

LED照明散热技术及实例分析

汪 双 凤

华南理工大学

传热强化与过程节能教育部重点实验室

▣ CONTENT

1. LED发热基本原理

2. LED散热技术及应用条件

3. 散热案例分析

4. 总 结

1.1 LED简介

- LED为Light Emitting Diode的缩写，发光二极管，是一种能够将电能转化为可见光的固态的半导体器件。

LED被称为第四代照明光源
或绿色光源



1.2 优点

1



耗电量少，
白炽灯的
1/8，荧光
灯的1/2；

2



发光效率
高，可达
到50～
200lm/W；

3



体积小，重
量轻，稳定
性好，寿命
达10万小时；

4



使用低压
电源，安
全可靠；

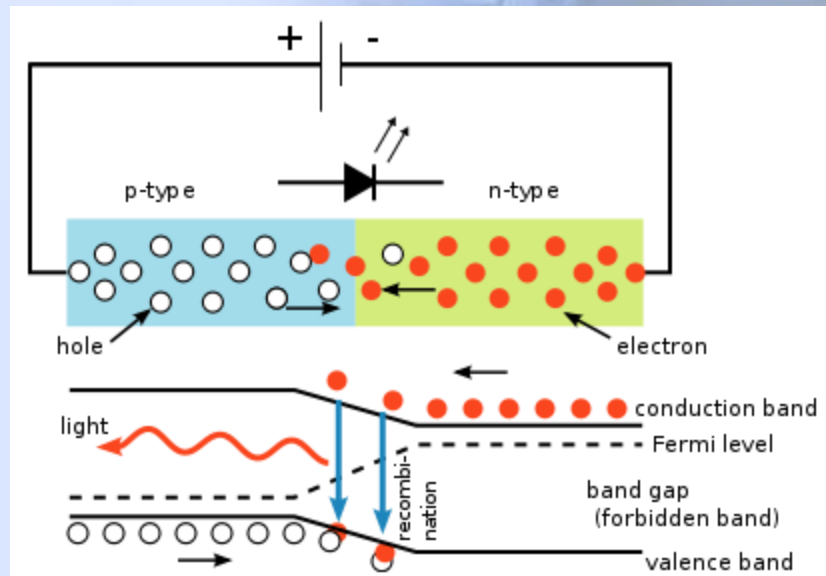
5



生产和使用
过程中无污
染，有利于
环保。

1.3 发光原理

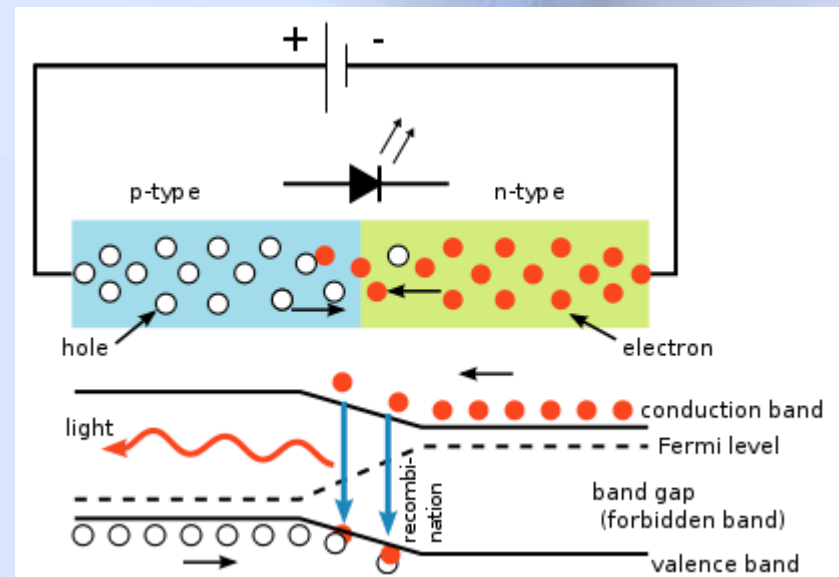
半导体发光二极管（简称LED）是由一块电致发光的半导体材料构成。其核心部分是由P型半导体和N型半导体组成的晶片，在P型与N型半导体之间有一个过渡层，成为P-N结。在正向电压下，电子由N区注入P区，空穴由P区注入N区。进入对方区域的少数载流子（少子）与多数载流子（多子）复合，复合时会把多余的能量以光的形式释放出来，从而把电能直接转换成光能。



1.4 热问题

LED通过电子在能带间跃迁释放能量产生光，然而所产生的能量并不能全部以光的形式释放。受LED芯片技术的制约，LED的发光效率只有10-20%，其余80-90%的能量都以热的形式在芯片积聚。

由于LED芯片体积小，结构紧凑，产生的热量不易释放，导致芯片工作温度上升，局部热流密度甚至可达 $100\text{W}/\text{cm}^2$ ，严重影响LED的工作性能。





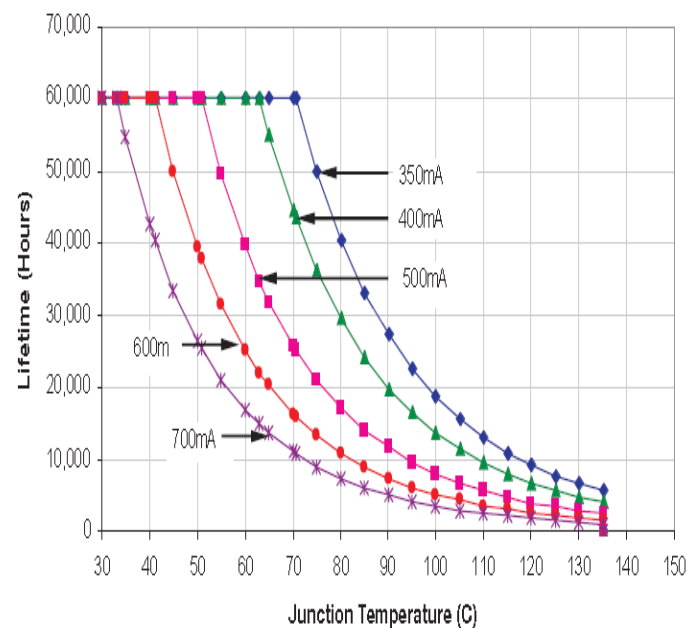
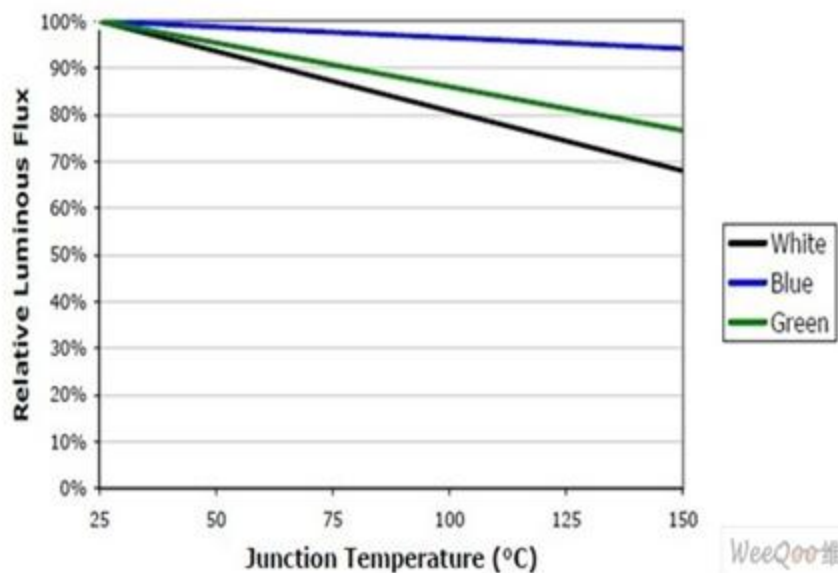
高热
流密
度

1

降低光通量

2

降低使用寿命



■ CONTENT

1. **LED发热基本原理**

2. **LED散热技术及应用条件**

3. **散热案例分析**

4. **总 结**

2.1 解决方案

大功率LED的**散热**已成为LED照明技术发展的**瓶颈**问题!

解决方案

改良LED
芯片的封装
结构与封装
材料。

由上游产业完成

研发有效
的**二次散热**
技术。

本团队研究工作

2.2 几种常用的二次散热技术

热流密度



工程塑料

更低功率



陶瓷、金属翅片

较低功率LED



主动散热（风冷水冷）

等）
对应功率提升

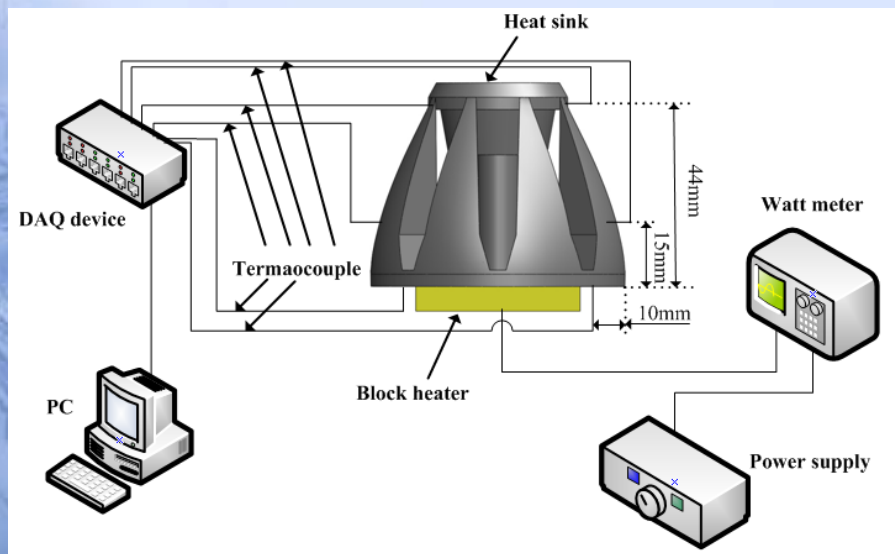


热管技术

高热流密度的
紧凑型结构

2.2.1 工程塑料散热

- ❖ 由于重量轻，加工成本低，绝缘性好等优点，工程塑料成为替代金属制成散热器的良好散热材料



2.2.2 陶瓷材料散热

主要成份：

氧化铝（导热系数小于10）

氮化铝（导热系数50-200）

氮化硼（导热系数20-30）

特点：

氧化铝，便宜

氮化铝，贵，是氧化铝的10倍以上

同朔料相比：虽然导热系数高，但加工难度大，易脆。引起成本增加



2.2.3 金属翅片散热

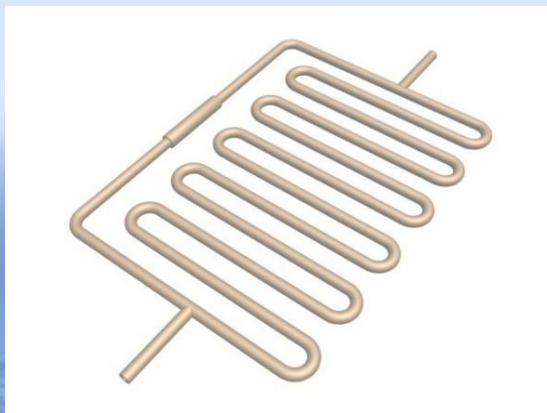
- 采用翅片散热能**有效增加**热源的**散热面积**，在与空气对流换热系数一定的情况下，增大换热面积能有效地**提高换热效率**，把LED灯所散发的热量及时通过翅片传导到外界。



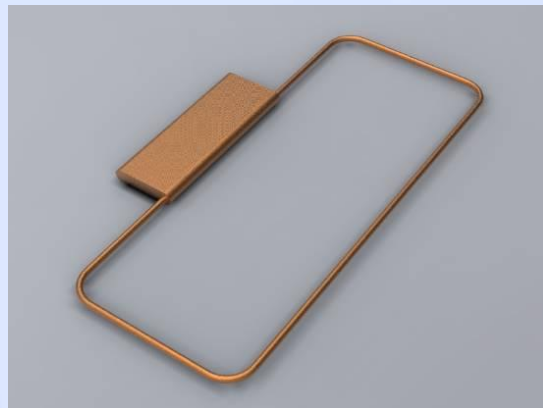
传统照明产品常用金属翅片作为散热器，然而这种散热器由于**质量过重或漏电问题**等不能满足某些特定场合的应用需求。

2.2.4 微热管技术—高热流密度

- 热管技术因其能在低温差下，利用工质蒸发冷凝的潜热把高密度热流转移，成为解决电子散热问题的有效途径，将其与翅片相结合更能大大地提高换热效率。



脉动（振荡）热管



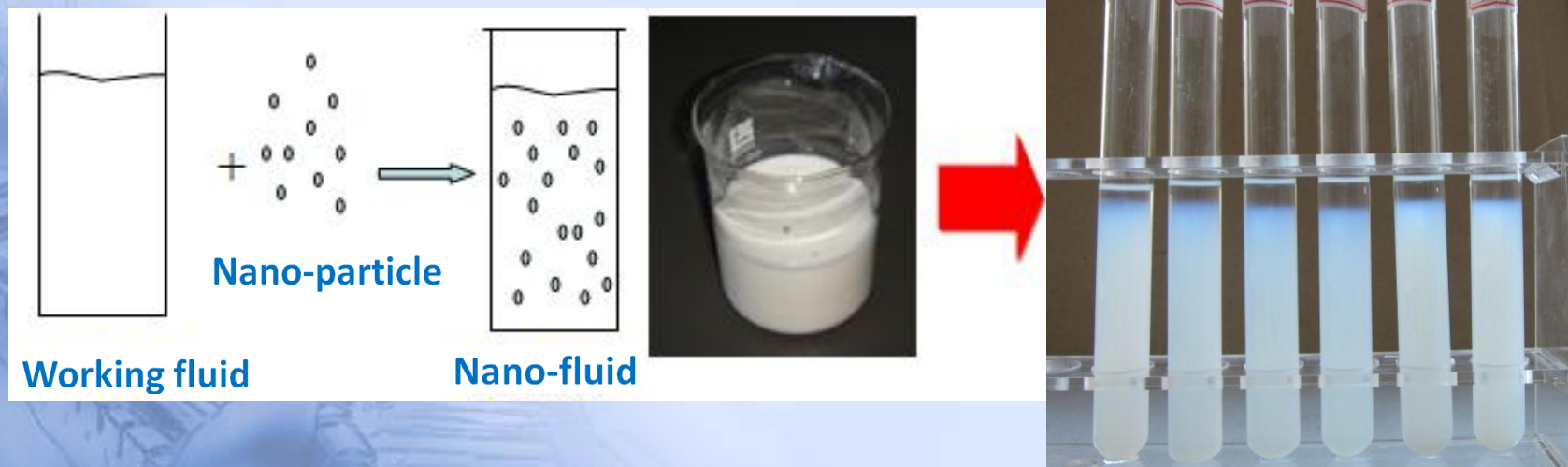
环路热管



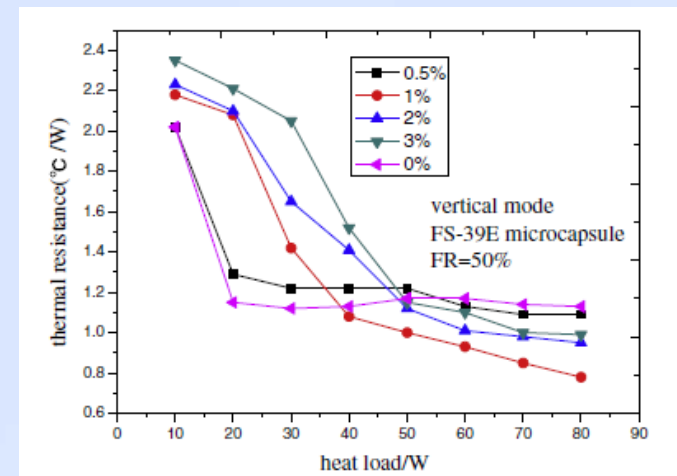
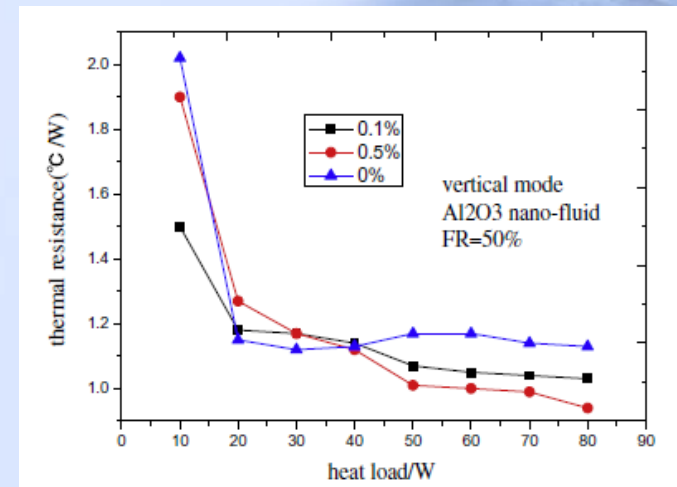
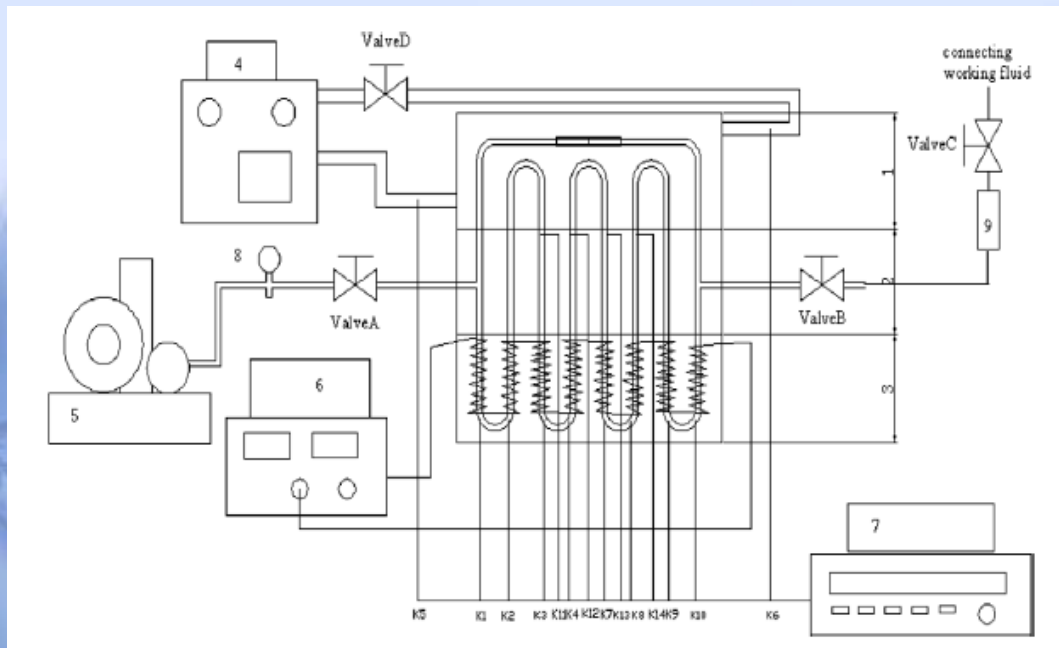
平板热管

热管工质

- 根据不同的应用环境与散热需求，不同的工质被应用于热管当中。
- 如水、乙醇、丙酮、微胶囊流体、纳米流体和自湿润流体等。

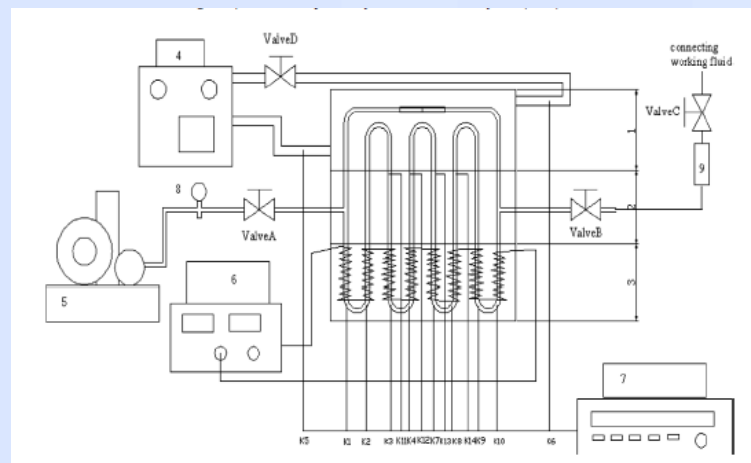
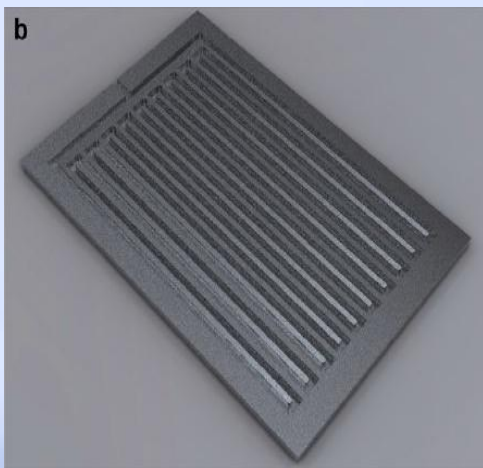
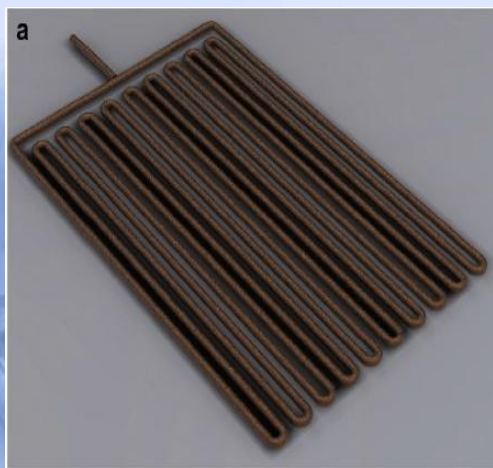


- 应用不同的工质，热管会表现出不同的热性能。



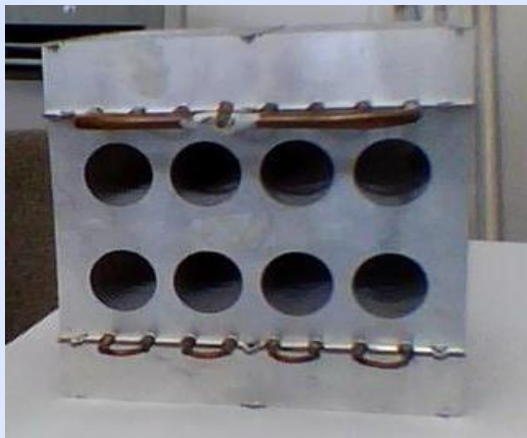
脉动热管

- 脉动热管是一种新型、高效、可用于高热流密度的传热元件，具有体积小、结构简单、传热性能优良等特点。
- 通过对脉动热管翅片散热器进行结合，然后提出优化方案，可有效解决大功率LED室内灯散热问题。

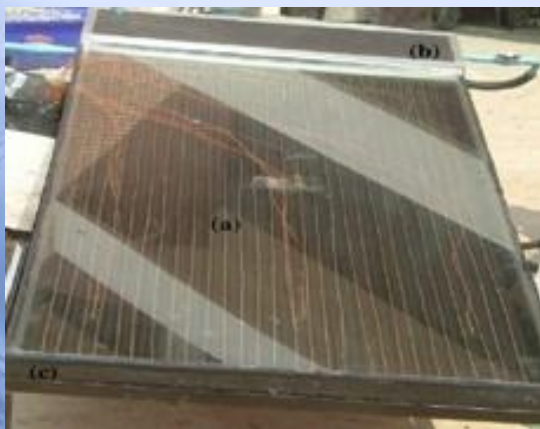


Lin Zirong, **Wang Shuangfeng***, et al, Appl. Therm. Eng., 31 (2011) 880-886.

脉动热管的相关应用



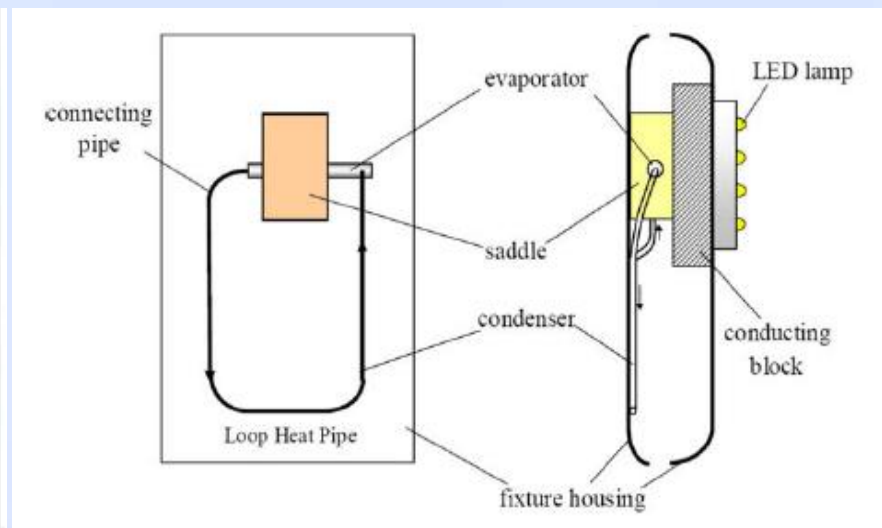
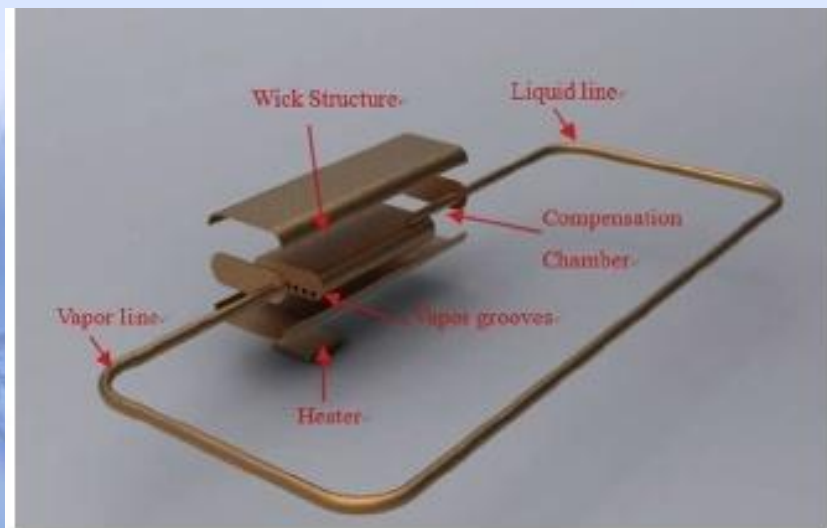
大功率LED灯脉动热管散热模组



脉动热管太阳能集热器与余热回收装置

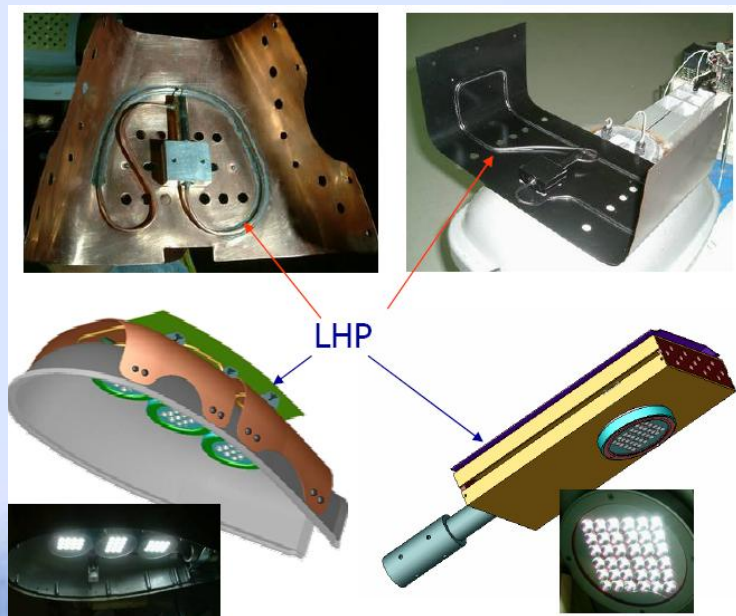
环路热管

- 环路热管具有传输热量和热流密度大；气液管路分开布置，可实现**远距离传热**；结构设计和位置**布置灵活**等优势。
- 在LED路灯等方面拥有深远的应用前景。

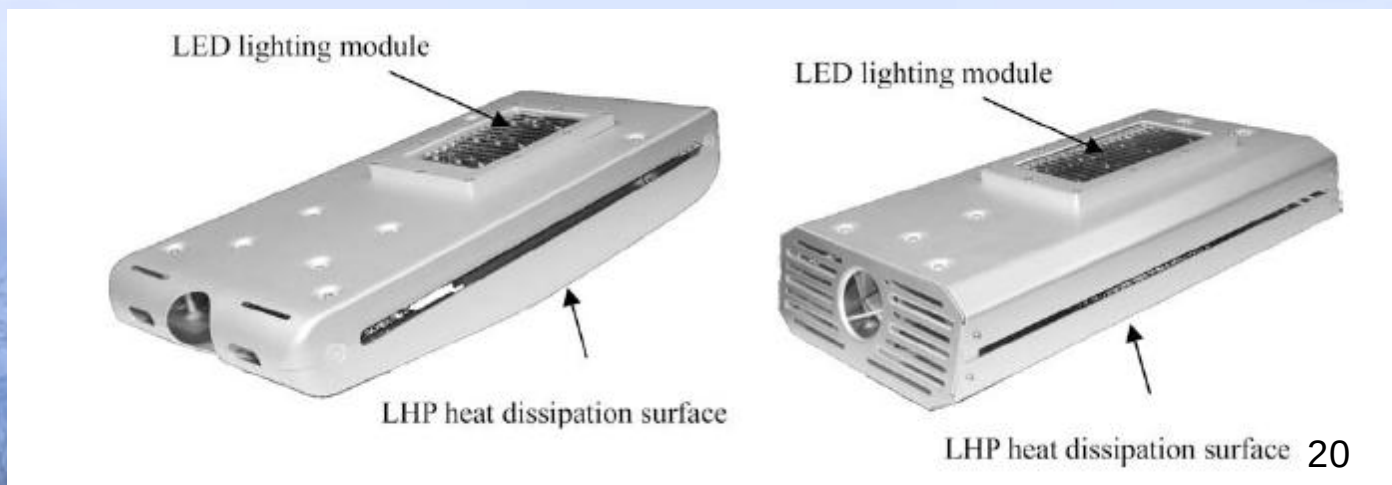


Shuangfeng Wang*, Jiepeng Huo, et al, Appl. Therm. Eng. , 40 (2012) 318-325.

环路热管相关应用

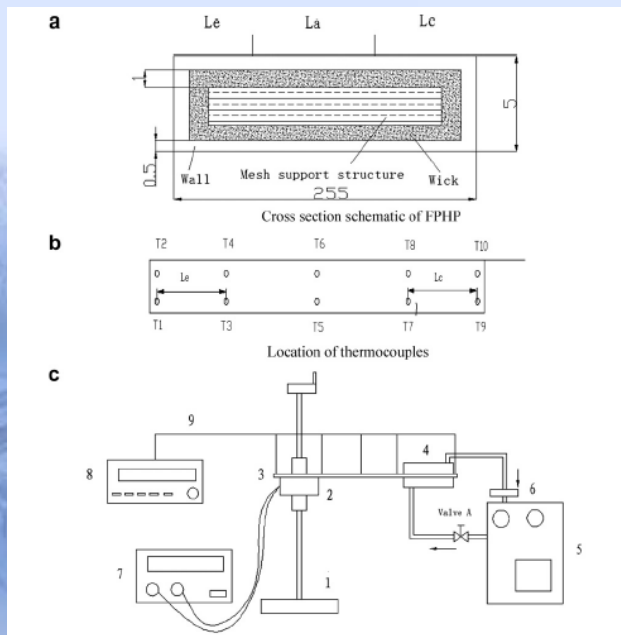


大功率路灯用环路热管散热模组



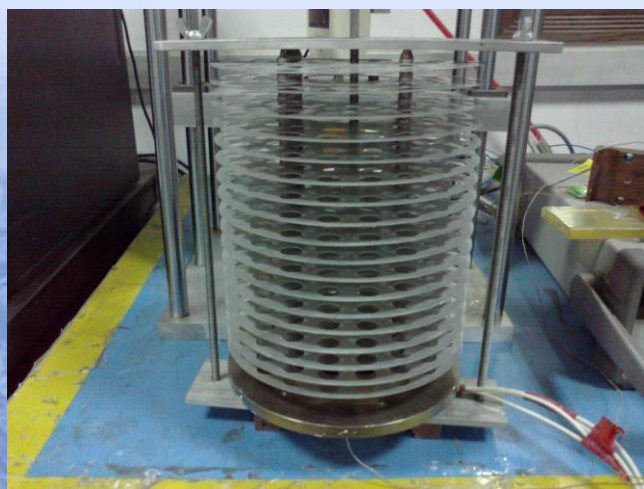
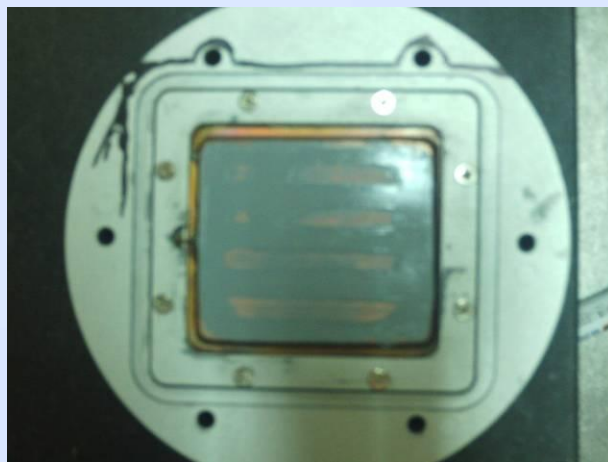
平板热管

- 平板热管（又称为均热板）是一个内壁具微结构的真空腔体。其具有均温性好、低热阻、高导热率及可反重力运行的优点，为LED等电子器件的散热提供了有效途径。



Shuangfeng Wang*, Jinjian Chen, et al., Appl. Therm. Eng., 31(2011)2367-2373.

平板热管相关应用



大功率LED灯平板热管散热模组

■ CONTENT

1. **LED发热基本原理**

2. **LED散热技术及应用条件**

3. **散热案例分析**

4. **总 结**

散热案例1

工程塑料散热器设计

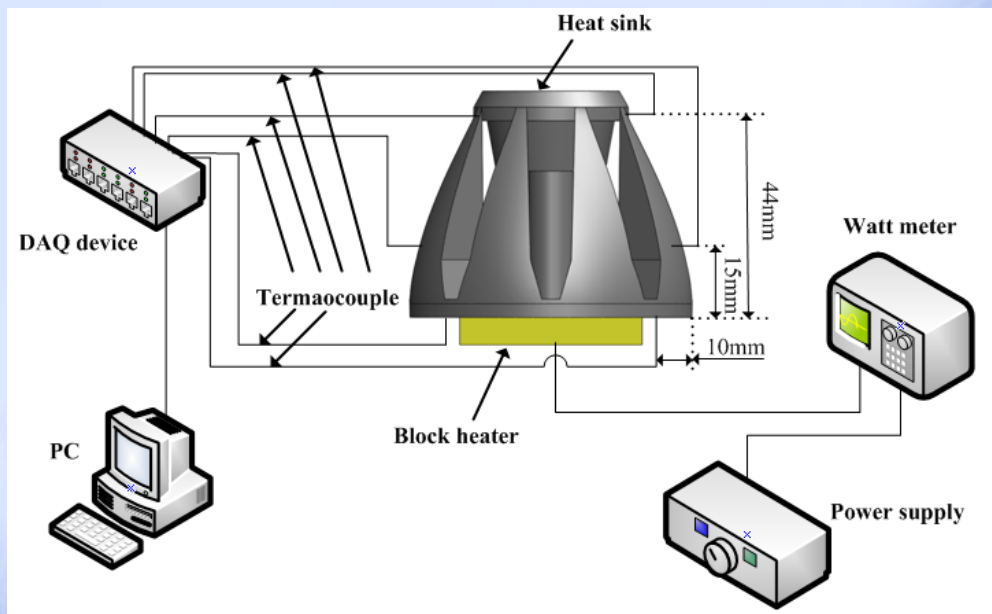
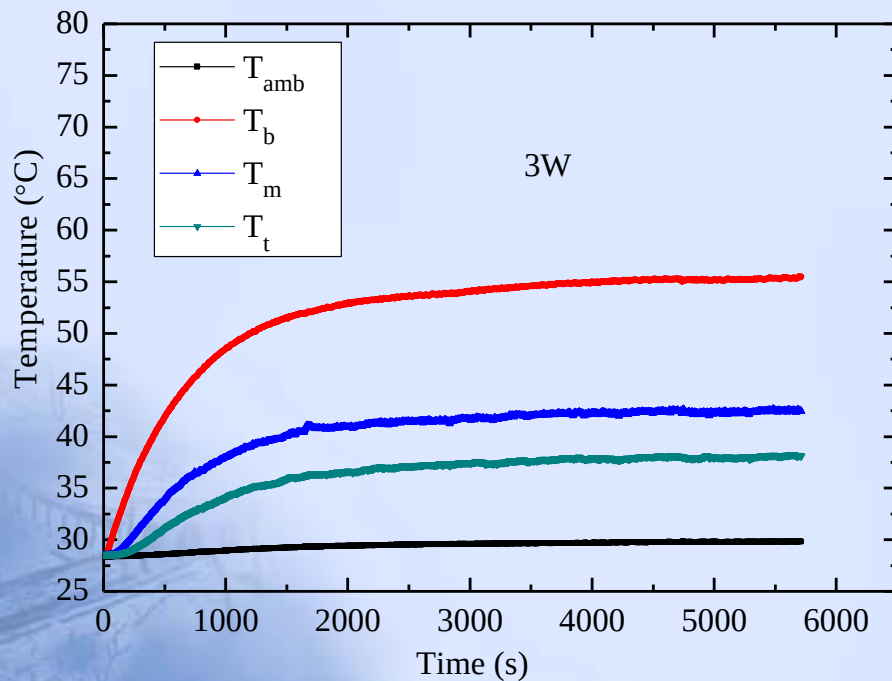


图. 工程塑料散热器实验装置示意图

该散热器是由工程塑料所制,工程塑料具有质量轻,易于加工,绝缘等优势。其导热系数为 2.392 W/(m K) ,发射率为 0.85 。加热功率设定在 3W ,而环境温度为 28°C 。

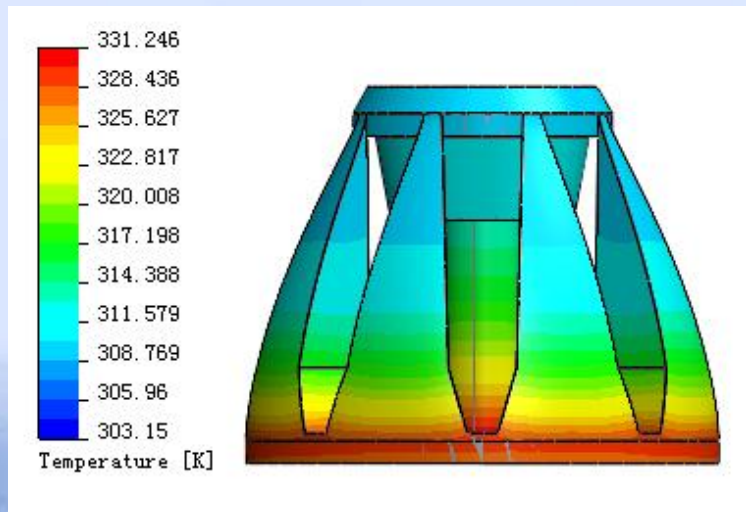
实验测试结果



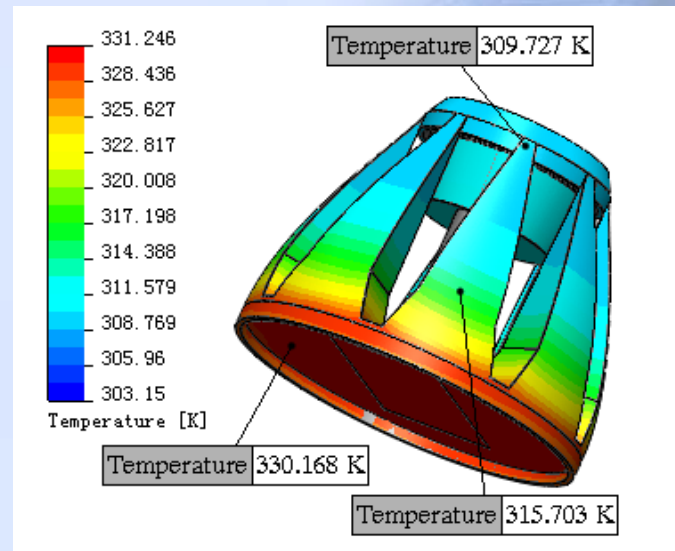
如图所示，在3W的输入功率下，环境温度在28度时，在基板所测试的温度为**55.49°C**，能够满足室内LED灯的热设计标准。

图. 实验结果温度图

工程塑料散热器模拟设计



(a)



(b)

图. (a) 散热器表面的温度分布图;
(b) 散热器定点温度图

从图中可知，散热器表面的最高温度为**58.41℃**。

结果对比

表 . 实验结果与模拟结果对比

热电偶	模拟 (°C)	实验 (°C)	绝对误差(°C)	相对误差(%)
底部 T_b	57.02	55.49	1.53	2.76
中部 T_m	42.55	42.48	0.07	0.17
顶部 T_t	36.58	38.11	1.53	4.01

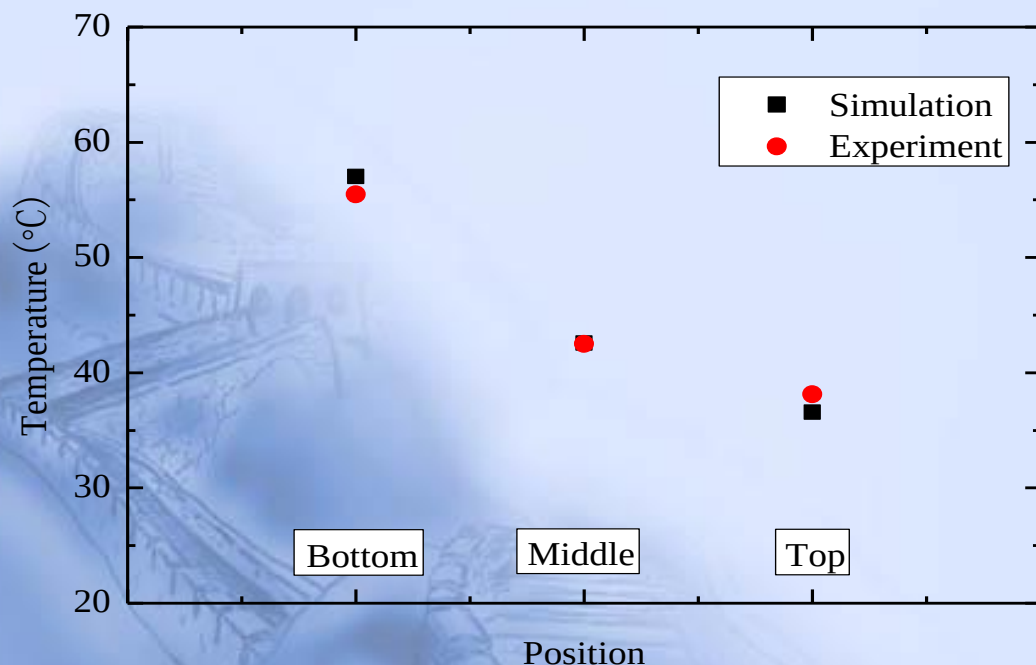


图. 实验与模拟结果的温度误差

实验结果与模拟结果的最大相对误差为**4.01%**. 依此可知, 通过数值模拟能够准确地计算出该散热器的传热过程, 为散热器的设计提供了理论基础。

辐射影响

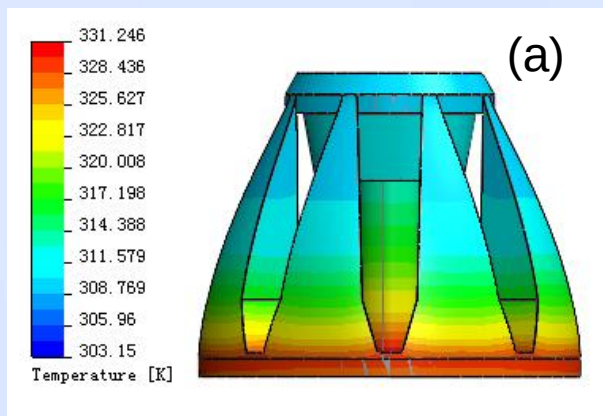


图. (a) 散热器考虑辐射时的温度分布图;

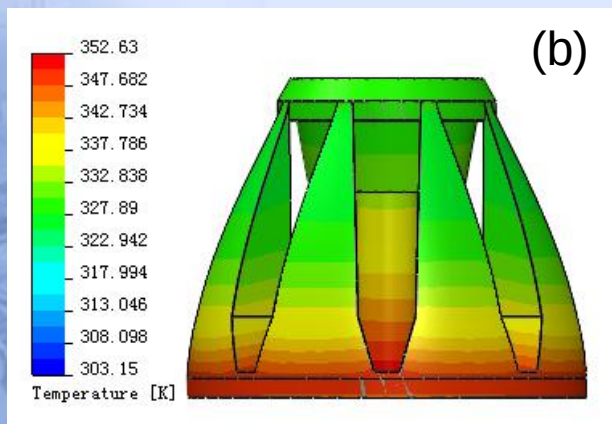
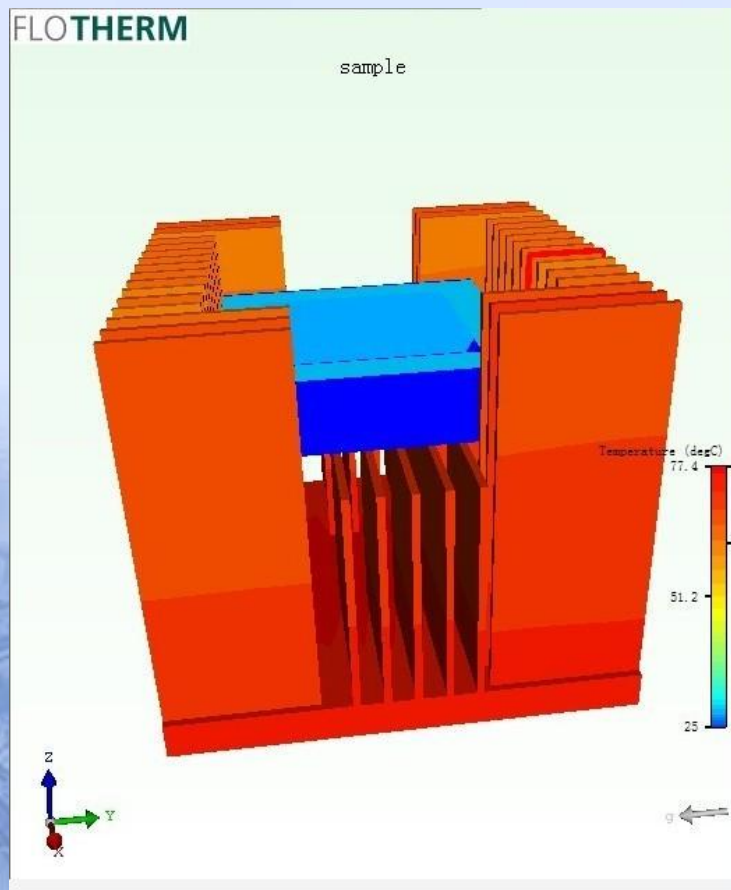


图. (b) 散热器不考虑辐射时的温度分布图;

不考虑辐射散热的影响时，通过模拟结果可知，散热器的最高温度可达**79.48 °C**，与有辐射影响的模拟结果对比，高出了**21.07 °C**。从中可知，辐射散热对工程塑料散热器的热设计具有显著的影响。

散热案例2

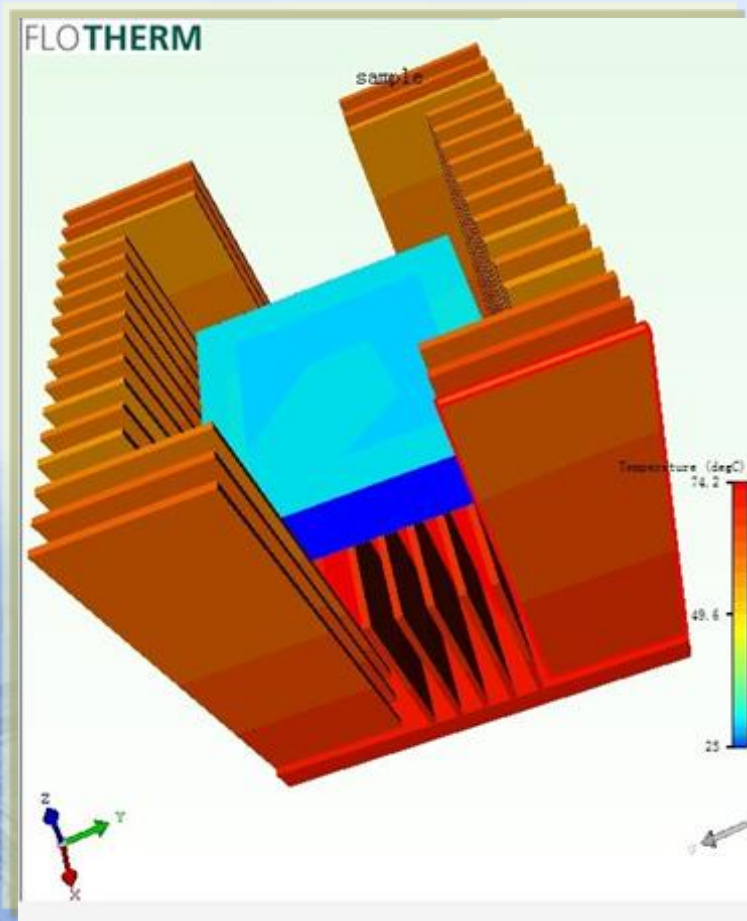
风扇+翅片散热设计



如图所示为，利用Flotherm软件对45W LED灯散热器进行模拟设计。在室温25℃的情况下，在散热器底部加上45W的热源。当翅片高度为50mm，其温度最高可达77.4℃。由于温度过高，并不利于电子产品的使用寿命，因此对其进行优化设计。

图. 风扇散热器翅片高度为50mm时的温度分布图;

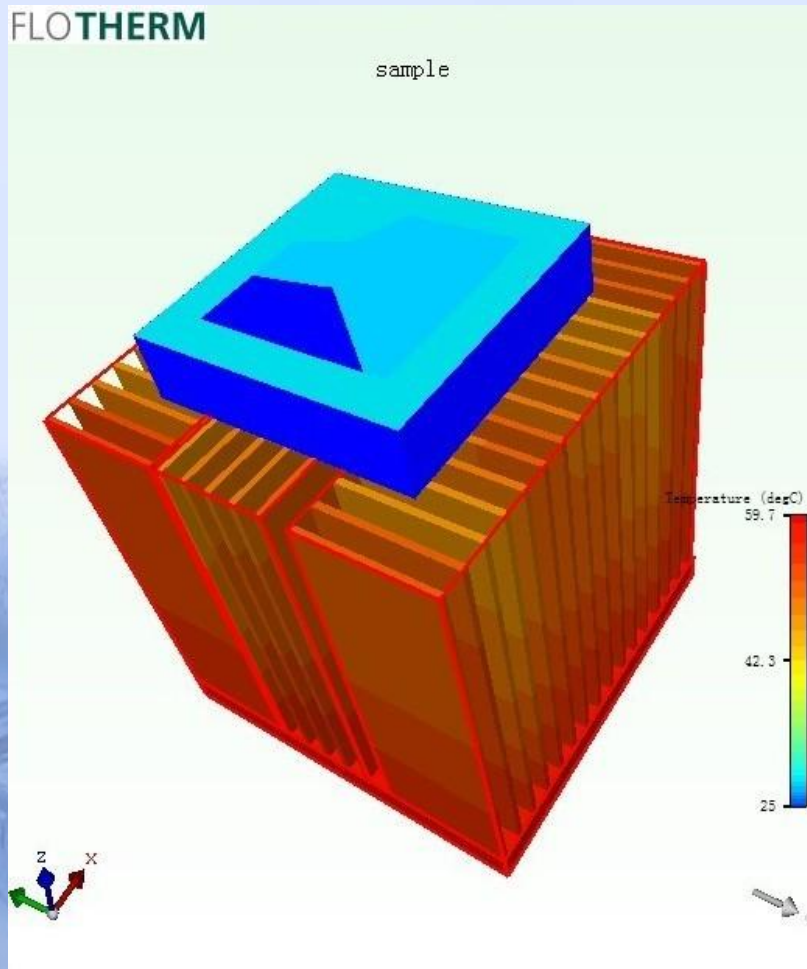
增加散热面积



如图所示为，在其他条件不变时，将翅片高度增加至**60mm**，由于增加了翅片与空气的对流换热面积，散热器上的最高温度下降到了**74.2℃**。

图. 风扇散热器翅片高度为60mm时的温度分布图;

改变风扇位置



如图所示为，在其他条件不变时，将风扇位置调整到散热器顶部，由于强化了翅片整体与空气的扰动，增强了对流换热，从而使散热器上的最高温度下降到了 59.7°C 。因此该设计方案能够满足45W LED灯的散热要求。

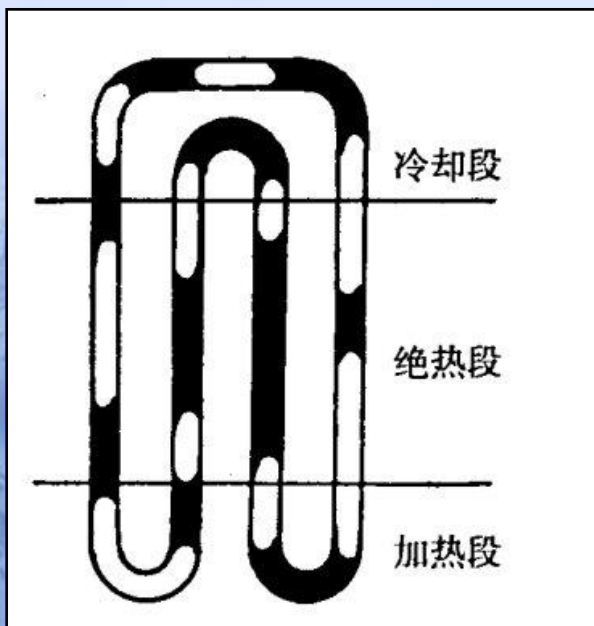
图. 将风扇置于散热器顶部时的温度分布图;

散热案例3

散热方式：**脉动热管+翅片**

脉动热管：

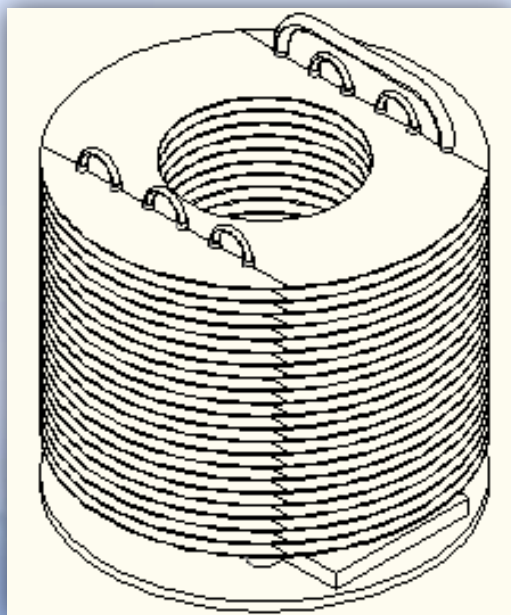
1.体积小,结构简单无芯，形状可以任意弯曲，当量传热系数极大，热阻很小



2.与传统热管相比，脉动热管无需依靠毛细结构回流工质, 更便于紧凑型设计。



技术方案



3. 实验测试

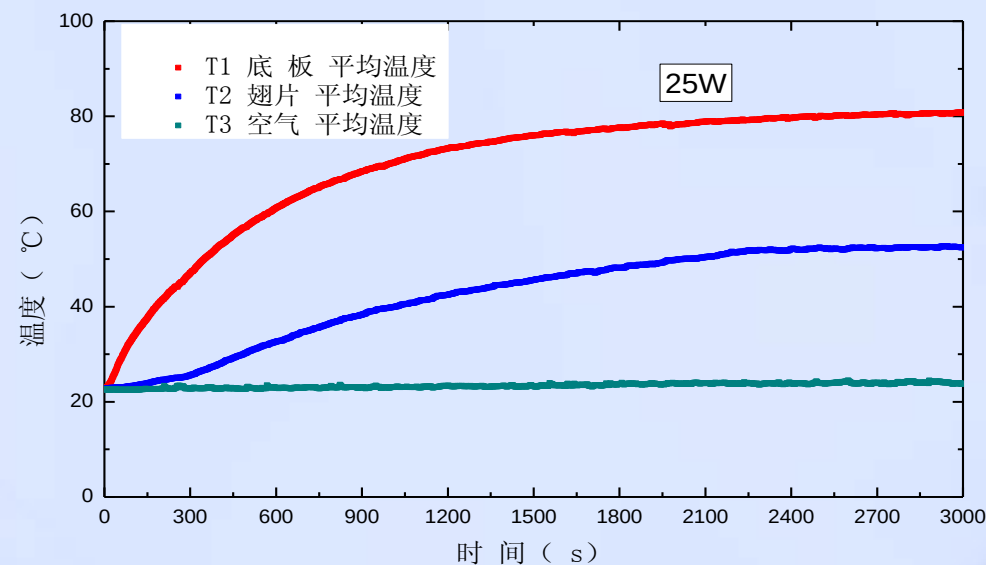
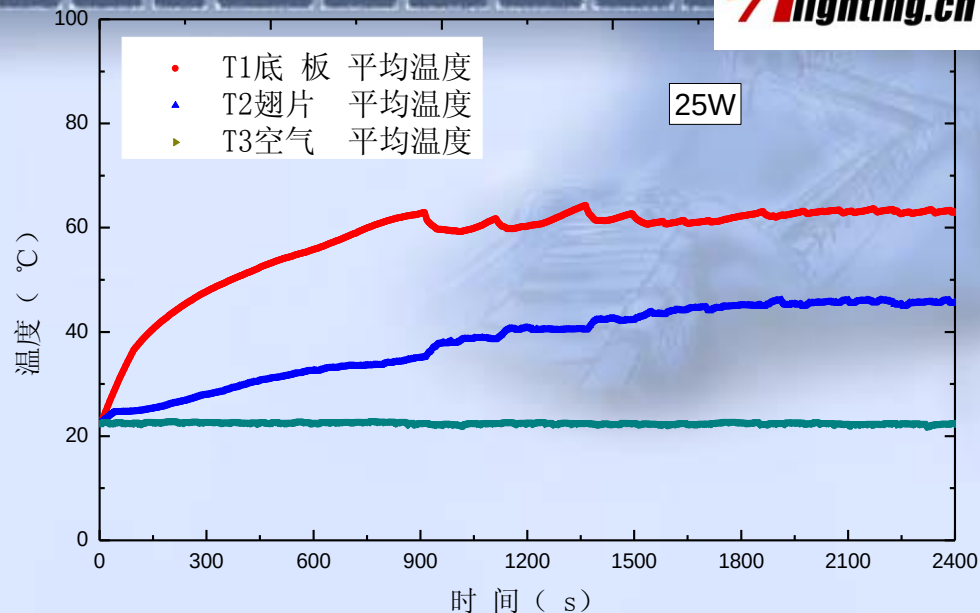
本实验中，将模拟热源的功率设为25W。

测试结果

散热器各测点温度图：

上图：脉动热管正常工作时
下图：脉动热管工质抽出后

脉动热管与翅片组合和单纯使用翅片散热相比，散热器底座温度下降 **19℃**，散热性能提高 **30%**



由于目前LED芯片发光效率在20%左右，所以该款散热模组可以满足30W的LED灯的散热要求。

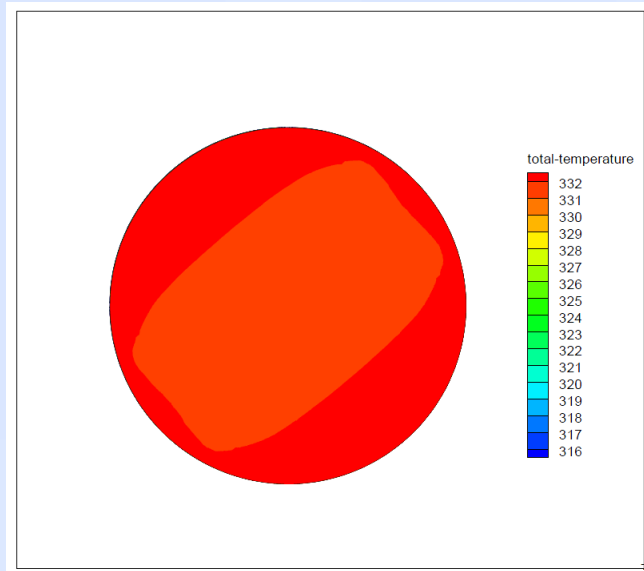
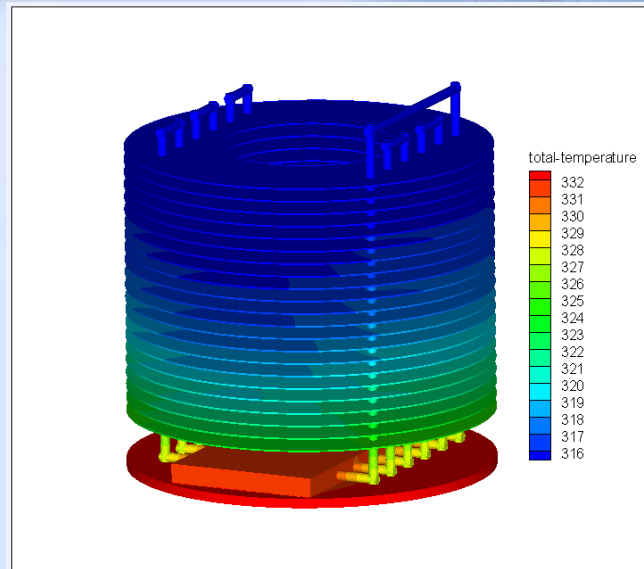


4.基于FLUENT软件的数值模拟结果：

上图为翅片表面平均温度图：
数值计算与实验测得结果分别为
58.8℃、61.7℃，相对误差为4.7%

下图为底板表面平均温度图：
数值计算与实验测得结果分别为
46.5℃、45.2℃，相对误差为2.9%

模拟结果与实验结果基本符合，所以
建立的数值模型合理可靠。可利用该
模拟方法指导此类模组的设计。



■ CONTENT

1. **LED发热基本原理**
2. **LED散热技术及应用条件**
3. **散热案例分析**
4. **总 结**

4. 总结

- 1) LED被称为第四代照明光源或绿色光源。然而大功率LED的散热已成为LED照明技术发展的瓶颈。
- 2) 根据LED灯具不同的热负荷需求，需使用不同散热材料与结构（翅片、热管等）。
- 3) 通过实验与数值模拟相结合的方法，能有效揭示散热模組的性能，为LED散热器设计提供理论依据。



Group of Micro/Nanoscale Heat Transfer and Energy Conversion, SCUT, China

Thank You!