



R²Coupler™光耦中的高可靠性 LED 技术

适用于混合动力汽车和电动汽车的高温应用

白皮书

Roy Tan

介绍

Broadcom 的 R²Coupler 光（电）耦（合器）采用高可靠 LED（发光二极管）提供隔离的信号传输。Broadcom 汽车级 LED 在整个典型的汽车任务轮廓 (mission profile) 中性能不会退化。

LED 技术是项成熟的技术。35 年来，历经持续的改进和完善，Broadcom 的 R²Coupler 光耦采用先进和高精的方法制造 LED。Broadcom 的光耦已被广泛应用于各领域，包括工业和那些需要超高任务关键可靠性的应用，例如超高速火车、航空航天和军事应用。

光耦首次在丰田®的首款商用混合动力电动车 (HEV) 普锐斯中得到验证。目前，Broadcom 的 R²Coupler 光耦已被用于最新发布的产自日本、韩国、中国、欧洲和美国的 HEV 和 EV 车型。此外，包括汽车制造商和一级供应商在内的 40 多家汽车厂商正在使用或评估 R²Coupler 隔离产品。

有种普遍的误解：LED 不适合汽车应用。这种观点之所以出现，是因为：商业级 LED——仅适用于消费者应用——偶尔会用于汽车环境；而汽车环境只能采用由高质量测试和控制工艺设计和制造的 LED。在没有证据支持的情况下，非光学隔离技术供应商的推波助澜也助长了这种误解。

用于扩展工作温度的卓越的 LED 设计和制造技术

用于 R²Coupler 光耦的 LED 由 Broadcom 制造，采用先进的专门设计的半导体和制造工艺，符合严格的汽车质量标准。Broadcom 采用的先进的外延和晶圆制造厂已通过 TS16949 汽车质量标准认证。

R²Coupler 光耦还使用专门的工具，以应对实践和制造控制从而实现卓越的产品质量。这些工具、实践和控制已经在光耦 35 年的成功制造历史中得到证明。

此外，对产品规范进行了良好表征，并考虑到整个工作温度和产品寿命期间的器件参数变化。

针对汽车标准的严格认证

R²Coupler 光耦符合汽车电子委员会制定的严格的 AEC-Q100 认证测试指导原则。

表 1 显示了对 R2Coupler 光耦执行 AEC-Q100 应力测试（stress-test）认证的示例。其它 AEC-Q100 应力测试包括：密闭的高温高压、高温存储寿命和 ESD 测试。

表 1：对 R²Coupler 光耦执行 AEC-Q100 应力测试认证的示例

压力测试	条件	样本大小	释放点
高温运行寿命	150° C, LED驱动电流 =20mA	77 units x 3 lots	408小时
偏向高度加速的 压力测试	130° C / 85% RH	77 units x 3 lots	96小时
	-65° C to 150° C	77 units x 3 lots	500圈

表 1 所示的 AEC-Q100 HTOL 应力测试，施加的应力是典型使用寿命的三倍以上。

典型的汽车应用任务概况

表 2 显示了汽车逆变器的典型工作寿命任务概况。使用 Black 模型（Ea = 0.43eV，N = 2）计算加速因子（假设在 50%占空比下 LED 的平均驱动电流为 10mA），150°C HTOL 应力的等效工作时间约为 123 小时。

表 2：机动车辆中典型逆变器的工作任务概况

温度范围(摄氏度)	运行时间
-20 - 0	10650
0 - 10	1497
10 - 20	19879
20 - 30	6541
30 - 40	17311
40 - 50	5759
50 - 60	3684
60 - 70	2678
70 - 80	2796
80 - 90	2245
90 - 100	1031
100 - 110	812
总计	74883 (8.5 yrs)

表 3 显示了机动车辆中逆变器的非工作任务概况

表 3：机动车辆中的典型逆变器非工作任务概况

温度范围(摄氏度)	非运行时间
-20 - 0	11304
0 - 25	28260
25 - 40	19879
Total	59443 (6.7 yrs)

超越 AEC-Q100 的可靠性测试

R²Coupler 光耦中的 LED 也经历超过 AEC-Q100 指导原则要求的扩展应力。

表 4：扩展的应力测试

压力测试	AEC-Q100 释放点	延长压力	结果
高温运行寿命	408小时	5000小时	所有设备 功能齐全， 并在数据表 规格内
偏向高度加速的 压力测试	96小时	168小时	
温度循环	500圈	1000圈	

Broadcom 汽车级 LED 的卓越性能如图 1 所示。Broadcom 汽车级 LED 即使经过 5,000 小时 150°C 的应力后仍表现出色。另外，R²Coupler 光耦在经受 10,000 小时的应力后，仍保持了完整功能且符合数据表规范。

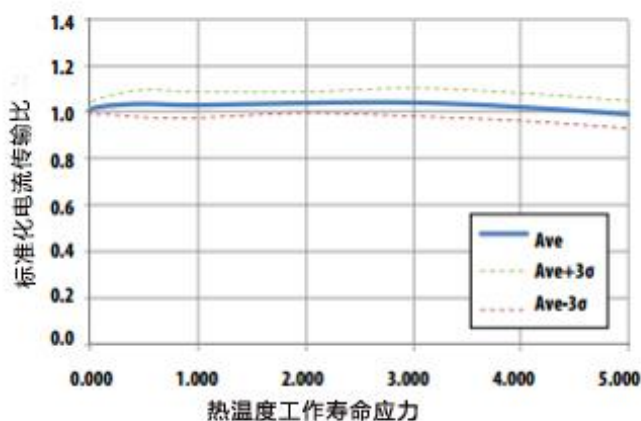


图1:在150摄氏度的压力持续5000小时后LED性能很高。

扩展 HAST（高加速应力测试）应力测试结果表明，Broadcom R²Coupler 光耦可以承受高温和高湿环境。

扩展的温度范围循环应力测试还显示了 R²Coupler 光耦在极端温度条件下的性能。

用于汽车应用的更长使用寿命

R²Coupler 光耦为所有汽车应用提供更长的使用寿命。表 5 显示了在各种汽车应用中的连续使用寿命。对于大多数应用来说，LED 的工作时间不到整个产品寿命的一半。

表 5：各种汽车应用中的使用寿命

应用	操作条件	等效的连续使用寿命	估计产品寿命
充电器,HVAC, DC/DC,油泵	最大 125摄氏度 平均 105摄氏度 如果=10毫安@ 50%占空比	大于37年	大于100年
逆变器	最大 125摄氏度 平均 110摄氏度 如果=10毫安@ 50%占空比	大于30年	大于100年
BMS	最大 105摄氏度 平均 85摄氏度 如果=5毫安@ 50%占空比	大于100年	大于100年
* 基于5000小时,150摄氏度 HTOL			
** 10000小时连续应力后，部件仍能正常工作，估计包括非工作寿命			

低温工作寿命（-40℃）

除了热温度应力外，Broadcom 的 R²Coupler 光耦还进行了-40℃的低温应力测试。如图 2 所示，Broadcom 的 LED 在施加低温应力后并没显示出电流传输率的下降。电流传输率是 LED 光输出的度量。

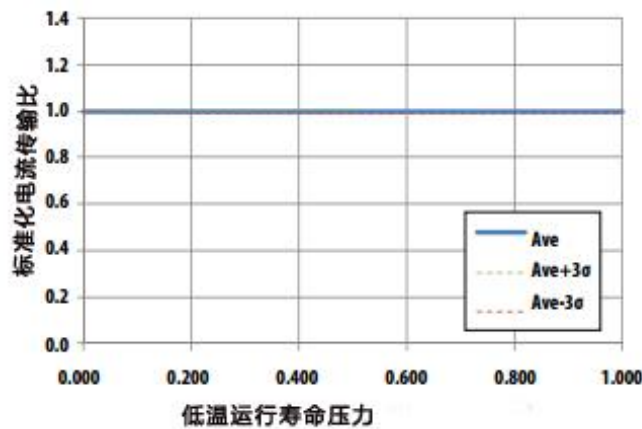


图2:在零下40摄氏度低温压力持续1000小时后 LED性能很高

结论

Broadcom 的 R²Coupler 光耦使用由 Broadcom 特别设计和制造的汽车级 LED，用于汽车应用中的长使用寿命要求，这些应用必须在-40℃至 125℃的温度范围内可靠工作。R²Coupler 光耦技术旨在超越汽车用户的要求。