

銅底效應對電腦散熱片模組散熱能力之影響

江可達 林倉民

摘要

本文探討在強制對流狀態下電腦中央處理器晶片散熱片模組之散熱現象，並分析其模組底部之銅底效應對散熱能力之影響。研究中開發與建立其散熱片模組之散熱數值模擬分析模型，從其強制對流之流場速度與模組之溫度場分佈情形中來分析其銅底之效應。其獲得結果為銅底效應確實能將導熱膏所傳導之熱量能均勻擴散到整個散熱片模組底部，可避免出現底部之熱量集中現象。同時可降低散熱片模組的各項溫度值與熱阻抗值 $R(^{\circ}\text{C}/\text{W})$ ，其遞減程度也有隨著其銅底面積增加而增加。減少其散熱片模組鰭片上開槽數，除了增加其散熱面積外，使得其模組所承受風量增多並提昇其散熱能力。在提昇其散熱能力上，增加其鰭片之散熱面積所產生效應會高於對整個底部之銅底效應。

關鍵詞：銅底、散熱片、強制對流、散熱面積、熱阻抗值。

The effect of copper bottom of a computer heat sink module for the heat removal capability

Ko-Ta Chiang and Tsang-Min Lin

Abstract

This article investigates the heat removal phenomenon of a computer heat sink module in the state of force convection and analyses the effect of copper bottom in the base of module for the effective of heat removal capability. We develop the numerical simulate analysis model of heat sink to analyze the effect of copper bottom through flow of the field speed distribution and the temperature of module analysis. The effect of copper bottom uniform diffuses the amount of heat from the heat-conductive paste indeed and avoids the appearance of centralizing heat on the base of heat sink module. It may reduce each temperature variables of heat sinks and heat resistance $R(^{\circ}\text{C}/\text{W})$ as increasing the surface of copper bottom. Decreasing the amount of slotting trough will increase the surface of heat removal and the amount of cooling air and benefit to the capability of heat removal. Increasing the surface of fin is more better than the copper bottom of module base in the effective of heat removal capability.

Keyword: copper bottom, heat sink, forced convection, surface of heat removal, thermal resistance

一、前言

電子設備品質之優劣與市場之競爭力受制於其散熱處理能力之良窳，因為熱量的累積是電子元件的最大致命傷，而大量的熱量累積將會造成晶片、基板及封裝體等產生相當大的熱應力，在無適當及有效的散熱設計下，則會嚴重地影響到晶片功能的可靠度及壽命。Bar-Cohen [1]發現當晶片的溫度每增加攝氏2度時，其功能的可靠度與穩定性將會減低10%。Yeh [2]也提出其電子元件的故障原因大部分來自於電子元件的過熱而造成損壞，其機率大約高於百分之五十。目前電子元件製造技術都朝向輕、薄、短、小等方向研發，晶片製造技術上則以「提高積體密度」及「縮短晶體間繞線距離」等為發展方針，電子設備的結構設計上也趨向緊密性，更使得單位容積下負載熱量增加，因此必須有以最經濟成本及有效地將熱量迅速傳出之設計方案，以確保電子元件功能的可靠度及壽命。

對電子元件的散熱問題處理方式藉以電子元件之外部流場，將電子元件運作時所引發的熱量來進行散熱[3-7]。處

理過程有修改主機板上電子元件安置的幾何位置，以增進自然對流效應及熱傳遞能力，以獲得最佳的散熱與冷卻效果[8]。或者採取強迫對流方式以風扇對主機板上電子元件吹入冷空氣來作為散熱流體介質。由於電子設備之結構內部空間有限，自然對流效應所帶走熱量不多，而應用風扇吹過整個主機板，其風量又過於分散且不夠集中。對於電腦中央處理器(CPU)晶片而言，為了提高晶片的處理速度與計算能力，增強其晶片之功率，相對地其熱量隨著時脈頻率(clock frequency)的增加而上升，非常需要有效散熱方式來避免過熱現象發生而造成短路並導致晶片燒毀。目前處理散熱方式是在中央處理器晶片之上方架設散熱片並加裝風扇，熱量由中央處理器晶片傳導到散熱片後，再透過風扇吹拂散熱片表面將熱量帶走。因此其散熱片材質與外形尺寸會影響其對流效果與散熱能力，所以在熱傳分析上如何設計散熱片扮演很重要的角色。散熱片材料之熱傳導率越高，其熱傳效果越好。而熱傳導率依序為銀($410\text{W/m}^\circ\text{C}$)、銅($385\text{W/m}^\circ\text{C}$)、金($295\text{W/m}^\circ\text{C}$)、鋁

($202\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)，一般散熱片材料為考慮成本及重量以銅或鋁材料較多。至於散熱片的外形尺寸除受制內部空間之大小限制外，其造形之表面積大小、鰭片數多寡、間隙距離、鰭片方向或整個散熱片的容積比等，皆與提高對流效果及增強散熱能力有著密切地關聯性。有關散熱片的理論分析，過去學者皆將散熱片視為二維矩形平板[9-13]，其暫態熱傳率受制於其散熱片材質的畢歐數(Biot number)值之影響，並隨著畢歐數值增大而增加。至於風扇的選用，首先在如何決定對整個特定系統其散熱所需的風量，依據系統所產生熱負載量及是否帶走足夠的熱量，並可控制其系統內部在所能允許的溫度上升範圍內，以期預防系統過熱的情形發生。以風扇對散熱片表面吹入冷空氣的強制對流之流場，而產生的三維擾流變化，除了受制於散熱片的外形尺寸之影響，其風扇安裝的位置也影響到其散熱效率之程度。從 Wirtz、Sohal 與 Wang [14]所提出之實驗結果中，發現當風扇緊貼著散熱片上方中央時，在風扇輪轂半徑內其散熱現象較差，即此處將出現最高溫度。因

此，改變風扇葉片之安裝角度與調整風扇和散熱片間距離，可以改善並提升其散熱能力。

對於提昇電腦中央處理器(CPU)晶片散熱片模組之散熱效能，除了考慮上述因素外，最重要的關鍵在於電腦中央處理器晶片運轉時產生熱量確保都能傳導到散熱片模組。因為一般散熱片模組底部與晶片之接觸通常都是不平整的，不緊密的，必須在兩者之間塗上導熱膏來加以填平之間縫隙與增加其導熱能力，並使用模組本身的扣具用以加壓使得兩者能緊密接觸。而導熱膏的導熱係數、塗抹技巧與塗抹範圍皆會影響其晶片運轉時傳導到散熱片模組之熱量多寡。此外，導熱膏的塗抹範圍決定其散熱片模組底部與晶片之接觸面積，一般大致在長25mm寬25mm之內，對散熱片模組底部受到熱源則會有過於集中之現象。目前改善方式是在散熱片模組底部貼附一層薄銅片(厚度約0.1mm)作為銅底，藉由其高熱傳導係數能迅速地將透過導熱膏所傳導之熱量擴散到整個散熱片模組底部，並快速地傳導到散熱片模組本身。

本文藉由I-Deas Master Series 8 分析軟體來模擬其電腦中央處理器(CPU)晶片散熱片模組之散熱現象，並分析在散熱片模組底部之銅底效應對散熱能力之影響。本研究中以某公司所製造鋁合金的電腦中央處理器晶片之銅底散熱片模組作為研究對象，如圖一所示，透過所開發出其散熱片模組之散熱數值模擬分析模型來了解其強制對流之流場速度與模組之溫度場分佈情形，並比較底部銅底效應對於模組溫度場之影響情形。銅底效應對於其散熱片之最高溫度、最低溫度與熱阻抗值 $R(^{\circ}\text{C}/\text{W})$ 等數值之影響，以及對有關銅底範圍與鰭片造型之改進設計方案等有關增進其模組之散熱效能都加以分析。

二、數學模式分析

對於架在電腦中央處理器晶片上散熱片模組，其基本假設條件如下：

- (1).散熱片表面對流熱傳係數 h 、熱傳係數 k 與其他有關物理性質均為常數。
- (2).忽略熱輻射效應。
- (3).散熱片內部無熱源產生，其底部受制中央處理器晶片運轉時產生之等

量熱率。

其統制方程式如下：

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

散熱片底部受制於中央處理器晶片運轉時產生之等量熱率 \dot{q} ，其邊界條件如下：

$$-k \frac{\partial T}{\partial z} = \dot{q}, \quad z = 0 \quad (2)$$

散熱片表面與四周空氣接觸處之邊界條件：

$$-k \frac{\partial T}{\partial n} = h(T - T^*) \quad (3)$$

其中 T 為散熱片的溫度、 T^* 為空氣的溫度、 k 為熱傳係數、 h 為散熱片表面之對流熱傳係數， n 為散熱片表面與四周的空氣接觸處之法線方向。

其次建立平板散熱片四周空氣流場之物理模式，藉以了解其流場所能帶走的熱傳量情形。在電腦中央處理器晶片上散熱片模組週圍所建立矩形空間，其物理模式的基本假設條件如下：

- (1).流體介質為空氣，設定為牛頓流體且不可壓縮流體。
- (2).為三維穩態擾流狀態，其擾流模組採用固定擾流黏性模組(fixed turbulent viscosity model)。
- (3).旋渦黏性採用雷諾應力之模組，其

餘有關物理性質均為常數。

其穩態擾流狀態統制方程式以時間平均值之連續方程式、動量方程式、能量方程式描述如下：

$$\frac{\partial \bar{u}'}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}'}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}'}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

$$\rho(\bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z}) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial x} + \mu(\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial z^2}) - \rho(\frac{\partial \bar{u}'^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}'v'}{\partial y} + \frac{\partial \bar{u}'w'}{\partial z}) \quad (5)$$

$$\rho(\bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z}) = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial y} + \mu(\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial z^2}) - \rho(\frac{\partial \bar{u}'v'}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}'^2}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}'w'}{\partial z}) \quad (6)$$

$$\rho(\bar{u} \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{w}}{\partial z}) = \rho g - \frac{\partial \bar{P}}{\partial z} + \mu(\frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial z^2}) - \rho(\frac{\partial \bar{u}'w'}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}'w'}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}'^2}{\partial z}) \quad (7)$$

$$\rho C_p(\bar{u} \frac{\partial \bar{T}^*}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{T}^*}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{T}^*}{\partial z}) = k \cdot (\frac{\partial^2 \bar{T}^*}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{T}^*}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \bar{T}^*}{\partial z^2}) - \rho C_p(\frac{\partial \bar{T}^* u'}{\partial x} + \frac{\partial \bar{T}^* v'}{\partial y} + \frac{\partial \bar{T}^* w'}{\partial z}) \quad (8)$$

其中 (u, v, w) 為流體的 x, y, z 方向之速度、 ρ 為流體之密度、 P 為壓力、 g 為重力加速度、 C_p 為等壓比熱及 μ 為流體之黏性係數。

四周的空氣與散熱片表面接觸處之

邊界條件，除了要吻合(3)式外，也滿足無滑動邊界條件如下：

$$u = v = w = 0 \quad (9)$$

三、數值分析方法

本研究中所使用I-Deas Master Series 8是一套CAD/CAM/CAE/CAT整合性軟體，以軟體中所提供網格產生器(meshing)協助模型之建構，並以其軟體中之電子系統冷卻分析軟體(Electronic system cooling)作為模擬與求解整個模組的溫度場、速度場分析輔助之用。首先以三節點三角形的薄殼元素(thin shell)作為建構板散熱片底部之銅底與散熱膏之塗抹範圍，其次對於散熱片本體的網格，則以四節點三角錐(4-Node Tetrahedral)實體元素來產生。為分析散熱片四周的空氣中由風扇所引發強制對流之流場，本研究設定一個長240mm寬240mm高46mm的空間來包圍散熱片實體，其表面是可以讓空氣自外部進出。另設計一個長120mm寬120mm高46mm的空間對散熱片周圍的溫度場、速度場作更精確地計算，其網格大小需切割更細密。兩者的網格，都

以四節點三角錐(4-Node Tetrahedral)實體元素來產生，並將散熱片本體與四周空氣兩者所建構之網格與元素結合。對散熱片上方之風扇，則以三節點三角形的薄殼元素(thin shell)來設定風扇之網格與元素。其整個模型之網格與元素狀況，如圖二所示。爲了提高其正確性，其網格的大小與元素之選取，曾經作多次切割與比較。

對於模擬與求解整個模組的溫度場、速度場使用其軟體中之電子系統冷卻分析軟體，並透過分析軟體來對整個模組之統制方程式與邊界條件設定。有關本文所求其散熱片的溫度場與空氣中由風扇所引發強制對流流場的速度等之收斂條件設定如下：

矩形平板散熱片溫度場之收斂條件

$$\left| \frac{T^{n+1} - T^n}{T^{n+1}} \right|_{\max} < 10^{-6} \quad (10)$$

矩形平板散熱片周圍溫度場、流場速度之收斂條件

$$\left| \frac{T^{*n+1} - T^{*n}}{T^{*n+1}} \right|_{\max} < 10^{-6} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{Max}(|u^{n+1} - u^n|, |v^{n+1} - v^n|, \\ |w^{n+1} - w^n|) < 10^{-6} \end{aligned} \quad (12)$$

分析過程中以某公司所製造鋁合金的電腦中央處理器晶片之銅底散熱片模組作爲研究對象，其散熱片與風扇的規格詳細資料，如表一所示。其散熱片本身材質爲鋁合金(AL6063)，熱傳係數 k 爲 $192.13 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ ，銅底材質爲紅銅(copper 110)，熱傳係數 k 爲 $391.33 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ 。散熱片上方之風扇以 21.19 CFM 風量，以正向吹向散熱片模組，周圍環境空氣溫度爲 27.9°C [15]。中央處理器晶片爲AMD CPU Athlon 1.4G Hz 1.75V，其最大熱量達 76W ，若此散熱片模組能通過測試，則足以符合適用目前市面上中央處理器晶片的所需求之散熱能力要求。在散熱片模組底部與晶片之接觸處塗上AK100導熱膏(其導熱係數爲 0.9)，並使用模組本身的扣具用以加壓使得兩者能緊密接觸。

四、結果與討論

關於散熱片模組的散熱能力之良窳，以能否將熱量從中央處理器晶片處傳導至散熱片後，很順利地再透過其散熱片四周由風扇所引發強制對流之流場，藉此流場將熱量帶走之程度來判

定。因此最重要的關鍵在於電腦中央處理器晶片運轉時產生熱量確保都能傳導到散熱片模組，否則只增強散熱片模組的散熱能力與風扇之風速是無濟於事。一般散熱片模組底部與晶片之接觸處塗上導熱膏來加以填平兩者之間縫隙與增加其導熱能力，並使用模組本身的扣具用以加壓使得兩者能緊密接觸。而導熱膏的導熱係數、塗抹技巧與塗抹範圍則決定其晶片運轉時傳導到散熱片模組之熱量多寡。爲了提昇其傳導到散熱片模組之熱量，皆會採用更高導熱係數的導熱膏。但是散熱片模組底部與晶片之接觸面積一般大致在長25mm寬25mm之內，導熱膏的塗抹範圍只能侷限於此，會使得散熱片模組底部出現熱源過於集中之現象。目前改善方式是在散熱片模組底部貼附一層薄銅片(厚度約0.1mm)作爲銅底，藉由其高熱傳導係數能迅速地將透過導熱膏所傳導之熱量擴散到整個散熱片模組底部，並快速地傳導到散熱片模組本身。

研究中分析其散熱片模組之溫度場是以其鱗片的溫度場分佈狀況與底部之最高溫度值作爲參考數據，並計算出其

熱阻抗值 R ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)。而熱阻抗值 R 爲中央處理器晶片全速運轉時其散熱片模組之最高溫度值減去環境溫度值所得之溫差值除以中央處理器晶片產生最大熱量，此值越低表示其散熱片模組的散熱能力越好，以目前AMD CPU Athlon 1.4G Hz 1.75V 晶片組需要熱阻值 R 低於 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 以下。

此外，爲驗證本文所開發散熱數值模擬分析模組之準確性，將研究中透過散熱數值模擬分析模型計算出之其模組最高溫度值爲 53.381°C ，與有提供此類散熱片模組量測的超頻者天堂網站[16]相關資料中，獲得其模組之最高溫度值爲 52.7°C ，兩者數值非常接近，足以確認本研究所開發其散熱片模組之準確性。

(一)原設計散熱片模組的速度場與溫度場之分析

首先觀察原設計散熱片模組之造型，可以發現其模組中每一鱗片高度相同，在所有鱗片上開五個3mm寬的槽，中間處三個開槽用於安置模組本身的扣具，以作爲加壓使得散熱片模組能緊密接觸到電腦中央處理器晶片。而在散熱

片模組底部之一側上切削出一個導槽，作為其散熱片模組安裝在電腦中央處理器晶片基座上的定位之用。在散熱片模組底部貼附一層薄銅片(厚度約0.1mm)作為銅底，範圍為長67mm寬48mm，與晶片接觸處塗抹上長25mm寬25mm之導熱膏。當然在鰭片上開槽情形，會使得其散熱片的表面積減少，也影響其由風扇所引發強制對流之流場變化。在圖三-A中由風扇所引發強制對流之流場中速度分佈情況中，可以發現其風量沿著散熱片模組鰭片前後方向流出，也從在鰭片開槽處向外流出。散熱片上方風扇送風範圍只在其內徑與外徑間，而在風扇輪轂半徑內與風扇四周之風量為最少的。此時在散熱片左右方向無引入冷空氣之現象，使得整個散熱片模組之散熱能力只能依靠風扇所提供冷卻之風量而定。另從圖三-B中，可以很明顯觀察到在散熱片模組中間鰭片處速度分佈由左右兩邊的鰭片依序地向內而遞增，而靠近散熱片中間處速度出現最大的情形。因為從散熱片上方風扇只在其內徑與外徑間送風，散熱片左右兩邊鰭片應該所承受風量較多，但是鰭片中間處開

槽因素使得部分的風量從在鰭片開槽處向外流出，造成其中間處鰭片所承受風量反而成為最多。分別觀察位於散熱片模組之開槽處與鰭片中間處的截面速度分佈情形，如圖四-A、B所示，可以應證從在鰭片開槽處向外流失不少風量，使得其左右兩邊鰭片處所承受風量較少，而中間處鰭片則較多風量，速度分佈較高以至於速度最大達到6.066m/s。另外，更明顯地觀察到在風扇輪轂半徑內鰭片承受風量最少，可以預測此處將會出現最高溫度。

接著觀察其散熱片模組的底部之溫度場分佈情形，如圖五-A所示，發現底部溫度分佈由模組底部與晶片之導熱膏的塗抹處向四周擴散開之現象。此現象是由於在散熱片模組底部貼附一層銅底，將導熱膏所傳導之熱量能均勻擴散到整個散熱片模組底部，並快速地傳導到散熱片模組本身。而其模組之最高溫度則位於底部導熱膏塗抹處之中央，因為此處除了必須承受電腦中央處理器晶片運轉時產生熱量，且位於風扇輪轂半徑內及在安置模組扣具之開槽處，此處承受風量不但屬於最少且風量流失也不

少。

圖五-B所示其散熱片模組之鰭片間溫度場分佈情形，可以發現位於風扇內徑與外徑間之鰭片溫度分佈處於低溫度區域，足以說明其散熱片上方風扇只在其內徑與外徑間送風，此處鰭片所承受風量較多。而位於風扇輪轂半徑內之鰭片溫度分佈，則維持相當的高溫度區域，此處位於底部導熱膏塗抹處且承受風量最少。此現象說明其溫度分佈變化與鰭片所承受風量有著明顯地關係，即所承受風量越大之鰭片將處於低溫度區域。而每一片鰭片之溫度場分佈有由上依序地向下而遞增的現象，說明其熱量由散熱片模組底部傳至散熱片的每一片鰭片。

(二) 銅底效應

首先取相同於原設計造型而其底部無貼附一層薄銅片之散熱片模組(稱為模組一)，來作為比較顯示出銅底效應。其模組之最高溫度、最低溫度與與兩者溫度差以及熱阻抗值($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)等數值比較，如表二所列。從圖六-A中觀察其散熱片模組的底部之溫度場分佈中，發現高溫度區域集中於底部導熱膏塗抹

處，另外整個模組之溫度場分佈區域由原模組之溫度區域($53.381^{\circ}\text{C}\sim 43.587^{\circ}\text{C}$)改變成為($60.651^{\circ}\text{C}\sim 42.592^{\circ}\text{C}$)，而最低與最高溫度之溫度差由 9.794°C 提昇為 18.059°C 。說明其散熱片模組底部與晶片間之所傳導熱量只能侷限於導熱膏之塗抹範圍，無法迅速地擴散到整個散熱片模組底部，造成對散熱片模組底部會有熱源過於集中之現象。此處位於風扇輪轂半徑之內所承受風量最少，勢必會維持相當的高溫度區域。因此形成整個散熱片模組之溫度差擴大，從觀察其散熱片模組之鰭片間溫度場分佈情形，如圖六-B所示，就發現其鰭片溫度分佈皆處於低溫度區域，比原模組之溫度區域範圍增多，主要因素是熱量由散熱片模組底部無法有效地傳導至散熱片的每一片鰭片。圖七所示銅底模組(A)與無銅底模組一(B)之由散熱片模組底部至鰭片間之溫度場分佈情形，很明顯地觀察到銅底模組之溫度場分佈很均勻，而無銅底模組一則有溫度差擴大且高溫區域集中限於導熱膏之塗抹範圍。足以證明其銅底效應能將導熱膏所傳導之熱量能均勻擴散到整個散熱片模組底部，避免

出現有無銅底模組一之熱量集中現象。

依據上述原設計散熱片模組與無銅底模組一的分析結果，對原模組之底部做些調整。首先將原模組的整個底部都貼附一層薄銅片，此模組則稱為模組二，如圖八-A所示。此外除了對整個底部都貼附一層薄銅片外，保留其鰭片上中間之三個開槽用於安置模組本身的扣具，其餘兩開槽去除以增加散熱面積，此模組則稱為模組三，如圖八-B所示。其模組的銅底面積、散熱表面積與透過其散熱數值模擬分析模型計算出之最高溫度、最低溫度與兩者溫度差以及熱阻抗值($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)等數值比較，如表二所列。模組二的銅底面積比原模組的增加1584mm，增加率為49.25%，其最高溫度值則遞減1.006 $^{\circ}\text{C}$ ，而遞減程度為1.88%。再從圖九-B中散熱片模組的底部之溫度場分佈情形與原模組相互比較下顯現出十分均勻，其整個模組之溫度場降到(52.375 $^{\circ}\text{C}$ ~42.670 $^{\circ}\text{C}$)區域，足以證明其銅底效應能將導熱膏所傳導之熱量能均勻擴散到整個散熱片模組底部。自然地，由散熱片模組底部傳至散熱片的每一片鰭片之熱量也十分均勻，使得

每一片鰭片之散熱效能都予於提升。模組三是增加其鰭片之散熱面積為7692，增加率為6.62%，從如表二所列中得比模組二之最高溫度值再遞減1.759 $^{\circ}\text{C}$ ，而遞減程度為3.36%。另從圖九-A中其整個模組之溫度場的遞減程度最為明顯，再降到(50.616 $^{\circ}\text{C}$ ~42.462 $^{\circ}\text{C}$)，散熱片模組的底部之溫度場分佈情形與前兩者模組相互比較下更顯得十分均勻。

從上述對模組二、三之溫度場分佈情形分析中，銅底面積增加率為49.25%而其最高溫度值遞減程度為1.88%，但對其鰭片之散熱面積只有6.62%，而最高溫度值遞減程度則為3.36%。從比較銅底面積與散熱面積增加率之效果上，獲得增加其鰭片之散熱面積所產生之散熱能力會高於對整個底部之銅底效應。此現象說明其整個散熱片模組之散熱能力主要依靠是透過在每一片鰭片的表面上由風扇所引發強制對流之流場，其散熱能力由流場與鰭片的表面之間對流熱傳遞程度來決定，即藉此流場將熱量帶走之程度。而流場與鰭片的表面之間對流熱傳遞程度，其除了受制於由風扇所引發強制對流之流場強

弱外，每一片鰭片與流場接觸之表面積多寡也是不可忽略重要影響因素之一。因此在調整其原模組之造型上，若能同時增強其強制對流之流場強度與整個模組之散熱表面積增加，對於提昇其散熱能力很有助益。此現象之發生，可從圖十-A、B的強制對流之流場中速度分佈情況來說明，可以觀察到沿著散熱片中間處鰭片前後方向流出之風量增多，尤其在風扇之內徑與外徑間散熱片左右兩邊鰭片處風量最多，而其速度最大值處移向靠近其模組之左右兩邊，速度最大提昇 6.366 m/s，且不同於原模組之情形出現在中間處。所以整個模組在去除其餘兩開槽後，除了增加散熱面積外，也使得從鰭片之開槽處向外流失之風量減少。足以證明從鰭片之開槽處向外流失之風量減少，使得其模組之中間處所承受風量增多也提昇其散熱能力。

五、結論

本文透過所開發出之散熱片模組散熱數值模擬分析模型，用來分析與模擬其電腦中央處理器晶片的散熱片模組之散熱現象，來了解並比較銅底效應對於

模組底部溫度場之影響情形。其獲得結果如下：

- (1)銅底效應能將導熱膏所傳導之熱量能均勻擴散到整個散熱片模組底部，避免出現有無銅底模組一之熱量集中現象。
- (2)銅底效應可降低散熱片的各項溫度值與熱阻抗值 $R(^{\circ}\text{C}/\text{W})$ ，其遞減程度也有隨著其銅底面積增加而增加情形。
- (3)散熱片模組中安置模組本身的扣具之開槽，皆會使得其散熱片的表面積減少，也影響其由風扇所引發強制對流之流場變化與造成風量之流失。
- (4)對於提昇其散熱能力上，增加其鰭片之散熱面積所產生效應會高於對整個底部之銅底效應。

符號說明

C_p	等壓比熱
h	對流熱傳係數
g	重力加速度
k	熱傳導係數
P	壓力

\dot{q} 中央處理器晶片運轉時所產生之等量熱率

R 熱阻抗值 ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)

T 溫度

(u, v, w) $x y z$ 方向之速度

x, y, z 直角座標

ρ 密度

μ 黏性係數

上標

*

-

'

表示空氣

表示時間平均值

表示瞬間變動

model for forced air cooling of an electronic device", *J. of Electronic Package*, Vol. 111, P.41-45, 1989.

- [4] S. K. Kim, H. J. Sung and J. M. Hyun, "Mixed convection from multiple-layer boards with cross-streamwise periodic boundary conditions", *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 35, No. 11, p.2941-2951, 1992.
- [5] A. Morega and A. Bejan, "Optimal spacing of parallel boards with discrete heat sources cooled by laminar forced convection", *Numerical Heat Transfer, Part A*, Vol. 25, p.373, 1994.

- [6] S. H. Kim and N. K. Ananda, "Laminar developing flow and heat transfer between a series of parallel plates with surface mounted discrete heat sources", *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 37, No. 15, p.2231-2244, 1994.

- [7] 趙隆山、王世敏、薛千山，電子元件之三維散熱模式系統，中國機械工程學會第十三屆全國學術研討會論文集，第159-167頁，1996。

五、參考文獻

- [1] A. Bar-Cohen, A. D. Kraus and S. F. Davidson, "Thermal frontiers in the design and packaging of microelectronic equipment", *J. Mechanical Engineering*, June, 1983.
- [2] L. T. Yeh, "Review of heat transfer technologies in electronic equipment", *ASME J. Electronic Packaging*, Vol. 117, p.333-339, 1995.
- [3] A. Zebib and Y. K. Wo, "A two-dimensional conjugate heat Transfer

- [8] 吳俊逸、傅長樹、洪祖全，晶片系統冷卻方式之數值模擬，中華民國力學學會第二十一屆全國力學會議論文集，第9-16頁，1997。
- [9] Su, R. J. and Hwang, J. J., "The reduced form of the transient heat transfer equation of two-dimensional rectangular plate fin", *The Chinese J. Mechanics*, Vol. 13, pp. 101-105 (1997).
- [10] Ma, S.W., Behbahani, A.I. and Tsuei, Y.G., "Two-dimensional rectangular fin with variable heat transfer coefficient", *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 34, pp. 79-85 (1991).
- [11] Aziz, A. and Nguyen, H., "Two-dimensional effects in a triangular convecting fin", *AIAA, J. Thermophysics*, Vol. 6, pp. 165-167 (1992).
- [12] Aziz, A., "The effects of internal heat generation, anisotropy, and base temperature nonuniformity on heat transfer from a two-dimensional rectangular fin", *Heat Transfer Engineering*, Vol. 14, pp. 63-70 (1993).
- [13] Su, R. J. and Hwang, J. J., "Analysis of transient heat transfer in a cylindrical pin fin", *AIAA, J. Thermophysics and Heat Transfer*, Vol. 12, pp. 281-283 (1998).
- [14] Wirtz, R. A., Sohal, R. and Wang, H., "Thermal performance of pin-fin fan-sink assemblies", *ASME J. Electronic Packaging*, Vol. 119, pp. 26-31 (1997).
- [15] The I-Deas electronic system cooling user's guide, MAYA heat transfer technologies, 1995.
- [16] 超頻者天堂網站 www.oc.com.tw, 六款CPU散熱器--產品報導與效能實測, 2001.

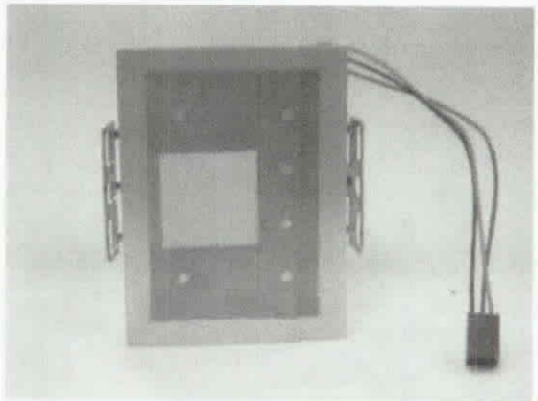
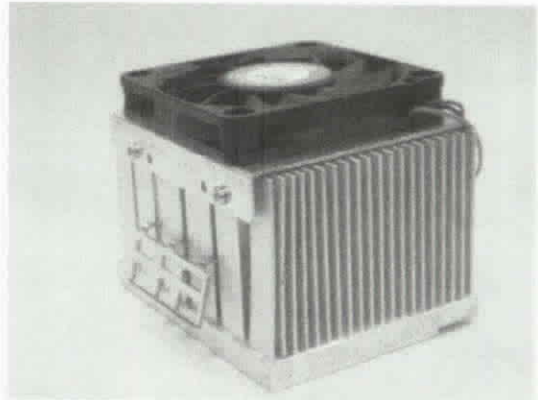
表一、散熱片與風扇的規格詳細資料

散熱片

散熱片材質	Aluminum Alloy 6063-T5
鰭片數	20
底部厚度	6.0mm
尺寸	80(L)X60(W)X46(H)mm
重量	248(g)
扣具材質	Steel SK7

風扇

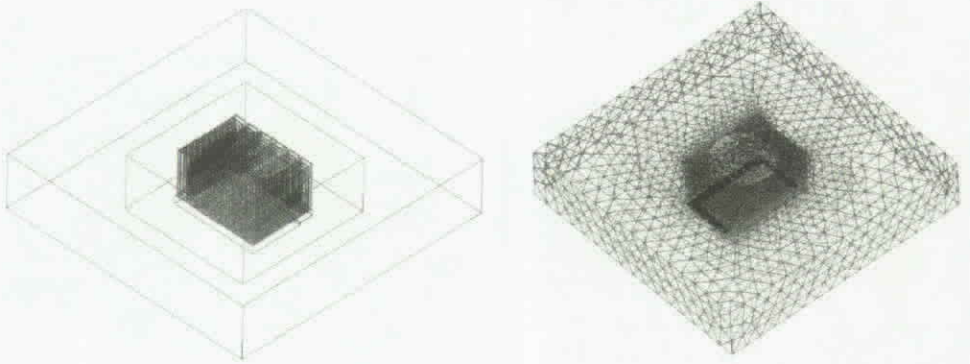
廠牌型號	台達AFB0612HA-S650(TWO BALL)
外型尺寸	60*60*10 mm
額定電壓	DC 12V
額定電流	0.18A
消耗功率	2.16W
最大風量	21.19 ± 15 % CFM (立方英尺/分)
軸承系統	Two Ball Bearing
訊噪比	46.5 dBA
扇葉數	11 Blades
迴轉方向	逆時針
風扇轉速	4800 ± 15 % RPM (每分鐘轉速)



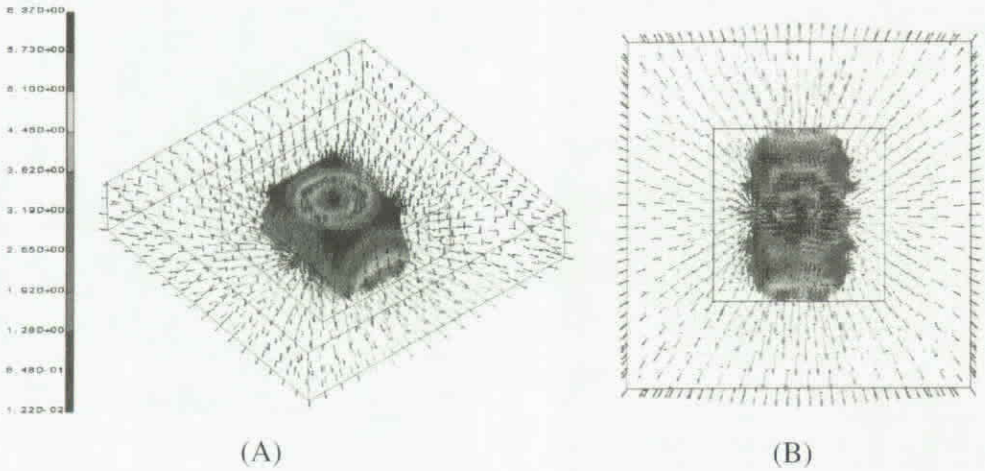
圖一、鋁合金製電腦中央處理器晶片銅底散熱片模組

表二、散熱片模組之各項性質

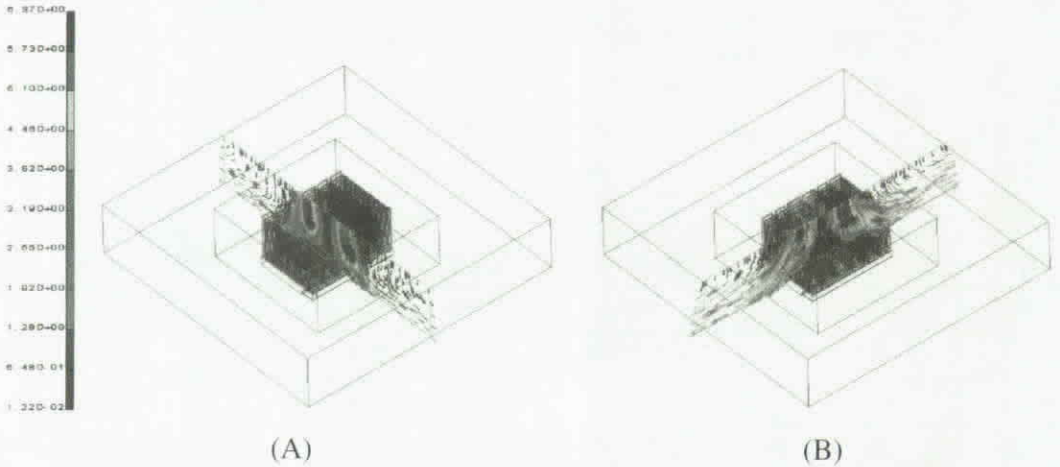
項目	銅底面積(mm ²)	散熱表面積(mm ²)	最高溫度(°C)
原模組	3216	116108	53.381
模組一	0	116108	60.651
模組二	4960	116108	52.375
模組三	4960	123800	50.616
項目	最低溫度(°C)	溫度差(°C)	熱阻抗值R(°C/W)
原模組	43.587	9.794	0.335
模組一	42.592	18.059	0.431
模組二	42.670	9.705	0.322
模組三	42.462	8.154	0.299



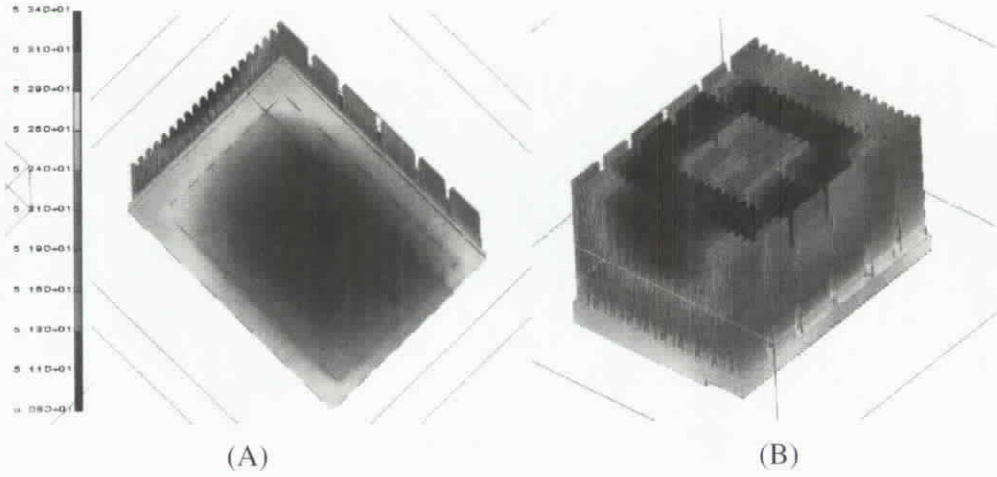
圖二、散熱片模組之(A)物理模式，(B)整個模型之網格與元素狀況



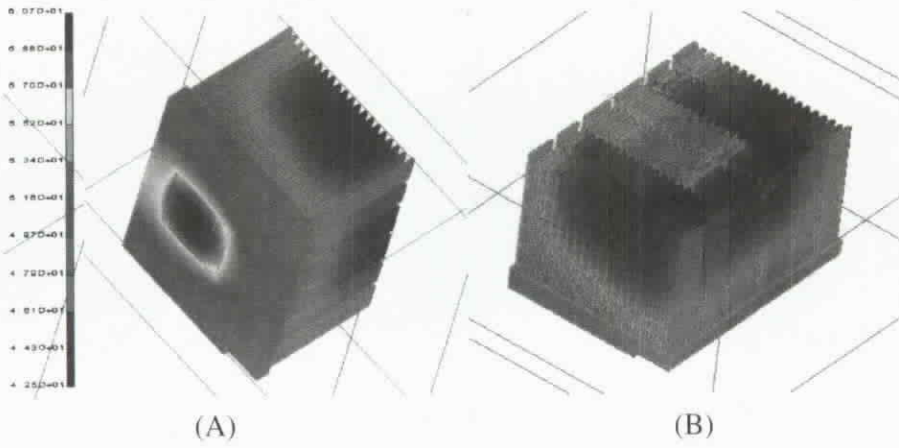
圖三、散熱片模組四周空氣強制對流流場之速度分佈



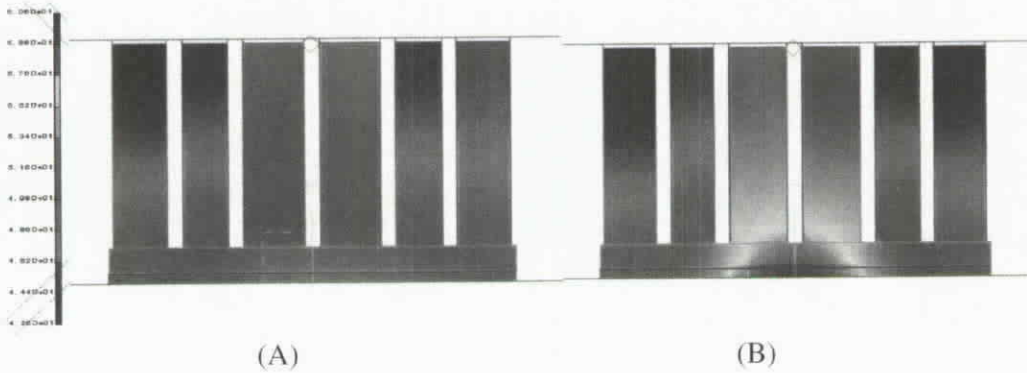
圖四、散熱片模組之(A)開槽處與(B)鰭片中間處之截面速度分佈



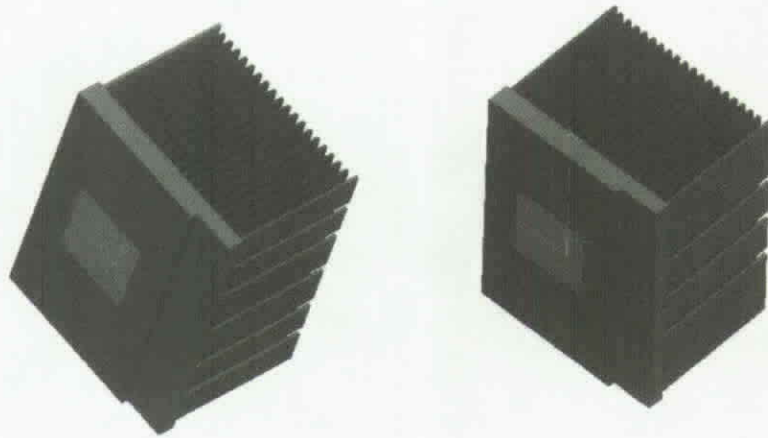
圖五、散熱片模組之溫度場分佈



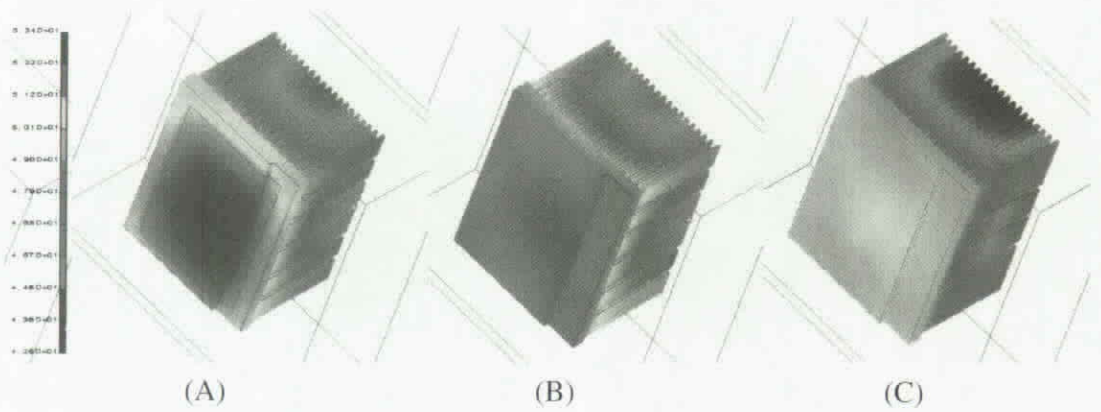
圖六、模組一之溫度場分佈



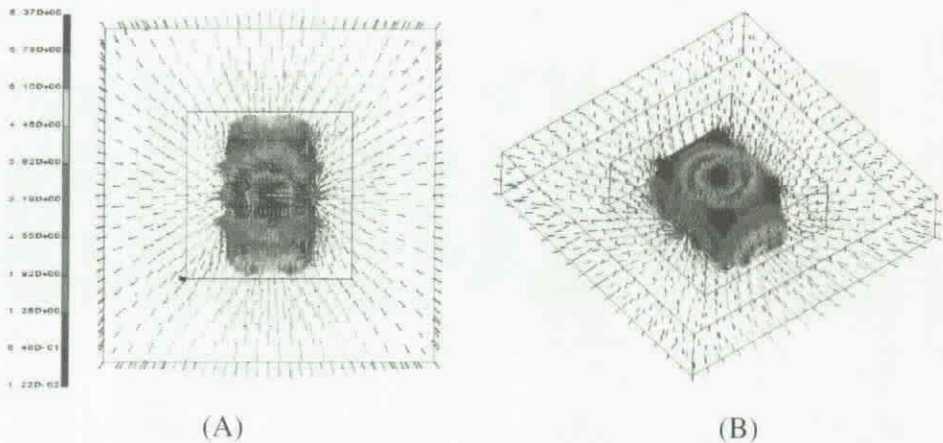
圖七、銅底模組(A)與無銅底模組一(B)底部至鰭片間之溫度場分佈



(A) (B)
圖八、模組一(A)與模組二(B)之散熱片造型



(A) (B) (C)
圖九、原模組(A)、模組一(B)與模組二(C)之溫度場分佈



(A) (B)
圖十、模組二的四周空氣強制對流流場之速