

LCD/OLED缺陷自动光学检测系统

如何使用影像亮度色度计进行 FPD 自动光学检测

在产线上及产线的最终检测中，主要有三种方法可对高速生产过程中的平板显示屏（FPD）进行光学检测：

- 1) 人工检测 – 轻松处理比较复杂的测试要求。但与电子测试方法相比，它相对缓慢，变化较大
- 2) 基于机器视觉的检测 – 非常快捷，测试简单。但很多测试不能反映出人的视觉体验
- 3) 基于影像亮度色度计的检测 – 在速度上介于上述两种方法之间。能够像人那样进行“目测”，而且具有高度的可靠性和可重复性

使用影像亮度色度计系统和相关分析软件，可以评估 FPD 的亮度、色彩均匀度和对比度，并识别 FPD 上的缺陷，这种用途已经被广为接受。影像亮度色度计和机器视觉之间的基本差别在于：影像亮度色度计可以精确地匹配人类视觉感知，包括对光线和色彩均匀度（以及不均匀性）的感知。

在本文中，我们将描述如何在全自动测试系统中使用影像亮度色度计，在高速度、大批量的生产环境中识别和量化缺陷。本文内容涵盖测试设置，以及可以执行的测试范围 – 从简单的点缺陷检测到复杂的 Mura检测和评估。

测量挑战

影像亮度色度计系统是基于 CCD 的影像系统，经过校准之后，它对光线、亮度和色彩的反应与 CIE 模型定义的标准人工观察者相同。可精确地同时测量亮度、色彩及其空间关系。测试时，系统会生成数据，并可随时使用这些数据来确定显示屏均匀性和对比度性能。此外，还可对均匀度差异进行分析，以识别和定位潜在的显示屏缺陷。显示屏测量和分析面临的三大重要挑战是：

- (1) 识别与人类视觉感知具有高度关联性的缺陷
- (2) 量化缺陷的严重程度
- (3) 快速执行高重复度的分析

缺陷的分析和量化可以作为依据，帮助我们确定导致缺陷的显示屏组件，以及接下来采取的行动 – 例如废弃显示屏或返回进行修理 – 从而提高质量测试的效率，还可以降低成本。与人工视觉检测相比，使用影像亮度色度计的测试更加快捷和灵活，重复度更高，另外它在匹配人类视觉感知方面的精确度高于机器视觉。影像亮度色度计可以精确地捕获 FPD 上的光线和色彩变化的空间关系，这一优点使得这种测试方法非常适用于评估视觉性能。

测量组件和测试

通过指定适当的自动测试序列，影像亮度色度计可用于获取广泛、精确的高分辨率数据，以描述特定显示屏的性能。对于典型测试序列，此类测量数据通常可在几秒钟至一分钟之内获取，具体时间取决于显示屏技术和分辨率。使用新的 Mura 缺陷分析技术，这些影像可用于确定与物理原因直接相关的各种缺陷之间的细微差异。

要使用影像亮度色度计进行显示屏的自动测量和分析，需要使用组合测量控制和分析软件。我们针对此应用开发的系统整体结构如图 1 所示。该系统的主要组件包括：(1) 科研级影像亮度色度计系统；(2) 基于 PC 的测量控制软件，它不仅控制影像亮度色度计，还控制测试设备上的测试影像显示；以及 (3) 一套能够运行各种测试的影响分析函数。因此，该系统可针对各种显示屏缺陷（例如点缺陷、线缺陷和 Mura）提供量化自动检测。



图 1. FPD AOI 测试设置，影像亮度色度计处在自动软件控制下。

显示屏缺陷检测应用

显示屏缺陷分为很多类型，例如像素缺陷和行缺陷、屏幕制造的物理疵点（例如脱层）、屏幕损坏（例如划痕）、影像均匀度的疵点（例如 Mura）。利用对视觉感知的最新研究，我们可以根据人工观察者发现这些缺陷的明显程度（或者是否明显），通过数字方式对这些缺陷进行分类。这个分析过程速度很快，而且重复度很高。它适用于多种显示屏技术，包括液晶、等离子、OLED 和投影显示屏。

在本文中，我们通过分析多个显示屏，演示这些缺陷检测和分类方法。图 2 显示了存在行缺陷的显示屏的光学测量，分析软件在显示屏影像上识别和指示这个缺陷，如图 3 所示。行缺陷是一种比较容易确定根源的缺陷；其起因是液晶屏故障。



图 2. 存在可视行缺陷的显示屏屏幕的光学测量。 图 3. 行缺陷是由影像亮度色度计 AOI 软件识别的；屏幕上为用户指明了缺陷位置。

图 4 显示了存在点缺陷的显示屏的光学测量；分析软件在显示屏影像上识别和指示这个缺陷，如图 5 所示。如果分析确定该故障的起因是液晶屏像素停滞，则可将点缺陷归类为像素故障。但是，从单个角度直视并不能区分死像素与显示屏玻璃背面微粒之间的差异。在此情况下，需要进行第二道检验以识别故障原因。



图 4.存在点缺陷的显示屏的光学测量 – 您能看到吗？

图 5.点缺陷是由影像亮度色度计 AOI 软件识别的，并在显示屏屏幕上标记，我们放大了该点，让它更容易看到。

Mura的检测和分类可能比较复杂。Mura通常是亮度和色彩的不均匀性，覆盖较大的不规则区域。如果发现亮度和色彩对比度超过了可感知的，则表示检测出Mura。但是，由于人工感知这些对比度取决于多个因素，包括视距、空间频率和方向，因此我们无法通过查看对比度的阈值简单绝对值，来识别相关Mura。

在对显示屏缺陷的人类视觉感知建模方面，我们最近取得了进展，这使我们能够从“最小可觉差”(JND)的角度来量化Mura。基于人工观察员的采样，我们定义了JND标度，如果JND差异为1，则从统计上无法察觉；在绝对标度上，JND为0，表示没有可视的空间对比度，JND绝对值为1，表示第一个可察觉空间对比度 - 这样就能针对各种显示屏技术对显示缺陷进行分级。因此，我们可以处理亮度和色彩的空间分配的影像亮度色度计测量，以创建影像的JND映射，其中Mura缺陷在与人类视觉感知直接关联的前提下进行了分级。

图6显示了存在Mura缺陷的显示屏，经过分析后，我们在显示屏影像上识别了该缺陷，如图7所示。

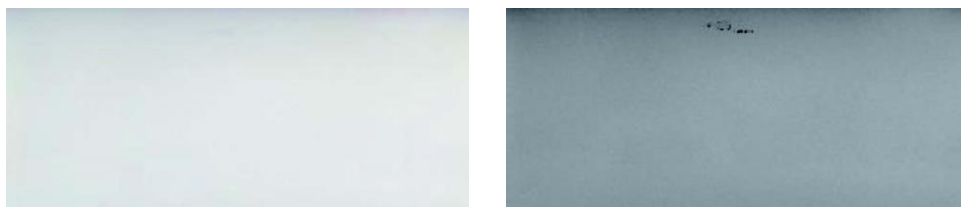


图6.对存在Mura缺陷的显示屏进行影像亮度色度计测量，您能够找到这个缺陷吗？

图7.该Mura缺陷是由影像亮度色度计AOI软件在显示屏上识别的。它的范围与JND值一同显示。

图8和图9显示了识别Mura的步骤。作为中间步骤，它会生成一个差异影像，显示相对于参考影像的亮度偏差。然后计算显示屏的JND映射。请注意，图7所示的Mura测试有意忽略了JND影像中的明显边缘效应。这些效应可以简单地单独识别和分类。

识别Mura缺陷并不是基于各区域之间的对比度计算的简单数学计算。首先，Mura区域的大小和形状各不相同。其次，人工感知Mura的能力受到其他一些因素的制约 - 视频、空间频率和色彩。

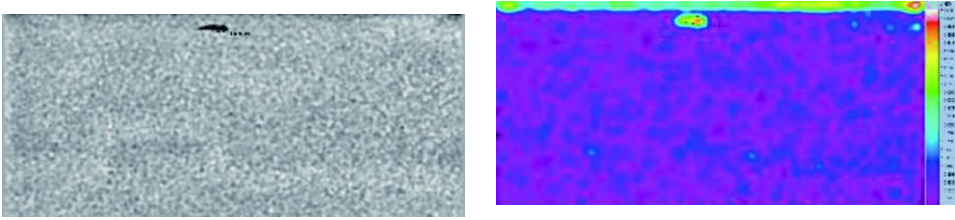


图 8.差异图片显示了相对于计算参考影像的偏离。Mura的位置突出显示。

图 9.显示了显示屏 JND 映射的“伪彩色图像”。显示屏边缘的漏光和明显 Mura缺陷标识为较大的 JND 值。

基于影像亮度色度计的 AOI 测试系统可以快速可靠地识别和量化显示屏缺陷。为确定或分类缺陷根源，从而确定显示屏的状态，有时需要人工检测。很多情况下，例如图 3 所示的行缺陷，识别的缺陷及其起因之间存在一对一关系。在这些情况下，我们可以即时对缺陷进行分类，而且无需人工检测。而在其他一些情况下，例如某些 Mura 缺陷，缺陷可能有多种原因，因此我们需要更多信息帮助进行分类。执行这种分类的一种高效方法是让人工操作员确定哪种原因是正确的。当需要人工分类时，为了提高效率，TrueTest 会向操作员指示需要进一步检验的缺陷的位置和详细信息。可以在人工判断基础上进行加速，例如专门针对需要分类的缺陷，以及提供适当的细节。

对于图 4 和图 5 中所示的点缺陷，操作员可以知道暗点的准确位置和相关信息，从而快速确定该缺陷是死像素，还是显示屏玻璃背面的微粒。

总结

本文档所述的影像亮度色度计 AOI 测试方法可以应用于多种显示屏技术，FPD(液晶、等离子、OLED)和投影显示屏均可使用。这些方法提供与人工视觉感知相关的快速可重复测量，能够通过数字方式标识缺陷特征，因而不仅可以识别显示屏缺陷，还能够按原因对缺陷进行分类。这使我们能够在制造应用中对显示屏进行一致测量，并根据用户定义的标准，自动确定显示屏是否通过测试。更加重要的是，它还可以自动确定修补措施（例如返工或废弃）。