

波片

波片是能使互相垂直的两偏振光振动间产生附加光程差(或相位差)的光学器件。通常由具有精确厚度的石英、方解石或云母等双折射晶片做成,其光轴与晶片表面平行。以线偏振光垂直入射到晶片,其振动方向与晶片光轴夹角 θ ($\theta \neq 0^\circ$),入射的光振动可分解成垂直于光轴(o振动)和平行于光轴(e振动)两个分量。能使o光和e光产生 $\lambda/4$ 附加光程差的波片称为四分之一波片;能使o光和e光产生 $\lambda/2$ 附加光程差的波片称为二分之一波片。光程差可任意调节的波片称补偿器。

线偏振光经过 $1/2$ 波片后仍然是线偏振光(但相位改变了)。而线偏振光通过 $1/4$ 波片时(当线偏振光振动方向与晶轴成 45° 角),出射为圆偏振光,一般情况下出射为椭圆偏振光。

圆偏振光通过 $1/4$ 波片后变为线偏振光,再用偏振片观察会有消光现象。自然光通过 $1/4$ 波片,将形成无穷多个无固定位相关系的各种椭圆偏振光,其组合后仍然是自然光,用偏振片观察光强无变化。

波片按结构来分,一般分为:多级波片(multiple-order waveplate)或称低级波片(low order waveplate)、零级波片(zero-order waveplate)及真零级波片(true zero-order waveplate)。

真零级波片,延迟量的波长敏感度低,温度稳定性高,接受有效角度大,性能大大优于其它两种波片。但真零级波片往往非常的薄,以石英为例,其在可见光部分双折射系数($n_o - n_e$)约为0.0092。一个550nm为中心波长的真零级四分之一石英波片其厚度只有 $15\mu\text{m}$ 。如此薄的波片在制造和使用上都会遇到不少困难,所以真零级波片通常需要胶合在基底上使用,价格也较高。

多级波片的厚度等于多个全波厚度($n \times \text{waves}$)加一个所需延迟量厚度。多级波片相对比较容易制造,缺点是其对波长,温度,入射角均很敏感。

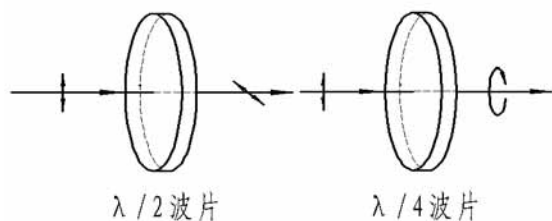
零级波片,通常是将两个多级波片胶合(或留出一定空气隙后固定)在一起,根据实际情况,也有将零级波片分为:双胶合零级波片、双分离(指空气隙)零级波片,或直接称为胶合零级波片(复合波片)。零级波片的原理,是将一个波片的快轴和另一个波片的慢轴对准以消除全波光程差,仅留下所需的光程差。零级波片可以在一定程度上改善温度对波片的影响,但另一个结果是其增加了波片延迟量对入射角度及波长的敏感性。

| 类型 | | 特点 |
|-------|--------|------------|
| 多级波片 | | 温度带宽小 |
| | | 波长带宽小 |
| | | 高损伤阈值 |
| | | 性价比较高 |
| 零级波片 | 胶合(光胶) | 带金属支架,光胶胶合 |
| | | 温度带宽大 |
| | | 波长带宽大 |
| | | 损伤阈值较高 |
| 真零级波片 | 胶合 | 带金属支架,光胶胶合 |
| | | 温度带宽大 |
| | | 波长带宽大 |
| | | 损伤阈值较高 |



多级波片:

1. QWLO系列石英多级波片:



说明:

QWLO 多级波片 (Quartz Waveplate:Low-Order) 产生了多个级次的相位延迟, 厚度一般在 0.3 ~ 1mm 左右, 波长带宽较窄, 只能用于单色性很好的光源。温度稳定性不如零级波片。

技术指标:

- 材料: 石英晶体
- 尺寸公差: +0.0/-0.2mm
- 透射波前畸变: $\lambda/8$ @632.8nm
- 相位延迟精度: $\lambda/100$
- 平行度: <1秒
- 表面质量: 20-10
- 膜层: 分镀膜和不镀膜两种(镀膜时为双面增透膜, 反射率 $R < 0.25\%$ @中心波长)

选型表:

| 1/4石英波片 | | | | |
|------------------|-------------------|---------|--------|-------------|
| 型号 | 型号(镀增透膜) | 名称 | 波长(nm) | 直径(mm) |
| QWLO25.4-532-4 | QWLO25.4-532-4A | 1/4石英波片 | 532 | $\phi 25.4$ |
| QWLO25.4-632.8-4 | QWLO25.4-632.8-4A | 1/4石英波片 | 632.8 | $\phi 25.4$ |
| QWLO25.4-1064-4 | QWLO25.4-1064-4A | 1/4石英波片 | 1064 | $\phi 25.4$ |
| 1/2石英波片 | | | | |
| 型号 | 型号(镀增透膜) | 名称 | 波长(nm) | 直径(mm) |
| QWLO25.4-532-2 | QWLO25.4-532-2A | 1/2石英波片 | 532 | $\phi 25.4$ |
| QWLO25.4-632.8-2 | QWLO25.4-632.8-2A | 1/2石英波片 | 632.8 | $\phi 25.4$ |
| QWLO25.4-1064-2 | QWLO25.4-1064-2A | 1/2石英波片 | 1064 | $\phi 25.4$ |

2. SIGMA KOKI云母波长板

能够用于简单实验或观察系统的波长板。
将云母的晶体切成薄片,用玻璃板夹在其中。

波长板有可以旋转偏光方向的1/2波长板和可以将直线偏光变换为圆偏光的1/4波长板2种类型。
元件由2块玻璃夹在其中,使用方便。



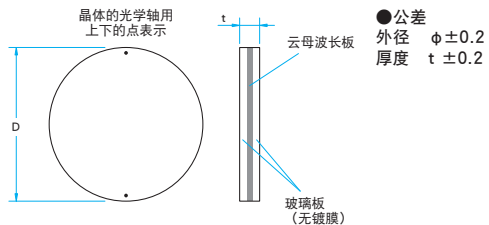
| 共同指标 | |
|--------|------------------------------|
| 材质 | 片状的云母, 玻璃板 (2块) |
| 适用波长 | 400~700nm |
| 透过波面精度 | 2λ λ=550nm |
| 入射角度 | 0° |
| 设计波长 | 580nm |
| 纯延迟设计值 | 1/4波长板 145nm 1/2波长板 290nm |
| 表面质量 | 40-20 |

注意

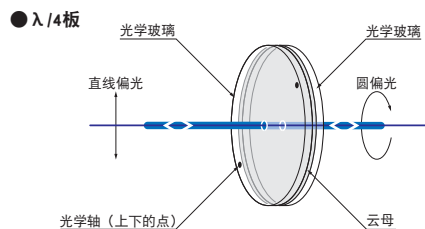
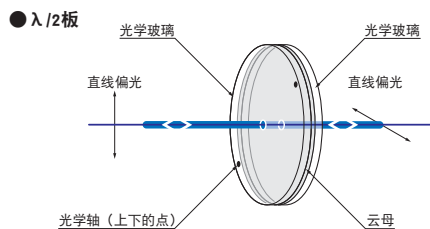
请不要在**高能量激光或高温光源**的附近使用。
相位差随波长而变化, 请务必在购买前仔细确认。
由于使用天然云母, 产品之间会有延迟的偏差。
在偏光测量时, 请使用水晶波长板。

外形图

(单位: mm)



功能说明图

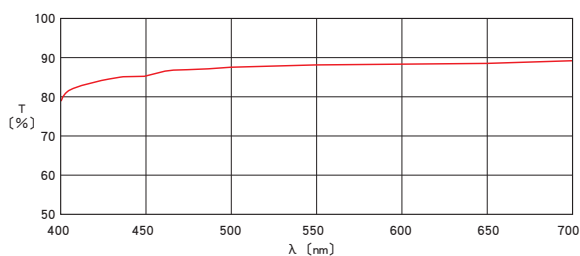


| λ/2板 | | |
|-----------|------------|-----------|
| 型号 | 外径 φD (mm) | 厚度 t (mm) |
| WPM-10-2P | φ 10 | 2.5 |
| WPM-20-2P | φ 20 | 2.5 |
| WPM-25-2P | φ 25 | 2.5 |
| WPM-30-2P | φ 30 | 2.5 |
| WPM-40-2P | φ 40 | 3.5 |
| WPM-50-2P | φ 50 | 3.5 |

| λ/4板 | | |
|-----------|------------|-----------|
| 型号 | 外径 φD (mm) | 厚度 t (mm) |
| WPM-10-4P | φ 10 | 2.5 |
| WPM-20-4P | φ 20 | 2.5 |
| WPM-25-4P | φ 25 | 2.5 |
| WPM-30-4P | φ 30 | 2.5 |
| WPM-40-4P | φ 40 | 3.5 |
| WPM-50-4P | φ 50 | 3.5 |

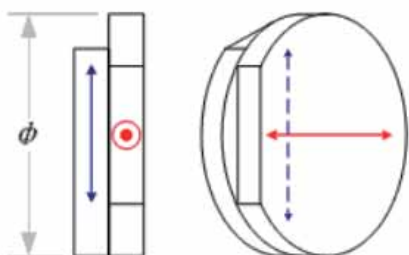
透过率波长特性 (参考数据)

T: 透过率



零级波片

1. QWZO系列石英零级波片:



说明:

QWZO 石英零级波片 (Quartz Waveplate:Zero-Order) 由两片石英波片用光胶胶合而成,光轴正交。两片石英的厚度差能够产生零级相位延迟。零级波片对温度和波长不敏感。

技术指标:

- 材料: 石英晶体
- 尺寸公差: +0.0/-0.2mm
- 面精度: $\lambda/8 @632.8\text{nm}$
- 相位延迟精度: $\lambda/300$
- 平行度(单片): <1秒
- 表面质量: 20-10
- 膜层: 双面增透膜, 反射率R <0.25%@中心波长

选型表:

| 1/4石英零级波片 | | | |
|-------------------|-----------|--------|--------|
| 型号(带增透膜) | 名称 | 波长(nm) | 直径(mm) |
| QWZO25.4-532-4A | 1/4石英零级波片 | 532 | φ25.4 |
| QWZO25.4-632.8-4A | 1/4石英零级波片 | 632.8 | φ25.4 |
| QWZO25.4-1064-4A | 1/4石英零级波片 | 1064 | φ25.4 |
| 1/2石英零级波片 | | | |
| 型号(带增透膜) | 名称 | 波长(nm) | 直径(mm) |
| QWZO25.4-532-2A | 1/2石英零级波片 | 532 | φ25.4 |
| QWZO25.4-632.8-2A | 1/2石英零级波片 | 632.8 | φ25.4 |
| QWZO25.4-1064-2A | 1/2石英零级波片 | 1064 | φ25.4 |

2. SIGMA KOKI水晶波长板

两枚水晶板直接接触后构成的零次波长板。可以用于使用各种激光的偏光实验。

由于是零次波长板,相位差随温度变化很小,非常稳定。

波长板有可以旋转偏光方向的1/2波长板和可以将直线偏光变换为圆偏光的1/4波长板2种类型。

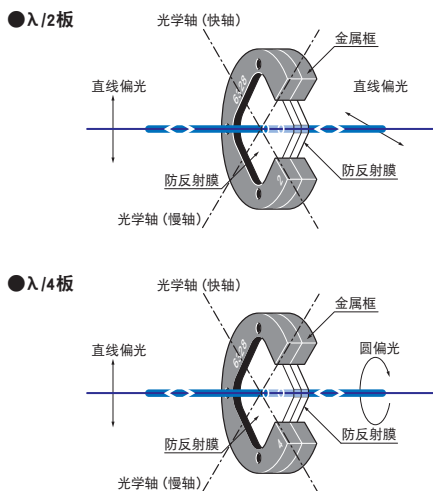
2枚元件通过光学接触贴合,由于正反面镀有防反射膜,具有高透过率。



技术指标

| | |
|-------------|--|
| 材质 | 水晶 |
| 框架材质 | 铝合金 表面处理: 黑色阳极氧化 |
| 有效范围 | 17×17mm |
| 基本面型精度 | $\lambda/10$ |
| 光束偏角 | <5° |
| 镀膜 | 双面 防反射膜(2面) |
| 透过率 | >98.5% |
| 激光损伤阈值(参考值) | 1J/cm ² (脉冲宽10ns, 重复频率20Hz) |
| 表面质量 | 20-10 |

功能说明图



注意

射入适用波长之外的波长的光线时，不能得到技术指标那样的位相差。波长发生1%偏离时，1/2波长板会产生1.8度的相位差偏差，1/4波长板会产生0.9度的相位差偏差。

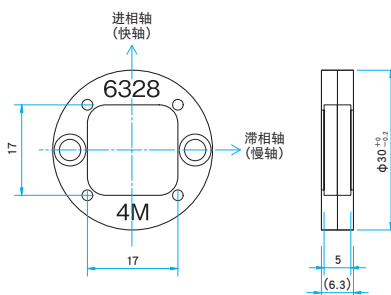
框架的厚度（6.3mm）可能随元件的技术指标的变化而变化。

请不要接触波长板框架的螺纹，否则特性可能会变差，元件可能会脱落。

波长板框架受到强烈的冲击时，元件的轴心可能会发生偏差，导致特性变差。

外形图

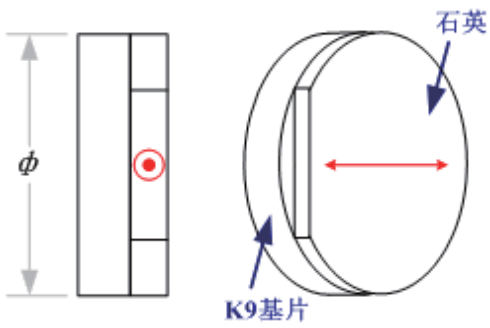
(单位: mm)



| λ/2板 | | | |
|--------------|-----------|-------------|-------------|
| 型号 | 适用波长 [nm] | 纯延迟设计值 [nm] | 纯延迟误差 |
| WPQ-2660-2M | 266 | 133.0 | < λ/50 |
| WPQ-3250-2M | 325 | 162.5 | < λ/50 |
| WPQ-3550-2M | 355 | 177.5 | < λ/50 |
| WPQ-4050-2M | 405 | 202.5 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-4100-2M | 410 | 205.0 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-4416-2M | 441.6 | 220.8 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-4579-2M | 457.9 | 229.0 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-4880-2M | 488 | 244.0 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-5145-2M | 514.5 | 257.3 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-5320-2M | 532 | 266.0 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-6328-2M | 632.8 | 316.4 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-6700-2M | 670 | 335.0 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-7800-2M | 780 | 390.0 | λ/200~λ/500 |
| WPQ-8300-2M | 830 | 415.0 | λ/200~λ/500 |
| WPQ-10640-2M | 1064 | 532.0 | λ/200~λ/500 |
| WPQ-13000-2M | 1300 | 650.0 | λ/200~λ/500 |
| WPQ-15500-2M | 1550 | 775.0 | λ/200~λ/500 |

| λ/4板 | | | |
|--------------|-----------|-------------|-------------|
| 型号 | 适用波长 [nm] | 纯延迟设计值 [nm] | 纯延迟误差 |
| WPQ-2660-4M | 266 | 66.5 | < λ/50 |
| WPQ-3250-4M | 325 | 81.3 | < λ/50 |
| WPQ-3550-4M | 355 | 88.8 | < λ/50 |
| WPQ-4050-4M | 405 | 101.3 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-4100-4M | 410 | 102.5 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-4416-4M | 441.6 | 110.4 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-4579-4M | 457.9 | 114.5 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-4880-4M | 488 | 122.0 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-5145-4M | 514.5 | 128.6 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-5320-4M | 532 | 133.0 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-6328-4M | 632.8 | 158.2 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-6700-4M | 670 | 167.5 | λ/100~λ/200 |
| WPQ-7800-4M | 780 | 195.0 | λ/200~λ/500 |
| WPQ-8300-4M | 830 | 207.5 | λ/200~λ/500 |
| WPQ-10640-4M | 1064 | 266.0 | λ/200~λ/500 |
| WPQ-13000-4M | 1300 | 325.0 | λ/200~λ/500 |
| WPQ-15500-4M | 1550 | 387.5 | λ/200~λ/500 |

QWTZO系列真零级石英波片



说明:

QWTZO 是真零级石英波片 (Quartz Waveplate: True Zero-Order), 由于波片本身厚度太薄, 很容易破碎, 所以我们将其胶合在 K9 基底上增加其机械强度。

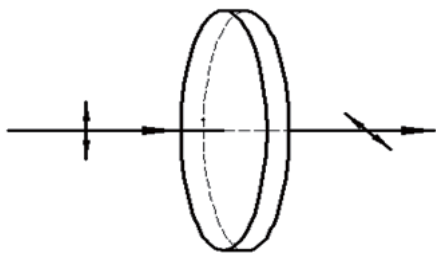
技术指标:

- 材料: 石英晶体, K9基底
- 标准厚度: $1.1 \pm 0.2\text{mm}$
- 直径尺寸公差: $+0.0/-0.2\text{mm}$
- 面精度: $\lambda/8 @ 632.8\text{nm}$
- 相位延迟精度: $\lambda/300$
- 平行度(单片): $<1\text{秒}$
- 表面质量: 20-10
- 膜层: 双面增透膜, 反射率 $R < 0.25\% @ \text{中心波长}$

选型表:

| 1/4石英真零级波片 | | | |
|--------------------|------------|--------|-------------|
| 型号(带增透膜) | 名称 | 波长(nm) | 直径(mm) |
| QWTZO25.4-532-4A | 1/4石英真零级波片 | 532 | $\phi 25.4$ |
| QWTZO25.4-632.8-4A | 1/4石英真零级波片 | 632.8 | $\phi 25.4$ |
| QWTZO25.4-1064-4A | 1/4石英真零级波片 | 1064 | $\phi 25.4$ |
| 1/2石英真零级波片 | | | |
| 型号(带增透膜) | 名称 | 波长(nm) | 直径(mm) |
| QWTZO25.4-532-2A | 1/2石英真零级波片 | 532 | $\phi 25.4$ |
| QWTZO25.4-632.8-2A | 1/2石英真零级波片 | 632.8 | $\phi 25.4$ |
| QWTZO25.4-1064-2A | 1/2石英真零级波片 | 1064 | $\phi 25.4$ |

石英旋光片：



说明：

石英旋光片 (Quartz Rotators) 由石英晶体制作而成。石英晶体具有天然的旋光性，所以它可以用来旋转线偏振光的偏振方向，并且不改变线偏振光的特性。旋转的角度和晶体的厚度有关，旋转方向目前有左旋和右旋两种可以选择。默认为右旋。

技术指标：

- 材料：石英晶体
- 直径尺寸公差：+0.0/-0.2mm
- 面精度： $\lambda/4$ @632.8nm
- 相位延迟精度： $\lambda/300$
- 平行度： <10 秒
- 表面质量：20-10
- 膜层：双面增透膜，反射率 $R < 0.25\%$ @中心波长

选型表：

| 型号 | 名称 | 波长(nm) | 直径(mm) | 厚度(mm) | 旋转角(°) |
|------------------|-------|--------|-------------|--------|--------|
| QROT25.4-532-45 | 石英旋光片 | 532 | $\Phi 25.4$ | 1.7 | 45 |
| QROT25.4-532-90 | 石英旋光片 | 532 | $\Phi 25.4$ | 3.4 | 90 |
| QROT25.4-633-45 | 石英旋光片 | 633 | $\Phi 25.4$ | 2.4 | 45 |
| QROT25.4-633-90 | 石英旋光片 | 633 | $\Phi 25.4$ | 4.8 | 90 |
| QROT25.4-1064-45 | 石英旋光片 | 1064 | $\Phi 25.4$ | 7.1 | 45 |
| QROT25.4-1064-90 | 石英旋光片 | 1064 | $\Phi 25.4$ | 14.2 | 90 |

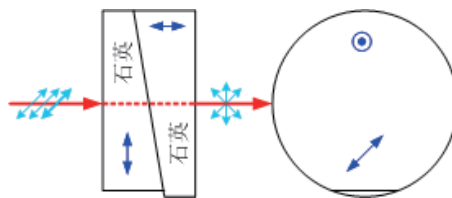
石英退偏器

在某些光学系统中，线偏振光是不受欢迎的，比如在反射式光谱仪中，偏振效应会影响探测器的灵敏度。退偏器就是用来将偏振光转化成非偏振光的，它广泛用于对偏振敏感的系统 and 仪器中。

QDP25.4石英退偏器

说明：

QDP25.4(Quartz Depolarizers) 石英退偏器，采用两片石英光楔组成。当线偏振光入射到光楔型退偏器上的光楔面时，其偏振态将发生空间上的变化，从而产生随机偏振。光楔型退偏器对于单色光源和宽带光源都有着很好的退偏效果。当我们将入射线偏振光和光楔型退偏器的光轴成45度放置时可以得到最好的退偏效果。当然，入射光斑越大，退偏效果越理想。



技术指标：

- 材料：石英晶体
- 厚度：5(± 0.2)mm
- 光轴偏离角度： <3 分
- 使用波长：220~2500nm
- 面精度： $\lambda/8$ @632.8nm
- 表面质量：60-40
- 直径：25.4(+0.0/-0.2)mm
- 平行度： <1 分
- 膜层：无镀膜

| 型号 | 材料 | 直径(mm) | 厚度 (mm) | 类型 | 波长 (nm) |
|--------------|------|-------------|---------|----|----------|
| QDP25.4-0225 | 石英晶体 | $\Phi 25.4$ | 5.0 | 胶合 | 400-2500 |
| QDP25.4-0425 | 石英晶体 | $\Phi 25.4$ | 5.0 | 胶合 | 220-2500 |