冷光束收集器。快门打开时，光束可以通过快门。电磁线圈处于电激活状态时快门就会打开。因此，如果电源不足，快门就会关闭（一个弹簧提供推力），快门主机上的 LED 会显示当前状态：红色亮（打开），绿色亮（关闭）。打开和关闭位置由光反开关感知。

电源由 9 针 D 型插头提供，该插头也可以监测打开/关闭状态。LSC01（快门控制器）可以作为一个选项提供电源和监测快门状态。

注意，该快门是用作安全控制的快门而不是用于短时定时曝光。当使用 LSC01 时，一般的打开/关闭时间已经在 30 和 60 毫秒（在设定周期内，限位开关与反射镜位置对应）分别测量。注意，由于电磁线圈的限制，这些时间不会一致。快门通光孔径 19mm。

光束收集器通过连接器（6/4 M6）进行水冷。对于水温上升  $\Delta T^{\circ}\text{C}$  和 P 瓦的激光功率，水流速应该为  $0.014P/\Delta T$  公升/分钟。例如，水温上升  $10^{\circ}\text{C}$  而激光功率为 500W，水流速为 0.7 公升/分钟。

快门主机配有可伸缩螺纹环用于将其安装于光束管。在安装快门之前，要检查光束是否位于光束管中心。还要注意快门区分输入面和输出面。如果光束从输出面进入，会导致光束打到反射镜的背面。

快门可以在任意方位工作。

### 内部电路

如果用户使用自有控制器，可以参考下面的快门主机内部电路图。注意，实际只用到了连接器上的 5 针。

任何控制器必须都能对 pin 1 提供 +12V 电压和最大 1A 电流。要打开快门，pin 3 上的电压为 0V。这个步骤可以通过一个简单的开关或者一个晶体管实现。

光反开关 OPB704 探测到反射镜。当内部晶体管探测到由二极管反射到反射镜的光，晶体管开始导电，并将 2N3904 底部向上拉使其也开始导电。然后像电流助推器一样向 LED 指示灯供电并将信号通过 pin 7 和 pin 8 传输用于外部应用。

当电磁线圈不工作时，反向偏压二极管 1N4007 会压制所有反电势。

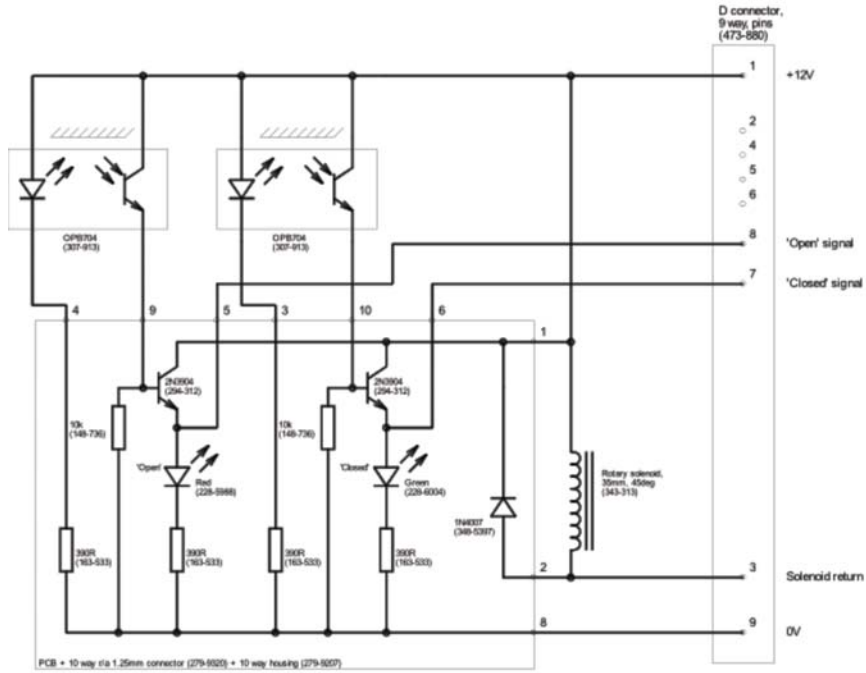


Fig 1: Internal circuit of C-SU head

### 激光快门控制器 LSC01 ( Laser Shutter Controller LSC01 )



#### 连接

LSC01 提供 2 根线：主线以及一根末端为 D 型插头用于连接快门主机的线。控制器工作电压：85V-260V AC。通过后面板有“SHUTTER”标示的 9 针 D 型插座与快门连接。如有需要，还可以通过标有“PC”的 9 针 D 型插头对快门进行远程控制和监控。

#### 操作

前面板按钮开关为控制器主开关，通电后会亮。为确保快门不会被意外打开，在接通前，需检查拨动开

关是否在关闭位置。如果由 PC 控制，需要发送“关闭”信号。

拨动开关控制快门的闭合。其在左边时快门打开，在右边时快门关闭。如果控制器主电源被切断，快门默认处于关闭。

快门打开时，红色指示灯会亮。关闭时，绿色指示灯会亮。(ULO 公司“ESU”系列具备手动锁止，但是只能将快门锁止在关闭位置，黄色“LOCKED”指示灯会指示该锁止。CO<sub>2</sub>MPACT 快门 C-SU 没有锁止功能，所以黄色 LED 未被激活。)

通过后面板的 9 针 PC 连接器也可以对快门状态进行监测。光隔离器的接地信号用于指示开，关或者锁止，高阻抗用于相反的指示。通 5V 电压可以打开快门，使 pin 3 与 GND 关联。注意，如果通过电脑操控快门，需将拨动开关置于 CLOSED 位置。

Fig 1: D connector pins on rear of LSC01



PC	
pin	
1	no connection
2	no connection
3	Shutter enable (+5V open, 0V close)
4	no connection
5	no connection
6	Locked (GND = locked, high Z = unlocked)
7	Closed (GND = closed, high Z = not closed)
8	Open (GND = open, high Z = not open)
9	GND

SHUTTER	
pin	
1	+12V
2	no connection
3	Shutter enable
4	no connection
5	no connection
6	Locked (+12V = locked)
7	Closed (+12V = closed)
8	Open (+12V = open)
9	GND

### 电路操作

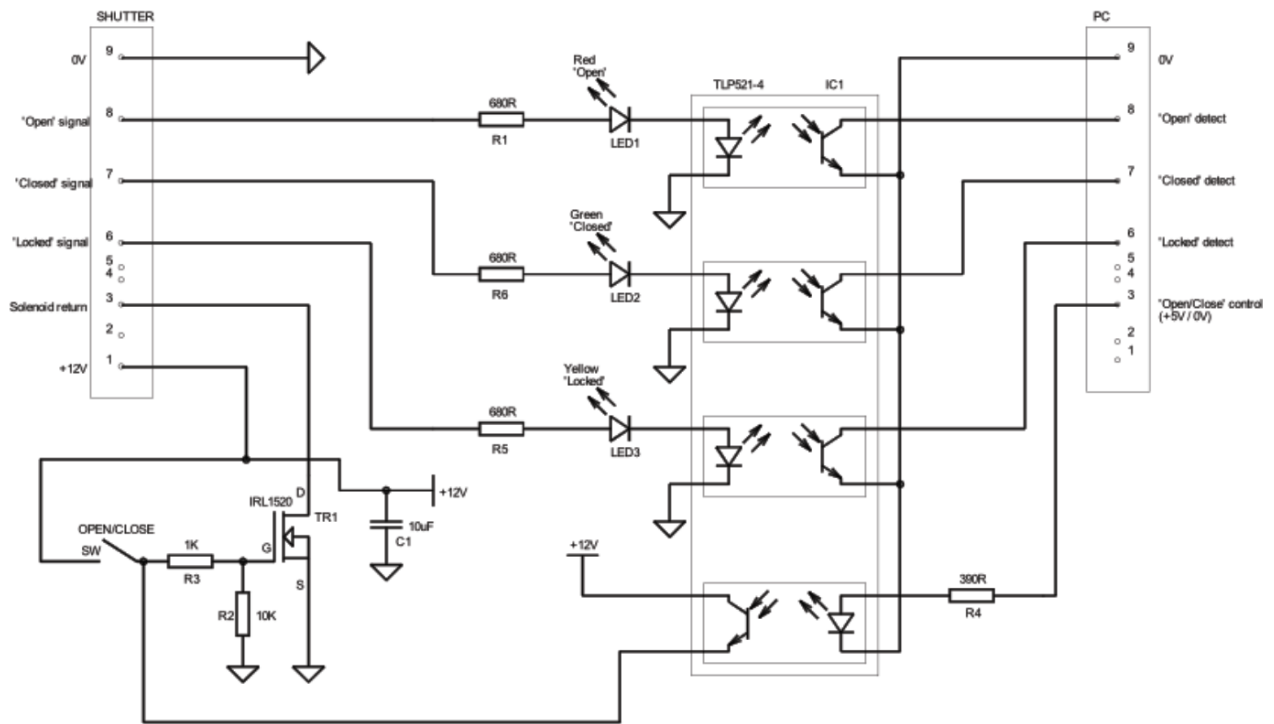
快门电磁线圈位于连接器 SHUTTER pin 1(+12V)和 pin 3(TR1 drain)之间。当开关 SW 位于 CLOSE 位置，TR1 门拉低到 R2，然后 TR1 关闭。因此电磁线圈不通电，快门处于默认关闭状态。

当 SW 位于 OPEN 位置，TR1 门被拉高至+12V，TR1 打开。电磁线圈通电，从 12V 至 0V，快门打开。快门状态开关连接位于+12V 和连接器 SHUTTER 针 6,7 和 8。当 OPEN 状态开关关闭，其将连接 R1 至+12V，所以 LED1 亮并且电流通过光隔离器的发射管 IC1 导致输出晶体管打开。CLOSE 状态操作类似。注意，Locked 功能和 LED3 与 C-SU 无关。

如果 SW 位于 CLOSE 位置，可通过连接器 PC 控制。如果给 PC pin 3 相对于 pin 9 施加+5V 电压，那么电流穿过第四个光隔离器 IC1 发射器，IC1 晶体管打开。这将会 TR1 门上拉打开。电磁线圈通电工作，快



门打开。



**Fig 2: Internal circuit of LSC01 controller**

注意，如果想使用高于 5V 电压控制快门，需要增加一个外电路电阻与 R4 (390R) 串联。数值为  $R = 80V_{\text{control}} - 390\Omega$  并且额定功率  $> R/6400W$ 。

另需注意，状态针无上拉电阻。他们预留作为电极开路，所以用户可以根据自己的电源和期望信号选择正确的数值。

### 焦点 (可见) 显示单元 (Beam injector module, C-BI)



该模块使用红色可见激光束对不可见的红外光束进行准直。可以用于辅助准直以及红外光束提示。

#### 电源要求

+5-6V (30mA) 为激光器和 LED 指示灯供电。电源还需具备电压可切换以及两级可反转功能 (具体请参考附带说明书)。特别注意，错误的电极会损坏激光器。如不能确定，可以检查 2.5mm 插座顶端电压是否



为+6V。

### 二极管激光器

C-BI 内为 0.8mW 红光 650nm 激光器。切勿直视激光器光束并防止反射光进入眼睛。

### CO<sub>2</sub> 激光束

该光束将被导入入射孔。在安装 C-BI 之前，确保光束位于光束管的中心。

CO<sub>2</sub> 激光束和可见激光束通过 ZnSe 光学件到达输出孔。注意，该部分的通光孔径为 14.5mm。

**如果 CO<sub>2</sub> 激光束导向错误的输出口，即使小部分反射回二极管激光器和透镜组，如果功率足够大，就会损坏二极管激光器。**

### 校准可见光束

连接光束管之前，在输出孔放置一条纸胶带来检查光束定心情况。

关闭 CO<sub>2</sub> 激光束。将 C-BI 安装于系统并在系统下安装靶子或十字形目标物。

使用内六角扳手旋转螺丝 A 和 B 用于调节倾斜度，直至可见光束位于中心位置。不要按压这两个螺丝，否则会使要调整的弹簧受压缩小。一定要调整到看到清晰的光束。光束在光束管中反射而产生的耀斑或弧光预示着倾斜调整可能过度偏离。

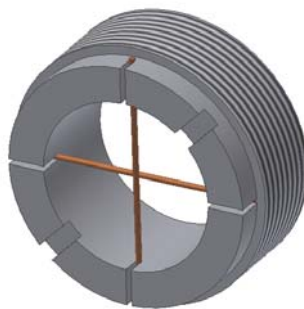
接下来，或者移除 C-BI，或者将输出端的光束管收回。再次将一条纸胶带放置到输出孔。调整 X 和 Y 两个螺丝进行光束定心。可移动的距离为几个 mm 并且整个区域由圆形覆盖。

X 和 Y 两个螺丝在旋入或旋出过程中开始松动时，预示着里面的激光器装配件达到了调整极限。

准直调整需要反复操作：调整 A 和 B，进行“远场”定心。调整 X 和 Y，进行“近场”定心。

最后，可能需要将打开 CO<sub>2</sub> 激光束进行微调。

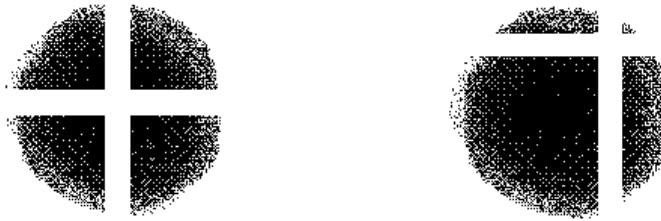
### 十字形定心器 ( Cross wire C-CW )



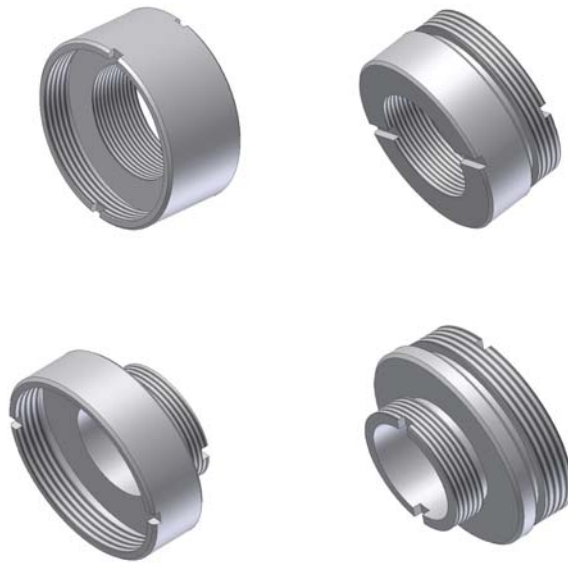
用于激光束的准直调整。其实质是一个加了一对铜线的螺纹衬套。因此，其可以安装于系统任何位置用于定心检测。

测试卡片上的烧痕或模板上看到的光束会显示铜线的轮廓。调整至轮廓位于光束中心。需要在激光器和加工件之间的多个位置对准直进行检查。

任何畸形图案都预示着光束在光束管内被反射或者在某个地方被截获。



### 螺纹适配器 ( Thread adapters )



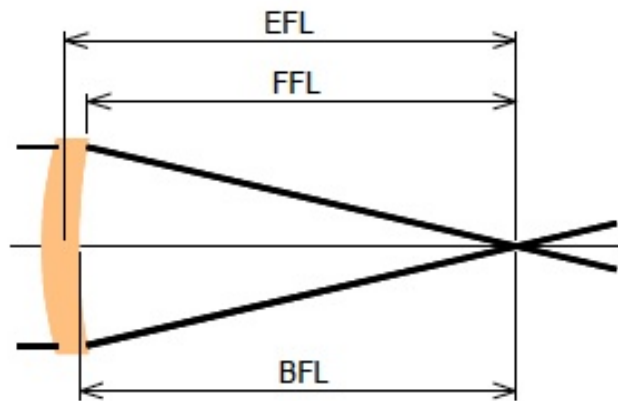
这 4 种适配器用于将其他品牌光束传输设备连接到 CO<sub>2</sub>mpact。适配器螺纹尺寸为 M29 x 1 mm(外螺纹)和<sup>3</sup>/<sub>4</sub>-32UN (内螺纹)。

## 光学器件 ( Optics )

### 聚焦透镜 7.5ZLF38 , 7.5ZLF63 , 7.5ZLF100 和 7.5ZLF127 ( Focusing lenses )

这几个透镜在 C-LN 喷嘴装配中使用。他们的直径均为 19mm , 边缘厚度 2.0mm。当装配到喷嘴后 , 通光孔径为 17.5mm。有效焦距 ( EFL ) , 后焦距 ( BFL ) 以及法兰焦距 ( FFL ) 见下表 :

透镜	EFL	BFL	FFL
7.5ZLF38	37.9mm	36.0mm	35.5mm
7.5ZLF63	65.3mm	61.8mm	61.4mm
7.5ZLF100	100.0mm	98.4mm	98.3mm
7.5ZLF127	127.0mm	125.5mm	125.3mm



EFL, BFL 和 FFL 的定义

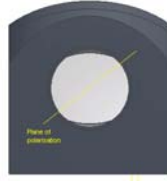
所有透镜均由激光级 CVD ZnSe 制成。为了获得最佳聚焦 , 透镜做成半月型并针对 10.6um 镀增透膜。

### 硅反射镜 9.8SIS3-00 和 10SIS3-00 ( Silicon mirrors )

这些反射镜由单晶反射镜级硅制成 , 装配于 C-CM 转角反射镜模块。反射镜模块直径可以为 25 或 25.4mm , 采用 ULO Supermax 镀膜 , 在 45° 入射角时 , 10.6um 的反射率为 99.85%。反射镜也是零相位型。

### 相位延迟器 9.8SPR3-90 和 10SPR3-90 ( Phase retarders )

相位延迟器在镀膜方面不同于上述硅反射镜。SPR 设计用于借助 S 元件与 P 元件之间的 90° 相位偏移差将线性偏振激光束转换为圆形偏振激光束。这对一些材料的加工过程比较有益 ( 如 : 金属 )。这些相位延迟器装配于 C-CM 转角反射镜模块和 C-CM-PR4-PR2。反射镜模块需相对于偏振面确定方向 ( 如下图所示 ) , 因此在输入面可能需要一个可伸缩件 ( C-RM )。



### 硅反射镜 11SIS3-00 ( Silicon mirror )

该反射镜采用 Suppermax 镀膜，直径为 28mm。此反射镜只在 C-SU 快门中使用。快门关闭后，反射镜将光束反射到水冷光束收集器中。

### 合束镜 9.8ZBS3-45-R ( Beam combiner )

该元件在 C-BI ( beam injector unit ) 焦点显示模块中使用。当入射角为  $45^{\circ}$  时， $\text{CO}_2$  激光束可以通过，而红色可见激光被反射。

### 布鲁斯特窗口 ZBW5320MP 和 EZBW5320MP ( Brewster windows )

布鲁斯特窗口配对使用在衰减器和反射隔离器。有轻微的楔形度 ( $1' - 3'$ ) 的布鲁斯特窗口能获得最佳工作状态。楔形度使通过的第一个窗口的光束偏离，但是与之完全相同的第二个窗口会纠正偏离。由于两个窗口具有相同的厚度，所以光束的侧偏离也得意纠正。

窗口尺寸：53 x 20 x 3mm。与入射光束成  $67.4^{\circ}$  角时，窗口可呈现 20mm 的方形。

### 扩束器输出透镜 11ZLF63 ( Beam Expander output lens )

对于 C-BE 所有放大倍率，都可以使用该输出透镜。该透镜为标准透镜，还可以广泛用于其他应用。

### 扩束器输入透镜 ( Beam Expander input lens )

每个放大倍率对应不同的输入透镜。每个透镜成型都为修正输出透镜的球面差。