

利用ADPD188BI光学烟雾和气雾剂检测模块进行烟雾测试

作者: Dan Weinberg和Kevin Buckley

简介

烟雾探测器传统上是采用电离报警器构建。然而，现在开始向光电烟雾报警器发展。相比光电烟雾报警器，电离报警器能够更快速地检测到快速燃烧的火灾，通常要快30秒到90秒。检测速度之所以存在这种差异，是因为烟雾扩散到烟雾腔中会有一个时间延迟。但是，光电烟雾报警器对阴燃火灾的响应速度要快得多，通常快10分钟到50分钟。光电烟雾报警器也不易发生滋扰报警，例如烧焦吐司或淋浴蒸汽等并不会引发报警。美国保险商实验室 (UL) 将于2020年发布新版UL-217和UL-268标准，北美的所有烟雾报警器都必须符合这些标准。商业和住宅烟雾探测器正在重新设计，以满足这些新标准。

光电烟雾报警器使用多个波长的光源，因而可以区分微粒大小。借助多个波长，烟雾报警器得以区分不同类型的烟雾和常见的干扰源，从而提高烟雾报警器排除干扰源和避免误报的能力。

ADPD188BI是一种采用光学双波长技术的完备的光电式烟雾检测系统。该模块集成高效率的光电式测量前端、蓝光和红外 (IR) 发光二极管 (LEDs) 以及光电二极管 (PD)。这些器件采用定制化封装，来防止光线未通过烟雾检测室而从LED直接射入光电二极管。

本应用笔记描述了按照烟雾探测器UL认证所要求的全部UL-217 和 UL-268 测试以及 EN-54 炫目测试的说明，对 ADPD188BI进行的测试。

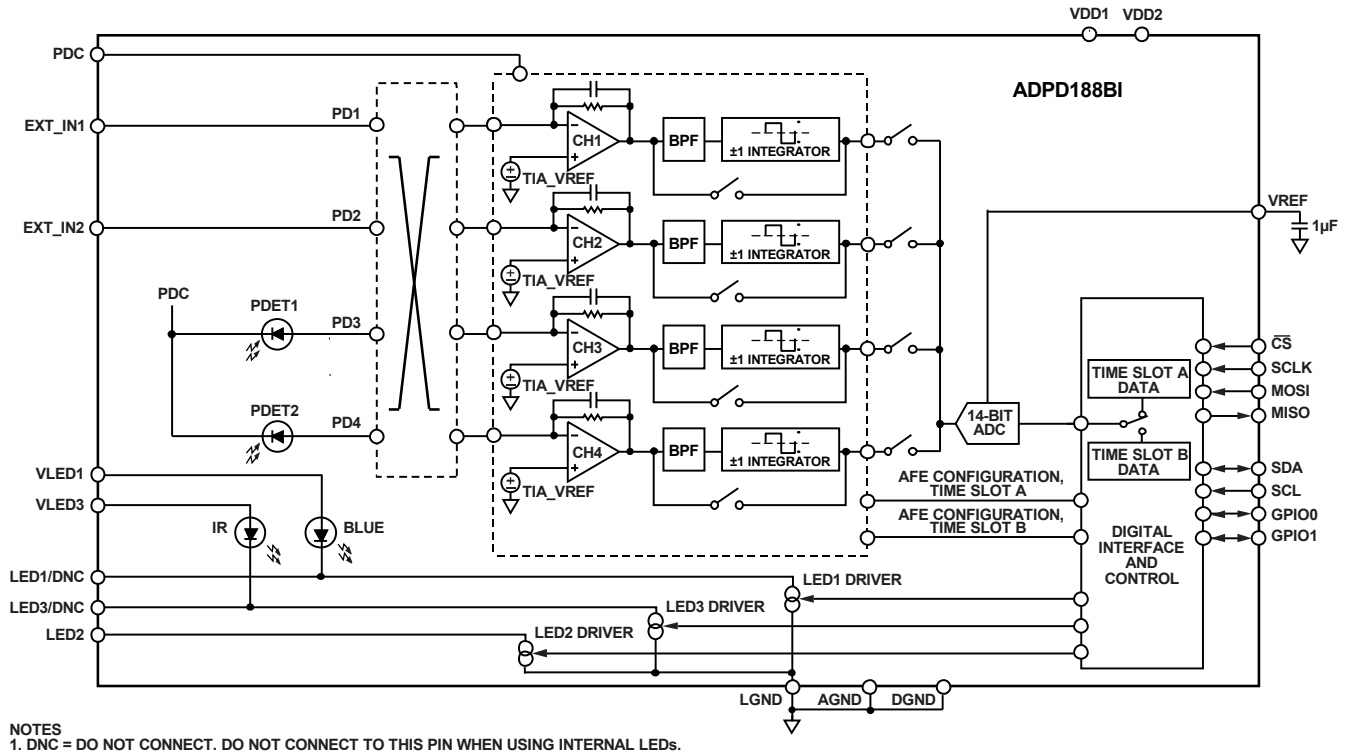


图1. ADPD188BI框图

目录

简介.....	1	结果展示	4
修订历史.....	2	测试结果	4
UL测试	3	欧洲标准的炫目测试 (EN14604).....	6
硬件.....	3	结论	7
已执行的UL测试	3		

修订历史

2018年8月—修订版0：初始版

UL测试

根据UL-217第8版烟雾探测器规范中列出的全套烟雾测试，对ADPD188BI进行评估。任何在北美销售的烟雾探测器都必须通过这些测试才能获得UL认证。通过表征系统对这些烟雾源的响应，这些测试向烟雾探测器制造商显示采用ADPD188BI的最终烟雾探测器设计的预期性能，并为分类和阈值设置算法提供指导。

硬件

用于UL测试的测试硬件为EVAL-ADPD188BI-SK评估板，通过EVAL-ADPUCZ微控制器板控制。图2为EVAL-ADPD188BI-SK电路的原理示意图，图3为该板的照片。

本文档提供的烟雾响应数据是利用评估板收集的，没有任何外壳或烟雾腔，以便最好地体现传感器的性能。

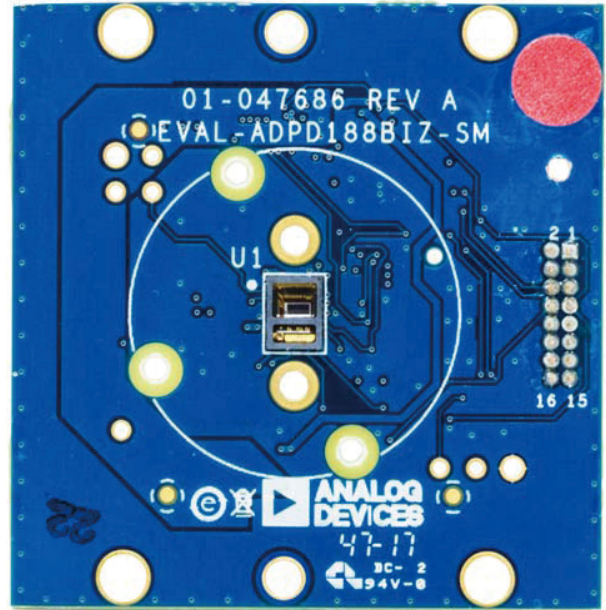


图3. EVAL-ADPD188BI-SK评估板

17041-003

已执行的UL测试

ADPD188BI光学模块进行了表1中所示的测试。

表1. 对ADPD188BI执行的UL测试

测试	标准	章节
纸火	UL217	第51.2节
木火	UL217	第51.3节
燃烧的聚氨酯泡沫	UL217	第51.4节
阴燃烟雾	UL217	第52节
阴燃聚氨酯泡沫	UL217	第53节
烹饪干扰烟雾	UL217	第54节
灰尘	UL217	第68节
炫目	EN14604 (欧洲标准)	第5.6条

所有测试均在美国伊利诺伊州迪尔菲尔德的保险商实验室进行。测试的操作和参考数据的收集均由UL人员完成。所有ADPD188BI硬件和软件均由ADI公司人员维护和操作。

在UL试验室内，每个烟雾报警器位置处的烟雾遮蔽水平由安装在烟雾探测器测试位置附近的光电管光束组件监测，该组件与烟雾源相距预定距离（根据所进行的UL测试确定）。UL参考光束测量烟雾遮蔽水平与时间的关系，用每英尺遮蔽百分比表示。收集光束数据并加上时间标记，以与ADPD188BI传感器数据相关联。

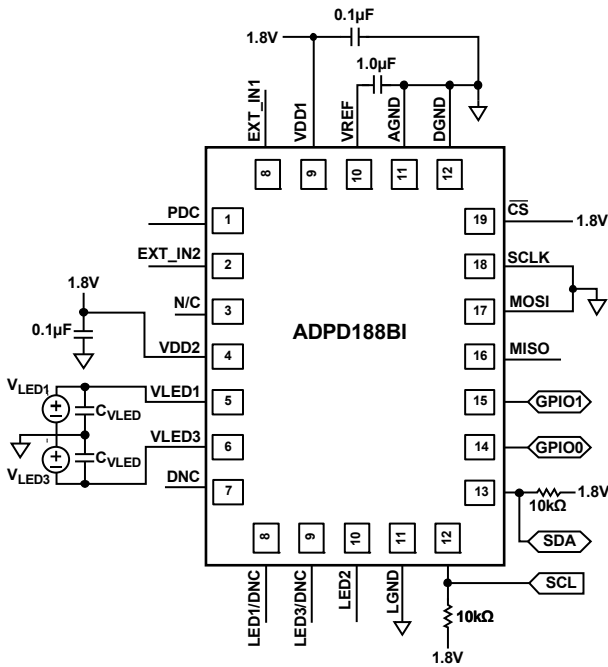


图2. EVAL-ADPD188BI-SK原理示意图

17041-002

结果展示

ADPD188BI蓝光和红外通道的烟雾响应用功率传输比 (PTR) 表示，单位为nW/mW，即返回到光电二极管的光功率 (nW) 除以LED发射的光功率 (mW)。以这种方式表示烟雾响应可以为不同光学系统和系统内的不同设置提供一个独立于模拟前端 (AFE) 配置的通用计量单位。它还支持对不同类型的烟雾进行有意义的比较。

从PTR到系统预期的实际代码数的转换是特定AFE设置 (包括增益、脉冲数和LED电流) 的函数。ADPD188BI AFE为系统设计人员提供了极大的灵活性，可以调整这些设置以权衡关键系统参数，例如平均功耗、环境光抑制和信噪比 (SNR)。对于任何给定设置，可以计算出系统对每类烟雾的预期输出。

测试结果

针对不同类型的烟雾，每个UL测试都有限值，达到该限值时必须触发警报。有些测试 (例如阴燃聚氨酯测试) 要求将警报设置在一定遮蔽水平之前，有些测试 (例如燃烧木材测试) 要求警报发生在点火后的某一时间限值之前。这些限值如表2所示。

表2. 火灾情况和要求

火灾情况	报警时间要求	报警遮蔽要求
木火	进入测试配置后 小于4分钟	不适用
纸火	进入测试配置后 小于4分钟	不适用
聚氨酯火	进入测试配置后 小于4分钟	每英尺5%之前
阴燃聚氨酯	不适用	每英尺5%之前
阴燃木头	不适用	每英尺5%之前
汉堡包干扰测试	不适用	非在每英尺1.5%之前

收集每个测试的数据，并将参考光束响应与ADPD188BI的蓝光和红外响应时间对准来生成曲线。在所有测试中，ADPD188BI响应与参考数据符合得很好，证明该传感器能够检测UL217全套测试中的所有烟雾。

图4显示了燃烧聚氨酯测试的例子。在此例中，白色曲线是参考光束的响应，用右侧y轴上每英尺的遮蔽百分比表示。蓝色曲线是对蓝光LED的响应。红色曲线是对红外LED的响应。蓝光和红外响应均表示为左侧y轴上的PTR，单位为nW/mW。参考光束响应显示了遮蔽水平如何随时间变化。

蓝光和红外响应显示了不同类型烟雾在不同遮蔽水平下的功率传输比率，让用户可以根据所检测的烟雾类型确定所必须的LED功率水平设置，以在特定阈值水平触发警报。

燃烧聚氨酯测试的UL规范要求必须在每英尺5%遮蔽且进入测试配置小于4分钟触发警报。图4所示的结果表明，参考光束在4分钟标记之前达到每英尺5%的遮蔽阈值。当为ADPD188BI的设置报警阈值时，必须选择在在每英尺5%遮蔽之前。根据图4所示的数据，蓝光的报警阈值可以设置为大约2 nW/mW，红外设置为大约0.8 nW/mW。最终应用中必须酌情给这些阈值水平添加一定的裕量以适合烟雾检测算法。

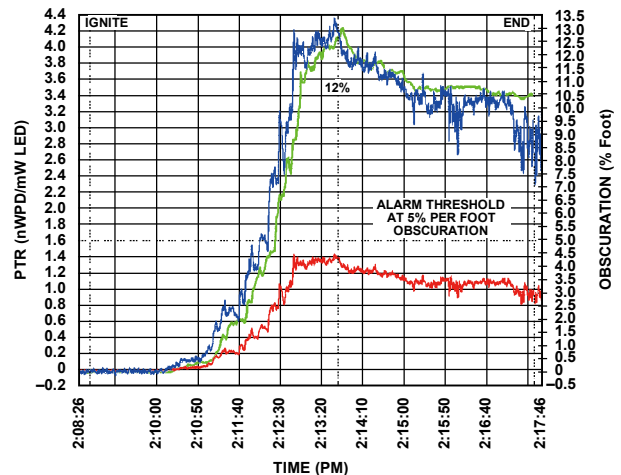


图4. 燃烧聚氨酯测试的响应曲线

解释测试结果

图5和图6显示了在额定遮蔽和/或时间阈值下UL217烟雾测试的蓝光和红外响应 (见表2)。在图5和图6中，每个柱条的未填充部分代表测量水平。在柱条的填充部分中，减小阈值以提供额外的20%检测误差裕量。对于汉堡包干扰测试，柱条的填充部分显示阈值增加，以提供额外的20%不检测误差裕量。

图7显示了各种烟雾测试的蓝光响应与红外响应的比率。随着微粒尺寸变小 (在约1 μ m以下)，蓝光/红外比率增大。检测算法可以使用该比率以及绝对功率水平和时间响应，以更好地区分烟雾和干扰源。

图 5 和图 6 中的数据表明，有效的烟雾报警器阈值必须根据 PTR 最低的燃烧聚氨酯测试的灵敏度来设置，因而是所有测试过的烟雾源中响应最小的。汉堡包干扰测试定义了防止误报的灵敏度下限阈值。相对于燃烧聚氨酯，每种其他类型的烟雾都有高得多的响应。如果适当设置阈值以在聚氨酯燃烧时报警，则对于 UL217 标准中定义的所有其他

有效类型的烟雾，烟雾探测器都会触发警报。对于响应更高的烟雾，如阴燃聚氨酯或燃烧的木材，警报灵敏度水平大大超过了 UL217 要求。来自图 5 和图 6 所示的两个烟盒测试的数据仅作为参考。这些测试不代表现实世界的烟雾探测场景，并且未包括在任何阈值设置过程中。UL217 未规定这些测试的绝对检测要求。

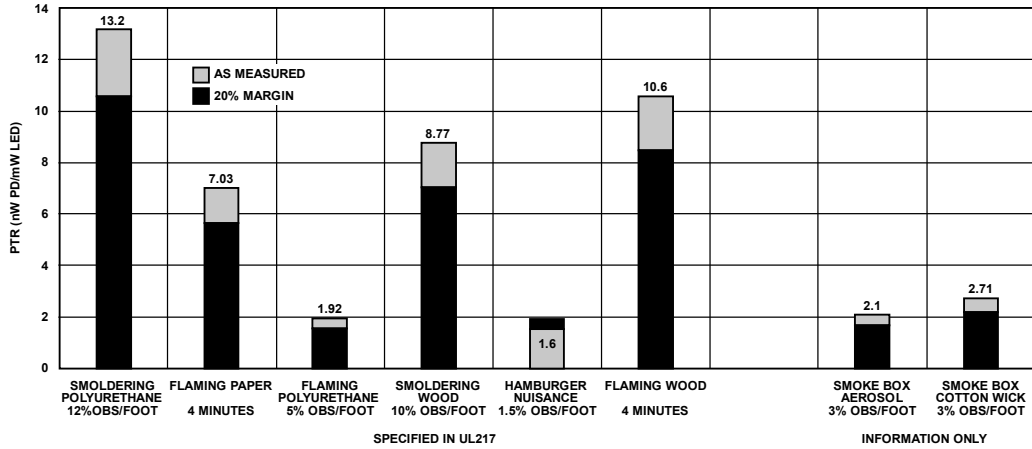


图5. UL217烟雾测试的蓝光通道信号响应

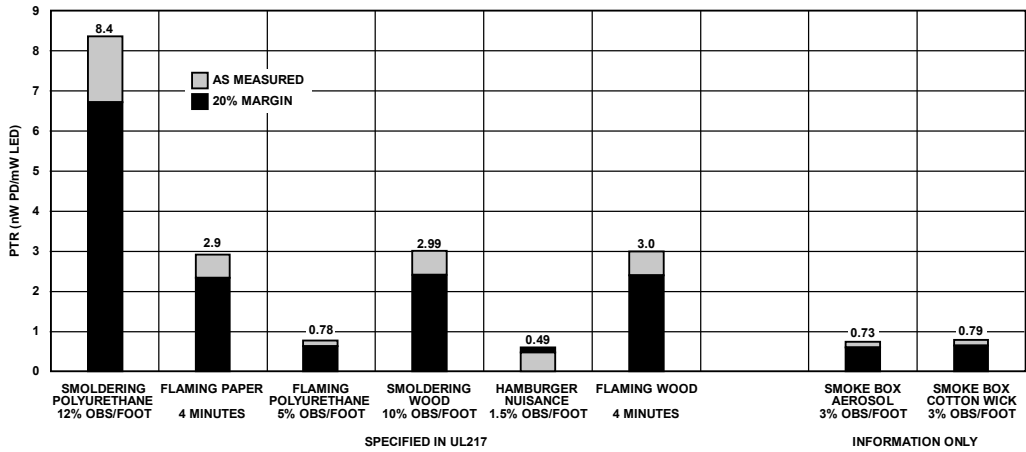


图6. UL217烟雾测试的红外通道信号响应

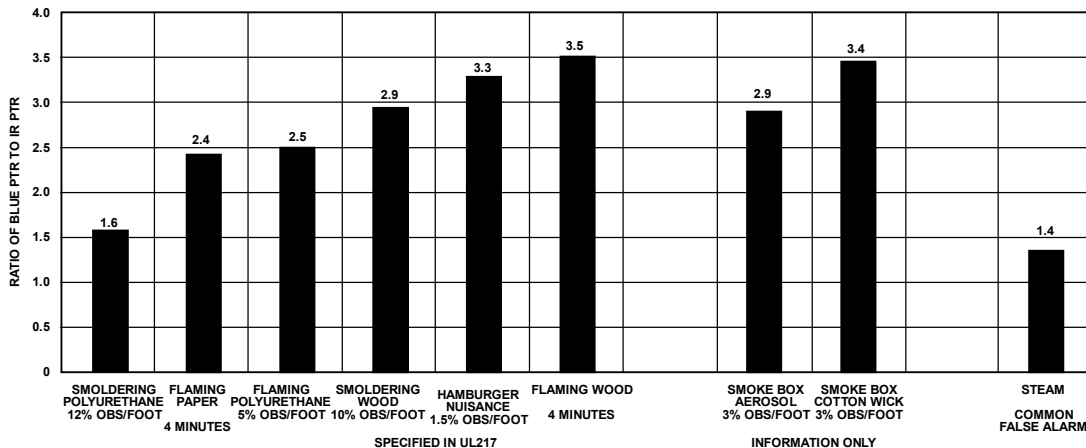


图7. 蓝光/红外响应的比率

干扰源处理

新的UL217标准包含防止干扰源引起误报的规范。本测试为烹饪干扰烟雾测试，在规范的第54节中定义。在测试中，让汉堡包在烤箱中烧焦以产生烟雾。直至烟雾达到每英尺1.5%的遮蔽水平之后，才允许触发烟雾警报。

如图5和图6所示，烹饪干扰烟雾测试所定义的不允许触发警报的水平与燃烧聚氨酯烟雾测试所定义的必须触发警报的水平有重叠，尤其是给PTR阈值增加裕量之后。由于对这两个测试的灵敏度的重叠，算法中必须再增加一级智能辨别功能，以区分燃烧聚氨酯烟雾测试和烹饪干扰烟雾测试。此外，图7所示的蓝光/红外比率数据表明，烹饪干扰烟雾测试的比率在其他有效类型烟雾的范围内。因此，比率信息也不能单独用来区分烹饪干扰烟雾。

图8显示了燃烧聚氨酯和烹饪干扰测试的响应与时间的关系。此图表明，燃烧聚氨酯测试达到报警阈值的速度（约3.5分钟）要比烹饪干扰测试达到报警所需遮蔽水平的速度（约16.5分钟）快得多。烟雾报警算法可以使用此时间信息来区分燃烧聚氨酯产生的烟雾和烹饪烟雾，最终确定是否触发警报。

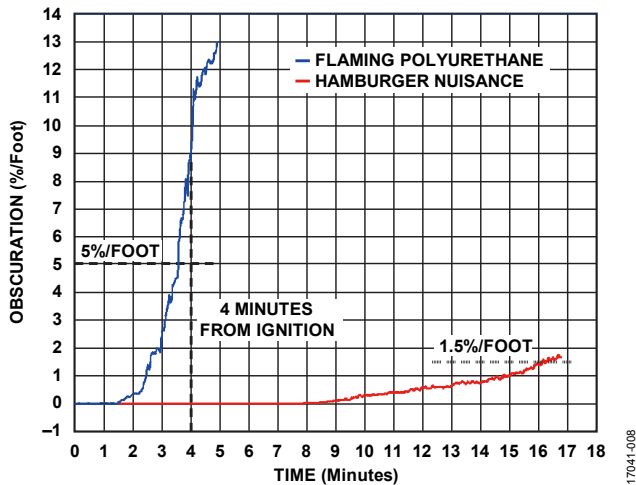


图8. 燃烧聚氨酯测试和烹饪干扰烟雾测试的时间响应

当烟雾报警器必须区分蒸汽等干扰源与有效烟雾时，会出现类似的问题。从历史上看，这对于放置在浴室外的烟雾报警器来说是个问题。淋浴蒸汽可能触发误报。

使用ADPD188BI两个波长的比率信息，图7显示蒸汽与大多数类型的烟雾相比是更大微粒。因此，比率信息可以用作区分蒸汽和这些烟雾的可靠依据。然而，蒸汽的比率相对接近阴燃聚氨酯测试的比率，因而光凭比率可能无法区分蒸汽和阴燃聚氨酯烟雾。

类似于燃烧聚氨酯烟雾与烹饪干扰烟雾的比较，阴燃聚氨酯与蒸汽触发警报的遮蔽水平也是出现在相差很大的时间尺度上。阴燃聚氨酯的遮蔽警报阈值为12%/ft，需要大约30分钟才能达到，而蒸汽达到类似遮蔽水平的速度要快5到10倍。

欧洲标准的炫目测试 (EN14604)

多家烟雾探测器制造商正在积极开发无腔烟雾探测器。这些无腔烟雾探测器无烟雾腔，光学元件暴露在外部环境中。无腔烟雾探测器能够比有腔设计更快地触发警报，并且还能简化烟雾探测器的设计，降低成本。此类设计的最大挑战之一是光学元件抑制环境光源的能力。

炫目测试的目的是证明烟雾报警器的灵敏度不会受到邻近人造光源的过度影响。此测试仪适用于光电烟雾报警器，因为一般认为电离腔烟雾报警器不太可能受到影响。

炫目测试将烟雾传感器放置在一个每边长约 38 厘米的盒子内。两个侧面是敞开的，允许烟雾流动。圆形荧光灯安装在盒子的其余四个侧面上。关于该装置的完整机械描述，请参阅 EN-14604 附录 D。

该测试将烟雾探测器暴露在来自四面八方的明亮荧光灯下。规范规定，在荧光灯存在的情况下，烟雾探测器不得触发误报，灵敏度改变不得超过 60%。测试程序如下：

1. 测试气雾剂遮蔽水平从0%/ft逐渐升至4.2%/ft。
2. 在关灯情况下测量响应度。
3. 清理腔室。
4. 灯先开10秒，再关10秒，循环10次。
5. 然后将灯打开至少1分钟。
6. 如步骤1中那样，再次让测试气雾剂遮蔽水平逐渐上升，并在开灯情况下测量响应度。
7. 关灯并清理腔室。

在这些测试条件下，开灯与关灯相比，ADPD188BI蓝光通道显示出7%的灵敏度变化，而红外通道的灵敏度变化为3%。这完全在EN规范设定的60%测试限度内。

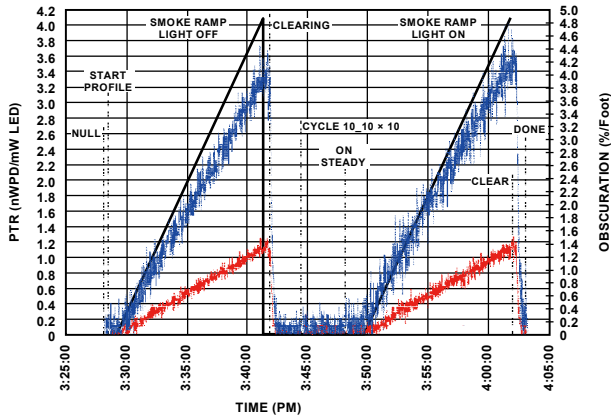


图9. 炫目测试的测试结果

结论

ADPD188BI是一种利用双波长技术进行光学烟雾和气雾检测的光学模块。该器件已在美国保险商实验室按照UL217烟雾探测器认证标准进行了测试。本应用笔记中给出的数据和结果表明，采用ADPD188BI的烟雾探测器具有UL217标准所要求的性能。

ADPD188BI模块中集成的ADPD1080模拟前端具有出色的光抑制性能，因此它能通过EN14604眩目测试，并支持实现成本更低的无腔烟雾探测器设计。