

# 用强化器增强空冷块状电子元件的传热

甘永平 王 迅 雷道亨 马重芳

(热能工程学系)

【摘要】 使用两种强化器改善了顺排电子元件的空气冷却,使强迫对流平均传热系数提高25%,整个实验是在 $Re = 2800 \sim 22000$ 范围内进行的,根据每种强化器的特殊结构和实验数据,关联出与之相应的经验公式,基于流动显示,对整个传热过程的机理也作了解释。

关键词: 强化器, 空冷, 电子元件

随着科学技术水平的不断提高,各种微电子设备及计算机的应用日益广泛,各种微电子设备和计算机日益翻新,功能越来越全,体积越来越小,这就要求集成电路的密度越来越高,因而造成单位面积散热量急剧增加,先进的集成电路的散热量已超过 $10^5 \text{ w/m}^2$ 。但是由于集成电路的性能对温度很敏感,通常不许超过 $85^\circ\text{C}$ ,温度每超过 $2^\circ\text{C}$ ,可靠性便下降10%。由于空气是最易取得的介质,使用方便,特别是对集成电路的封装,要求不高,没有腐蚀现象,因而目前多数微电子设备及各种计算机均使用空气冷却,所以,研究空气流过电子元件的传热机理及如何强化这种条件下的传热是很重要的。

本实验采用了两种移置式强化扰动器,在较大雷诺数范围( $Re = 2800 \sim 22000$ )内进行了实验,并在实验所得的数据基础上,建立起经验公式,采用强化器可使传热系数有较大的增加,为了能综合评价传热效果,还进行了每种强化器的阻力实验,为了进行对传热机理的研究,还做了可视化的实验,流动显示的结果,对增强传热的机理能作更确切的解释。

## 1 实验装置

图1为实验所用的风洞系统,它由渐缩段、实验段、测量段、调节阀门和风机等所组成,实验段的横截面积为 $500 \times 125 \text{ mm}^2$ ,测量段则渐缩为 $125 \times 125 \text{ mm}^2$ ,流速的增加,使测量精度提高,流速的改变是通过调节阀门来实现的,在实验段中分为三层,每一层形成一个通道,每个通道装有45个模拟电子块状元件,按9列5排方式顺排排列,元件之间的横向与纵向间距为 $28 \text{ mm}$ ;每个块状元件的尺寸为 $28 \times 28 \times 10 \text{ mm}^3$ ,如图2所示。

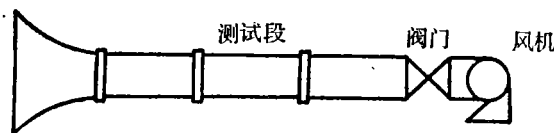


图1. 实验风洞示意图

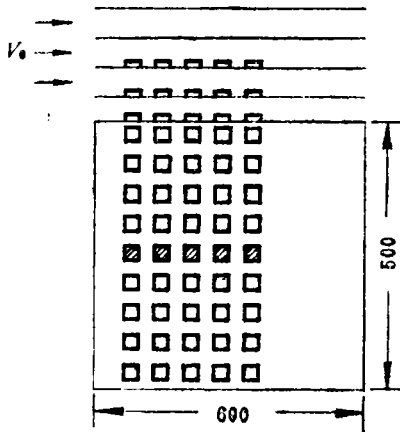


图2. 实验段内元件排列示意图

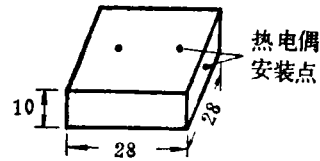


图3. 热态元件及热电偶安装位置图

为了实验和工作方便,块状元件作成两种,一种是由有机玻璃块组成,其目的是为造成真实的模拟环境,本身并不发热,另一种是发热方块,如图2中带有阴影的5个方块即为热态方块,其表面覆盖着 $8\mu\text{m}$ 厚的不锈钢箔,箔与胶木之间用很薄一层胶粘接,为了测量热态件的温度,在表面上装有4支铜-康铜热电偶,其位置如图3所示,除了对热电偶要进行校验外,还要注意避免热电偶与不锈钢箔直接接触,否则通直流电时会产生测量误差。

为了改善热态模拟电子块状元件的冷却效果,在实验件的上面分别放置两种移置式扰动器,Ⅰ型为一直径为20mm的半圆柱,Ⅱ型是在Ⅰ型的基础上加一段流线型曲面,其外型如图4所示,其宽度与风道宽度相同,均为500mm。

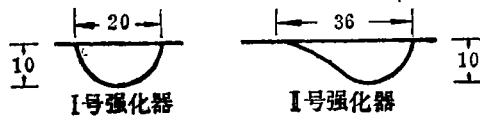


图4. 移置式强化器外形简图

## 2 实验结果

### 2.1 放置移置强化器对块状元件的传热影响

#### 2.1.1 放置一个Ⅰ型强化器和未放强化器时的对比。

图5显示了在第二排块状元件的正上方放置一个Ⅰ型强化器,它与上通道接触并在横座标上显示出它的具体位置,从 $Nu$ 与 $N$ 的关系曲线可以看出,从第一排至五排均有明显的提高,但以第三排效果最明显,当流速降低, $Re$ 小于2800时,各排强化效果相差不大。

#### 2.1.2 放置一个Ⅱ型强化器和未放强化器时的对比

图6示出了实验结果,可以看出仍在第三排有个峰值出现,情况颇似Ⅰ型,但除1排外,其它诸排均比Ⅰ型有更好的效果。

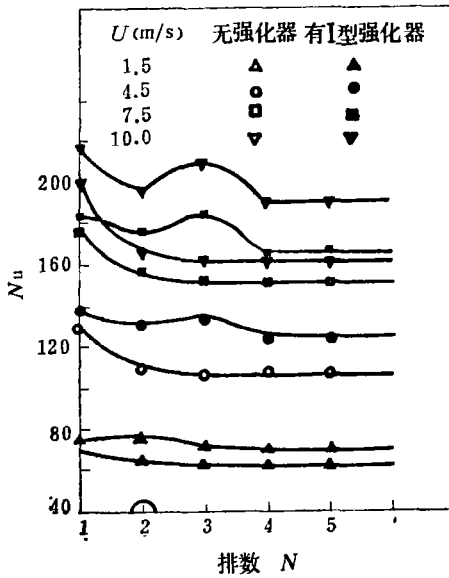


图5. 放置I型强化器时Nu数与流速、排数N之间的关系

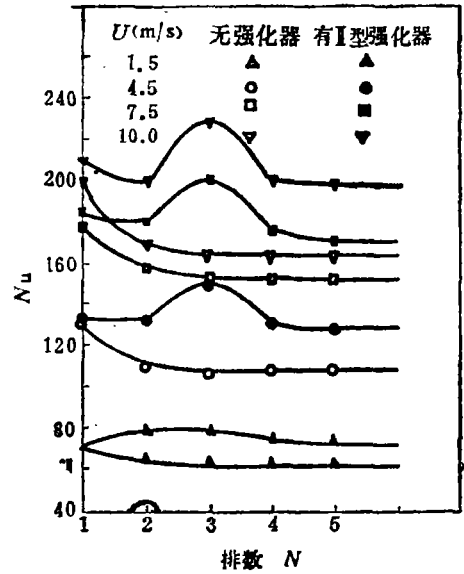


图6. 放置II型强化器时Nu数与排数N之间的关系

### 2.1.3 放置二个强化器时对传热的影响

当使用二个强化器时，均使用I型移置式强化器，其放置位置均已在图7和图8中表示为了区别，将图7横坐标上强化器所表示的位置称作A，图8中所示位置称作B。可以看出，由于有第二个强化器的存在，每排块状元件是两个强化器的共同作用的结果，因此各排块状元件Nu的数均高于使用一个强化器时的Nu数。从A、B情况对比，B种情况的强化效果高于A种情况。所有这些都从图7和图8中显示出来。

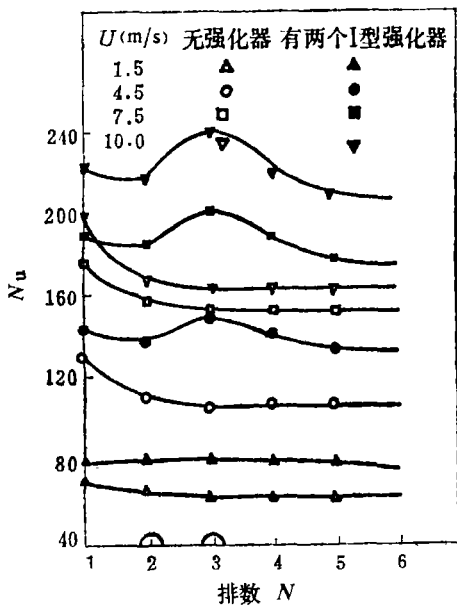


图7. A种情况下Nu与流速、排数N间的关系

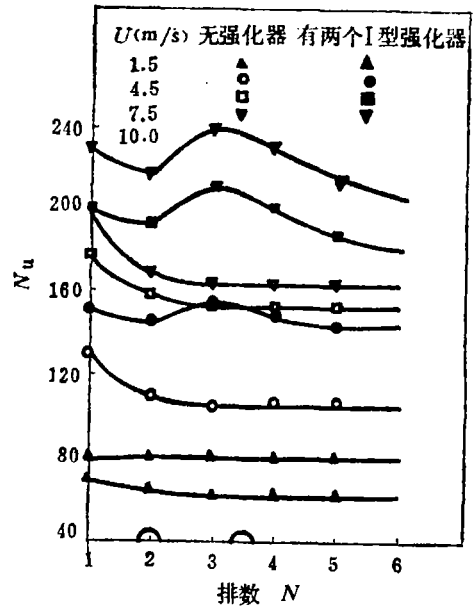


图8. B种情况下Nu与流速、排数N间的关系

### 2.2 传热公式的拟合

按照元件在流动空气中的传热关系式可写成：

$$Nu = CR^n$$

通过实验数据可以确定  $C$  和  $n$ 。

#### 2.2.1 设置两个强化器时的A种情况的 $c$ 和 $n$ 值

排数	1	2	3	4	5
$c$	0.952	0.961	0.738	0.953	1.035
$n$	0.555	0.562	0.586	0.553	0.539

#### 2.2.2 设置两个强化器时的B种情况的 $c$ 和 $n$ 值

排数	1	2	3	4	5
$c$	0.922	0.986	0.764	0.755	1.151
$n$	0.564	0.552	0.588	0.585	0.533

### 2.3 形状阻力的比较

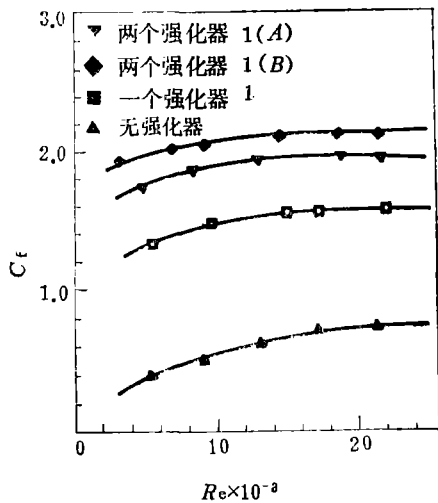


图9. 阻力系数  $c_f$  与雷诺数间的关系

阻力是由摩擦阻力和形状阻力组成，前者是由流体的粘性引起的，后者是由于不规则流道产生的。在电子设备中，形状阻力占主导地位。图9示出了设有各种增强器和没有增强器时的阻力曲线。从图中可以看出，当  $Re$  小于 14 000 时， $c_f$  随  $Re$  增加而增加；当  $Re$  大于 14 000 时， $c_f$  则不随  $Re$  增加而达到自摩区。从图中还可以看出， $B$  种情况的  $c_f$  大于  $A$  种情况的  $c_f$ 。

### 2.4 流体流动显示

为了进一步搞清强化传热的机理，通过流场显示并拍制照片。图10示出了无强化器时流线的情况。图11示出了加两个半圆形强化扰动器的流线情况。可以看出，在未加强化器时，流

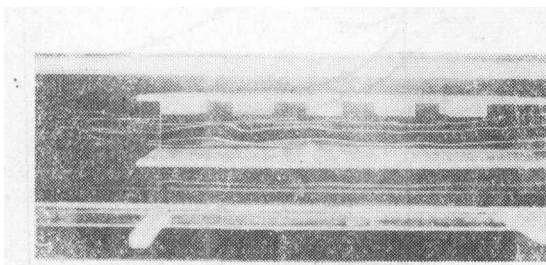


图10 无强化器时的流场显示照片

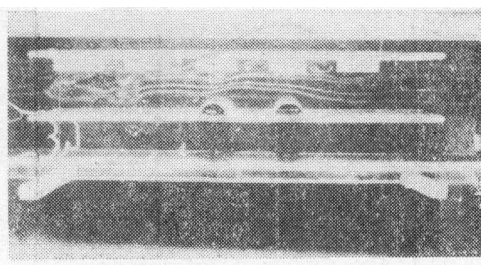


图11 有两个强化器时的流场显示照片

体流过块状元件时各流线并不紧靠在块状元件的上表面，当增加两个强化器时，其流线和上面的情况大不相同，使元件表面上的边界层变薄。

### 3 分析与结论

通过流动显示,可以清楚的看到,当使用两个强化器时,随着诺数的增加,在4排和5排出现旋涡(图11)。由于旋涡的存在,使这两排的换热增强。对于1、2、3排虽然没有旋涡,但由于强化器的阻塞作用,使强化器附近的局部切向速度增大,同样使换热能力增强。通过实验和分析可以得出以下结论:

(1) 在微电子冷却中,加强器是一种简易有效的强化传热方法,其强化效果和几何形状及安装位值有关。安装一个强化器时,虽然各排传热均有增强,但以第三排最显著。I型和II型相比,II型阻力小,强化传热效果也高于I型。

(2) 使用两个强化器和使用一个相对比,一二三排的传热均有增强。由于旋涡相互作用,所以对4、5排的增强尤为显著,但阻力也增加,在实际应用时需综合考虑这些因素。

(3) 各种情况下的对流传热系数计算,可按下面公式计算  $Nu = CR^n$ , 式中的  $c$  和  $n$  值均分别列于两个表中。

(4) 通过可视化实验,移置式强化传热的机理可认为是:①由于强化器的阻塞作用,使块状件表面上的切向流速增加,因而减薄了边界层从而使传热增加;②当  $Re$  数较大时,在强化器后的尾流与块状元件激发的旋涡相互作用,从而使四五排的传热增强。

### 参 考 文 献

- [1] Sparrow E M, Neithammer J E and Chabocki A. Heat Transfer and pressure Drop Characteristics of Arrays of Rectangular Modules Encountered Electronic Equipment, Int. J. Heat Mass Transfer 1983; 25: 961~973
- [2] Sparrow E M, Yanezmoreno A A and Otis. D R. Convection Heat Transfer Response to Height Differences in An Array of Block-Like Electronic Components, Int. J. Heat Mass Transfer 1984; 27: 499~473
- [3] Moffat R J, Arvizu D E and Ortega A. Cooling Electronic Components; Forced Convection Experiments with Air-Cooled Array, 1985; HTD-Vol. 48: 17~27
- [4] Lehmann G T, Wirtz R A. The Effect of Variations in Stream-Wise Spacing and Length on Convection from Surface Mounted Rectangular Components, 1985; ASME HTD 48: 39~47
- [5] Chen Z Q, Wang Y H. Heat Transfer Performance of Rectangular Components in Electronic Devices (in Chinese), Journal of Xian Jiaotong University, 21: 1987; 23~31
- [6] Hwang V P. Thermal Design Using Turbulator for Air-cooled Electronic Modules on A Card Package, Proc. NEPCON west, March, 1984; 441~449
- [7] Ashiware N, Nakayama W and Daijoku T. Forced Convection Heat Transfer from LSI Packages in an Arr-Cooled Wiring Card Array, ASME HTD 1983; 28: 35~42

- [8] Nakayama W, Matsushima H and Goel P, Forced Convection Heat Transfer from Arrays of Finned Packages, Proceedings of the International Symposium on Cooling Technology for Electronic Equipment, March, 1987; Honolulu
- [9] Ratts E, Amon C H, Mikic B B, Patera A T, Cooling Enhancement of Forced Convection Air Cooled Chip Array Trough Flow Modulation Induced Vortex-Shedding Cylinders in Cross-Flow, Proceedings of the International Symposium on Cooling Technology for Electronic Equipment, March, 1983; Honolulu.

## Enhanced Heat Transfer from Air-Cooled Rectangular Electronic Component by Means of Promoters

Gan Yongping Wang Xun Lei Daoheng et al.

(Department of Thermal Engineering)

**[Abstract]** Two types of enhanced promoters were employed for improving the air cooling of the electronic components in-line arrangements. The average heat transfer coefficient of the forced convection increased by 25%. The experiments were conducted with Re ranging from 2800 to 22000. A set of empirical formulas was presented to correlate the experimental data for each specific configuration. On the basis of the flow visualization the mechanism of heat transfer procession was explained.

**Key Words:** Promoters, air-cooled, electronic components