

技术报告

我眼虽小，明察秋毫

适合工业应用的偏振相机

从玻璃内部的机械应力测试，到碳纤维材料的生产缺陷检测，再到反光表面的质量检测，偏振光成像在工业图像处理领域开辟了全新的应用前景。德国弗劳恩霍夫集成电路研究所（Fraunhofer IIS）在偏振成像领域积累了多年的专业技术知识，是当之无愧的业界翘楚，而堡盟集团也凭借其出色的 CX 系列偏振相机在该领域独领风骚。

在晴朗的日子里，水面反射的太阳光往往强烈刺眼，让人不敢直视。但神奇的是，如果戴上偏光太阳镜，反光就会立马消失，你还可以往水深处看去。这就是为什么摄像师喜欢在镜头前加装偏振滤光片的原因，这样可以滤掉水面、玻璃和金属等表面的反光，得到高对比度的图像。偏振成像不仅在日常生活中广泛使用，在工业领域也有巨大的应用潜力。然而，直到最近几年，这种技术才开始用于工业领域，因为在这之前，还没有任何相机使用偏振成像技术，也没有任何关于如何使用偏振成像的专业技术知识。去年，索尼开发了一款直接集成偏振滤光片的图像传感器——Sony IMX250MZR，从此偏振相机便迎来了重要的转折点，堡盟 CX 系列偏振相机应运而生。同时，相关的专业技术知识也在不断进步，比如位于德国埃朗根（Erlangen）的弗劳恩霍夫集成电路研究所在过去 20 多年间一直在研究新的成像方法，并且已经帮助很多公司开展了偏振成像试点项目。去年，堡盟开始与该研究所开展技术交流，共同探索偏振成像技术。

通过单幅图像确定 AOP、DOLP 和 ADOLP

带 GigE 和 USB 3.0 接口的堡盟 CX 系列偏振相机利用光的偏振特性。相机采用 500 万像素的

Sony IMX250MZR 全局快门传感器，该传感器附带一个偏振层，层内每四个相邻像素集成四个不同的偏振滤光片，每个滤光片只允许特定方向（0°、90°、45° 或 135°）的光波透过。堡盟 GAPI 软件开发包采用稳定可靠的分析算法，通过原始的图像数据便可自动计算出偏振光的偏

图 1: 500 万像素的 Sony IMX250MZR 全局快门传感器附带一个偏振层，层内集成了四种偏振滤光片，其偏振方向分别为 0°、45°、90° 和 135°，以 2×2 方式排列，覆盖整个像素阵列。

图 1:

振角 (AOP)、线性偏振度 (DOLP) 或二者的组合 (ADOLP)。这样，一台相机和一幅图像便足矣，无需采用复杂的带多种滤光片的测试系统或者多相机系统，从而显著简化设备并降低系统成本，实现简单方便、经济高效的在线检测解决方案：用户可以灵活地决定在后续的图像分析中需要用到哪些信息。

见所不能见

偏振相机可以检测到肉眼看不见的物理特征，然后对其进行分析。例如，如果金属表面上有一块油渍，肉眼几乎看不见，但是通过偏振相机，油渍就可以显现成一块浅色区域。借助偏振图像处理技术，此类隐蔽特征便无处遁形。此外，偏振光成像在其他工业领域也开辟了一系列全新的应用天地，帮助优化制造过程、降低废品率以及提高产品质量。例如，偏振光成像在玻璃行业就拥有巨大的应用潜力。如果玻璃受到机械应力，那么在搅拌、加热或切割过程中就很容易破裂。这种不可见的应力在玻璃冷却过程中就已经形成，尤其是在将玻璃镶入一个热膨胀系数与之不同的框架内时，应力就会更大。例如，在生产用于医疗或化工行业的玻璃窗时，应力检测至关重要，因为这些行业

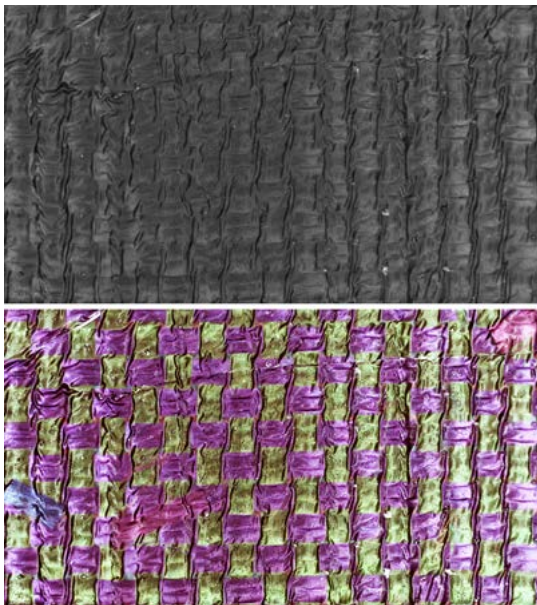


图 4:

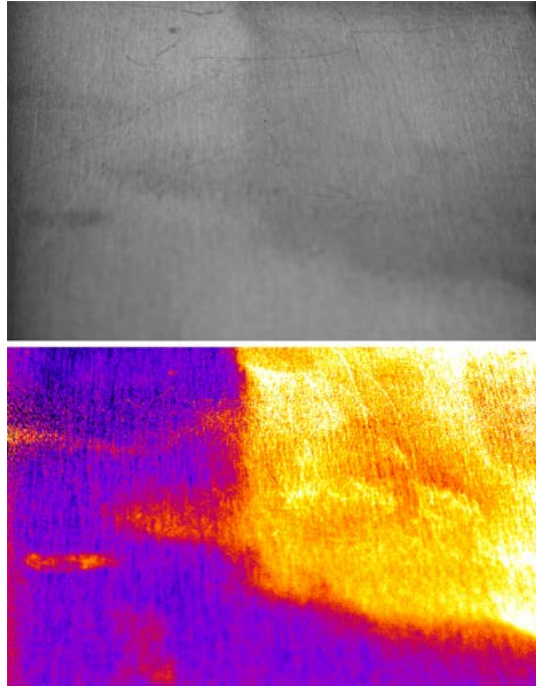


图 2:

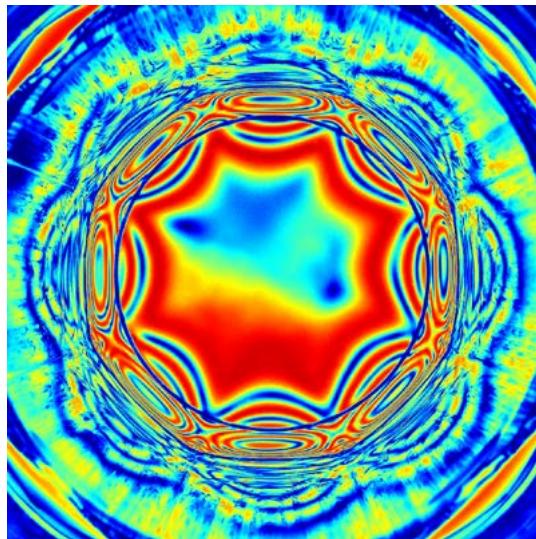


图 3:

对安全性要求极高。过去，在测量玻璃内的残余应力时，通常要在玻璃的正面和背面频繁使用交叉的偏振滤光片。如果白光穿过玻璃，会出现各种彩色结构图像，因为光被偏振的程度取决于玻璃内的机械应力，这种现象被称为“应力双折射效应”。不过，这种测量方法必须依次采集多张图像，所以不适合在线检测。而如果使用偏振相机，只需一幅图像便能提供可靠检测玻璃内部是否存在应力所需要的全部信

图 2: 金属板上的油渍 (上图: 灰度图像 S0) 肉眼几乎看不见，但偏振相机可以让这类材料特征无处遁形 (下图: DOLP 线性偏振度)，因此可用于后续的图像分析。

图 3: 利用偏振相机，只需拍摄一幅图像 (以测得的光延迟作为相位延迟) 即可检测出玻璃内的残余应力。

图 4: 借助偏振成像技术，可轻松检测碳纤维增强塑料 (上图: 灰度图像 S0) 中纤维层的位置及形变 (下图: HSV 假彩色合成偏振图像)。



图 5:

图 5: 在箔材等反光表面的质量检测方面，偏振相机同样技压群雄，能够有效消除反射光的影响。



图 6:

响。例如，这样可以在不让图像整体变暗的前提下更可靠地检测到刮痕或读码。

图 6: 堡盟 CX 系列偏振相机适用于玻璃生产和碳纤维材料制造过程中的质量检测以及反射材料的表面检测。

并非无所不能

过去几年间，弗劳恩霍夫集成电路研究所在偏振成像领域可谓风生水起。“很多用户都带着各自的问题找到我们，希望我们的技术能够帮助他们解决。但我们的技术是有局限性的。”Schöberl 博士说道。例如，黑色染色玻璃或者夹层玻璃就不适合。“我们仔细研究了每个案例，只要我们认为有成功的可能，我们就会在样品上测试。”因此，尽管偏振相机成像是质量保证的重要技术手段，它并不能解决所有问题。这就是为什么一个综合全面的解决方案对于所有参与者而言都至关重要的原因所在。

更多信息，请访问：

www.baumer.com/cameras

息。工业相机在该领域还有另一项优势：正如弗劳恩霍夫集成电路研究所成像解决方案和系统业务领域的负责人 Schöberl 博士所言，“在高温多尘的玻璃加工车间，测量系统必须可靠运行，不容有失。”坚固的堡盟 CX 系列偏振相机在这方面具有决定性的优势。偏振光成像在汽车和飞机制造业用碳纤维增强塑料 (CFRP) 质量检测领域也占有一席之地。在人眼看来，碳纤维材料呈深灰色，但偏振相机能够看到反射光的偏振角会随着纤维方向的变化而发生改变。在通过计算得到的图像中，纤维方向用不同颜色进行标记。这样，那些肉眼无法看到但对于材料稳定性有决定性影响的纤维层缺陷，就能够可靠地检测出来。CX 系列偏振相机在出厂前即完成了偏振校准角度分辨率达 1° ，即便纤维方向有细微的偏差，也逃不过 CX 的“火眼金睛”。除此之外，在检测金属或箔材等反光或光亮表面时，偏振相机同样技压群雄。选择合适的偏振方向可有效缓减反射光的影



作者
Torsten Wehner
视觉技术中心
产品经理