

偏振技术在成像中的多种应用

偏振是光能如何传播的一种特性。在偏振中，光的状态会反复改变；事实上，每当光被反射或通过某物时，其偏振状态会发生改变。

在机器视觉领域众所周知的是，可以使用偏振技术来滤除发光表面的眩光。其实除了这项应用外，还有很多其他应用也是偏振技术能够胜任的。

炫光和反射

图 1 显示了偏振镜的一种典型应用，其使用了一个偏振光源和放置在相机前面的另一个偏振镜。

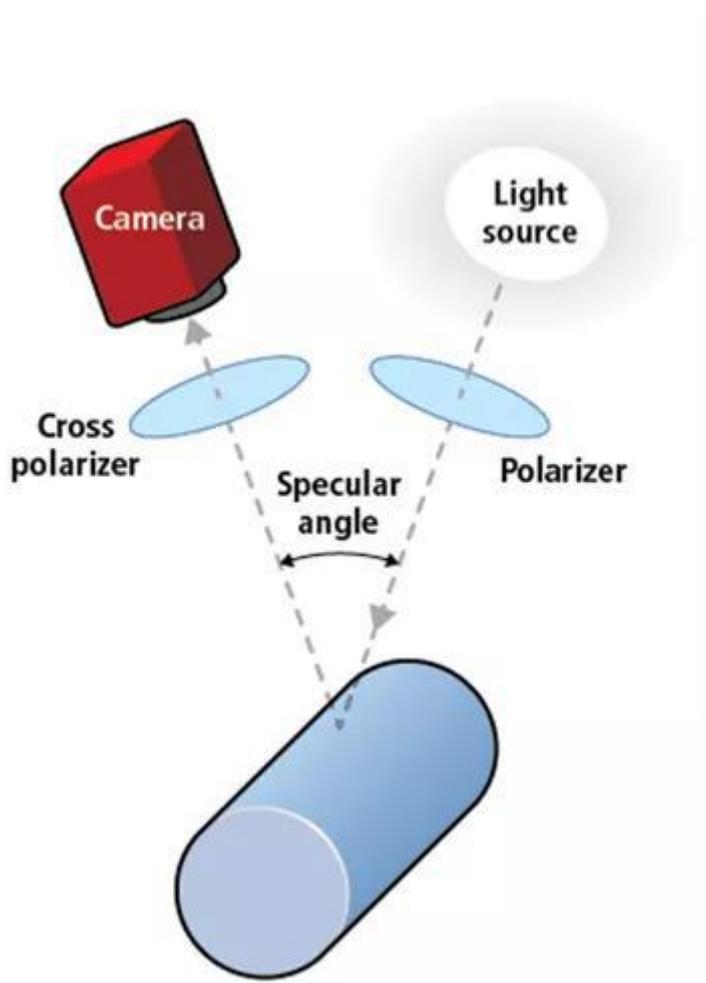


图 1：偏振镜的典型应用，使用一个偏振光源和放置在相机前面的另一个偏振镜

任何镜面反射，如药片气罩包上的炫光（见图 2）都可以通过偏振镜减少或消除，从而能更好地看到下面的药片。当然，对气罩包表面进行清晰成像（减少镜面反射或类镜面反射）这类应用，并不是偏振技术的唯一应用。

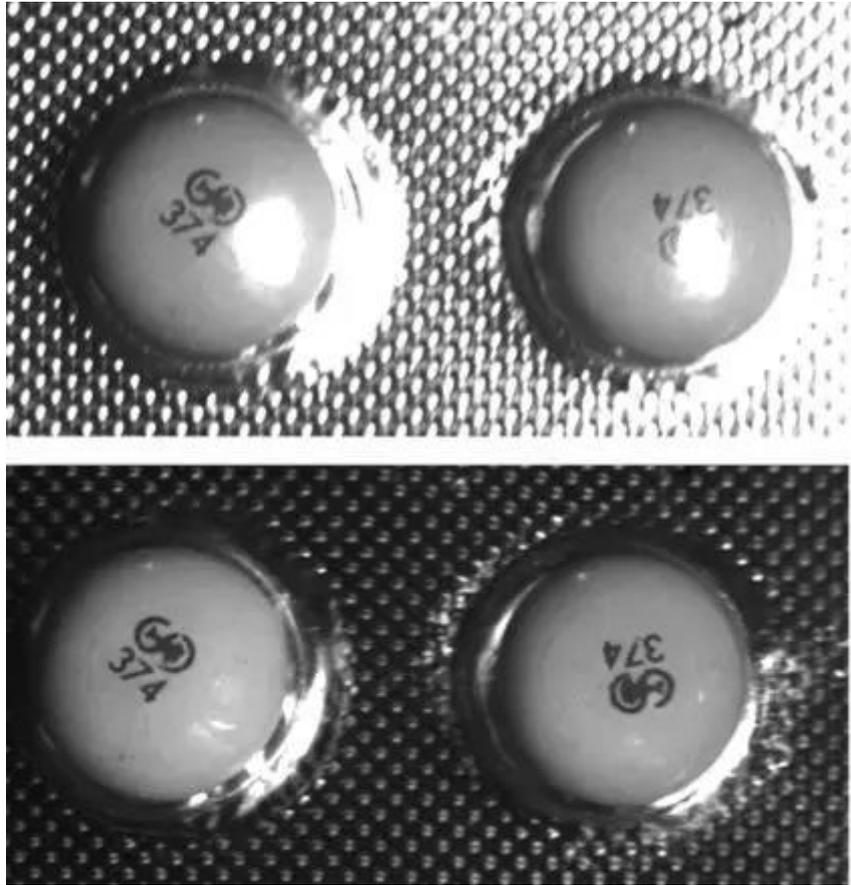


图 2：使用图 1 中的偏振镜设置，可以减少或消除镜面反射，比如消除图中所示的药片气罩包上的炫光，从而能更容易地看到下面的药片

图 3 显示了一个圆罐上的条码，圆罐的光亮表面使条码下的字母数字无法读取。使用正交偏振镜后，能很容易地读取这些字母数字，并且不会使图像的其余部分变暗。



图 3：圆罐子上的条码图像。左侧图像中，条码下的打印号码不可读；右侧图像中，使用正交偏振镜后，打印号码清晰可见

光的偏振度可以根据零件表面材料和入射角变化，以适应不同的应用。例如，图 4 显示了以直角照射由两个闪光金属表面形成的角反射器的光。如图所示，光线的二次反射引起图像旋转。如果入射光在 -45° 处偏振，则反射后，光在 $+45^\circ$ 处偏振。为了抑制镜面反射，第二个偏振镜需要与第一个平行。示例中的漫射光变为去偏振，因此可见。

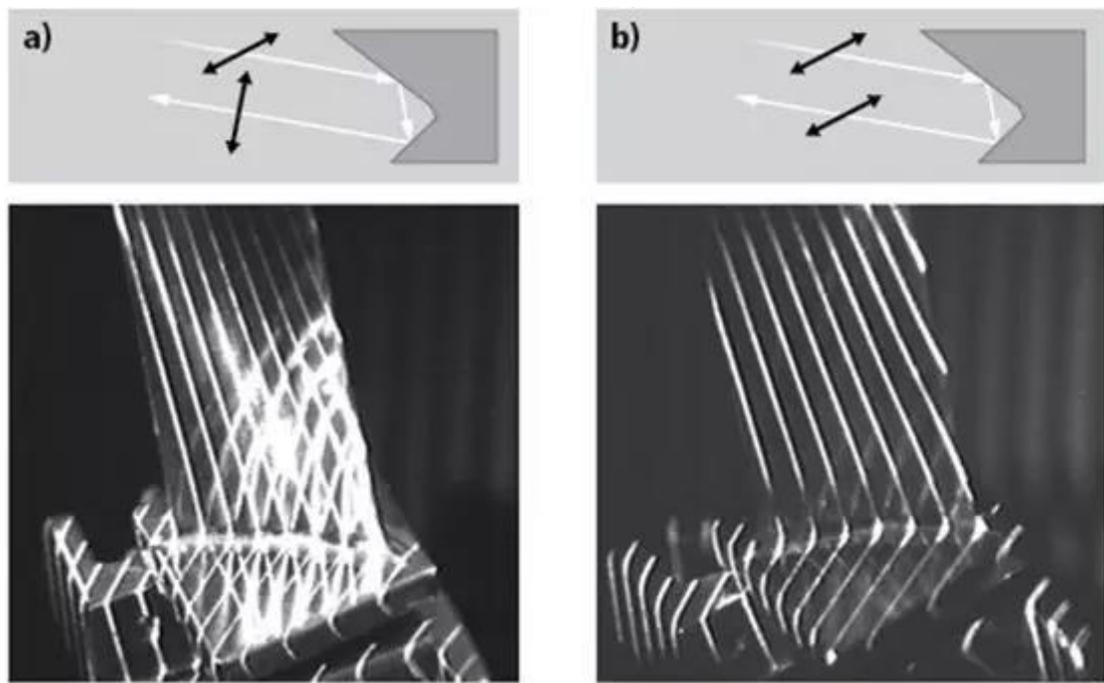


图 4：闪光零件上的二次反射（a）。平行偏振光图像抑制额外反射（b）

薄涂层、厚度变化、应变效应

图 5 显示了金属表面上的一条透明胶带。左图显示的是低对比度的可见胶带，右图显示的是通过偏振使胶带更加突出。

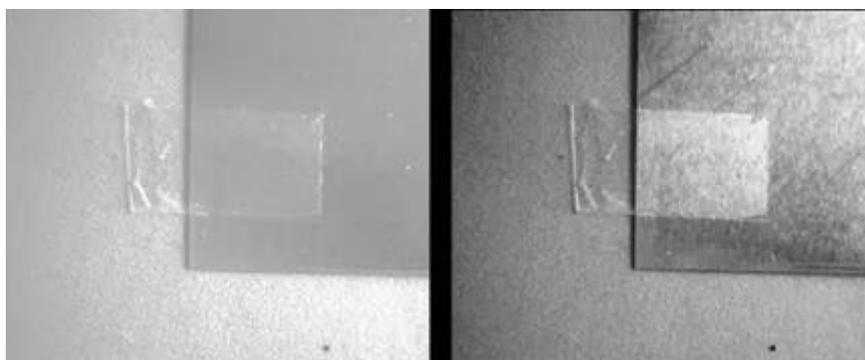


图 5：使用偏振光突出金属表面的胶带

偏振技术也可以使边缘更加突出，如图 6 所示。左图中，几乎看不到透明塑料尺上的一条透明胶带的边缘在哪里。右图中，使用不同的偏振后，透明胶带的边缘明显可见。

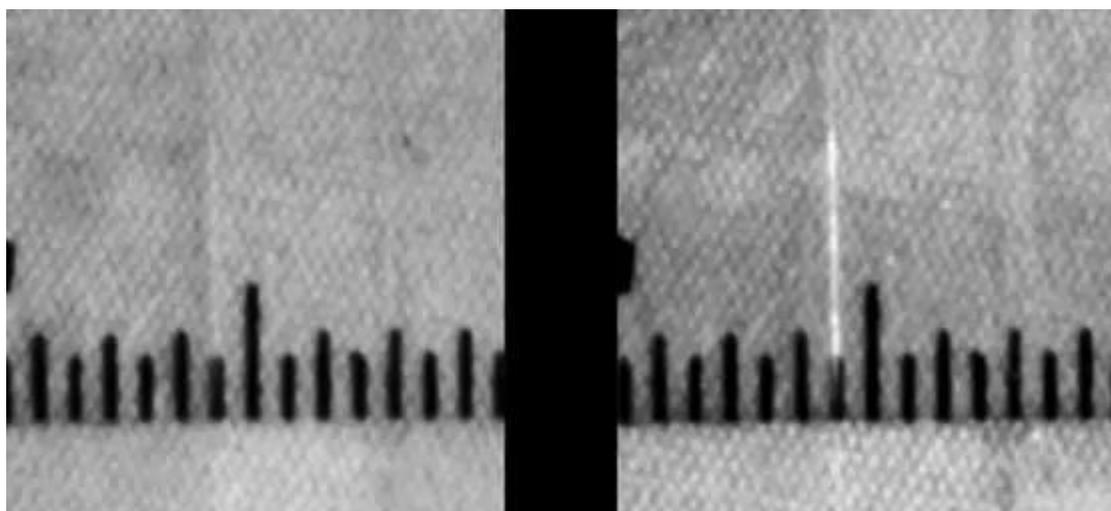


图 6：左图中，位于透明塑料尺上的透明胶带的边缘几乎不可见；右图中，由于边缘反射的漫射性质，偏振能使透明胶带的边缘格外突出

塑料零件（如图 7 中的盖子）通常包含可以通过偏振显示的应力，这有助于识别容器的潜在破裂。

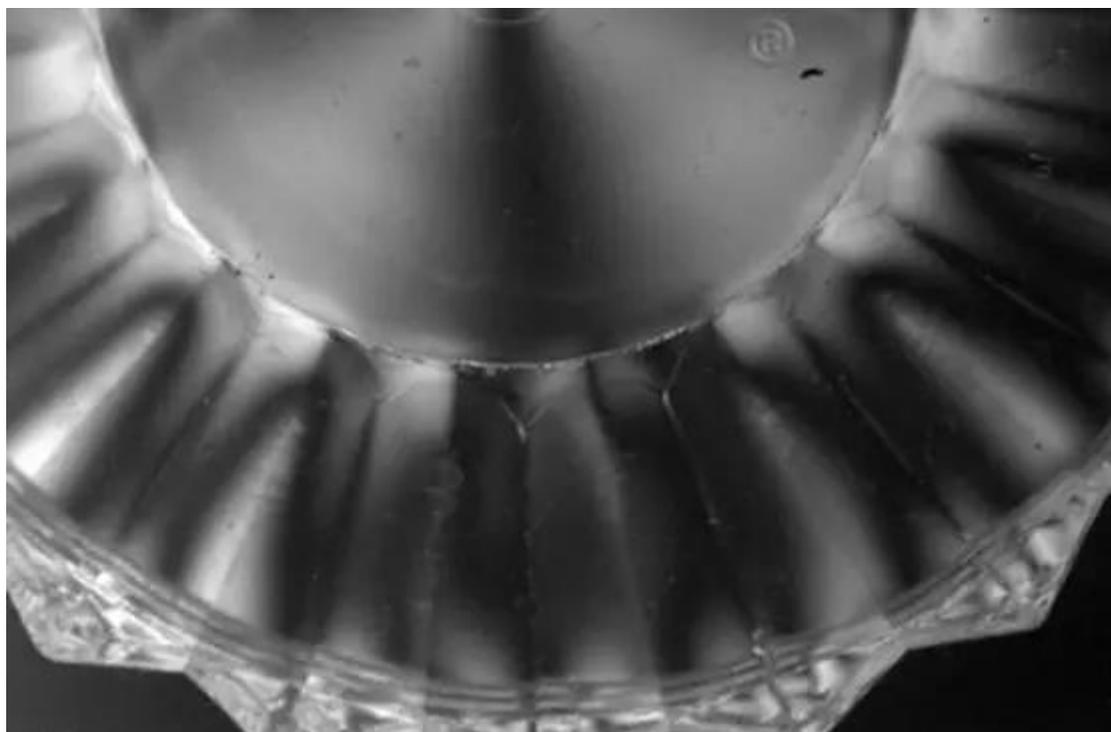


图 7：偏振光使塑料盖中的应力线突显

偏振效果也随着塑料上涂层或厚度的变化而变化（见图 8）。在图 8 中，左图中尺子厚度的变化并不明显；但在右图中，只要偏振发生变化，应力线就会突然变化，表明尺子的机械完整性发生变化，或是在这种情况下，塑料的厚度发生了变化。



图 8：左图显示了塑料尺中间的一条应力线；右图显示使用不同的偏振光后，由于厚度的变化，该应力线突然停止

坡度变化

也许鲜为人知的是，偏振还可以帮助确定一个表面的坡度和倾斜度。使用偏振技术突出显示坡度需要图 1 所示的设置，设置中的最大区别是：当使用正交偏振镜阻挡简单的镜面反光时，最好保持偏振光源和相机（镜头上装有偏振镜）彼此靠近，并且接近零件表面的法线。通过让光源和观察点靠近，光的偏振相对反射的变化相对较小，因此相机上的偏振镜（分析器）可以通过与照明偏振镜正交来最有效地抑制影响成像效果的光。这种方法能有效地阻挡偏振的镜面反射光，并让漫射非偏振光通过。

为了用偏振技术来突出斜面上的特征，从斜面表面反射的光必须在检测区域偏振。要做到这一点，需要明场照明来照亮整个表面。

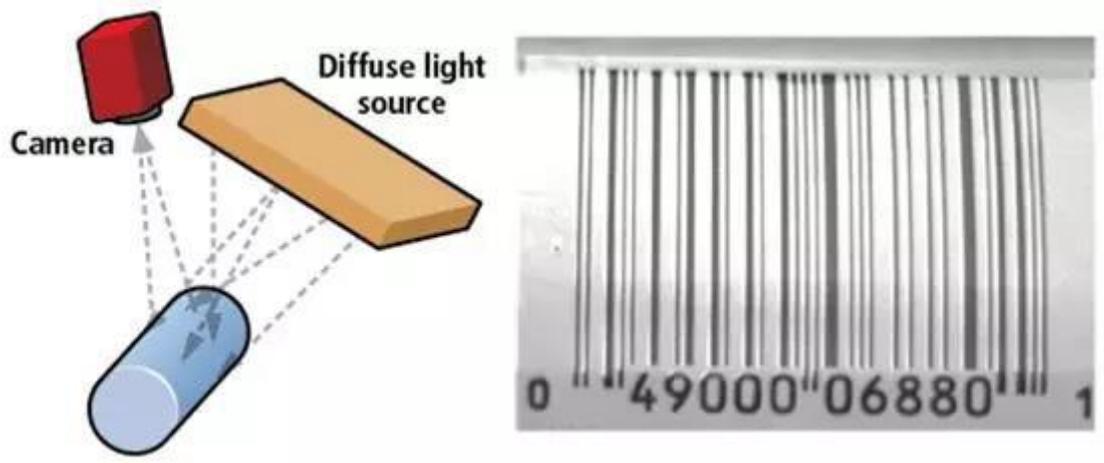


图 9：用一个较宽的漫射光源照亮图 3 中圆罐上的条码，在条形码上提供均匀明亮的反射

在图 9 给出的案例中，使用一个较宽的漫射光源照亮了图 3 中圆罐上的条码，并没有使用偏振光源。这种明场照明方法通常用于有光泽的表面，目的是提供一个明亮的照明表面，用于查找缺陷、打印或其他表面特征；当有光泽的表面具有很多形状时（会导致很多亮区域和暗区域），这是一种常用的方法。没有有光泽的表面，反射光将无法保持偏振，也无法用于观察坡度的变化。

常见的亮场照明工具包括漫射光源（如灯箱）、相机前面的同轴漫射光源、漫射环形光源或光帐篷（有时称为阴天照明器）。

图 10 中显示了使用灯箱照明的亮场照明图。光照方向（灯箱）和分析仪方向（相机）之间的角度差越大，光的偏振状态相对于反射的变化就越大——这是椭球仪等先进仪器用于分析薄膜涂层的一种技术。

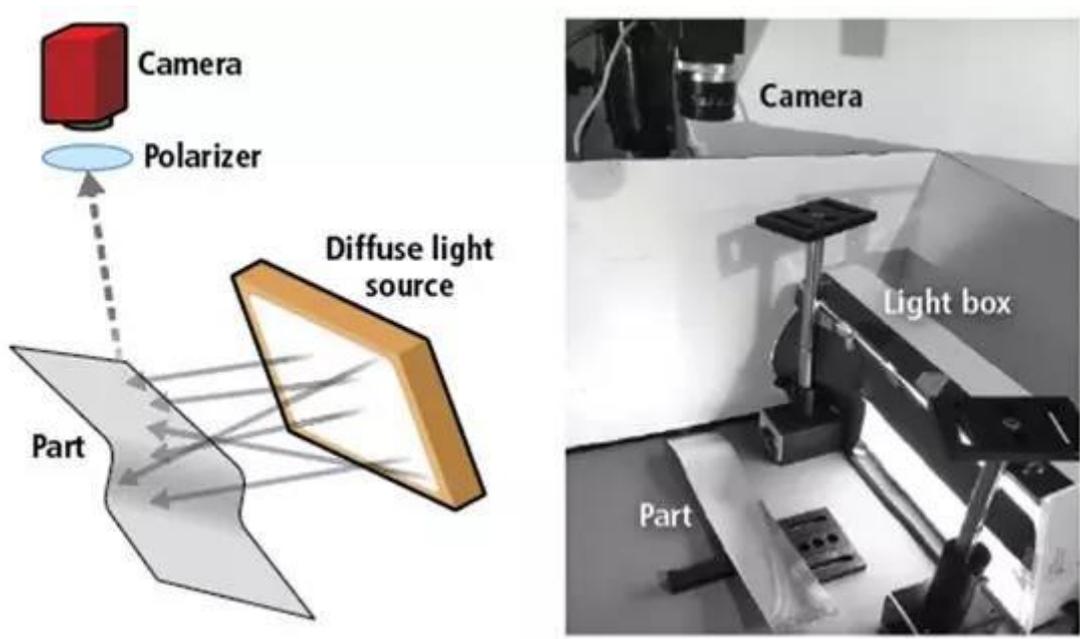


图 10：使用亮场配置完全照亮裸金属表面，反射光的偏振度随表面坡度的变化而变化

大角度反射与图 4 中的二次反射不同，其中偏振旋转 90° 并保持线偏振，这是因为后向反射充当法向入射反射。图 10 表示单一反射，光源和相机相对于零件的位置，应该使整个表面看起来明亮。初始线偏振光变为椭圆偏振光，偏振随光入射和出射入射平面的角度而变化。通过旋转相机前面的偏振镜，可以看到这种偏振的变化。



图 11：从左到右，依次是从平行偏振到正交偏振，偏振角的变化突出了坡度的变化，照明角度没有变化

图 11 显示了在一个略微弯曲的裸金属板零件上，观察到的光的几种不同偏振状态。左起第一张图：可以看到整个零件的光照水平几乎没有变化；第二张图：将相机上看到的偏振改变约 45° ，图像从顶部到底部都

发生变化，但从顶部到中间的变化不大；第三张图：进一步改变在相机中看到的偏振，显示出中间部分有一个非常明显的斜坡；第四张图：将零件反转，图像中的明暗也跟着反转，因为坡度是反向的。在这些图像中，除了相机看到的偏振变化外，没有其他变化。

总结

偏振为机器视觉照明系统提供了额外的、有时甚至是独特的能力。与任何照明一样，偏振并不能解决所有问题，但是对于多次反射、镜面反射、薄涂层或厚度变化、应变效应或是很难察觉细微坡度变化等应用，偏振可以说是机器视觉照明工具箱中的一件利器。