

降低误报率—烟雾报警器 如何通过汉堡包烟雾干扰 报警测试

Christoph Kämmerer, 现场应用工程师

现代烟雾报警器—改进检测性能并提高安全性

如今的楼宇建筑配备了许多不同的传感器，让日常生活更加便捷，同时提供安全保护。除了环境传感器和智能家居应用（例如电力和供暖调节）之外，与安全相关的传感器还承担着重要的安全保护作用。其中包括烟雾报警器。烟雾报警器不可或缺，且法律规定必须配备，但市面上的许多烟雾报警器并不适合在厨房或浴室使用，因为烹饪烟汽或其他蒸汽会增加其误报风险。我们不能低估误报，他们会诱使用户关闭烟雾报警器，并且因为不必要的消防部署而产生高成本。

但是，浴室和厨房缺少烟雾报警器却是一个严重问题，因为这会增加火灾风险，尤其是厨房。现代公寓中的厨房通常与起居室融为一体，因此面临更大的风险。现代建筑采用大量合成建筑材料，一旦起火会迅速蔓延，所以为了准确实施防火检测，必须精准部署烟雾报警器网络。

全球许多标准都要求通过新测试检测不同类型的烟雾，以满足这些新要求。不同地区的标准略有不同：欧洲采用EN标准，北美采用UL标准，国际则采用ISO标准。在2021年6月发布的最新版本（UL 268：第7版和UL 217：第8版）中，UL新增一项测试，即汉堡包烟雾干扰报警测试。在该测试中，必须能够区分汉堡包肉饼产生的烟雾浓度和易燃聚氨酯产生的烟雾浓度。这项测试有助于降低厨房的误报率。本文将介绍这项测试，并讨论如何进行新检测器设计以通过这项新测试。

聚焦UL的汉堡包烟雾干扰报警测试

这种汉堡包烟雾干扰测试旨在复制真正的烹饪烟雾。汉堡包烟雾干扰报警测试的概念很简单，但即使是现代烟雾报警器也面临着一个挑战：汉堡肉饼需要煎烤一定的时间。在这个过程中，会检查确认烟雾报警器是否由上升的烟雾（在一定的时限内开始上升）触发。这也是一项标准化测试，所以可以在完全相同的条件下对所有烟雾报警器进行测试。以减光率测量值为参考基准。在这项测试中，会在距离大约2米的地方放置一个光源，其光束直径在10到15厘米之间。使用波长为589 nm的蒸汽

灯作为光源。蒸汽灯和检测器之间的烟雾会遮蔽光线。图1显示参考测量设置的原理和示意图。

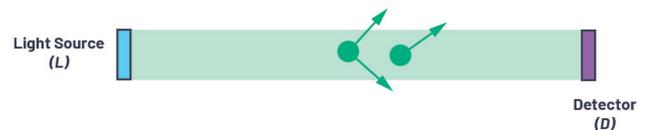


图1. 基于UL标准的参考系统原理图。

将光束受烟雾遮蔽的程度与无烟环境中的参考信号进行比较。可以根据减光率，得出烟雾密度和烟雾浓度。对于同样的粒子，减光率越高，浓度越高。当然，减光率不仅随浓度变化，也随粒子类型变化。根据散射截面，不同的粒子类型存在明显差异。

减光时间也与报警触发密切相关。因此，根据该标准，在参考系统中达到一定的时限，或者达到遮蔽限制后将触发报警。因此，汉堡包干扰报警测试规定，煎烤汉堡肉饼期间，在减光率达到大于1.5%/ft之前，不得发出警报。

在测试的第二阶段，会点燃聚氨酯，用于模拟扶手椅之类的真实物体。烟雾报警器必须区分两者之间的差异，在减光率达到5%/ft时触发报警。

由于真正的火灾烟雾和烹饪烟雾很难区分，因此这项测试非常具有挑战性。然而，这项测试只是UL 217和UL 268中定义的众多测试之一。还必须使用多个完全相同的烟雾报警器来通过此项测试，以排除随机结果，确保检测器具备广泛的高质量密度。

烟雾报警器如何通过这项测试

大多数现代烟雾报警器都采用光电工作原理。在汉堡包烟雾干扰测试中，光束发射之后会被粒子反射。散射情况取决于粒子类型、粒子浓度和散射角度。烟雾报警器根据散射信号决定是否触发报警器。

为了通过汉堡包烟雾干扰报警测试，检测器必须具备较高的信噪比，以区分汉堡烟雾和其他类型的烟雾。

ADI公司的ADPD188BI集成光学传感器模块，有助于烟雾报警器制造商的产品通过这项严苛测试。图2显示ADPD188BI的工作原理。

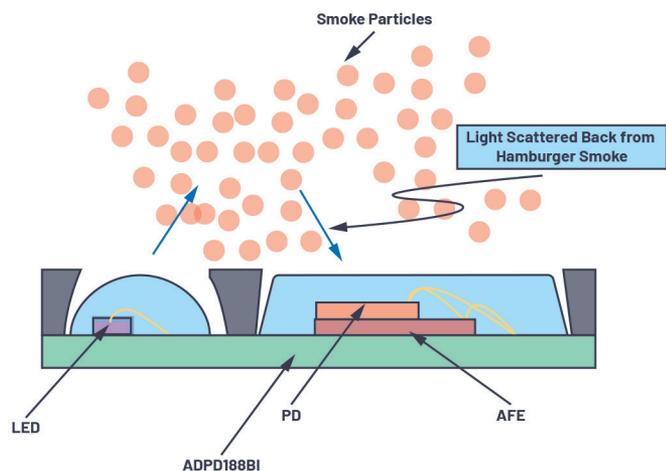


图2. ADPD188BI的工作原理。

这种新型烟雾检测集成模块壳体中包含两个发射器LED—蓝色LED波长470 nm，红外LED波长850 nm，两个发射器都位于左侧的腔室内。壳体右侧是一个光电二极管和模拟前端。LED发射光束，烟雾粒子将光束反射回光电二极管。此外还集成了LED驱动器，由内部时隙切换。通过这些时隙，用户能够调节整个前端的时序，而不必不断地重写寄存器。

模拟前端包含一个电流-电压转换器和一个环境光模拟滤波器。后者由检测恒定环境光的带通滤波器和检测可变环境光（例如荧光灯发出的光线）的积分器组成。之后，集成的模数转换器将电压转换为数字信号。

ADPD188BI烟雾传感器模块具备高集成密度，具有多项优势。由于只需要少量外部组件，所以整个系统更容易校准。通过双色光波长检测，不仅支持单独测量单个波长，还支持分析比率构成，从而进一步降低了误报率。此外，此模块比传统检测器体积小，功耗低。红外LED的工作功耗为~5 μW/Hz。将LED和光电二极管完全集成到模拟前端，烟雾报警器制造商就可以提供整体模块解决方案。

ADPD188BI模块的高度集成关系到汉堡包烟雾干扰测试的“成与败”。在固定电流下，不同LED的发光强度通常有很大的差异，因此过去都是由烟雾报警器制造商执行烟雾报警器校准。校准LED发光强度与电流之间的斜率和偏移，可以确保所有LED保持具有相同的性能表现。因为LED和整个信号路径都集成到ADPD188BI中，所以ADI公司会预先校准传感器模块，这样就可以减少器件之间的差异。由于烟雾报警器制造商可以采用预先校准的模块，因此简化了系统设计。

ADI公司使用的校准方法是直接校准LED的斜率和偏移。所以，将ADPD188BI放置在反射器下方，然后由集成的光电二极管测量反射光。可以针对每个ADPD188BI分别确定斜率和偏移量，校准系数则存储在芯片的非易失性存储器（即eFUSE寄存器）中。通过读取这些系数，可以尽可能地减小芯片之间的差异。这意味着可以在算法中更精确地设置报警阈值，从而降低误报率，最终通过UL测试。

图3显示ADPD188BI在标准化UL测试环境中的测试结果——一次为汉堡烟雾（左），一次为易燃聚氨酯烟雾（右）。

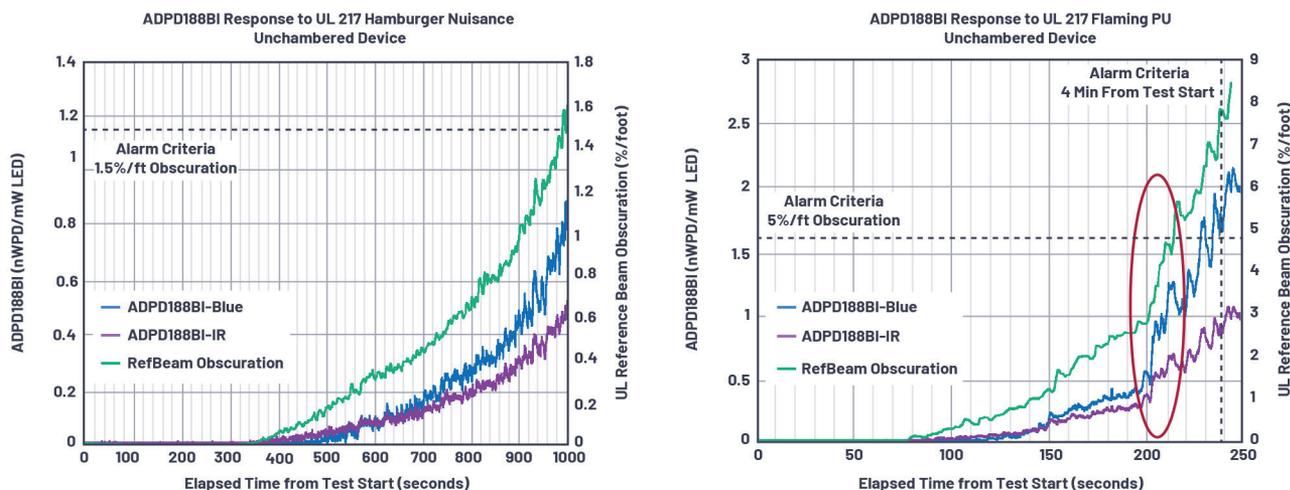


图3. ADPD188BI UL测试结果：在无烟室中进行汉堡烟雾和易燃聚氨酯烟雾检测。

图中显示在两种情况下随时间（X轴）变化的测试结果，左侧Y轴表示ADPD188BI信号。以功率传输比表示，其描述LED的工作功率与光电二极管的接收功率之间的关系。功率传输比公式如下：

$$PTR = \frac{P_{PDSmoke}}{P_{LED}}$$

此参数允许不同的模块相互比较。而右侧的Y轴表示减光率（单位：%/ft）。绿色曲线为UL参考光束，蓝色和紫色曲线分别为ADPD188BI发出的蓝光和红外信号。

如图3所示，ADPD188BI发出的两种信号曲线在两种场景下有很大区别，说明该传感器能够清楚区分这两种类型的烟雾。其中一个不同之处是信号随时间的变化，可以看出，聚氨酯在220秒后达到报警阈值，时间长度是汉堡烟雾达到报警阈值的1/4（超过1000秒后）。聚氨酯燃烧4分钟后，可检测到临界水平。

如图所示，利用传感器的高信噪比还可清楚区分和记录粒子浓度的变化，例如，在易燃聚氨酯测试中，斜率突然增加。如图3中的红色标记。

此外，ADPD188BI测量两种波长，两者的比率是另一个参数量，可用于校准检测汉堡烟雾使用的可靠算法，从而判断是否通过了汉堡包烟雾测试。

结论

为什么说新型集成光学烟雾检测模块是一个重要转折点

新推出的汉堡包烟雾干扰测试很难通过，因为煎烤汉堡肉饼时产生的烟雾颗粒与正常的烟雾颗粒差别不大。所以，烟雾传感器需要具备高信噪比，以区分汉堡肉饼产生的烟雾和其他类型的烟雾。在这个过程中，传感器之间的低差异具有决定性的作用。只有可靠地完成测量并通过测试，才能减少最终应用中的烟雾传感器误报。ADI公司的新型集成光学烟雾检测模块ADPD188BI是一款高度灵敏的集成传感器模块，不仅具备高信噪比，支持双色检测，还能充分减少器件之间的差异，从而简化了设计和算法开发。

作者简介

自2015年2月至今，Christoph Kämmerer一直在德国ADI公司任职。他于2014年毕业于埃尔朗根-纽伦堡大学，获得物理学硕士学位。然后在利默里克市ADI公司担任工艺开发实习生。2016年12月培训生项目结束后，Christoph正式成为ADI公司的现场应用工程师，专门针对新兴应用领域。联系方式：christoph.kaemmerer@analog.com。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

