

公告

申請日期：91.9.20.

IPC分類

H01K 9/60

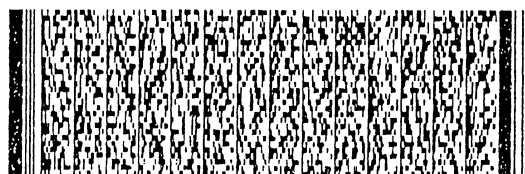
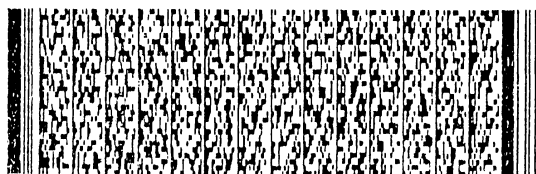
申請案號：91121633

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

560238

一、 發明名稱	中文	電滲透微通道冷卻系統
	英文	ELECTROOSMOTIC MICROCHANNEL COOLING SYSTEM
二、 發明人 (共12人)	姓名 (中文)	1. 肯尼斯·E·古德森 2. 陳傳華 3. 大衛·E·修伯
	姓名 (英文)	1. KENNETH E. GOODSON 2. CHUAN-HUA CHEN 3. DAVID E. HUBER
	國籍 (中英文)	1. 美國 US 2. 中國大陸 CN 3. 美國 US
	住居所 (中文)	1. 美國·加州94002·貝爾曼·威爾汀路1559號 2. 美國·加州94305·史丹佛·艾斯肯迪多路#341 621號 3. 美國·加州94040·山景路·淋浴路#165-N 49號
	住居所 (英文)	1. 1559 Winding Way, Belmont, CA 94002, U.S.A. 2. 621 Escondido Road #341, Stanford, CA 94305, U.S.A. 3. 49 Showers Drive #165-N, Mountain View, CA 94040, U.S.A.
三、 申請人 (共1人)	名稱或姓名 (中文)	1. 史丹佛初級學院董事會
	名稱或姓名 (英文)	1. THE BOARD OF TRUSTEES OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
	國籍 (中英文)	1. 美國 US
	住居所 (營業所) (中文)	1. 美國·加州94304·帕洛歐托·威爾奇路900號 (本地址與前向貴局申請者不同)
	住居所 (營業所) (英文)	1. 900 Welch Road, Palo Alto, CA 94304, U.S.A.
	代表人 (中文)	1. 凱瑟林·古
	代表人 (英文)	1. KATHARINE KU

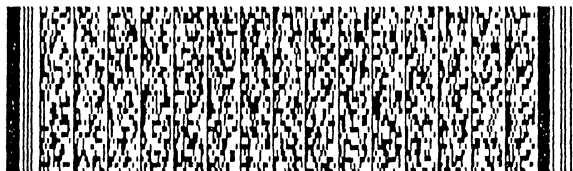


申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中 文	
	英 文	
二、 發明人 (共12人)	姓 名 (中文)	4. 姜立男 5. 湯瑪士·W·肯尼 6. 具宰模
	姓 名 (英文)	4. LINAN JIANG 5. THOMAS W. KENNY 6. JAE-MO KOO
	國 籍 (中英文)	4. 中國大陸 CN 5. 美國 US 6. 韓國 KR
	住居所 (中 文)	4. 美國·加州94025·曼羅公園·萊克森頓路209號 5. 美國·加州94070·聖卡羅·德方雪132號 6. 美國·加州94305·史丹佛·拜克威德路126號·第8I公寓
	住居所 (英 文)	4. 209 Lexington Drive, Menlo Park, CA 94025, U.S.A. 5. 132 Devonshire, San Carlos, CA 94070, U.S.A. 6. 11A McFarland Court, Stanford, CA 94305, U.S.A.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓 名 (中文)	
	名稱或 姓 名 (英文)	
	國 籍 (中英文)	
	住居所 (營業所) (中 文)	
	住居所 (營業所) (英 文)	
	代表人 (中文)	
	代表人 (英文)	

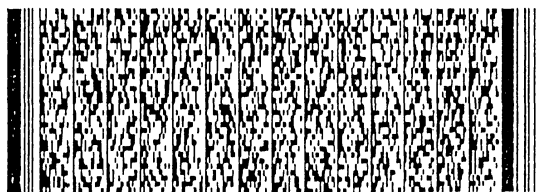


申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人 (共12人)	姓名 (中文)	7. 丹尼爾·J·拉塞 8. 詹姆斯·C·麥可森 9. 傑恩·G·聖地牙哥
	姓名 (英文)	7. DANIEL J. LASER 8. JAMES C. MIKKELSEN 9. JUAN G. SANTIAGO
	國籍 (中英文)	7. 美國 US 8. 美國 US 9. 美國 US
	住居所 (中文)	7. 美國·加州94117·舊金山·碧拉街144號 8. 美國·加州94024·洛杉磯·柯林頓路871號 9. 美國·加州94555·佛瑞曼·黃昏路5389號
	住居所 (英文)	7. 144 Beulah Street, San Francisco, CA 94117, U.S.A. 8. 871 Clinton Road, Los Altos, CA 94024, U.S.A. 9. 5389 Twilight Common, Fremont, CA 94555, U.S.A.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓名 (中文)	
	名稱或 姓名 (英文)	
	國籍 (中英文)	
	住居所 (營業所) (中文)	
	住居所 (營業所) (英文)	
	代表人 (中文)	
	代表人 (英文)	



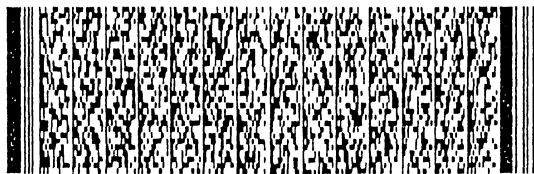
02181.p1d

申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人 (共12人)	姓名 (中文)	10. 王寧 11. 曾樹林 12. 張聯
	姓名 (英文)	10. EVELYN NING -YI WANG 11. SHULIN ZENG 12. LIAN ZHANG
	國籍 (中英文)	10. 美國 US 11. 中國大陸 CN 12. 中國大陸 CN
	住居所 (中文)	10. 美國·加州94305·史丹佛·維亞帕路450號 11. 美國·加州94086·桑尼威·卡勒尼路#22 415號 12. 美國·加州94087·桑威尼·里那特路1753號
	住居所 (英文)	10. 450 Via Palau Stanford, CA 94305, U.S.A. 11. 415 Acalanes Drive #22, Sunnyvale, CA 94086, U.S.A. 12. 1753 Linnett Lance, Sunnyvale, CA 94087, U.S.A.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓名 (中文)	
	名稱或 姓名 (英文)	
	國籍 (中英文)	
	住居所 (營業所) (中文)	
	住居所 (營業所) (英文)	
	代表人 (中文)	
	代表人 (英文)	



一、本案已向

國家(地區)申請專利	申請日期	案號	主張專利法第二十四條第一項優先權
美國 US	2001/09/28	60/326,151	有
美國 US	2002/01/19	10/053,859	有

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐熟習該項技術者易於獲得,不須寄存。

五、發明說明 (1)

本申請案關係於在 2001 年 9 月 28 日提出申請的美國申請案第 60/326,151 號之優先權聲明且特別地以引用方式併於本文。本文所述本發明部份為 DARPA/Air Force Contract F33615-99-C-1442 所支持。

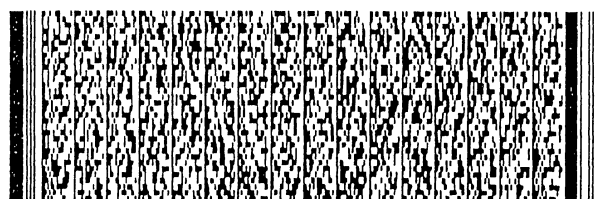
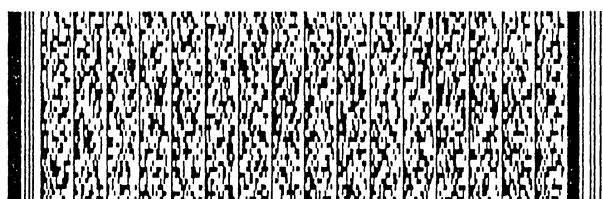
[發明所屬之技術領域]

本發明概括地有關從熱產生型裝置所產生的熱之移除，具體言之，本發明係有關從積體電路、光電裝置、動力電子、生物分析裝置和任何會散逸或吸收充足的熱因而需要特殊的熱移除工具之裝置所產生的熱之移除。

[先前技術]

包括例如袖珍電腦、手持電腦和桌上型電腦以及行動電話之電子系統係透過輸入電力的使用而操作的，此等系統具有下述特性，亦即，某些輸入電力會轉變成熱，且所產生的熱一般會集中在可識別的區域中，例如積體電路晶片或電路板，此等裝置和產品視需要組裝著散熱器、風扇、散熱管、冷凍器、和冷卻水以將彼等的操作溫度調節在特定範圍之內。

預期目前在發展中的電子裝置都會以超過傳統散熱器技術所具冷卻能力之總體速率和空間密度產生熱量，例如，半導體工業所擬定且由國際半導體技術藍圖 (the International Technology Roadmap for Semiconductors) 所摘列的技術目標指出在 2007 年以前需要從微處理器表面移除多達 200 瓦 (W)。朝向更高的總功率和功率密度之趨勢在光電通訊工業、動力電子工業、和其



五、發明說明 (2)

他業界也都有類似的極端處，惟傳統散熱器就是不能夠移除在與系統設計和市場預期一致的體積內之目標功率和功率密度。

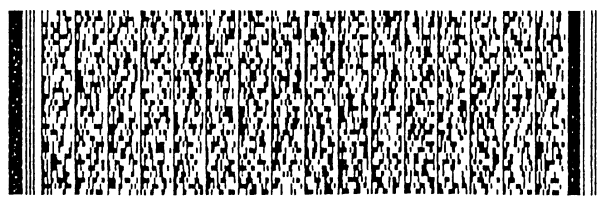
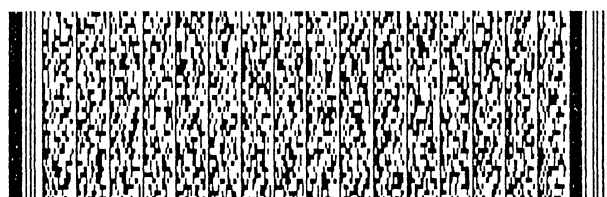
此種情勢會因為將總系統體積作為縮小目標使冷卻裝置所能用到的體積和表面積之遞減而更為惡化，此兩種趨勢（增加頭負荷和減低系統體積）的交互影響經公認為對於半導體工業和有賴於熱產生或吸收之裝置的其他工業之未來為一項關鍵性問題。

從裝置移除熱的習知技術包括許多已建立的技術。

散熱器通常包括具有散熱片 (fin) 的金屬板以從裝置將熱藉由自然或強制性對流傳送到周圍空氣，散熱器的散熱片係用來增加裝置與空氣之間的接觸面積，藉此增加熱傳送效率。由許多種材料、幾何線條、和構造所構成的散熱器業經知悉有 50 年以上。

由以電動馬達驅動的轉動葉片所構成的風扇可以藉由促成空氣以比自然對流所致者更大的速度在散熱器周圍循環及通過散熱器，而提昇散熱器與周圍空氣之間的熱傳送。風扇作為冷卻系統的使用已超過 30 年以上，將風扇與散熱器一體成型以冷卻產生大量熱量的裝置業經許多發明人開發出且正受到廣泛使用中。

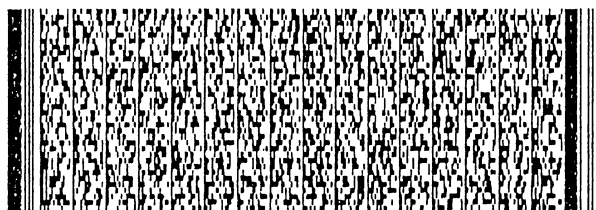
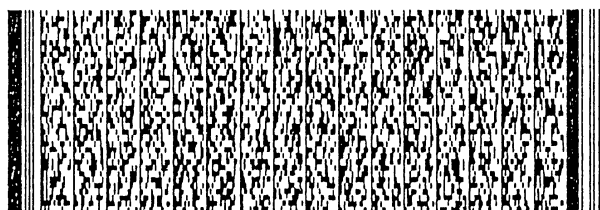
散熱管包括空心管體，該空心管體內組裝有芯吸構造，且部分填充著液體。散熱管的一端係與熱產生裝置接觸而設置，液體於散熱管的此端處蒸發，且蒸氣沿著該散熱管的中空中心向下移動到另一端，而該散熱管之另一端



五、發明說明 (3)

係安置成與冷介質、或散熱器接觸、或與周圍空氣接觸，且用以將散熱管中心內的蒸氣冷卻到冷凝溫度，凝結後的液體則藉由在芯吸構造內的毛細管力輸送回到該散熱管子的熱端(hot end)。散熱管可以提供比具有相同結構實心金屬棒明顯更佳的熱傳導，且經廣用於許多種應用之中。散熱管於目前係用於電子產品、太空船、和各種關於在小型幾何線條中的熱產生之其他應用的熱移除，散熱管可以形成為許多種幾何構造，且可以整合到裝置封裝件內以有效傳送熱(美國專利第5,216,580號案)，或者可以用來透過撓性耦接傳遞某一距離以外的熱(美國專利第5,560,423號案)。蒸氣室於操作原理和尺寸上與散熱管密切地類似，不過蒸氣室通常具有長方形(而非管形)橫斷面形狀且可以包括芯吸結構的各種不同之幾何配置，而散熱管和蒸氣室兩者都受制於尖峰功率的相同基本物理限制：在熱源與散熱器之間的分隔愈長且橫斷面積愈小，則在此等裝置達到毛細限制或乾涸(dryout)狀況之前可以移除的總熱功率會愈小。

透過蒸氣-壓縮循環或藉由熱電裝置或其他固態冷卻裝置的裝置之主動冷卻(active cooling)業經用於某些高性能熱控制應用之中，或需要在低溫調節的情況中，於此等應用中，來自裝置的熱係輸送到排除表面，且因為冷卻機制的有限熱力學效率而增加明顯過量的熱，該排除表面通常必須以此處所述的其他工具中的一種予以冷卻。蒸氣壓縮冷凍循環已使用於許多種應用之中有許多年之久，包



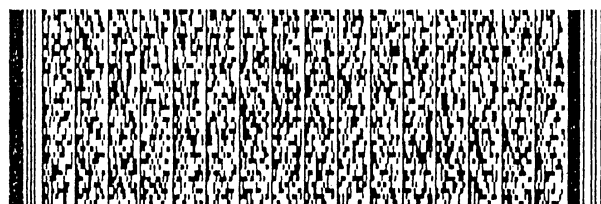
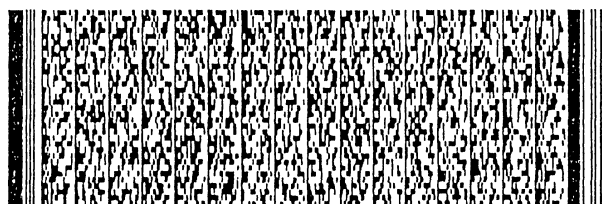
五、發明說明 (4)

括從家庭空氣調節和廚房冷藏到太空船和低溫系統。

冷卻水係用於會產生大量熱且本文所述的其他方法都不能將熱排除到周圍空氣的情況中。於此情況中，需要連續供給冷卻水，且此冷卻水係圍繞或通過該裝置或所接著的結構體內的通道，其後，較溫的水則送回到廢水系統。

於採用冷卻水技術的小型化應用中，存在著可以解決小型化微通道冷卻系統、小型化閉迴路冷卻系統之問題以及依賴流體的主動抽吸以達到冷卻的系統。微通道熱交換器最初是由 Tuckerman 等 (美國專利第 4,450,472 號案，美國專利第 4,573,067 號案) 在 1980 年代早期所探究者，此等裝置包含著配置在矽基板內的筆直且均一橫斷面之微製造通道，該等通道可以讓液體冷卻劑通過。後續的專利採用 Tuckerman 和 Pease (美國專利第 4,450,472 號案) 原始的研究，包括微通道製作方法、接著方法、及特定應用所用的特定材料和設計等的說明。

為了達到更高的熱傳係數或改良溫度均勻性之微通道散熱器設計也已經探究過，Phillips (美國專利第 4,894,709 號案) 描述以護套的聯管 (guard header) 結構體進行液體微通道的冷卻以改良晶片中的溫度均勻性。Fisher (美國專利第 4,312,012 號案) 描述微通道表面的改變以改良核心沸騰 (nucleate boiling) 和熱傳導係數。Swift (美國專利第 4,516,632 號案) 和 Walpole (美國專利第 5,099,910 號案) 描述具有交錯流動方向的通道以改良溫度均勻性。Lomolino (美國專利第 5,427,174 號案) 使用兩流體混合物



五、發明說明 (5)

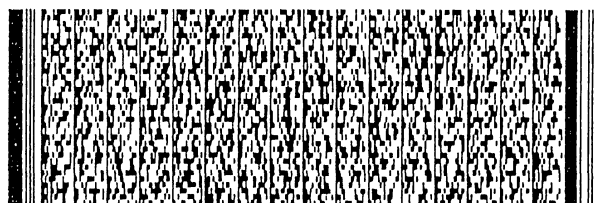
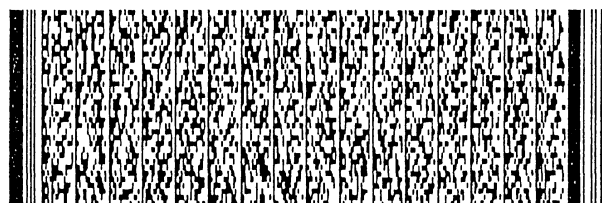
來控制冷卻劑的有效熱容量與在目標溫度範圍內的擾流。

採用微通道的閉迴路冷卻系統也在最近數年內出現於積極研究領域中，包括 Hamilton (美國專利第 5,901,037 號案) 所描述的閉迴路冷卻系統，在該閉迴路冷卻系統中係將流體通過接到積體電路的微通道，並使用磁力泵產生壓力。再者，Davis (美國專利第 5,703,536 號案) 描述閉迴路流體冷卻系統對於冷卻高功率 RF 發送器的用途。

對於微泵的開發已有精深的研究，此等研究的成果包括以振盪壓電性薄膜為基底的泵、蠕動泵、電流體動力型泵 (electrohydrodynamic pump)、和其他者。此等泵如今已顯得不能夠產生用來從高功率裝置移除高熱通量所需的壓力及 / 或流動。

電滲透現象係自 F.F. Reuss 於 1809 年的研究之後即已知悉，此種現象的簡略描述為在液體 / 壁介面形成的靜電荷區上面引出液體流之現象。力道的大小正比於所施加的電場及在該靜電荷區所能取用到的荷電種類的量，對於具有大截面積的系統可能達到較大的流速，大壓力的產生需要具有非常高的表面積對體積比之結構。

以電滲透現象為基礎的微泵 (亦即，電滲透泵) 最初係由 Theeuwes (美國專利第 3,923,426 號案) 所開發出，在該微型泵中係使用多孔陶瓷結構體來提供眾多的具有荷電表面層之微化通路。Theeuwes 說明選擇泵取結構體之重要性：高孔率、對於一操作流體具有高電滲透移動率及小直徑的微孔，且 Theeuwes 討論到使用可能由珠粒構成的石英



五、發明說明 (6)

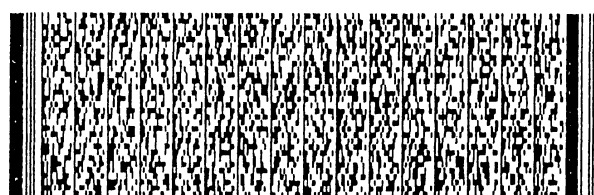
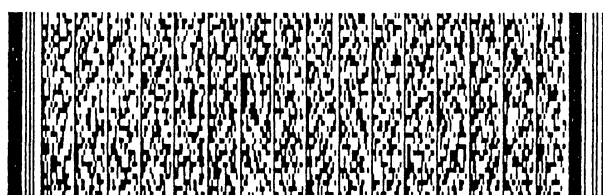
或玻璃陶瓷、及多孔聚合物基質 (matarix) 的可能性。在 Theeuwes 泵中的操作流體係建議具有高介電常數、低黏度、和低電傳導率。Theeuwes 泵所使用的示範液體包括去離子水、乙醇、和醇-水混合物、及許多種有機溶液。使用此等材料 and 溶液之下，據報導可達到超過 1 毫升 / 分 (mL/min) 的流速與超過 1 大氣壓的壓力。

雖然有上面所說明的許多不同及多樣冷卻系統和技術，惟仍存在對於能夠在微化環境中具有執行能力的高功率應用之改良閉迴路式流體冷卻系統和技術之需要。此外，對於具有可以經由例如透過對於流經泵的液流予以電控制而達到積體電路裝置之溫度的主動調節來幫助具有回饋控制型溫度調節 (例如熱點冷卻) 的改良微流體冷卻系統存在著其需要。此種微流體冷卻系統可利用多重冷卻迴路 (配合多重泵) 來促成裝置溫度變化型態的空間和時間特性之獨立調節。

再者，對於能夠產生移除預期的高熱通量 (例如大於 100 瓦的功率) 所需的高壓力 (例如大於 10 PSI 的壓力) 及 / 或高流速 (例如大於 5 毫升 / 分的流速) 之微泵有其需要存在著，此泵必須克服或解決傳統泵的缺點，例如其要為可以用以解決涉及放出氣體 (例如經由再捕捉) 或沉積物質的實際問題的閉迴路系統之泵構造，此等問題在採用泵之閉迴路流體冷卻系統中更為明顯。

[發明內容]

於一態樣中，本發明有利地提出透過具有泵之流體迴



五、發明說明 (7)

路的使用而從熱產生裝置移除熱並且將熱輸送到熱排除結構體，可以獲得之許多特殊優點中之某些優點可以單獨地取得或以各種組合取得。

本發明具有從裝置移除高熱通量和高總體功率之能力。

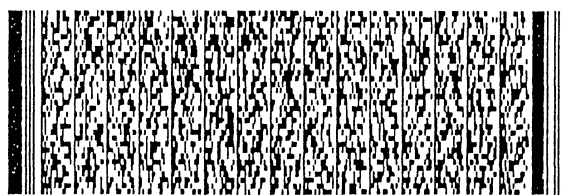
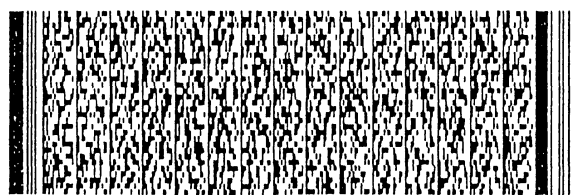
本發明也可以減小必須接連到熱產生裝置的冷卻系統所含組件之體積和重量、以及泵和熱交換器的重量。

本發明也可以模擬由裝置與微熱交換器一起操作所造成的裝置溫度分佈，該模擬可定出在既定流速和微通道構造設定之下將熱傳送到微熱交換器的熱阻值 (thermal resistance)。

即使因為在裝置中之操作的變化而於熱通量中有較大的空間及時間改變，本發明亦可將在微熱交換器中之微通道的形狀及分布最佳化，並且可將在裝置上之空間及時間的溫度變異減到最小。

本發明也具有將在裝置內的溫度變異予以微小化之能力，即使是在對於裝置的性能和可靠性有強烈有害影響的大幅熱通量不均勻性的存在之下亦然。此能力係透過將微通道熱交換器的配置、幾何線條以及和內部特徵予以量身訂做而達到的，使用下面所陳述的本發明模擬能力可以達到最佳的微通道設計。

本發明提出在熱排除組件之定位上的彈性，尤其是能夠使熱排除組件從熱產生裝置的位置大幅地隔開者。此外，也可得到大幅的排除面積，大幅的排除面積可減低排



五、發明說明 (8)

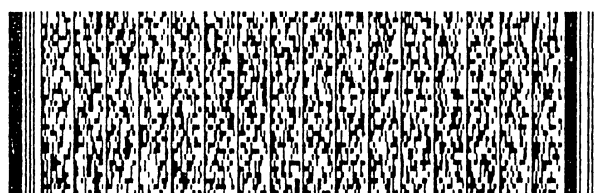
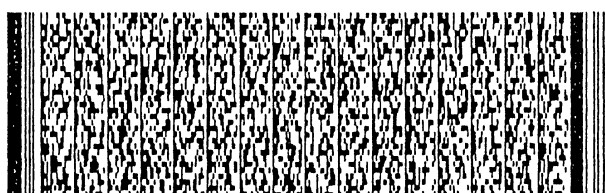
除面與系統整體的熱阻值。

根據本發明的裝置與方法較佳者係利用電滲透泵，該電滲透泵能夠在沒有移動性機械部件並且不會連帶產生不可接受的電和聲音噪音、而且也不會連帶降低可靠性之下產生高壓力和流動。此等電滲透泵較佳者係以可改進相對於目前可取用的微泵之性能、效率且減低重量和製造成本之材料和結構所製作成者，此等電滲透泵較佳者也允許所放出的氣體和所沉積的物質之再捕獲，如此可提供長期的閉迴路操作。

根據本發明的裝置與方法也可透過對於流經該泵的流體之電控制而促成裝置溫度的主動調節，並且可以利用多重冷卻迴路以促成裝置的溫度變化型態所具空間和時間特性之獨立調節。

[實施方式]

於一態樣中，本發明提出一種電子系統所用的小型冷卻系統，該小型冷卻系統係以微熱交換器，特別是在矽或金屬內機械加工的微通道以及小型電滲透泵為基礎者。該系統係經密閉地密封且可以配置成模組形式，俾從一裝置有效率地移除熱，並將熱傳送到方便的巨型熱交換器。所述的該微熱交換器和該電滲透泵都極為小型且具功率效率，使得總系統比通常要從小型裝置移除相當的功率所用的散熱管、蒸氣室和具散熱片陣列之散熱器都遠較為小且更為輕。該系統係以撓性管件互連著並且因而可提供在設計彈性上的優點，該系統的某些實施例通常稱為迴路系



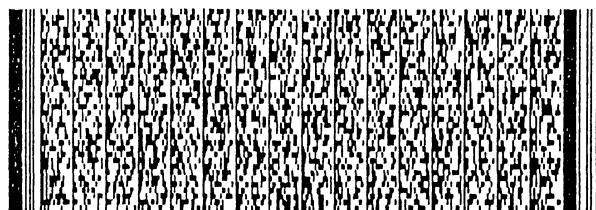
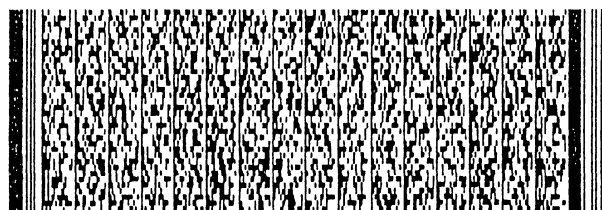
五、發明說明 (9)

統，係因為於其較佳形式中，各組件建立成為一閉迴路讓提供熱能傳送的液體流動經過之故。

多個圖式顯示出該系統的不同態樣，且，於恰當之處，指示出在不同圖式中的相同組件之元件符號係以相同數字標出。要了解者本發明也涵蓋沒有在此特別顯示出的多組件之各種組合。另外，分隔的組件，例如微熱交換器、巨型熱交換器、和泵，有時候會針對一特定系統實施例描述，且於此種敘述為精確時，要了解者，以不同方式描述之此等組件具有獨立的意義且具有可申請專利特徵，這些可申請專利特徵係個別描述並可與所述系統分開者。

第1圖顯示出一閉迴路冷卻系統100的一實施例，該系統100包括一經連接到一熱產生裝置50(以透過電連接器52連接到一電路板54的積體電路形式顯示出，不過也可以為電路板或其他熱產生裝置)之微熱交換器200、一微泵300供操作流體所用、一巨型熱交換器400用以將來自電子系統的熱排除到環境中、與一控制器500用以根據在該微熱交換器200處所測量到的溫度供給該泵所用輸入電壓。下面要更詳細地分別說明個別的系統組件。

微熱交換器。微熱交換器200可達到在小型橫斷面(厚度小於1毫米)中非常低的熱阻值，該微型熱交換器200係經使用熱接著材料，例如填充銀的環氧樹脂或焊接劑直接地連接到該裝置的表面，所選設計係使用尺寸在20至500微米(μm)範圍內的通道(微通道，如後文中進一步說明者)。此種微熱交換器200的明顯態樣為分開的帶有經整合的溫

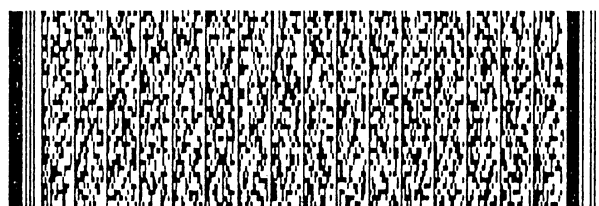
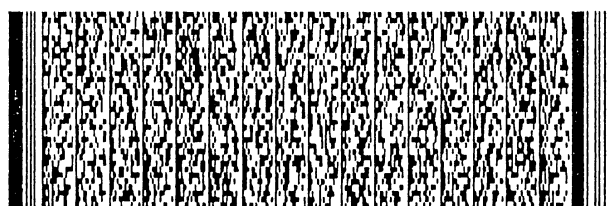


五、發明說明 (10)

度計之通道組，空間分佈、尺寸、和流動方向都經過量身訂作以配合在晶片或裝置 50 上的不同功能位置所發生的變異性熱通量。此外，此等微通道或微流道 (microjet) 的幾何線條和配置可最佳化以促成整個裝置 50 的溫度均勻性，或促成在該裝置 50 的不同區中所具溫度的獨立控制，如下文所要討論到者。

微熱交換器 200 可以使用多種材料製作，包括例如薄金屬片、矽層和玻璃層、陶瓷、和碳纖維複合材料。此結構體所用的材料係經選擇成符合從裝置 50 到流體的熱傳導要求，並且達到對裝置 50 的接著之高度可靠性及在迴路中與流體接觸的長期操作。對於可靠接著的需求導致對裝置 50 的熱膨脹係數匹配之需要。由於在考慮下的許多裝置都是使用矽製作成的，因此用矽製作微熱交換器 200 可能係有利者。此外，矽製作方法可促成微通道的形狀和配置之精確控制，且使得溫度感測器、壓力感測器、和控制電路進入微通道結構中的整合成為可能。另外，金屬製作方法能夠趨近所需的尺寸控制，且於某些情勢中提供超過矽的優點，例如低成本製作、高可靠性密封技術、以及與某些應用的熱要求之相容性。本發明的一項優點為在微通道結構體的材料和幾何線條之選擇上有顯著的伸縮性，該微通道結構體有部份且在某些情勢中係根據該電滲透泵 300 的能力。

電滲透泵 300。有許多種可能類型的泵可以在本文中所說明的系統中施用和操作，不過較佳者係使用一種能夠在其

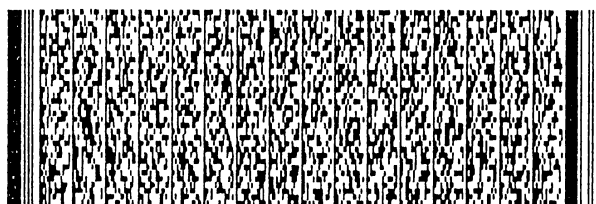
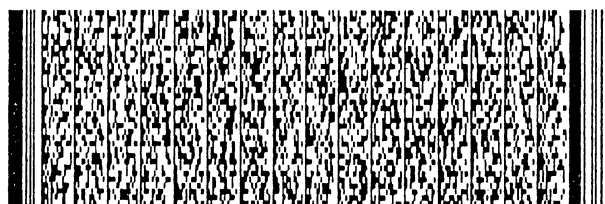


五、發明說明 (11)

輸出上產生高壓和高流速的新穎電滲透泵 300(也稱為 "EO 泵 300"或簡稱為 "泵 300")。電滲透泵 300係使用電場來推進液體-固體接合面附近的電荷，且通常將其主動泵取元件定製成具有非常高的表面積對體積比。泵 300可以使用非常廣泛之多種製作方法予以製造，這是因為荷電層和所導致的電滲透作用之基本電化學已知會發生於許多種材料之表面與水或水溶液接觸之時之故，在特定溶液與一特定表面之間的交互作用之本質會導致可供藉由所施加電場推動之荷電溶液的量之變異，其結果使得 EO 泵 300的性能決定於此表面交互作用，且有助於選用能造出強電滲透泵取效應的表面和溶液。

泵 300所用的高壓力和高流速可以經由使用例如燒結微多孔介質(諸如硼矽酸鹽玻璃熔塊、聚合物熔塊、和玻璃微粒子的填充床等)而得到。氣凝膠(aerogel)、玻璃纖維複合材料、奈米結構化介質(nanostructured media)、多孔矽化物(silicate)、微通道板結構體、其他多孔陶瓷材料，以及可以提供高表面/體積比與化學活性表面之許多種其他的材料都可以用來製作電滲透泵 300。也可以使用平版印刷方法來直接製作具有高表面積/體積比的結構體。以矽微製造泵取結構體可具有與其他微熱交換器 200 元件全部整合至單一模組內之優點，這些元件包括感測器和微通道結構體，與控制電子(例如控制器 500等)，容後陳述。

巨型熱交換器 400。巨型熱交換器 400可提供在閉迴路系統



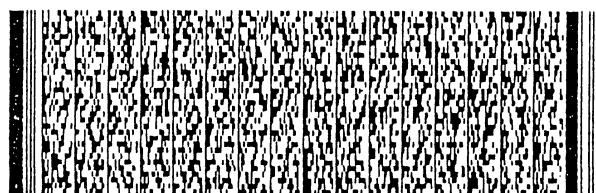
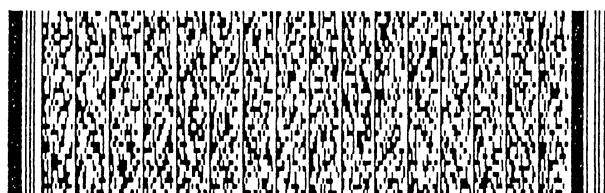
五、發明說明 (12)

與環境之間非常低的熱阻值，該巨型熱交換器 400 可以由許多種習用的熱排除裝置所構成，彼等熱排除裝置可採用許多種不同的方法，且用來以在低熱阻值下將熱排除到環境中，例如，該巨型熱交換器 400 可以包括一金屬、風扇冷卻型散熱器、或裝置之周圍或包裝的外殼之專用部份。要強調者，該冷卻迴路可使該巨型熱交換器 400 具有眾多設計彈性，因為，於某些實施中，該巨型熱交換器 400 可以放置在遠離該裝置 50 之處，且不需要完全符合須靠近該裝置 50 的區域之要求。

控制器 500。控制器 500 係從裝置 50 的電子系統取得標準輸入電壓並將該等標準輸入電壓轉換成電滲透泵 300 所需的操作電壓。控制器 500 也監測經整合到該微熱交換器 200 內的溫度感測器、壓力感測器和流速感測器，提供恰當的驅動電壓給與泵 300 締合的電源，以建立每一電滲透泵 300 之陽極 314 與陰極 316 之間的恰當電流，而創造出一種可以推動在泵 300 內的操作流體所含液體相之環境。對於大面積 (超過 2 平方公分) 的裝置 50 而言，使用多重感測器和電滲透泵 300 的設計可以用不同的速率提供冷卻作用給成組裝配在靠近裝置 50 的不同區域之微通道。

除了在上述組件 (包括泵 300) 的材料和結構的製作所用方法中的變化之外，本發明在另一態樣中描述獨特的操作方法。

電滲透泵取方法的使用之一不可避免態樣為在流體與電極之間的交互作用之電化學，在此接合面的電荷交換會

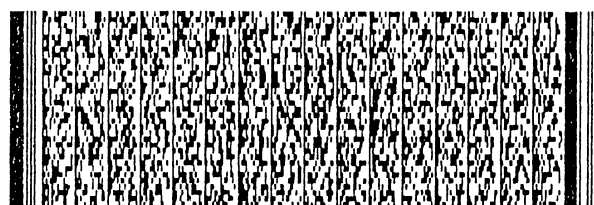
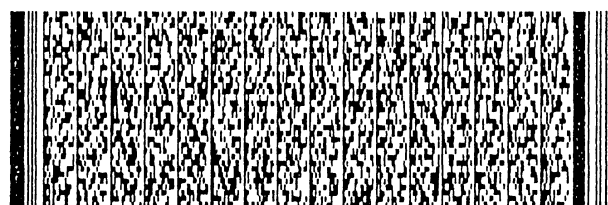


五、發明說明 (13)

引起電解，且會導致流體所含某些組成分的分解。於水的情況中，電解會導致在一個電極連續地形成 H_2 且在另一電極形成 O_2 。

所以，本發明的一態樣，如後文中所要進一步說明者，為摻加一包括由疏水性鉑觸媒所構成的觸媒之催化重組器。要在此觸媒上重組形成水的 H 和 O_2 ，與此表面的疏水性本質會促成水形成水珠並從觸媒表面落下回到流體中。藉由將液體保持離開觸媒表面所用的另一方法為使用與氫的氧化結合之反應的熱，氫與氧重組為水可促成本文所述及的系統 100 以封閉氣密性之密封系統的形式實施。雖然有許多種觸媒材料可以操作，不過經發現一種要在本文進一步說明的疏水性鉑觸媒係目前操作得最好者。

本文所說明的本發明之另一態樣為入口和出口的設計、電極設計，與重組室的位置之設計，使得氧氣和氫氣的氣泡可以在單一小容積室內組合。第 2 圖進一步詳細闡述泵 300 的設計，該泵 300 係藉由將分別處於陰極與陽極半部 312A 和 312B 之間的一多孔結構體 310 密封而形成泵取室 312 之外殼。透過個別電極 313 和 315 連接的陽極 314 和陰極 316 係穿過該外殼的壁件 318 插置於該泵取室 312 之內而造成與泵 300 內的操作流體接觸。該等壁件 318 可以使用例如絕緣材料（諸如玻璃、壓克力、陶瓷或 SiO_2 -塗覆矽）所製成，且使用包含壁件 318A 和 318B 的兩片式結構體予以形成，該壁件 318A、318B 係在如該多孔結構體 300 的邊界所顯示處相接合並且使用密封件 320 密封，該密封物 320 可以

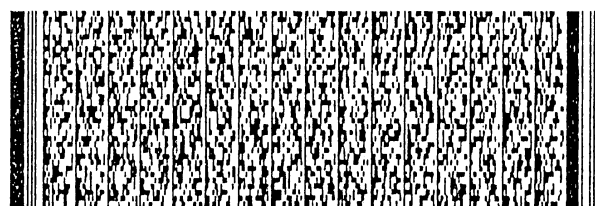
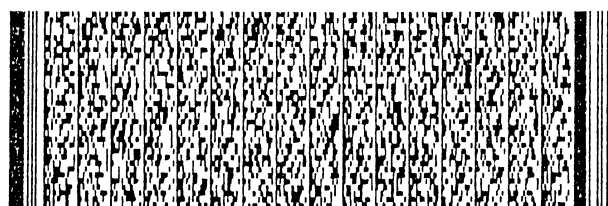


五、發明說明 (14)

為例如黏著劑、墊圈、或藉由將該兩片熔接或焊接而予以密封。從入口 322 流入的流體會藉由電滲透力推動通過在該泵取室 312 內的該多孔結構體 300，並從出口 324 流出。在陽極 314 產生的氧氣會捕捉在室部份體 312B 之內，而在陰極 316 產生的氫氣則通過迴路並流回到泵 300，於該泵 300 處氫氣與殘餘的氧氣一起進入觸媒重組器 326 內，並重組形成水再流回到泵取室 312。

在上游電極 (陽極 314) 產生的氧氣氣泡係由壓力 (亦即浮力) 驅動進入重組室內，流經閉迴路系統 (受到壓力、表面張力、和黏著力所驅) 並且在進入泵 300 的入口 322 之後的氫氣氣泡也會由浮力所驅動而進入重組室 312，最後進入網狀或丸狀觸媒重組器 326 之內，於該觸媒重組器 326 處，如上所提及者，氫氣與氧氣於此重組形成水。

於冷卻迴路的操作中，蒸發區內流體的連續蒸發可能導致殘渣在蒸發器內或冷卻迴路內他處的蓄積，此等殘渣可能包括在蒸發過程中從溶液沉澱出的電解質和鹽類、或任何其他溶解的固體，某些此等電解質可因為其本身保存電極表面性質與泵的多孔結構之能力而蓄意地添加者。沉積殘渣的長期蓄積可以藉由定期地使泵以最大流速操作短時間而避免，當流速增加到最大時，流體相會填充整個冷卻迴路，使沉積物質溶解回到溶液內，藉此再捕捉蓄積的殘渣，此程序稱為洗通 (wash-thru)，並且視泵的特徵而定，可藉由增加施加到泵的電極上之電位差而促成流速的快速調整。藉由使用泵 300 實施洗通操作一段短時間 (例如



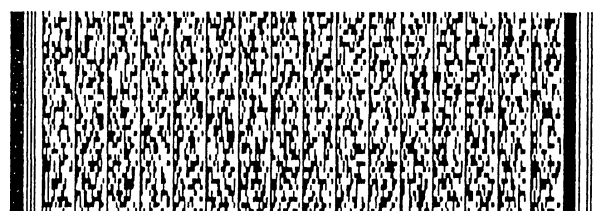
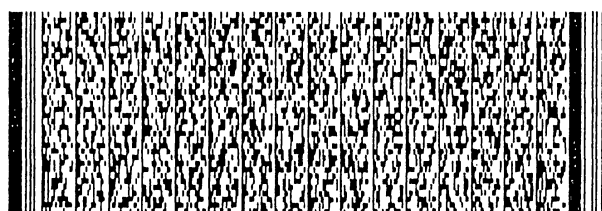
五、發明說明 (15)

每 1000 秒進行 1 秒)，可以將冷卻迴路內的沉積殘渣再捕捉到流體內，此點有助於系統 100 的長期操作。

電解質的使用對於(藉由將表面化學穩定化)以維持欲維持之泵 300 的長期性能及減低在電極與泵結構體之間的電壓降(亦即，將離子從電極表面傳導通過介於中間的電解質且到達泵結構體的入口細孔所結合的電壓降)係不可或缺者。

在提出系統 100 的進一步說明之前，要進一步說明系統 100 的其他獨特之操作態樣。

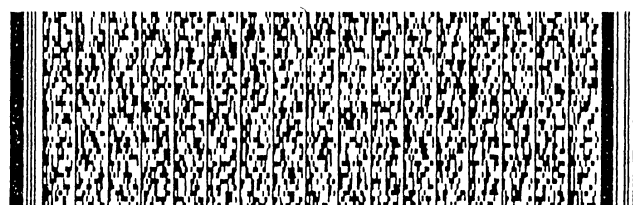
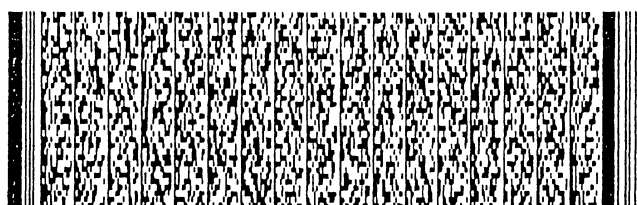
用於瞬間晶片溫度均勻性的泵控制。溫度計在微熱交換器 200 中的整合及透過控制器 500 的回饋可以使系統 100 將在裝置 50 上面的暫時性溫度變異減低到最小，即使裝置 50 上的加熱性負載中存在有暫態突波(transient surge)也一樣。對於矽熱交換器的情況而言，溫度計係與使用例如摻雜矽熱敏電阻、二極體、或圖案化金屬電阻橋(patterned metal electrical-resistance bridge)之熱交換器結合。控制器 500 提供信號以控制與每一電滲透泵 300 相連結的電源，以根據在微熱交換器 200 處測量到的溫度控制存在於陽極 314 與陰極 316 之間的電流。於採用一個以上的泵 300 的系統 100 之情況中，可以讓控制器 500 和一恰當的泵 300 分開地對應在該裝置 50 之不同區域上的溫度波動。此功能性係利用系統 100 所含元件的重要特性——通過泵 300 的壓力和流動會對在時標上比 1 毫秒更快的施加電壓之變化產生反應，且該微熱交換器 200 的比熱係非常地低者。



五、發明說明 (16)

結果，系統 100 對於熱負載的變化或對於操作溫度改變的需求之反應快到足以致能具有趨近 1 Hz 帶寬的動態溫度控制。這種特點係明顯改進使用例如散熱管、冷卻散熱片（及 / 或風扇）、及相改變材料等現有的微裝置溫度控制技術，而使用這些方法之有的微裝置溫度控制技術不能夠根據電信號輸入（被動型散熱器、散熱管、相改變材料）而調整熱移，或者將因為具有大的熱容量與調節熱傳係數之邊際能力（風扇）而具有非常慢的時間反應。

將晶片溫度和溫度梯度最小化的微熱交換器設計。微熱交換器 200 可促成諸如原位 (in situ) 溫度感測之類設計創新因而使得在一既定流速之下的最大和平均晶片溫度最小化，即使考慮到來自裝置 50 的大幅熱通量之空間變異也一樣。此等創新機會包括摻雜矽熱敏電阻的整合，並可使控制器 500 對局部溫度變化產生反應，如後文中要說明者。此外，微熱交換器 200 可提供機會以定製通道尺寸和空間密度來改變跨越裝置 50 之面積的有效熱阻，藉此使來自不同熱通量所致之溫度梯度最小化。在矽中之微通道的設計和最佳化可以使用用於對通道內的兩相沸騰流之一維模型而獲得，此亦為後文中要進一步說明者。在最大熱通量區內的有效通道尺寸係經由使用局部高-表面積結構（例如內部散熱片、或具有較小的橫截面積之區 50）予以縮小，以增加局部熱傳導率。再者，可以使用高熱通量區相對於流體入口的流動方向和位置來使局部溫度最小化，由於壓力會隨著流體移動經過通道而連續遞減，且兩相液體-蒸氣



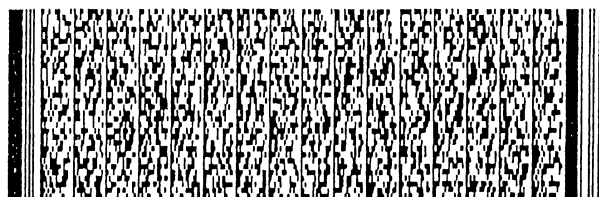
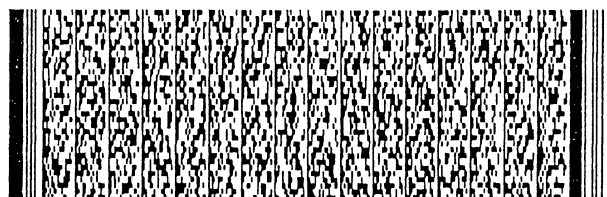
五、發明說明 (17)

混合物的溫度係獨特地決定於壓力，因此增加流體入口與高熱通量區之間的間隔可以大幅降低該裝置 50 之溫度。也可以有利地使用在裝置 50 上面呈相反方向流動的通道組合，以獲得更大的溫度均勻性。

以詳細熱模型化為基礎的最佳設計方法之發展促成經訂做以匹配在特殊裝置 50 上面的熱分佈之微通道幾何設計，本發明之此態樣可使得系統 100 的總體性能針對一特定的裝置特性而最佳化。本發明之此態樣更可由透過單一微熱交換器 200 來操作多個獨立的冷卻迴路之能力而實現，而用於製造矽的設計和製造能力可以使得在單一基板上面同時座落著多重流體歧管，且使該等多重流體歧管可同時操作，以達到在該裝置 50 上的不同區域之獨立熱調節。

迴路系統的操作流體設計和最佳化。 標的裝置 50 溫度可進一步經由使用訂作的操作流體化學作用和操作壓力而達到。該化學作用和操作壓力兩者都會影響沸騰溫度，而沸騰溫度決定了系統 100 達到最低熱阻時的裝置 50 溫度。此等設計和最佳化策略的重要處在於該化學作用和操作壓力也會影響第 2 圖所示觸媒重組室 326 的操作，而為了有效操作，該觸媒重組室 326 之操作需要將氫氣和氧氣之局部壓力最小化。

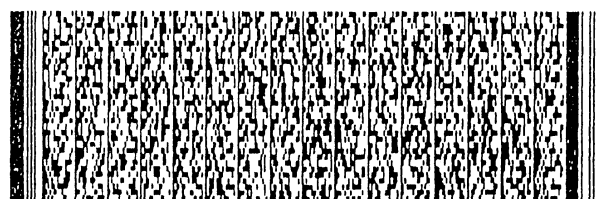
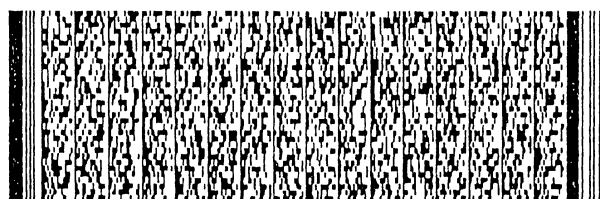
可以使用的流體化學包括去離子水 (deionized water, DI)、緩衝水溶液、有機液體 (例如，乙腈和甲醇)、與有機液體和緩衝液的混合物作為泵 300 的操作流



五、發明說明 (18)

體，但不以此為限。經最佳化的操作流體混合物可達到所要求的熱傳送需求且又能使泵的性能和可靠性最佳化，而操作流體混合物之最佳化中的關鍵項目包括操作流體的長期酸鹼值 (pH) 控制 (此酸鹼值控制可直接地影響泵的表面電荷密度並且因而影響泵壓力和流速性能)。雖然純去離子水時常可提供對於熱移除的最佳熱力學效率，不過系統的操作可能會增加額外的要求，例如，泵的高流速性能可以經由將流體的傳導率增加到超過去離子水所能達到的值，例如經由在水中添加緩衝劑亦可獲得泵之高流速性能。此外，水溶液中的添加劑有助於保存電極和多孔泵取結構體的表面特性，例如，操作流體所具傳導性的增加具有增加泵 300 的焦耳熱散逸 (Joule heat dissipation) 之負面效應，不過也具有使多孔泵取結構體中的溶液所含荷電離子層的厚度減低之有益效應，具可增加藉由泵所提供的壓力和流速。此外，流體傳導率的增加可用來減低從電極到多孔泵取結構體表面的電位降。此點係重要者，因為只有跨多孔結構體表面的電位差才有助於泵取作用之故。從陽極到一個表面與從其他表面到陰極的電位降都是枉費者。

在進一步詳細說明迴路系統 100 之前，要提及該迴路系統 100 所提供的某些優點。此等優點可使該系統 100 媲美上文所提及的傳統熱散逸系統，該迴路系統 100 包括在膝上型輕便電腦與手提裝置中的散熱管和蒸氣室技術以及在桌上型電腦中所使用的傳統金屬散熱片陣列型散熱器。由

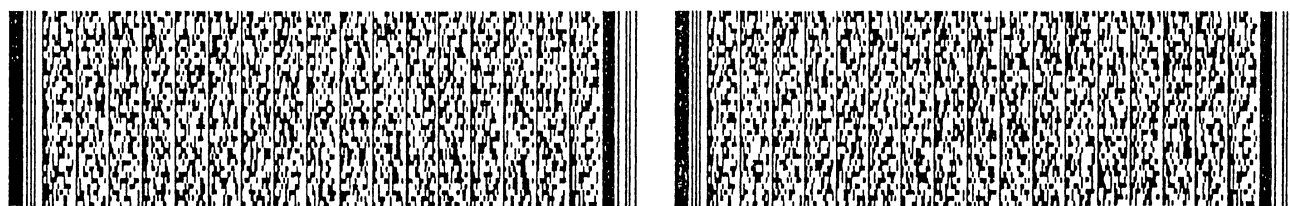


五、發明說明 (19)

於包括增加尖峰熱負載、裝置 50 體積最小化、與溫度變異的瞬間和空間減低之可能性等之重大改良，本文所述之迴路系統 100 的各態樣亦有助於電子系統的規模化和性能之改良。

對於既定之裝置體積而言更大之尖峰熱負載。根據本發明的系統 100 所具一項明顯優點為可使用遠較傳統裝置之體積小但加熱負載之能力遠較傳統裝置為高。因為冷卻迴路係經泵動者，既定之迴路系統 100 所設計的壓力降和流速可訂為介於 5 瓦 (W) (手持式) 與 1 仟瓦 (桌上型並聯處理器 (parallel-processor desktops)) 之間的標的加熱負載。雖然若使用電滲透泵 300 時可對迴路系統 100 添加一小的額外體積，不過每一泵 300 都極為緊密小型 (小於任何相比的泵) 且可提供巨大的性能效益。具體來說，液體相的泵取可讓系統 100 所能移除掉總熱功率遠遠地超過具有相當體積的散熱管和蒸氣室所能處理的量。為泵 300 所需的額外動力相對於裝置 50 所需動力較為小，且因而對於可攜式電子系統應用所用的電池壽命而言不構成明顯的負荷。

晶片背側的最小體積。從系統微化和多晶片整合的前瞻性來看，微熱交換器 200，特別是具有低於 1 毫米厚度的微通道散熱器之微熱交換器 200 具有巨大的優點，因為該微熱交換器 200 在特別是裝置 50 的背側所佔據的空間比傳統技術較為小之故。這一點是重要者，特別是因為半導體工業正朝向將多晶片增加地整合到單一裝置 50 封裝件中之際，晶片之間的最小間距對於信號延遲的減低具有關鍵性。對

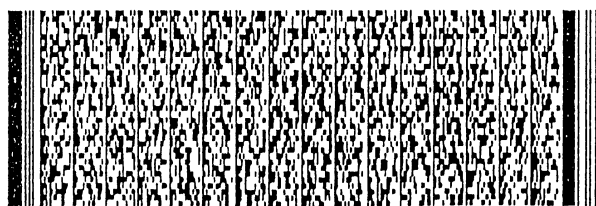
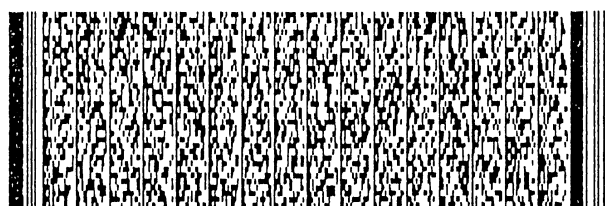


五、發明說明 (20)

於單晶片系統而言，在晶片背側上的微熱交換器 200 之最小體積更具關鍵性，因為該微熱交換器 200 之最小體積可以在電子系統的情況中促成尺寸的微小化之故。對於金屬散熱片陣列型散熱器，可設計為能容納一直接地接著到裝置 50 的背側之巨大體積。此種大體積的要求可避免電路的密集封裝，特別是對於要求將許多電路放置在產品（例如伺服器）內之應用而言更是如此。於其他應用例如膝上型輕便電腦中，在微處理器上方的空間非常有限，且適用於超過 50 瓦的功率之散熱片陣列式散熱器都難以容納進去。傳統設計不能容納此種體積，因而抑制多晶片緊密切進入單一封裝件內之整合且阻礙系統微小化，特別對於小型桌上電腦而言更是如此。

設計彈性。較佳的泵 300 可使設計彈性成為可能，特別是因為泵 300 可以在遠離裝置 50 處於相當大面積上排除掉熱，而只有使用流體管連接，且可以配置在各種位置，而視所要實現的系統而定。例如，雖然第 1 圖所示者為其中係使用泵 300 將流體泵取到該微熱交換器 200 之內的一種閉迴路系統，不過，取而代之者，該泵 300 也可以將流體泵取到一巨型熱交換器 400 之內，或另外到第 1 圖中所示之位置處。

對於晶片上溫度變異的瞬間且局部性反應。與散熱管、蒸氣室和金屬散熱片陣列型散熱器不同者，迴路系統 100 可以對加熱的瞬間急變產生反應（透過例如電滲透泵 300 的控制）且對裝置 50 上面的加熱強度和溫度增高之空間變異產



五、發明說明 (21)

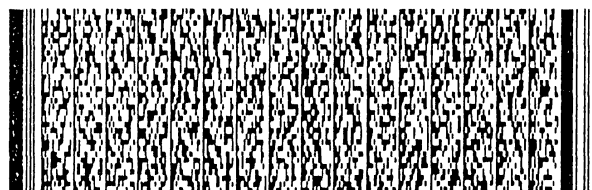
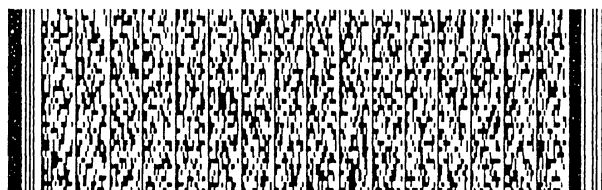
生反應(透過例如用於裝置 50 所含區域上的微通道之通道設計與泵 300 之個別控制), 如此可以使系統 100 對裝置 50 提供在時間和空間上遠較為佳之溫度均勻性。

晶片與散熱器之間不存在熱誤配情況。對於散熱管與蒸氣室的主要可靠性考慮為在微裝置 50 與散熱器之間之熱膨脹係數上的不誤 (mismatch), 此誤配會造成與裝置 50 的直接接觸。於閉迴路系統 100 的某些實施例, 如本文中使用的微熱交換器 200 加上矽晶片裝置 50 要進一步說明者之中, 在晶片與散熱器之間不存在熱膨脹誤配情況。這種效益可以透過新穎的接著材料(例如薄合金焊接劑)而非傳統金屬填充有機材料的使用而利用到, 藉此實質地減低整體系統熱阻。

在提出上面的總論, 且討論過數項優點之後, 後文要對系統 100 以及本發明各態樣和方法作進一步之詳細說明。

如上面所提及者, 第 1 圖闡示出本發明閉迴路流體系統 100 的示意圖, 該系統 100 包括一微熱交換器 200、一泵 300、一巨型熱交換器 400 以及一控制器 500。在進一步說明此等個別元件之前, 要先提及系統 100 的數項重要特點。

將泵 300 的輸出口導向成朝向微熱交換器 200 的入口係重要的, 該微熱交換器 200 一般係經物理連接到會加熱且為迴路中最高溫度點之裝置 50 上, 於該微熱交換器 200 的出口處, 該流體/蒸氣混合物會通過撓性管 110 向下朝該巨

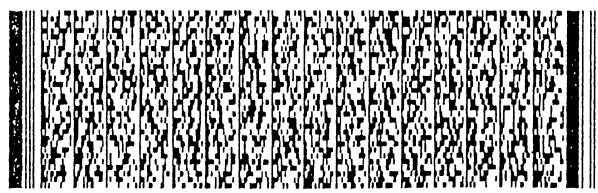
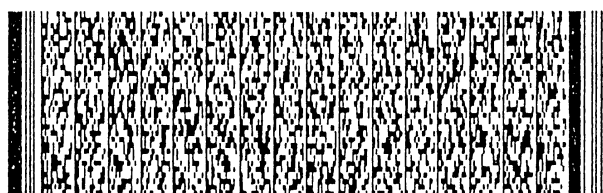


五、發明說明 (22)

型熱交換器 400 移動。一項重要的特點為此管件的長度於某些應用中可為數公分，且於其他應用中可長達一米，此種較長的長度是可使用於本發明中的泵具有高壓力能力。該泵 300 能夠產生非常高的壓力，且可以用來強迫流體 / 蒸氣混合物向下移動通過一長度相當長的管件，藉此使得該巨型熱交換器 400 可以根據系統 100 的設計之所有其他因素而予以定位。

於該巨型熱交換器 400 之內，該流體 / 蒸氣混合物會完全凝結成為流體，並通過第二長度 112 的撓性管件。此長度也可以為非常的長，使得泵 300 可如所圖示地透過使用第三長度 114 的撓性管件靠近該微熱交換器 200 配置，或甚至使該泵 300 與該微熱交換器 200 整合，如要在後文中針對第 18 圖進一步說明者。

控制器 500 可視為一種電子電路，該電子電路可從該微熱交換器 200 內的溫度計或從要冷卻的裝置 50 內的溫度計攫取輸入信號，該等信號係沿著信號線路 120 傳遞。控制器 500 係根據該輸入信號，經由將信號沿著信號線 122 施加到與泵 300 連結的電源，而調節通過泵 300 的電流以達到合意的熱性能。泵的流速係完全地正比於所施加的電壓，所以此種控制規則系統可為簡單的比例控制器 500，或者也可以加入更複雜的方法。因為該微熱交換器 200 的比熱較小，且泵 300 的反應時間係快速者，所以該熱控制系統的時間回應可以非常快速且促成具有快速動態回應的堅固耐用型準確控制器 500 之實現。

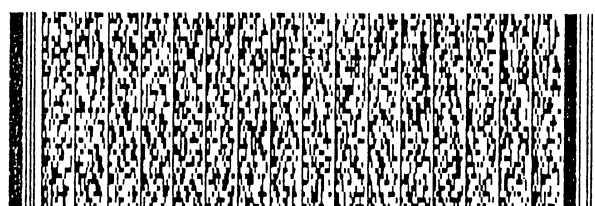
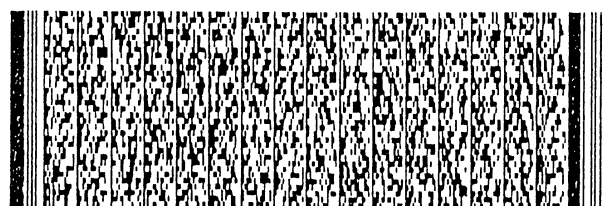


五、發明說明 (23)

第 1 圖中所示出的實施例也具有系統元件之設計非常區隔化之特點 --- 亦即每一元件 200、300、400 和 500 可使所具性能相對於該系統的其他元件所具特性彼此獨立而最佳化。最後，對於泵 300 而言重要者為能夠創造出將所需熱能捕捉和傳送所需要的流速和壓力。然而，該微熱交換器 200 的設計中非常少態樣會對該巨型熱交換器 400 的設計有任何影響，系統元件的此種區隔化可促成容易的獨立最佳化，且可使系統 100 得以從經獨立設計和製作成的組件之集結體組裝，以便匹配任何特殊應用的性能要求。

微熱交換器 200 的設計和最佳化。於第 1 圖中所示的微熱交換器 200 可由經微製作的矽結構體，或由經機械加工的金屬結構體，或許多種其他可能的材料所構成。第 3A 和第 3B 圖分別示出一範例微通道結構體的俯視圖和橫斷面圖。層 210 具有一經蝕刻到一表面 212 之內的微通道 220 之圖樣，此等通道 220 可以根據從裝置 50 的特別區域移除熱能的需要而跨越該表面 212 以配置之，或者該等通道 220 也可以均勻地分佈。可以有一種配置使得在該表面上產生一道以上的流體路徑，如第 3A 圖中以流體微通道路徑 220-1 和 220-2 所示者 --- 此等獨立的通道可以根據應用的需要而分別連接到獨立的泵 300 及 / 或獨立的巨型熱交換器 400。

微通道 220 的配置可以調整以配合裝置 50 上面預期的熱源之分佈，如第 3A 圖中所示者。於對應於過多熱來源的區域中可以增加通道 220 的密度，或者可以將通道 220 的途徑調整以減低微熱交換器 200 的入口 220 到出口 224 的溫度

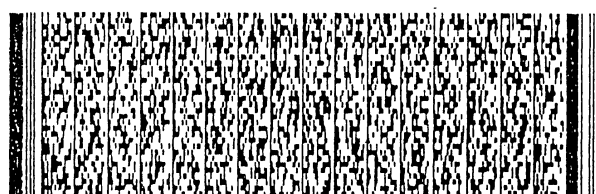
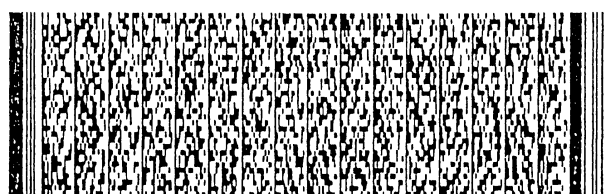


五、發明說明 (24)

梯度。通道 220 的寬度、深度、和形狀也可以調整以改良裝置的溫度均勻度。使用針對裝置內的熱源之電腦模型，配合對於進入以各種速度在各種形狀的通道內移動的流體內之熱傳送的計算，可以模擬在裝置 50 上面的溫度分佈輪廓，且此等輪廓的最小化可以產生微熱交換器 200 的最佳化設計。下面要說明此種模型化程序。

E0 泵 300 的高壓力能力所具有的一項特別優點在於通道 200 的配置不需要設計成同時使壓力降最小化又使溫度均勻度最大化。可以針對一既定裝置 50 將溫度均勻度最佳化，然後將 E0 泵 300 訂成可提供充足的壓力和流速以操作微熱交換器 200 和巨型熱交換器 400。通道 220 可只經蝕刻到層 210 之內，如藉由 2 層式黏合微熱交換器 200 的通道 220A 所示者，或者可以同時存在於兩層 210 和 214 之中，如分別蝕刻到層 210 和 214 內的通道部份 220B 和 220C 中所顯示者。層 210 和 214 的並列可以對通道 220 造成額外的幾何橫截面，對於將裝置 50 內的溫度變異予以最小化而言係恰當者。

於第 3B 圖中所示的兩層 210 和 214 可經由用於玻璃和矽結構體的陰極黏合或熔融黏合，或共熔黏合，或黏著劑黏合予以黏合在一起。金屬結構體可經由熔接、焊接、共熔黏合、或黏著劑予以黏合。類似的技術可於用於幾乎任何材料的多層微通道結構體。通道的形狀和配置應該根據從裝置移除熱的要求予以決定，且此種設計可以經由使用在本說明書之外所說明的熱模型化工具予以輔助。

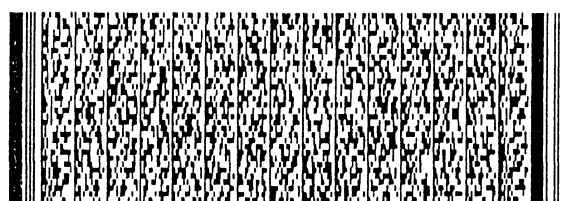
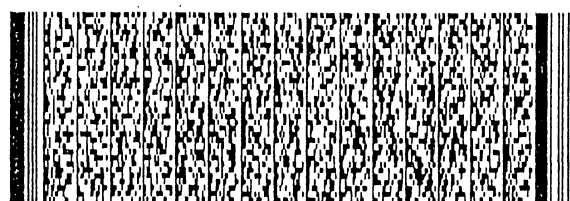


五、發明說明 (25)

熱感測器(也稱為溫度計)在微熱交換器 200內的放置為另一項重要因素，且在此等溫度計相對於微通道 220與裝置 50的熱源呈側向配置之下具有獨特的優點，且將此等溫度計配置於不同的垂直位置也是有利者，如後文所說明者。

第 3A圖也闡示出配置在微熱交換器 200上不同位置處的溫度感測器 250，此等溫度感測器 250供應對應於裝置 50之特定區域所指示之微熱交換器 200特定區域之溫度的信號，並將此信號透過如第 1圖所示之信號線路 120供給到控制器 500。此等溫度可用來維持最佳溫度控制，如本文中先前所述和後面要進一步說明者。所示出的溫度感測器 250-1、250-2、250-3、250-4、250-5和 250-6進一步闡明在微熱交換器內的特別有利配置。如所述者，將溫度計配置在熱交換器的黏合表面、靠近通道的中央內、和其頂部表面，可以促成在此等不同位置的溫度測量和控制以及瞬變現象期間熱流的測定。因此，所測得的溫度為周圍諸區的平均溫度，包括來自微通道 220的冷卻作用與來自裝置 50中局部熱源的加熱之影響。此等影響的平均值會根據近處情況予以權衡——也就是說，在任何特定位置的溫度會受到最靠近該位置的加熱源和冷卻源所最嚴重的影響。另外，該等溫度感測器會對最接近該位置的加熱源和冷卻源最快速地回應。

如所示者，感測器 250-1和 250-2係座落於諸流體路徑之間且分別對應於相同的流體微通道路徑 220-1和 220-2。

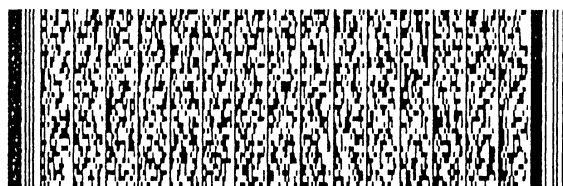
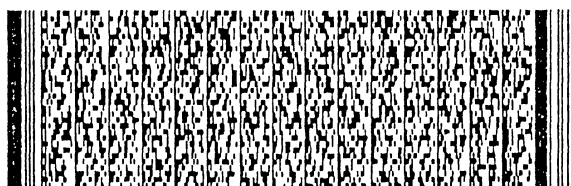


五、發明說明 (26)

不過，感測器 250-1 係配置於具有變異性橫截面積的微通道 220-1 所含各部份之間，而感測器 250-2 則配置於具有一致性橫截面積的微通道 220-2 所含各部份之間。因此，位於靠近該等通道之感測器 250-1 和 250-2 對於該等通道中之熱傳送變異最為敏感，且對該等通道的變化會最快速地回應。

再者，感測器 250-3 係配置於兩不同的流體微通道路徑 220-1 和 220-2 之間，該感測器 250-3 可使控制器 500 改變在該流體微通道路徑 220-1 和 220-2 中任一者或兩者內的流速，以改變相應於該等流體微通道路徑 220-1、220-2 的區域所具溫度，相對於不同微通道路徑之感測器的配置能調整通過數條通道的流速，以在通道之間任何位置達到特定溫度。

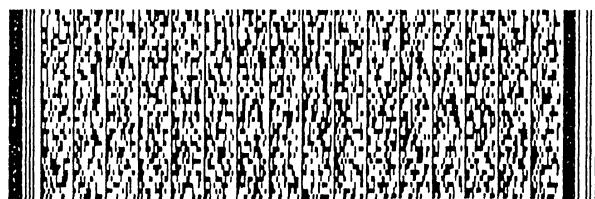
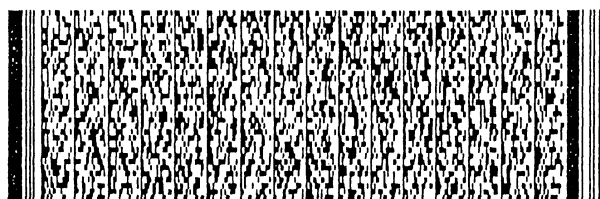
此外，經由將感測器配置於靠近一特別通道之處，可以測量且控制移動經過該通道的流體所具溫度，且因而達到對於沿著該通道的上游或下游之區域內所具溫度之大致控制。最後，在通道與溫度感測器之間的間距對於該感測器要對流速改變給予回應所花的時間具有影響，且可以促成對系統中此位置的溫度之快速或緩慢回饋控制。因此，另外顯示出更遠離通道 220 且更靠近裝置 50 之感測器 250-4 和 250-5，而感測器 250-6 則同時遠離通道 220 和裝置 50 兩者。如此，經配置在對裝置 550 的黏合接合面處之感測器 250-4 和 250-5 對於局部加熱源為最敏感，且都會對因為裝置 50 中熱散逸之變化所致溫度改變最快速回應，而感測器



五、發明說明 (27)

250-6則會在更大時間之期間內提供更全面性層次上的溫度變化之指示。

由於本發明的一項目的為提出裝置的主動式回饋控制冷卻，因此使用溫度、壓力及/或流速感測器來提供輸入信號給控制器 500之舉係重要者。將測量所得參數(例如溫度)與所欲參數(例如溫度)相比較，且以回饋控制算法分析其差異以產生在泵控制電壓中的變化。舉例而言，若在裝置 50中一特定位置處的溫度超過所欲的調節溫度，該控制器 500會增加送到提供流體至靠近溫度計之通道之泵 300的電壓，藉此增加熱傳送給在該區域內的流體，且將該裝置 50的區域予以冷卻。簡單的回饋控制可施加一電壓到泵 300，該泵 300係與所欲溫度與測量溫度之間的差值成正比，此常稱為比例控制。簡單的比例控制的一項缺點為只能在產生大幅溫度誤差之後才會在控制輸出(泵電壓)上產生大幅變化。更進步的控制策略係嘗試從溫度、溫度速率變化所導出之資訊，以及從一個以上的單一溫度計所導出之假設，以產生可以更正確地調節溫度之控制信號。此等控制器 500更容易用在數個位置，例如上面所述的靠近裝置 50處、靠近微通道 220處、和在微熱交換器 200頂部表面處，並且以記錄到的溫度信號來實行。從相對於裝置 50和微通道 200的各不同位置所得此等溫度測量值係以不同的速率以及對不同的局部影響之不同敏感度而提供資訊給控制器 500，以提供在熱輸入變化層面上遠較為佳的準確度和穩定性之整體控制策略。因此，提供來自微熱交換器



五、發明說明 (28)

200內的數個不同位置之輸入(例如熱輸入)係較佳者。

諸如層 210和 214的層厚度也是要考慮者。此等層通常不會比 0.1毫米更為薄，且可能厚到數毫米，視材料和製造方法而定。例如，若此等層係使用矽晶圓或玻璃晶圓製成者，雖然這些晶圓可以薄到 0.1毫米以使得該微熱交換器的總厚度減至最小但此等晶圓之原度一般為接近 0.5 毫米。若該等層是使用陶瓷製作成時，其該等層厚度一般為 1毫米或更大者。若該等層是使用金屬製作成時，一般為接近或大於 1毫米。

於許多應用之中，要冷卻的裝置為矽積體電路，所以對於使用矽製成的微熱交換器即有一些重要的優點。具體而言，裝置與熱交換器的熱膨脹係數要匹配，以消除在裝置與熱交換器之間的接合面處之不同熱膨脹所誘導的應力。於矽微熱交換器的情況中，可以使用微製作技術以達到對微通道的路徑和橫截面形狀與排列之精確控制，且可以將此等結構體的整體尺寸減至最小以促成多裝置的非常緊密封裝。最後，微熱交換器的一項重要優點在於微熱交換器之有限厚度可以促成裝置與冷卻層之交錯堆疊，如下面第 25圖所示者。

第 4圖闡明微熱交換器 200設計的另一種可能的變異。如所示者，有一單一路徑(例如經過微熱交換器 200的路徑 220A)係在輸入口 222A之後即分成 11條分開的路徑 220A-1到 220A-11，且在出口 224A處結合為一單一路徑。在區域 220A-1到 220A-11中的通道所具寬度可以在尺寸和形狀上



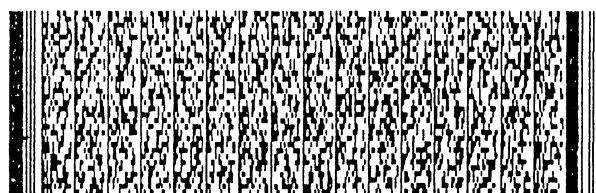
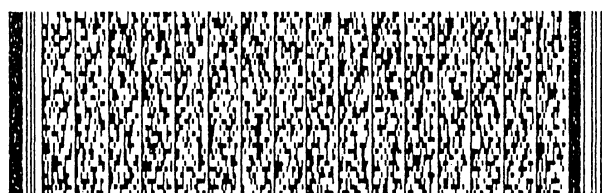
五、發明說明 (29)

不同，以確使流體按照需要而分佈在每一分開的路徑 220A-1 到 220A-11 之內。

第 5 圖闡示出微熱交換器 200 設計的另一種可能的變異。如所示者，兩條路徑 220-1 和 220-2 正好在輸出口 224-1 之前方結合，因而可以促成使用單一流體線路 110 從外面連接到微熱交換器 200。此外，在靠近路徑 220-2 的末端處，該通道分成 7 條平行的路徑 220-2-1 到 220-2-7，說明單一路徑分成數條分開的路徑且在微熱交換器 200 內重合的可能性，如前文對於第 4 圖所說明者。

巨型熱交換器 400。巨型熱交換器 400 可包括多種將熱排除到周圍所用的多種習用宏觀方法中之任何一者。例如，流體可以從在金屬散熱片散熱器底部中的通道經過。系統 100 的一項優點在於泵 300 所具高壓能力可以使巨型熱交換器 400 的流體阻力變高以促成其他性能或成本優勢。所以，可以將流體繞流經過巨型熱交換器 400 內的複雜路徑，以將熱阻減至最小而不必擔心增加流體流動阻力的連累。

第 6 圖顯示出一個巨型熱交換器 400A 的例子，該巨型熱交換器 400A 係以習用裝有散熱片 406 的習用宏觀型熱交換器的設計為基礎。流動通道 420 配置在一核心元件 418 之內且可讓流體在流體入口 422 與流體出口 424 之間流動，一項重要的優點在於：因為熱可以透過在迴路所含諸元件之間的撓性流體連接件 110、112 和 114 而傳送非常長之長度，所以該巨型熱交換器 400 的形狀和性能可以在該裝置



五、發明說明 (30)

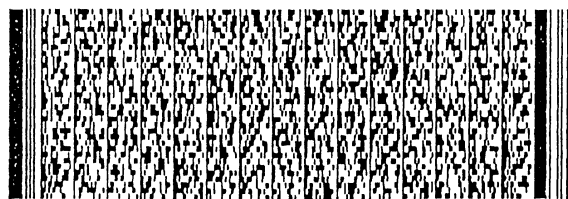
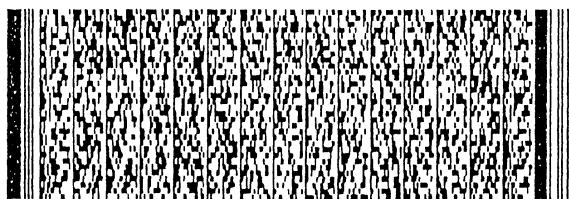
50的環境限制之外予以最佳化。

可以利用系統100實現的一項優點在於可以設計出包括一非常複雜的流體路徑或多路徑之巨型熱交換器400，其中該多路徑係通過可提供熱與空氣接觸的整個高-表面積結構體。第7圖顯示出一可能的巨型熱交換器400之例子，其中流體通道420路線係進入從該核心元件418突出的散熱片406之內。流體流動路徑進入散熱片406內的此種路線安排可以明顯地減低該巨型熱交換器400的整體熱阻，藉此改良整體系統100的熱排除性能。

本發明一較佳實施例為將巨型熱交換器直接地耦接到系統的外部表面。上面的第1圖顯示出連接到一散熱片陣列型散熱器的巨型熱交換器，不過也可以有利地將該巨型熱交換器直接地連接到該系統的外表面。若系統為一桌上型電腦時，此實施例將包括將該巨型熱交換器直接地安裝到電腦機箱之側邊或頂部的內表面上。若該系統為一種膝上型輕便電腦時，則有利者為將該巨型熱交換器安裝到其螢幕背側之內。於此兩種情況中，此種結構係利用此等垂直取向的表面所具增強的自然對流而將熱排出。

如同微熱交換器200一般，要在後文中進一步討論的熱模型化可以用來將巨型熱交換器400內的流體路徑420之分佈予以最佳化，包括直徑、橫截面輪廓、深度、形狀、密度、和其他幾何參數等，以使該巨型熱交換器400的性能達到最佳化。

一般，在針對最佳熱性能設計過熱交換器200和400之

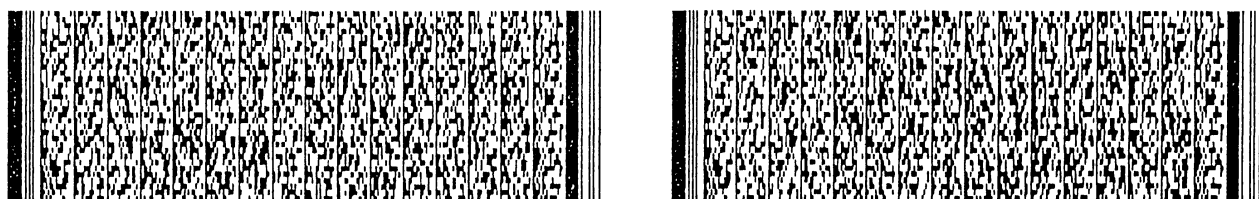


五、發明說明 (31)

後，即可決定泵 300 的性能要求，且隨後將其特性獨立地最佳化。本發明的一項特色在於可以將泵 300 的能力予以量身訂作促成熱交換器 200 和 400 各別之最佳化，藉此對整體系統熱性能產生實質改良。

電滲透泵 300 的設計與製作。於本系統中的較佳電滲透泵可以使用多種材料且經由許多種製作方法予以製成。不過，也可使用例如靜電啟動薄膜泵、壓電型泵、電液壓泵、超聲波泵、和其他泵且仍然可以得到本發明的某些優點。無論如何，該泵較佳者還是電滲透泵 300，其中該泵結構體包括一液體填充室 213 以及於一多孔結構體 310 的任一側面上之電極 314 和 316，如第 2 圖中所示與上文提及者。於陽極 314 與陰極 316 之間存在著一電位差，因而在該多孔結構體 310 的相反兩側之間存在著一電位差之時，該多孔結構體 310 內的離子會從側 312B 拉到側 312A，且也會將鄰近的液體拉動經過該結構體 310，所產生的流動與壓力差會造成流體流經整個閉迴路系統 100。於第 2 圖中所示實施例中，呈陶瓷圓盤形式的多孔結構體 310 係密封在室 312 的兩半部 312A 與 312B 之間，且顯示出裝有流體入口 322 和出口 324、陽極 314、陰極 316、和觸媒重組器 326。此種特別的泵實施例可以用不貴的材料容易地裝配而成，且可以用來產生超過 2 大氣壓 (atm) 的壓力和高達 10 毫升 / 分的流速。

為了使較佳的電滲透泵 300 產生所欲的壓力和流速，該泵 300 較佳者要包括下列組件：

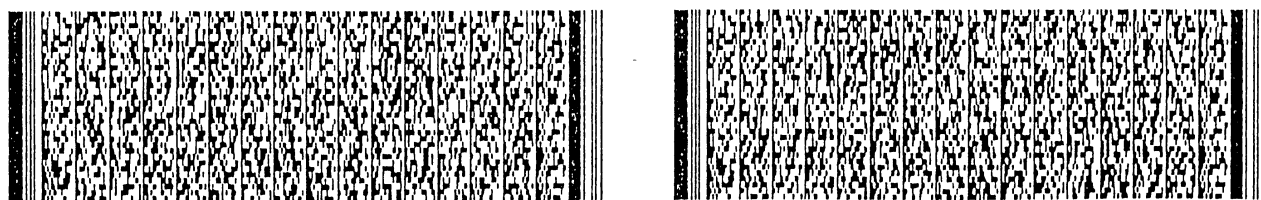


五、發明說明 (32)

1. 一多孔結構體 310，其特徵在於有從其一側通到另一側的多條小直徑路徑。該等路徑的直徑一般為小於 0.01 毫米直徑，且若彼等的直徑小於 0.0025 毫米則為較佳者。此種較佳性的理由在於較小直徑通道會使更大部份的附近流體到表面處並且使流體產生更大部份的電荷，以令在一特別電位差下對整個流體有更大的力量。該多孔結構體 310 的厚度一般為在 1 毫米與 1 公分之間，更薄的結構體會在一特別電位差之下導致增加的流速，不過重要的是要記得所得壓力會施加一力量於此結構體之上，且若該結構體太薄時，可能會有所損壞。高流速與可靠性之要件間的平衡使一陶瓷結構體的較佳厚度為數毫米，可以經由在相反兩側上的數區域內之數個位置上對該多孔結構體提供支撐而改良此種情況，如在第 10 圖中所示者。

當空間為設計限制或考慮之時，該室的尺寸要選擇以減低泵的尺寸和質量至最小者，但仍要能夠提供堅固的機箱。該機箱必須使用具有絕緣性表面的材料所製成，使得不會有電流從陰極或陽極流到該室的表面內。對於使用壓力製成的室，整體尺寸為數公分，且壁的厚度為 1 至 3 毫米，所有這些尺寸都可以縮減以使泵具有小於 1 公分且甚至於小到 1 至 2 公分的整體尺寸；此等泵分別使得該室的厚度可接近 1 毫米，且小到 0.1 毫米。

該多孔結構體 310 的材料應該具有相對於操作流體的高電滲透移動性，且要提供能夠耐受住發生高壓差時所需的機械整體性。



五、發明說明 (33)

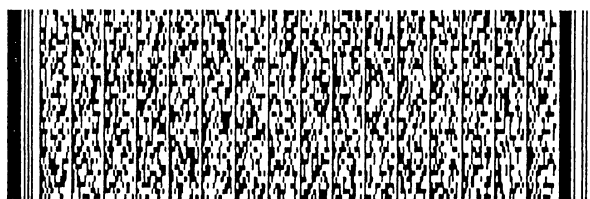
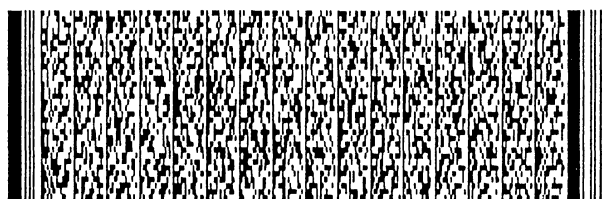
2. 一對電極，如所示的陽極 314 和陰極 316，用以施加跨過多孔結構體 310 的電場。此等電極 314、316 要浸沒到在該多孔結構體 310 相反兩側上的流體之內，且應該耐得住與該流體的化學交互作用以及在施加電壓時所發生的電解作用。

3. 流體流動所用的一輸入口 322 和一輸出口 321。

4. 一用於捕捉所冒出的氫氣和氧氣並予以再結合以取代電解所耗損的水分所用之工具，例如所示的觸媒重組器 326。此觸媒重組器 326 的一例子顯示於第 10 圖中，且該觸媒重組器 326 包括係由一填充有鉑塗覆篩網或填充有鉑塗覆陶瓷丸粒的小室所構成。該鉑表面係作為在泵中之外產生的 H_2 和 O_2 之間進行有效率的反應所用的基板，以使 H_2 和 O_2 再結合而成為液體水分，其後此水即流回到泵的主室內。此室可配置在室 312 的壁內，或接著到該室的外側上。重要者為該重組器室要提供一工具使氣體從該室進來且使液體流回去。

5. 一操作流體，其特徵在於其具有低黏度、高電阻率、及相對於該多孔結構體的表面的高電滲透性移動性。此流體應該由在長期暴露於系統 100 內的其他材料下，或在連續電解之過程中不會降解的組成分所構成。

至此要說明包含適合於流體冷卻系統 100 的閉迴路操作所用的泵 300 所含元件之實施例，此等說明包括對於整個泵結構的形成、將電極接著到多孔結構體表面所用方法、以及形成多孔結構體 310 所選用的材料之特定例子等



五、發明說明 (34)

之細節。

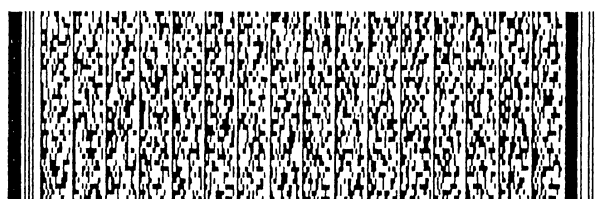
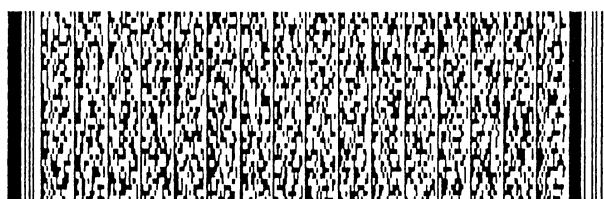
燒結氧化矽泵製作方法。製造此等泵組件所用的一種可能方法為使用氧化矽粒子填充床作為多孔結構體 310，有多種製作燒結粒子泵取介質的方法業經開發出來且為熟習該項技藝者所熟知。

第一種方法為將氧化矽-水漿液離心並傾卸掉水分，將結餅乾燥，切成約 1 毫米的圓盤切片並且燒結。此方法對於具有至少 1 微米尺寸的粒子頗為有用。

第二種方法為使用一過濾器支撐體 82 和一薄膜濾器 80 過濾而從水漿液收集粒子，如第 8 圖中所示者，其中有一真空埠 84 連接到一真空(未圖示)以獲得要變成多孔結構體 310 的粒子餅 310AA。此方法對於具有 1 微米粒子頗為有用，不過對於 3 微米粒子的濾餅 310AA 而言，若沒有將其破碎成像乾砂粒一般時就不能處理。即使以濕式處理，濾餅 310AA 的起始燒結乾涸階段會造成裂痕的形成。乾濾餅 310AA 的此種不良機械特性可經由使用氧化矽膠之"黏合劑"予以解決，將熔塊置於 1150°C 下燒結不會有龜裂跡象。下面說明 3 微米氧化矽粒子所用的粒子-凝膠熔塊圓盤方法的變異法：

用一份 TEOS、二份乙醇、0.2 份水、和 0.01 份的 10% HCl，在激烈攪拌之下製成先質矽凝膠 (precursor silica gel)。於停止冒出氣泡之後，將該先質溶液放置於一密閉容器內燒結 2 小時，然後以不同的方式得到濾餅樣品：

1. 按照第 8 圖中示意地顯示出之方式收集 3 微米粒子



五、發明說明 (35)

濾餅，但在徹底乾燥之前，用兩液份的先質溶液沖提過該濾餅；

2. 於該 3 微米氧化矽粒子的水漿液中加入一液份的先質溶液並按照第 8 圖中所示予以過濾；以及

3. 於 3-微米氧化矽粒子之乙醇漿液中加入一液份的先質溶液並按照第 8 圖中所示予以過濾。

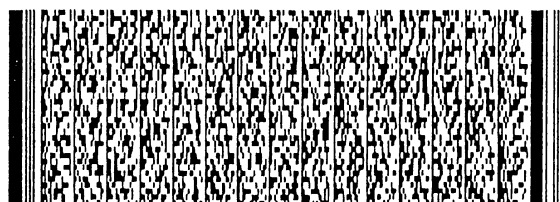
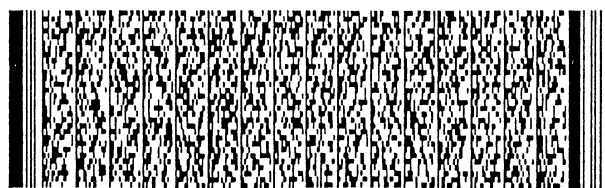
然後將各種樣品空氣乾燥 3 天，接著在 1150°C 下空氣煨燒，溫度跳升速率為 20°C / 分，且在 30 分鐘內 1150°C ，並以 20°C / 分鐘予以冷卻。

此等加工步驟皆為代表性者，雖則彼等並非最佳化，但可產生變異形式可產生可用為多孔結構體 310 的更密實圓盤，或可以獲得更高泵取容量的特徵之圓盤。

第三種經由從水漿液以電泳方式壓緊氧化矽粒子而將氧化矽粒子收集到一結餅內之方法也可以產生經適當結構化之多孔元件 310，此方法類似於上面與第 8 圖中所說明過者，不同處在於電位係施加到過濾器與支撐體上，且該電場會對溶液中的離子施加一大力量，使此力量可幫助將粒子填充到密實圓盤內之力道。

此通用製作方式的關鍵優點為熔塊形狀之控制、孔隙尺寸之控制、流速與壓力的最佳化、以及更簡單、更有效率的表面化學。所有此等優點都會使 E0 泵 300 更可靠操作，且可以使用便宜且可廣泛取得之材料進行非常便宜的製作。

燒結玻璃熔塊製作方法。另一種泵製作方法係以使用市售



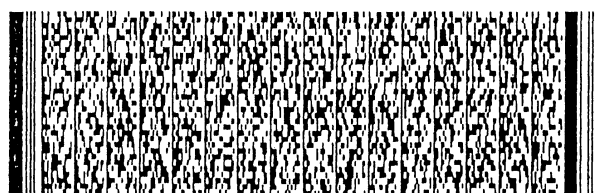
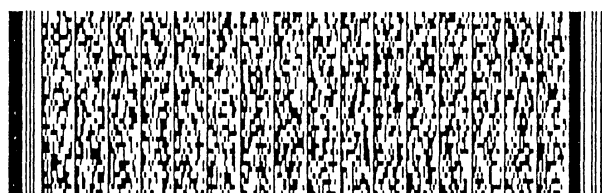
五、發明說明 (36)

超細燒結玻璃熔塊為基礎，所得燒結玻璃熔塊泵 300 示於第 9A 和第 9B 圖之中，於此情況中，可得到正確尺寸和形狀的陶瓷圓盤。下面要說明插置於泵 300 上所用圓盤之製備以及泵 300 之組裝：

1. 從商業供應商 (例如 Robu, Inc. 4) 購得 30 毫米直徑的超細玻璃熔塊，將一壓克力塊材機削以產生凹處 312A 和 312B 且包含形成室 312 的壁件 318。此等凹處 312A 和 312B 通常為圓柱形，4 毫米深且直徑為 4 毫米。在每一塊材的邊緣中需要至少一個穿孔作為流體入口 322 或出口 324 之任一者，而每一穿孔一般為 3 毫米之孔洞，其中有一機械加工倒鉤配件經環氧樹脂處理，且與入口和出口管件相連接。於每一壓克力塊材中亦設有一個 0.5 毫米的孔洞用以將 Pt 導線給入且用環氧樹脂密封到每一電極，要用環氧樹脂密封的每一塊材之表面都用 1 硬度 (grit) 為 180 之研磨劑予以磨蝕以增進環氧樹脂的黏著力。

2. 將一 2x 4 毫米的金屬觸媒片插到陽極隔間內，一般為從入口跨越該隔間。

3. 於在兩個壓克力塊材之間裝配著電極熔塊之時，將 Pt 導線插到兩塊材在陽極隔間和陰極隔間內的個別孔洞內，並使用一 C-型夾將該裝配體夾在一起，使用耐水性環氧樹脂密封該壓克力塊材與陶瓷圓盤之間的接合處 320。由於該壓克力經拉到該陶瓷圓盤的孔隙之內，因此首先只施加少量的環氧樹脂塗層，然後在一小時之內施加一第二層較厚的環氧樹脂塗層以增強在該壓克力塊材與陶瓷圓盤之間



五、發明說明 (37)

的黏合。

4. 經由透過輸入口 322 的真空填充令泵 300 準備操作。

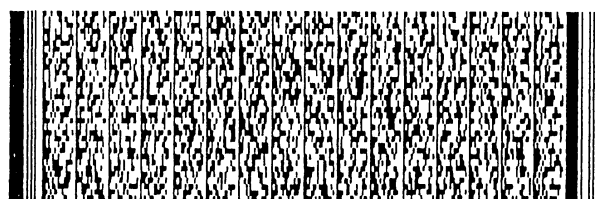
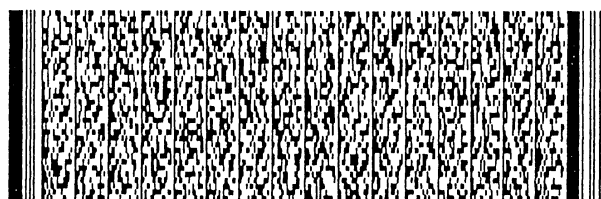
5. 藉由接上 DC 電源使泵 300 運轉，其中正電極 (陽極 314) 係在泵 300 的入口 322 側，而接地 (陰極 316) 係在出口 322 側。

6. 為了幫助氣泡水平對流到液流內及使氣體集中在重組器 326 處，將該泵 300 定向以使氣泡的浮力有利於該水平對流和氣體集中。

在泵結構體本體上的電極金屬沉積。 上面所述泵電極的此種變異形式係利用在多孔介電性溶塊泵材料上面的電極金屬沉積，將接收到的溶塊依序使用 120、180、240、322、和 600 硬度的研磨劑研磨和拋光以得到多孔陶瓷結構體 340，其目的為移除來自溶塊製造的粗表面不平處，並為了提供作為將金屬化玻璃粒之互連 "島" 之目的而令粒子與在互連顆粒的表面一樣平坦。

1. 在陶瓷圓盤的大表面之相反兩面上沉積呈圖案化電極 314 和 316 的薄金屬膜，此等膜係由包含 40 奈米 (nm) Ti 和 100 奈米 Pt 之電子束 (e-beam) 蒸鍍層所組成。該 Ti 層為一典型的黏著力增進層，而該 Pt 惰性電極膜的厚度係在應力、電傳導率、步階覆蓋、與表面孔隙的堵塞之間的協調結果。

2. 使用環氧樹脂 344 將 10-密爾 (mil) Pt 線 342 以 Ag-環氧樹脂接著到 Ti-Pt 膜上而製作出穿透封裝壁的電導線，藉由使用透明耐水性環氧樹脂 346 覆塗以防止該 Ag 環氧樹脂陽



五、發明說明 (38)

極化。

陽極化鋁泵製作方法。此做法係以 Anopore 過濾器為例而說明多孔氧化鋁的另一種結構形式，此等過濾器的厚度為 70 微米且係經由將鋁片陽極化而製成，本發明包括對市場上可購得之 Anopore 過濾器的兩項改良處以使這些過濾器適合用於 E0 泵 300。第一種改良是使用草酸作為陽極化介質，所得混合表面氧化物-草酸鹽可經煅燒而形成只含有氧化物而且具有更單純的表面化學特性，而草酸鹽變成氧化物的轉化乃為一種熟知的陶瓷技術。第二種改良為陽極化出實質更為厚的鋁層，以使孔隙長度增加到數百微米，因而增加泵 300 所能產生的液壓阻力和最大壓力，而較厚的多孔膜也在機械上比既有的過濾器結構體遠較為堅強。

用於可作為多孔結構體 300 的多孔結構體之形成時，所有上述做法比既有做法所具有的關鍵優點包括可以減低"孔曲度 (tortuosity)"的多平行孔隙所構成的最優流動結構體之形成，非常平的泵結構體之形成，確保所沉積的金屬膜電極得以互連，及低成本 (因為在已 (熱) 黏合聚丙烯支撐結構體之後，25-毫米直徑之過濾器零售才只 \$ 1 而已)。

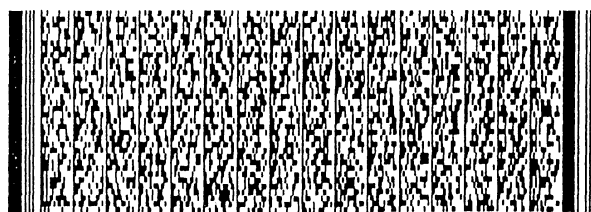
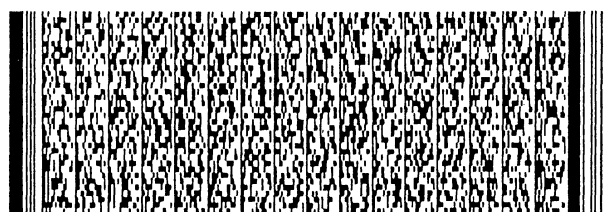
第 10 圖顯示出一種修改形式的泵 300，該泵 300 係使用如上所述的多孔熔塊。不過，於此修改形式中，泵 300 係使用一組支撐結構體，該組支撐結構體係接著到該機箱的左半部和右半部以對多孔結構體提供機械支撐。該泵的一項重要特性在於對流體產生的力道係正比於跨越該泵的電



五、發明說明 (39)

位並且正比於在該多孔結構體內於表面上的荷電層之密度。若多孔介質的厚度可以減低時，通過該泵的流速會增加，不過此介質需要能耐受得住壓力差。大面積的薄結構體通常在高壓力差之下會崩潰，為了解決此點，如第10圖中所示者，可以製作一支撐結構體350，以從形成泵取室312的機箱之一半部312A延伸到該機箱的另一半部312B。此等支撐結構體350可成形為伸展跨過結構體一維度的柱或樑，且只提供機械支撐點而不會實質地阻抗流體進出該多孔泵取結構體310之流速。

本文中所述說的電滲透泵300可提供獨特的能力用以在消耗很少的動力且沒有移動性部件之下於一小型封裝之內產生大體積液流和大壓力。不過，此種泵300包括某些必須管理的複雜處，例如，對泵300中的溶液施加電位和電流之時必定會引起電解作用，且必須管理在此過程中產生的氣體。一種做法為單純地讓該氣體與所泵取的流體一起從系統逸散，如後文中要參照第21圖予以說明者。於此等系統中，流體會逐漸地耗乏，且此點對於只使用一些時間的系統係可忍受者。否則，就必須補充流體。第二項複雜性在於電解氣泡的管理和控制以及在液體流動管線中的氣體滯流現象，於此方面，我們擬出氣體穿透性薄膜的應用，該薄膜可以用來分離出電解氣體並將該等氣體重新導向到重組室內。第三項複雜性為操作流體的最佳化，因為泵特性係與所用離子的類型、離子濃度、溶液的pH值、以及溫度有關係之故。



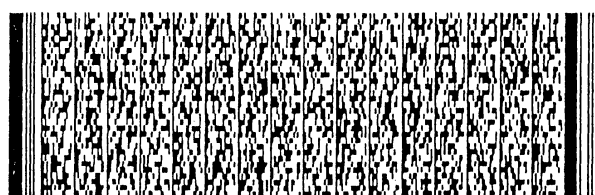
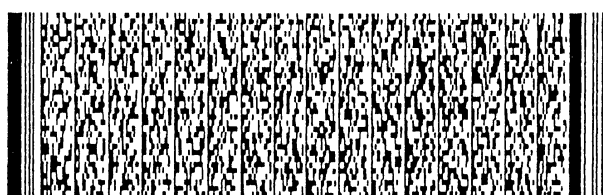
五、發明說明 (40)

然而，一般而言，較佳者為將氣體再捕捉且將氣體重組以回收液體。第 10(a及 b)圖闡明一種系統，在該系統中來自陰極 314 的氫氣通過出口 324，透過迴路並到達陽極 316。在陽極 316 產生的氧氣與該氫氣在觸媒重組器 326 的表面結合。其中不讓該氫氣通過迴路（於此處氣泡可能造成壓力和流速的變異），反而有利地為將此氣體捕捉到陰極室 312a 之內，並直接將該氣體送回陽極室 312b。

第 11 圖闡示泵 300 的一實施例，修改該泵 300 以使氣體輸送到陽極室 312b，在支撐結構體中形成一通道 328 以讓此氣體通過，且配置一半透膜 330 以阻斷液體流過而讓此氣體通過，於實作中，有許多可能的通道 328 和薄膜 330 之幾何配置可以用來完成氣體移動和作為重組機會。第 11 圖顯示出一種在陰極室 312a 處具有一單一多孔薄膜 330 的多孔泵取結構體之上方和周圍之路徑，也可以將該薄膜 330 配置在陽極室 312b、通道 328 內（例如在機箱的兩半部之間的接合處）、或者其他地方。

第 12 圖闡示出一較佳實施例，其中有許多此種通道 328 繞著泵取結構體的周圍配置著以讓氣體進入，而可不管泵 300 相對於重力的定位為何。例如，第 12 圖及顯示出一種此等可能的配置。

於某些情況中，觸媒重組器 326 所使用的材料在與流體接觸之時可能有減低效率之虞，於此等情況中，可以使用半透膜將重組器 326 與泵取室 312 中的液體隔離開。第 13 和第 14 圖顯示出兩種可能的重組器 326 之配置，分別使用

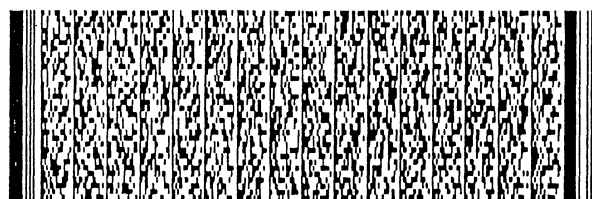
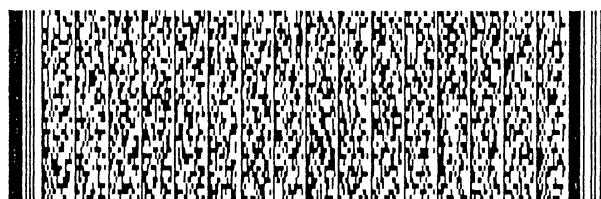


五、發明說明 (41)

半透膜 327A和 327B，且都可實施此種隔離功能。除了使用此種薄膜 327之外，要紓解此種問題或要促成重組器觸媒所具性能的快速恢復也可以使用加熱器 332以提供觸媒的加熱，如在第 16圖中所顯示者。此種加熱器 332可以用來在所有時刻中將重組器 326保持溫熱或有需要時間歇地加熱該重組器 326，以達到乾燥或性能增強之效。如後文中要討論到者，也可以採用壓力感測器與溫度計的組合來診斷冷卻迴路和泵 300的狀況。假若，舉例而言，有偵測到壓力增高現象，即可能指示該重組器 326已變得潮濕或需要再生。可以採用經由使用加熱器 332施加穩定的熱或短暫的熱脈衝，以恢復在重組器 326內的觸媒所具性能。

對於薄膜 330和 327有數種可能的材料選擇，所需要者為該薄膜要具有密實的纖維結構以讓氣體通過而阻斷水的通過。一種範例材料為在戶外衣服中使用的 Gore-Tex材料——此種材料係已知可以阻斷水份的通過而讓蒸氣通過者。

E0泵 300的另一重要實施例為其中係使用一個以上的單一多孔結構體 310來產生到微熱交換器 200的流動，第 15圖顯示出一種特定實施例，包括使用一對多孔結構體 310並且從單一入口 322泵取流體到一對出口 324A和 324B。從此兩個出口 324A和 324B流出的液流可以重組以通過一單一流體迴路，或者該等液流也可以保持彼此分開。透過電極 315A和 315B施加到兩陰極 316A和 316B上的電位不需要相同，如此，這種設計能夠經由使用一帶有電極 313的共同

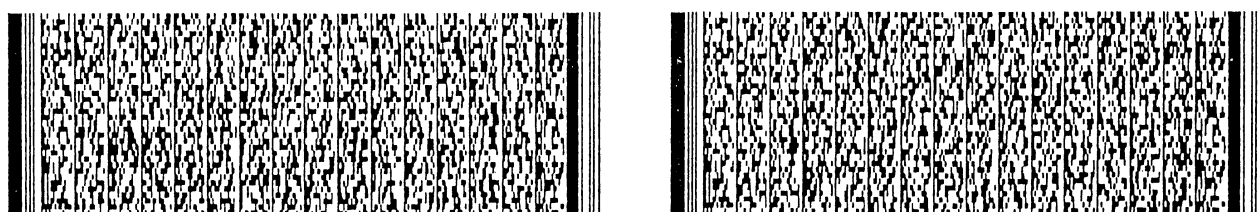


五、發明說明 (42)

陽極和共用的泵取區域而獨立地控制流經一對冷卻迴路的流體流動，此種雙泵架構也可以用為先前所說明的基本泵之高排水變體 (high-displacement version)。藉由將來自兩出口 324A 和 324B 的液流予以結合，此泵 300 的實施例能夠使合任何單一泵的體積流量達到兩倍，而同時可產生相同的高電壓且在相同的電壓下操作。或者，可以將此種配置視為一基本泵和一備用泵，其中只有在該泵取結構體之基本泵所具性能經記錄到故障之指示之後才會啟動該泵取結構體的另一個泵 (即備用泵)。

也可以採用包括一對以上的泵取結構體之組合，一對泵取結構體的使用為一種較佳實施例，因為如此可以將一單一對的泵取結構體彼此密切靠近地配置，而可於很少的額外總泵體積或質量或成本之下造成 2 倍 (2x) 流速泵。第二個泵的加入可促成另外的局面，其中該泵的兩半部可獨立地使用以達到結構複雜的流速控制。

微製作的狹縫泵。第 17 圖中所闡示的微製作狹縫泵 (slit pump) 300C 由一層型 EO 泵 300 所構成，其中經由在一個基板 370 上面蝕刻一淺通道 310-CH 而形成一非常薄且平之通道 310-CH (該通道 310-CH 對應於自然存在於在上述諸實施例的多孔形結構體內之通道)，接著對該基板 370 塗覆一絕緣層 (例如 Si_3N_4) 且之後黏合一有平面表面晶圓的第二玻璃層 380 以封合該淺通道 310-CH。另外，可以在基板 370 內蝕刻垂直導向於該基板 370 的表面之非常薄且平之通道以連通入口 372 和出口 374 室，而形成更深的凹處以提供入口 372



五、發明說明 (43)

和出口 374 室，且可在該等凹處內配置電極 314 和 316。微製作的電滲透泵 300C 一般會產生低於 1 毫升 / 分的流體流速，係因為流體路徑的總橫截面積實質地小於其他 EO 泵 300 形式所具總橫截面積之故，流失的液流可經由在相同基板上加裝並聯操作的許多個泵 300C 而回收。

氣凝膠泵取元件。此做法係依賴另一種結構形式的多孔氧化矽，稱為氣凝膠 (aerogel) 者。此種材料對於 EO 泵 300 的形成所具重要優點在於氣凝膠具有非常高的孔率，所以氣凝膠具有遠較為高的電滲透流速及遠較為低的質量 (重量)。此外，也可以將氣凝膠澆鑄成所欲的形狀；可能澆鑄在電極結構體上面。此等材料也可以承受高溫加工。

泵的操作流體之最佳化。水 (較佳者去離子水 ("DI") 水) 係微電滲透泵 300 所用的一般操作流體，除了優良的熱性質 (例如高蒸發潛熱) 之外，水也可以支持電滲透且其電解產物 (氫氣和氧氣) 可以用觸媒方便地重組。

泵 300 的性能業已經由將水性操作流體的組成予以變化而最佳化，此種最佳化的一個例子為第 50 圖中所示者，在第 50 圖中將起始與平均穩態流速相對於設置在其中的硼酸鈉之濃度標繪出，尖峰性能係靠近此電解質濃度 3mM 處。另一種電解質的最佳性能也可能發生於濃度完全不同之處，這是因為流速為何會受到電解質組成及 / 或濃度所影響的化學原因尚未完全了解之故。

然而，重要的是，若電解質為電不活化者，或者為完全可逆者，將使得電解副產物不會隨時間而蓄積。例如，



五、發明說明 (44)

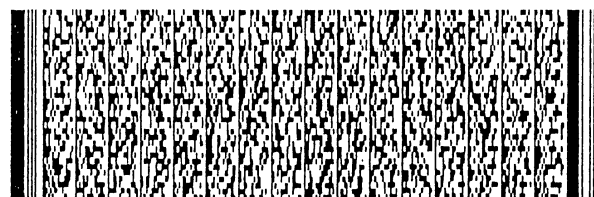
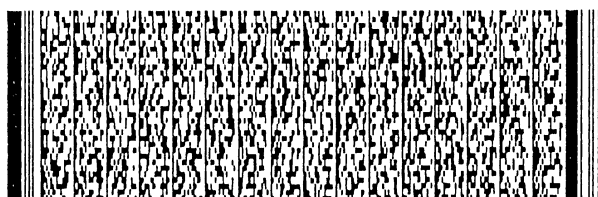
氯離子電解可在陽極取代氧氣而產生氯氣，而我們的觸媒很可能不會將氯氣與氫氣重組。再者，溶解的氯氣為一種比含有溶解的氧氣遠更具腐蝕性的操作流體。

為何選擇硼酸鈉的另一項理由在於硼酸鈉代表已製作出多孔聚合物熔塊所使用的玻璃材料所含三種主要組成分之兩者。因此，該電解質也傾向於該多孔介質的溶解或短暫化學改質。另一種類似的電解質在提供穩定、電滲透活性表面給多孔介質上可能較為佳。

最佳化操作流體的另一項特色在於對 pH 值的控制，特別是對於陽極隔間的酸產生性質之壓抑。壓抑低 pH 值的理由所具重要性在於電滲透流會隨著 pH 值的降低而減低，如第 51 圖中所示者。

整合後的系統。上面已經討論過本發明個別組件 200、300、400 和 500 的發展，本發明於另一態樣係將諸元件（特別是微熱交換器 200 和電滲透泵 300，且尤以控制器 500 為較佳）整合成可以提供整合熱控制的小型模組。本發明一實施例為整合微熱交換器 600 的發展，如第 18 圖中所顯示者。此種模組包括如上文所討論的微熱交換器通道 220，且包括溫度感測器或溫度計 250 以測量溫度分佈，還包括一微製作 EO 泵 300，全部都裝在一小型封裝件之內。此模組亦包括其他類型的感測器，例如壓力感測器和流動型感測器。

在此種配置之內的微通道 220 可以按照上文所述予以製作，而溫度計 250 可以經由接著個別微電阻式溫度計，



五、發明說明 (45)

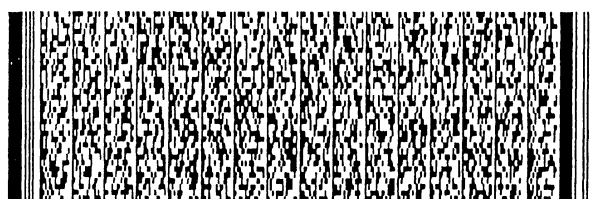
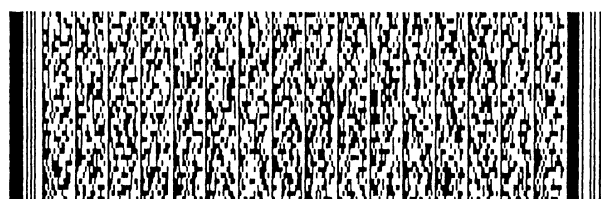
或經由將溫度計輕微黏著到矽結構體的諸區域而整合到該結構體內等任一方式容易地整合。可以使用輕微黏著矽藉由電阻測量，或藉由形成電流偏差二極體

(current-biased diode)及測量正向電壓降 (forward voltage drop)而準確地偵測溫度。於任一種情況中，此等溫度計元件 250都可以使用在任何標準微機電 (MEMS)晶圓代工中形成微通道 220所用的相同的微影 (lithography)、沉積和蝕刻工具予以製作。此等溫度計 250可以促成靠近裝置 50處的溫度之局部準確測量，且使泵壓力和流體流速得以調整而將該裝置溫度調節在特定限制之內。

再者，也可以整合具有微製作結構體的 EO泵 300，由於尺寸限制，該 EO泵 300一般為一較小的 EO泵。在上面對第 17圖所討論的微機械加工 "狹縫泵" 300C即可用為 EO泵 300的其中一種形式且可以使用微製作矽結構體整體地製作，並且可以與本文中所述及的其他溫度計 250和微通道 220的製作相容。包括微熱交換器 200、一組整合溫度計 250和整合型 EO狹縫泵 300的整合冷卻模組之一較佳實施例為在第 18圖中所示者，於某些情況中，此種整合度可以減低安裝的整體複雜性，且可減低製作成本。也可以將控制器 500與此種結構整合在一起。

此外，也可以擬出閉迴路冷卻系統 100的其他設計。

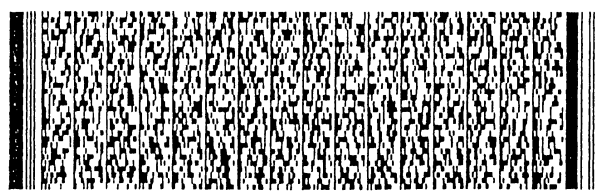
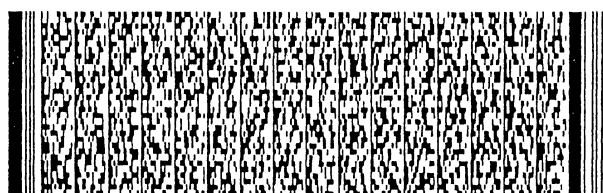
第 19圖顯示出一種閉迴路冷卻系統 100的修改示意圖。於此實施例中，有兩條分開的流體路徑通過該系統，



五、發明說明 (46)

如所示者流體線路 110、112，和 114 為一條路徑，而流體線路 110A、112A，和 114A 為另一路徑。經過此等路徑的液流可以藉由在兩個泵 300 和 300A 內的不同電極之不同電位而獨立地控制，且藉此可以使用控制器 500 透過信號線路 122 和 122A 所供給的信號調節經過每一泵 300 和 300A 的電流。此種系統 100 的一項優點在於該系統 100 可以針對不同熱產生分佈回應而獨立地調節裝置 50 之多個區域的溫度。例如，裝置 50 可為一微處理器，該裝置 50 具有某些以穩定速率產生熱的區域，以及以快速變異性速率產生熱的其他區域。這種組態可以促成通過裝置 50 之別區域的冷卻器之獨立控制，且可以在此等熱產生中存在空間變異性下維持整體熱均勻性。

於另一種變化形式中，也可以擴展到使用一個以上之所示的單一泵，而來自任何單一泵 300 的流體在進入裝置 50 之前或進入該裝置 50 之後可以分成一條以上的流動路徑，且流入此等個別路徑內的液流份量可藉由閥或其他分開液流之方法予以改變。第 20 圖顯示出此種系統 100 的一實施例，其中有一單一泵 300 促使流體流動經過兩條分開的路徑，一條路徑係使用流體線路 110 和 115 且另一條路徑係使用流體線路 110A 和 115A 流經迴路，並且使用一分流器 590 決定如何將泵 300 的輸出在該兩條路徑之間分開。於此圖式中，流體路徑係在微熱交換器的入口和出口處分開且在巨型熱交換器之內結合。顯然地，可以使該等流體路徑在該微熱交換器 200 之前或之內的任何位置分開，且使該



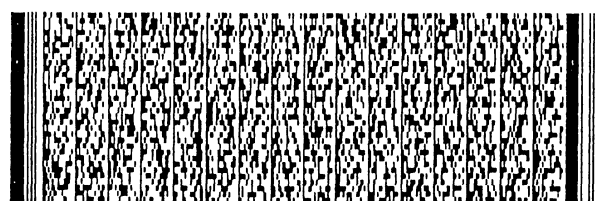
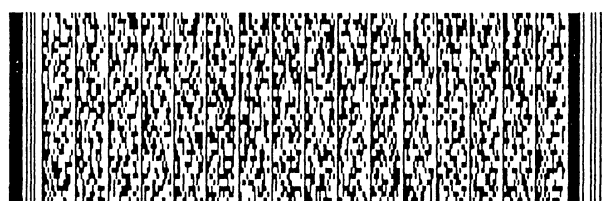
五、發明說明 (47)

等流體路徑在該微熱交換器 200、或該巨型熱交換器 400(如所示者)內部的任何位置、或者在進入泵 300的入口處結合。

除了前面所說明的閉迴路冷卻架構之外，本發明一實施例係使用一種開迴路組態，其中冷卻流體係從一儲器抽取出並在單次通過(single pass)迴路之後從系統排出。第 21圖顯示出一種此等系統，其中流體係從一儲器 302取出，將流體透過泵 300抽取到迴路之內，然後通過微熱交換器 200及接著經過巨型熱交換器 400，最後該流體離開該系統而到一廢棄物接受器。雖然此等系統對於許多種獨立式(self-contained)應用而言不是理想者，不過仍然有許多其他應用通常能夠容許來自外部來源的冷卻水之使用與排除。本文所說明的泵和熱交換器可以與此等架構結合以達到特定的優點，例如增加壓力、與流體流動的控制。

第 22圖顯示出一此種系統的變異形式，其中不包括巨型熱交換器 400，且從微熱交換器 200出來的排放物為經加熱的流體和蒸氣。此種經加熱的流體係經輸送到一廢棄物接受器中，包括該流體所攜帶的熱。巨型熱交換器 400的排除可以在某些應用中看作是一種有利點。

於如第 23圖中所顯示的一開迴路實施例中，顯示出一電滲透泵 300，其中藉由在該泵 300的陽極側上面因電解作用所產生的氣體都散逸到周圍。於某些情況中，有需要將此等氣體再捕捉且將該等氣體重組以形成液體，並將所有的液體保留在系統之內。不過，也有其他的應用係不需要

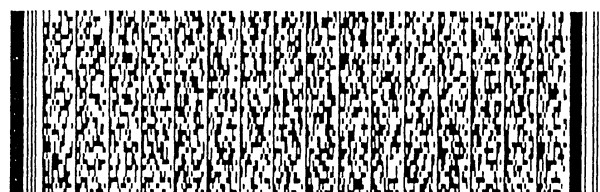
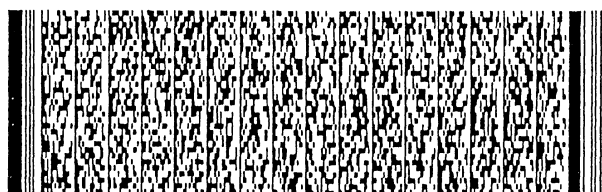


五、發明說明 (48)

回收該氣體者。於此情況中，有需要提供某種類型的排氣口使氣體從該泵 300 散逸出。於該泵 300 的陽極側 312b 上，所產生的氣體不能通過多孔結構體 310，所以有需要裝上一排氣口 304，而於該陰極側 312a 上，氣體可以隨著流體通過出口 324 而散逸出，如所示者，或者也可以將氣體從排氣口排出。若在陰極側 312a 上產生的氣體通過該冷卻系統的其餘部份時，該氣體最終會到達泵 300 的陽極側 312b，於該陽極側可將氣體重組或可從排氣口 304 排放出。

第 24 圖顯示出微熱交換器 200 的另一實施例，其中每一冷卻層 230 (如前文針對第 3B 圖所闡示與討論過係由層 210 和 214 所形成者) 係與大部份較佳者為垂直的電互連線 323 交織著。此等垂直的互連線 232 可以用來促成對裝置 50 的上表面之電接觸，且也可以提供在該表面的熱冷卻。此種結構係有用者，因為對於許多種應用而言，重要者為使裝置 50 與使用要用來建立冷卻作用的相同表面之接點形成電接觸。此等裝置 50 的例子包括可以從光電裝置、在矽晶圓兩側面上均圖案化的積體電路、或多層式混合信號系統 (例如在單晶片無線電 (single-chip radio) 協定中所擬出者) 而受益。如第 24 圖中所示者，垂直的電互連線 232 會將來自層 214 頂部表面 234 的電信號傳送到層 210 的底部表面，且包括多條側部流體通道 220 用以有效地移除來自一個表面或兩個表面的熱。

第 25 圖闡示出一種此等熱交換器 200 在整合含有一接

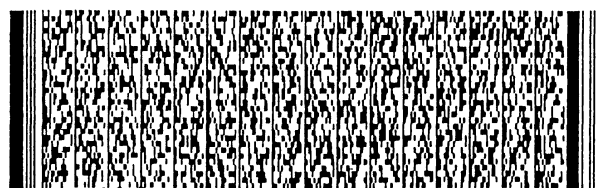
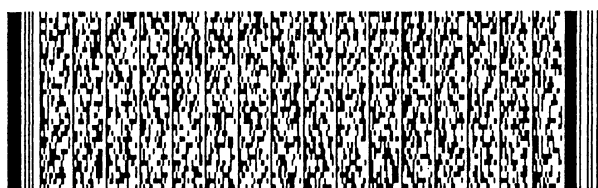


五、發明說明 (49)

合面板 244、一母板 246和多個導線 248的多層式電子堆疊內的範例，可想像成一 3D混合信號系統。該等冷卻層 230在 3D整合系統內的整合隨著此等裝置所具密度和功率消耗的增加而可以明顯地幫助熱的散逸。因為透過所有層到表面的普通熱傳導效率低之故，該等冷卻層 230在 3D結構體內的放置可以更為有效率地促成熱傳導，且外表面（例如所示的 240和 242）對於電、光和射頻（RF）進入系統將變得具有逐增的重要性。

第 26A和第 26B圖顯示出另一種用於冷卻層 230之微熱交換器 200之另一種配置，該冷卻層 230具有裝有如上所述電互連線 232。於此種實施例中，該冷卻層 230含有一穿過該微熱交換器 200的開口 260而提供一空間，讓裝置 50有一開放區域於該微熱交換器 200之該開口 260上以進行光、電或其他交互作用。此等其他交互作用包括壓力、聲音、化學、機械力、或電磁場等交互作用。該環狀微熱交換器更提供對裝置 50的熱和電連接，以及提供對裝置 50的其他類型之連接。具有此開口 260可能具有重要性，因為若該裝置 50可接觸外埠刺激時，該裝置 50經冷卻的表面可能操作得更好。例如，二極體雷射可能需要冷卻光學主動表面以及使光進入該表面的發光區。

第 27圖顯示出微熱交換器的另一種可能的實施例，其中對於裝置 50頂部表面的上面區域之進入係由一 "C型" 開口 262所提供，該開口 262與上面所述開口 260實施相同的功能。

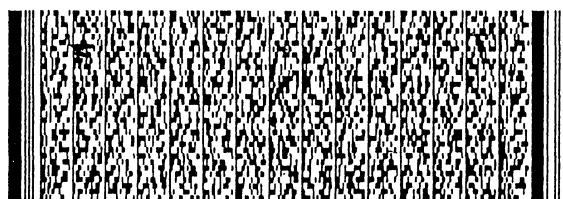
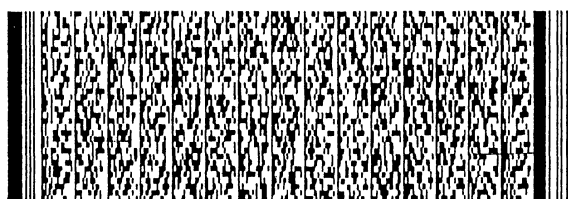


五、發明說明 (50)

第 28 圖闡示出一種可以用於微熱交換器 200 中的錐型通道部份 220T，該錐型通道部份 220T 可促成就要在此說明的有利點，此種錐型通道部份 220T 也在前文討論過的第 3A 圖中闡示出。

本發明的另一項有利特色在於在微熱交換器 200 中的微通道 220 之幾何線條的量身訂作 (例如在第 3A 圖中所闡示者) 以使熱特性最佳化。作為此特色的一個例子而言，可以用來預測入口流體溫度，以及在裝置 50 上面的熱產生之空間分佈。為了達到遍及裝置 50 各處的均一溫度，需要將對流體的熱傳送空間分佈與熱產生的空間分佈相匹配。隨著流體流經該微通道 220，流體的溫度會增加，且隨著流體開始轉變成為蒸氣，該流體會經歷明顯的膨脹，而導致速度的大幅增加。通常，從微通道 220 的 C 型開口 262 之壁面對流體的熱傳送效率會因高速度流動而改良。所以，可以藉由將微熱交換器 200 中的微通道所具橫截面尺寸予以調整而量身訂作熱傳送之效率。第 28 圖顯示出一種微通道 220，該微通道 220 在入口 264 處以小橫截面積開始 (以促成在靠近入口 264 處的高速度流動)，且然後擴大到在下游出口 266 處的較大橫截面 (以引起較低速度的流動)，此種特殊設計可代表一種其中在靠近入口處有較高熱產生的設計。

此外，可能有利地為對於預期會有流體和蒸氣的混合物之微通道 220 所具區域設計一較大的橫截面，這是因為液體變成蒸氣的轉換所伴隨的體積增加會造成大幅加速及



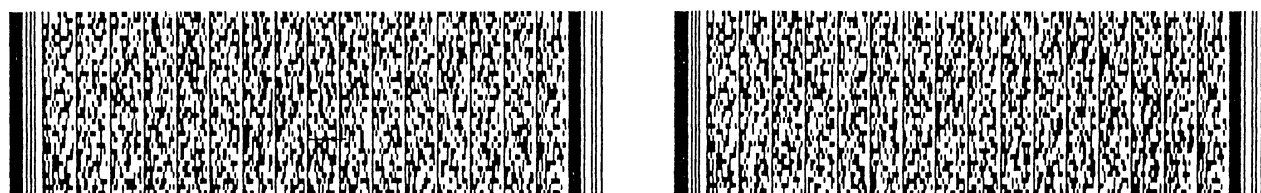
五、發明說明 (51)

所導致的增加的速度之故。於此情況中，類似於第 28 圖中所示的設計對於在流體從入口 264 移動到出口 266 時容納從流體變成混合流體 / 蒸氣狀態的部份轉變而言係恰當的。

此外，可能有利者為將通道變寬然後再予以縮小，藉此達到在微熱交換器中不同位置處的流體速度之減慢及然後增加。如在第 3A 圖中所顯示者，可能為恰當者為多次將通道尺寸從大變到小且然後再變回來，以針對遍及裝置各處的預期熱散逸分佈而量身訂作熱傳送效率。一般而言，較窄的橫截面會導致較高的流體速度以及更有效率的熱傳送。

熱傳送速度和效率也可以用其他方式來增加，包括在有需要增加速度之處的通道 220 區域內導入附加結構體 270。第 29 圖顯示出此種設計，其中有許多結構體 270 保留在該通道 220 之內以部份阻斷液流。此等結構體 270 會因為通道 220 的其餘橫截面積的縮減而造成此區域內的流體速度之增加，藉此增加此區域內的熱傳送效率之增加。此外，因為此等結構體的表面會增加與流體接觸的總表面積而會增加通道 220 的有效表面積，藉此進一步增加從裝置 50 到流體的熱傳送效率。

在微熱交換器中製作通道 220 所用的微製作方法之一項特殊優點在於可以導入小設計特徵例如具有可變寬度的錐型通道 220T 或在通道 220 的內部使用結構體 270。也可能使用接近 1 微米的最小特徵尺寸，促成對於通道 220 和部份阻斷性結構體 270 所具形狀的非常精確之控制。除了調整通道 220 或插入部份阻斷性結構體 270 的寬度之外，也可以

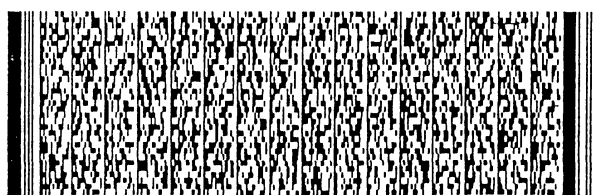
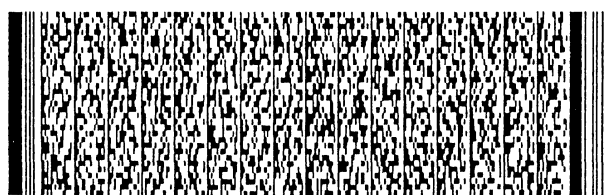


五、發明說明 (52)

設計具有可變深度的通道，藉此連續地調整通道的橫截面積而不改變微通道 220 的相對密度。

— 除了前面討論過的以實質平面型微通道為基礎的微熱交換器 200 所用幾何線條之外，有助於從裝置 50 的熱傳送之流體分佈也可以發生於冷卻層 230-n，例如在第 30A 和第 30B 圖中所示者，流體分布係沿著冷卻層 230 而存在（例如前面在第 3B 圖中所說明者）。第 30A 和第 30B 圖顯示出一種可能的微熱交換器幾何線條，包括流體之兩冷卻層 230 和 230-2，其中第 30A 圖為俯視圖，係沿著層 210 的上部所獲得的。於先前所述的層 210 和 214 上面形成一上層 216 以形成第二冷卻層 230-2（不過可以使用任何數目的 210、214 和 216 以得到不同數的冷卻層 230）。於此實施例中，該上部的第三冷卻層 230-2 係用於將冷流體從流體入口 222 分佈到整個微熱交換器 200 內部的許多位置，且下部的第二冷卻層 230 係用以散佈流體及將流體通到流體出口，顯示如 224-1 和 224-2 者。此實施例的一項優點為可以將該冷的冷卻流體插置於底部的第二冷卻層 230 上的任何位置中，且流過每一通道 220 的流體之流速可以藉由側面和垂直通道的橫截面尺寸予以決定。

一個可以用來分佈冷卻流體的特別有用實施例係在第 31 圖中所示出者，其中流體係在微熱交換器 200 的上層 216 中之流體入口 222 進入，並均勻地散佈通過平面儲器 274。在第二層 214 中的眾多個小洞孔 276 可促成進入微熱交換器 200 所含第一層 210 中的室 278 內之流體噴射點或噴嘴

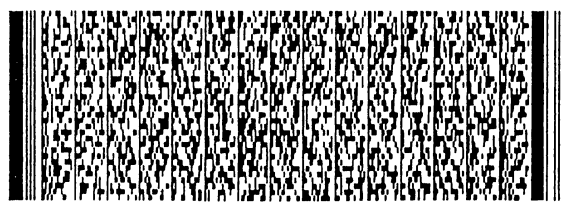


五、發明說明 (53)

(jets)分佈之形成。冷流體的分佈係決定於開口的尺寸與在每一區內的開口密度，然後流體存在於該第一層之流體出口 224。於此實施例中，如同上面所說明過的諸實施例一般，係形成各個層 210、214和 216，以某種方式接著在一起，然後使用黏膠、導電化合物、焊劑，或直接黏合等而接著到裝置 50。

第 32圖顯示出微熱交換器 200 的另一實施例，類似於在第 31圖中所顯示的實施例，該微熱交換器 200 免除掉層 210 且提供與裝置 50 表面的直接流體接觸。於此種組態中，形成層 216 和 214 並且接著將該等層 216 和 214 直接黏合到裝置 50，並在裝置 50 與微熱交換器 200 之間的接合面處形成一較低之室 278。第 33圖更闡示出微熱交換器 200 的另一實施例，該微交換器 200 具有一單一冷卻層 230 且亦提供與裝置 50 表面的直接流體接觸。第 33圖更闡示一實施例，其中該裝置 50 係經繪成有凸塊接合 (bump-bond) 的電路而形成對電路板的電連接，如同對微處理器所用的情況。藉由使流體與裝置 50 直接接觸，因為移除掉數個阻障而可以改善從該裝置 50 到流體的熱傳送，且可得到最佳系統性能。不過，此種做法會因為裝置 50 與微熱交換器 200 的物理接著於此必須承受流體和壓力，且在該裝置 50 的使用期間需要防漏，而變得複雜。

視跨越層 214 中的開口 276 之壓力差與該等開口 276 的尺寸而定，通到室 278 的流體可形成微液注 (miniature jets)，此微液注具有數項重要優點。通常，液注的形成

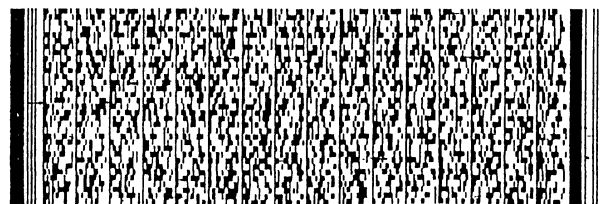
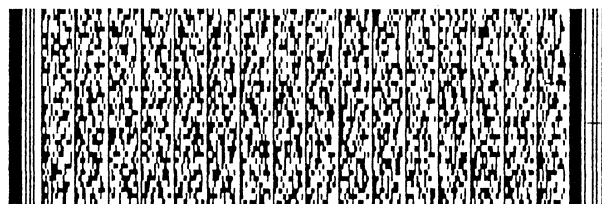


五、發明說明 (54)

係由液流的雷諾數 (Reynolds number) 所管制。對於太大的液注孔，由電滲透泵所產生的質量流會導致太小的速度，而使得孔液流的雷諾值太過於小而不能獲得液注 (其特徵在於在孔出口分開液流)。對於太小的液注孔，黏滯應力 (viscous stress) 會將泵所產生的壓力能量散逸開而且再度導致雷諾值太小。所以，應該有最適當的液注口直徑以達到相當高的雷諾數 (即使只有層流) 液注流。注流 (或更佳者為注流陣列) 之形成可增進室 278 內的流體之熱傳送效率，這是因為增加的速度與在該室 278 內之慣性流不穩定性的存在之故。此外，該等液注會造成在該室 278 內的流體之充分混合，藉此幫助任何溫度梯度的平均化。

前文所闡示的第 3B 圖、以及第 34 和第 35 圖說明微熱交換器 200 的不同實施例，其中將微通道 220 製備成密封結構，然後使用熱傳導性化合物將密封的結構體接著到裝置 50，此方式的一項特別優點在於可以使用高溫製程及可能破壞裝置 50 的化學品來製備微熱交換器 200。於該微熱交換器 200 製作完成之後，使用不會損壞裝置 50 的方法與材料將該微熱交換器 200 接著到裝置 50 的背側。於所示的數個實施例中，第 3B 和第 35 圖中所示者比在第 34 圖中所示的實施例較為佳，因為流體係直接傳送到經黏合到裝置 50 的微熱交換器 200 之層，且因而令來自裝置 50 的熱在藉由微通道 220 中的流體移除掉之前具有較短的移動路徑。

除了上面所說明過的使流體與裝置 50 表面接觸之諸實施例之外，微熱交換器 200 的其他實施例可以使用對裝置

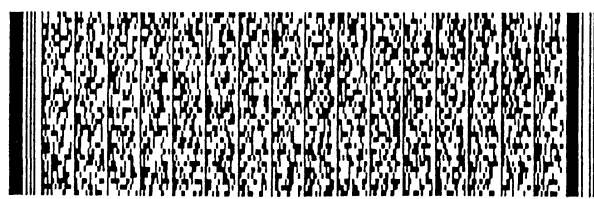
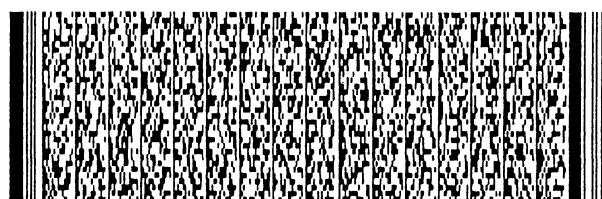


五、發明說明 (55)

50表面的幾何修改得到更多的表面積接觸。第36圖顯示出一種微通道設計，其中係在裝置50的背側中形成通道220，而所接著的結構體之其餘部份則將流體導引及分配到此等通道220。第37圖顯示出一種如上文中對第32圖所說明的液注陣列，該液注陣列係黏合到裝置50，其中輸送液注所用的室278係藉由蝕刻到裝置50的背側之內而形成的。

於冷卻迴路的操作過程中，迴路的某些元件可能開始故障。例如，遍及微熱交換器200或巨型熱交換器400各處的壓力可能開始增加，顯示出沉積物質之蓄積。對於此種狀況的恰當回應為洗通(washthrough)，藉由增加通過泵300的流速一段短時間而達成洗通。於整個迴路內的壓力蓄積也可能指出在泵300內的陽極314或陰極316處發生電解產生的氣體之蓄積，以及泵300的氣體重組元件之可能短暫故障。對於此種狀況的一種恰當回應為將泵的操作電流減低一段時間，典型者為數十秒鐘時間，或甚至於將施加於泵300的電位反向一段大約相同長的時間以使氣體朝相反方向流動，對於此種狀況的一種恰當回應為加熱該重組器326。為偵測出上述與其他指示出故障或潛在故障的狀況，可以使用壓力、溫度、或電流感測器來診斷包含冷卻迴路的狀況、或冷卻迴路的特定元件之某些態樣。此等感測器可以用上面針對溫度感測器所述方式在系統內實施。同樣地，可以採用控制器500來偵測此等狀況。

第38圖顯示出一冷卻迴路的圖式，其中，除了上面所



五、發明說明 (56)

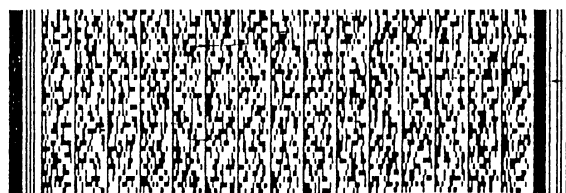
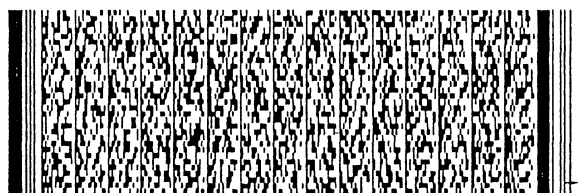
述的溫度感測器 250 之外，在該迴路內的多個位置中放置測量壓力所用的壓力感測器 280 和測量電流所用的電流感測器 290，且將得自此等感測器的信號送回到該控制器 500。該控制器 500 會利用此等信號來診斷該迴路的狀況，並於恰當處施加矯正控制信號。

必須提及者，於上面的說明中，為方便目的將該控制器 500 述說成在該系統內的一個別裝置。不過也有使該控制器 500 發揮功能的其他可能性，包括下面所述者。

如在第 39 圖中所顯示者，本發明可以利用裝置 50 的能力來達到此功能。例如，若該裝置 50 為一微處理器之時，該微處理器可以從微熱交換器上面的溫度感測器 250 與該迴路內的其他感測器 280 和 290 所得到信號做為輸入信號。該微處理器可以解釋此等信號，並計算調節溫度所需的輸出信號，實施 "洗通" 程序，或對壓力或電流的變化給予回應。

如第 40 圖中所顯示者，本發明可以將一微控制器 500A、或其他電路裝置整合到微熱交換器 200 之內。或者，可以將該微控制器 500A 接著到該微熱交換器 200 的面，如第 41 圖中所示者。於任一情況中，控制功能係由視為該微熱交換器 200 的一部份之整合電路所處理且係構成為單一單元。

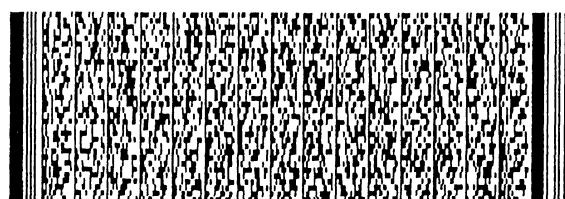
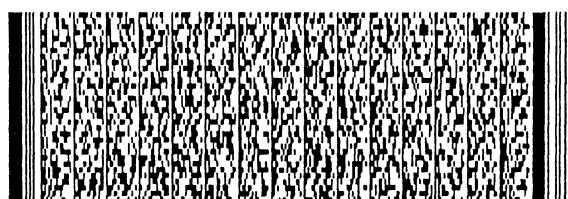
本發明另一實施例係使用上面所述的各種組件於一習稱為散熱器者之內。取代將熱從一位置移動到另一獨立分開的位置者，本發明可以用來泵取流體以從局部來源將熱



五、發明說明 (57)

有效率地散佈到一較大的表面積，其有利處在於可克服固體結構體的有限熱傳導率。從實用上來說，取代如前面諸實施例中所述的同時使用微熱交換器 200 和巨型熱交換器 400 者，使用單一散熱器 150 (如第 42 圖中所示者) 將藉由裝置 50 所產生的熱分佈到散熱器 150 內的較大面積上，該散熱器 150 內含有可以實施如前面所述由微熱交換器 200 和巨型熱交換器 400 所實施的功能之組件。該散熱器 150 可傳遞該熱且利用其所具非常大的表面積而有效率地將該熱分配到周圍，如前所述者，熱係從在裝置 50 上的局部化熱產生處由移動的流體攜載出且有效率地散佈到該散熱器 150 的整個體積上。

除了其中係將熱透過散熱器 150 直接傳送到一安裝結構體的實施例之外，如第 43 圖中所顯示者，裝置 50 產生一小幅熱量，且係經接著到一較大的散熱器 150。流體越過在該裝置 50 與該散熱器 150 之間的小表面積，捕捉藉由該裝置 50 所產生的熱。然後，流體越過在該散熱器 150 與遠較為大的安裝底盤 160 之間的接合面 162。於此種配置之中，該散熱器 150 會有效率地將低熱阻連接器的熱散佈到底盤 160，此方式可提供比直接將裝置 50 接著到底盤 160 上所能達到者較佳的熱性能 (較低的熱阻)，因為底盤材料具有有限的熱傳導度之故。散熱器 150 係用為一種低熱阻結構體，且可將在小表面積上 (裝置 50 上) 產生的熱輸送到底盤 160 上的較大表面積上，此實施例的變化可以用於任何應用中，其中該底盤具有足夠的表面積以散佈熱或可進入



五、發明說明 (58)

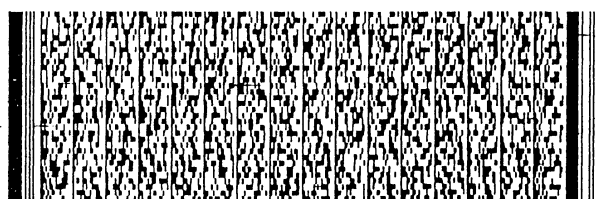
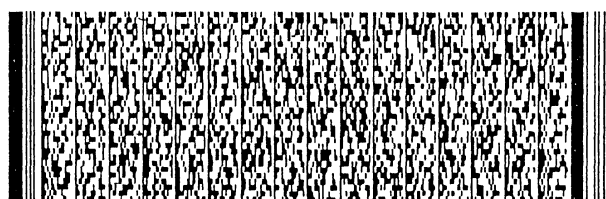
其他熱傳送機構(例如風、流動的水)這些實例可包括車輛上面的動力電子裝置、或經分佈遍及大面積裝置各處上的集中熱源。

系統熱傳模型化和最佳化。本發明另一有用的方面為使用熱傳送之細部電腦模型化於細部水平下模擬一特定系統設計的熱排除能力、以及使用此種模擬能力而重複設計細部以使整個系統的性能最大化。例如，可以模擬實際熱產生性裝置 50 的行為，包括在裝置 50 內的熱產生之空間與時間分佈。

熱設計電腦輔助設計 (CAD)

熱設計 CAD 目標之概述。本發明包括熱設計 CAD 工具的使用，此 CAD 工具可讓使用者完成微熱交換器 200 的佈局，以針對使用者的特定熱產生性裝置 50 達到最適當的熱均勻性。這種 CAD 工具包括計算既定裝置熱產生輪廓和既定微通道幾何線條用之壓力、速度、熱傳送速率、和溫度變異。先說明此系統的組成方塊 (building block)，然後提出功能說明。CAD 工具在將微通道幾何最佳化以改良所得散熱器的特性值中扮演重要的角色，特別是在減低溫度變異和減低平均熱阻之上具有關鍵性作用。

熱傳送模型。對於裝置 50 內部到表面、穿過接合面到排熱結構體 (微熱交換器 200)、從該結構體到通過此結構體的流體、及接著從該等相同的流體到巨型熱交換器 400 與到環境中之熱傳送的細部模型化都可以進行。此等熱傳送特性對於每一結構體內所含通道的形狀和排列皆為特定者，

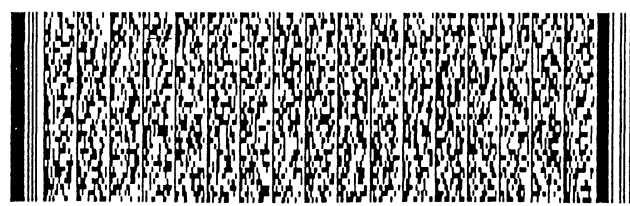
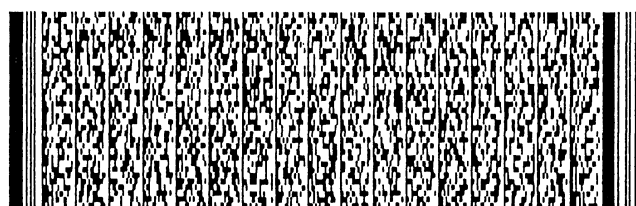


五、發明說明 (59)

且決定於EO泵300所產生的壓力和流動。此種完整系統模型可讓設計者在系統設計的細部中導入變異，例如在通道幾何線條中的改變（例如排列、間距、直徑、形狀）以及計算此等改變對於系統性能的影響。特定言之，該等計算可以決定出從裝置到周圍的整體熱阻、在裝置溫度中的空間性變異、在和裝置溫度中的時間性變異。

該模型化是以演算上簡單的1維(1D)做法為基礎。此種1維1D做法以其具有的計算效率而高度有利，特別是與更精細的多相階段模擬法(multi-phase simulation approaches)相比較之時。近似1維法因而對於通道最佳化有效，近似1維法需要對具有多種形狀和組態的多條通道所具性能予以依序演算。本發明的模擬方法可以將微熱交換器固體壁(矽或金屬)中的熱傳導及流體水平對流所用的能量方程式予以數值解出，所用邊界條件為對包圍熱交換器的環境之熱逸損，流體的輸入和輸出條件係分別連接到離開EO泵的流體之出口狀態與排熱器的入口狀態，而該模擬係使用有限體積法並根據對操作流體的表列數據之關聯性考慮液體和蒸氣所具性質的溫度和壓力相關性。

對流體的熱傳送和沿著通道的壓力降係使用熱傳送係數和壁表層的摩擦係數予以定出，此等係數係從對數據的實驗配合值得到或從通道內的兩種相流之正確解式(exact solution)之任一者而得到。該等模擬考慮沿著一既定通道的長度之空間變異性熱產生，且在對多條平行的通道實施之時，也考慮熱通量的側面變異。對於任何既定通道，



五、發明說明 (60)

該模擬可定出裝置 50 溫度分佈相對於熱產生速率、通道形狀、與流體輸入流速和溫度之相互關係。該模擬可以模型化出各種橫截面形狀和路徑的影響，該模擬可以用同一或分開的流動假設之任一者為基礎。

該模擬可以將在矽壁中與流體之對流中的熱傳導之能量方程式予以數值解開，所用邊界條件為對環境之熱逸損。該模擬係使用有限體積法並根據對表列數據之關聯性考慮液體和蒸氣所具性質的溫度和壓力相關性，該模擬係沿著通道的方向之一維者並對固體壁和流體分別使用平均局部溫度， T_w 和 T_f 。該等能量方程式為：

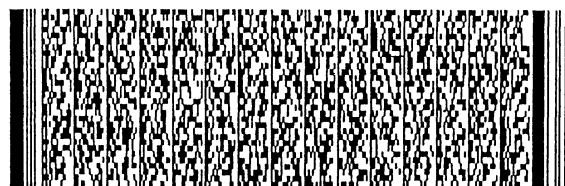
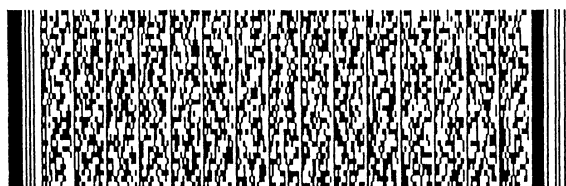
$$\frac{d}{dz} \left(k_w A_w \frac{dT_w}{dz} \right) - \eta h_{conv} p (T_w - T_f) - \frac{w(T_w - T_\infty)}{R_{env}} + q'' w = 0 \quad (1)$$

$$\dot{m} \frac{di_f}{dz} - \eta h_{conv} p (T_w - T_f) = 0 \quad (2)$$

其中 z 為沿著通道的座標， A_w 為通道橫截面積， p 為通道橫截面的周長，且 w 為一通道的間距 (pitch)。散熱片效用性， $\square$ ，係解釋在局部通道壁內溫度變異法向於的散熱器。矽的熱傳導係數為 k_w ， $\dot{m}$ 為質量流速，且 h_{conv} 為在通道壁與流體之間的熱傳送之對流係數 (convection coefficient)。兩相流的每單位質量流體熱函 (enthalpy per unit mass) i_f 係以局部流體品質 x 表示， x 為蒸氣相的質量分數，使用

$$i_f = (1-x)i_l + xi_v \quad (3)$$

此處下標字 l 和 v 分別表兩相流中的液體相和蒸氣相。



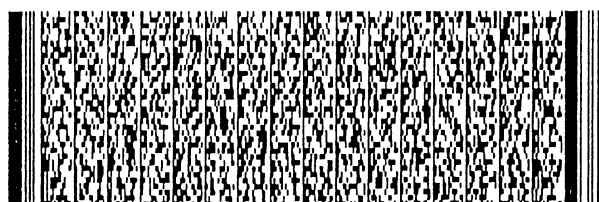
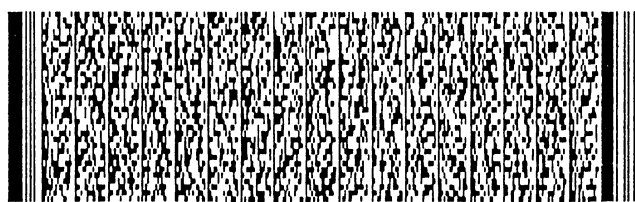
五、發明說明 (61)

方程式 (1) 中的第一項說明沿著矽壁的熱傳導，第二項說明對流熱傳導速率，且在第三項中說明對使用電阻 R_{env} 的環境之自然對流性熱流損，輻射熱則因為其所具非常小的幅度而為可忽略者。流體流方程式 (2) 係有關將流體的平均熱函密度變化相對於從通道壁進入流體的熱傳送速率者。

在裝置 50 上面的溫度均勻性對積體電路 (ICS) 的可靠性具有關鍵性。例如，在微處理器晶片裝置上面的較大熱產生區會導致較大的局部溫度且在晶片的其餘部份仍頗低於故障的臨界溫度之時就會故障。因此，達到均勻晶片溫度為任何冷卻解式的一項重要資格。再者，所提出的冷卻解式應該證明其對於在實際晶片中伴隨著熱點的溫度不均勻性問題之解決潛在能力，於該處之局部熱產生速率遠超過在晶片上的平均值，而可能導致局部晶片溫度的陡急增高。

組成方塊：流速 / 壓力模型：對於兩相狀態發展出兩流模型。均一流模型係假設液體和蒸氣在每一位置 z 具有相同的速度，另一種做法為環狀兩相流模型，此法假設有一稀且緩慢流動的液體膜包圍著一快速移動的蒸氣核心。

Stanley 等對於沿著具有相容尺寸的通道之熱通量和摩擦係數的數據 (R.S. Stanley, R.F. Barron, and T.A. Ameel, "Two-Phase Flow In Microchannels", DSC-Vol. 62/HTD-Vol. 34 MEMS, ASME(1997), pp. 143-152) 給予均勻流模型更多的支持。對於均勻模型的壓力分佈係由方



五、發明說明 (62)

程式 (4) 所決定

$$-\left(\frac{dP}{dz}\right) = \frac{fm'^2}{2\rho D} + \frac{d}{dz}\left(\frac{m'^2}{\rho}\right) \quad (4)$$

而環型液流模型係由下面的方程式所決定：

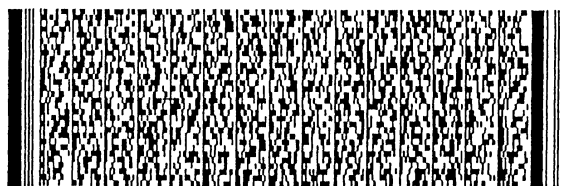
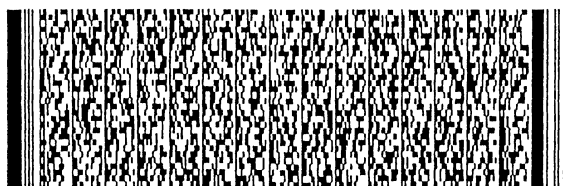
$$-\left(\frac{dP}{dz}\right) = \frac{2\tau_i}{D/2-\delta} + \frac{m'^2}{\alpha} \frac{d}{dz}\left(\frac{x^2}{\alpha\rho_v}\right) \quad (5)$$

。液體-蒸氣混合物的密度為 $\square$ ， ρ 為蒸氣相的密度， f 為整體平均摩擦因數 (globally averaged friction factor)，且 D 為通道水利直徑。質量通量 m'' 係由 $m'' = mY/A$ 關聯到質量流速，其中 A 為液流通道的橫截面積。液體膜的厚度為 $\square$ ， τ 為環型流模型中在液體-蒸氣接合面的剪應力，且 $\square$ 為空泡率 (void fraction)，空泡率為蒸氣液流橫截面積對總液流橫截面積的比例。

所述的此種細部數值模型化可以用來預測在微通道熱交換結構體內部的溫度分佈，且可以用於一重複設計製程序中以使此等微通道設計最佳化而達到特別的系統性能目標。

組成方塊：熱傳送與流速/壓力模型之耦合。 模型化可促成通道位置、相對流速、局部橫截面形狀、以及在通道內的伸展表面之控制配置等最佳化，全部都為了達到溫度均勻性。此等模型化步驟包括：

1. 根據流體混合平均溫度和局部壁溫度，導出在通道縱向中的 1D 熱傳導和對流問題之離散方程式，對該組離散方程式的輸入為入口流速和溫度、通道形狀和沿著通過基板



五、發明說明 (63)

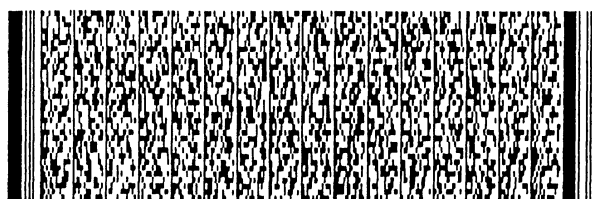
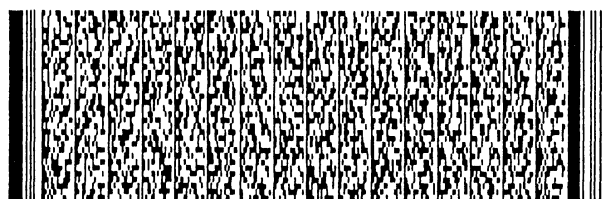
的縱軸座標之形狀變異、以及施加到沿著基板的通道壁之局部熱通量值。

2. 根據熱力學狀態(溫度、壓力、品質)與程式庫參考既有數據定出混合平均流體(兩相)性質(黏度、熱傳導率、比熱)。

3. 使用下面所述兩種方法之一計算熱傳送係數和摩擦係數：3.1 分流模型，其中係經由解出 Navier-Stokes 方程式和能量方程式而以分析定出該等係數；3.2 同流模型，其中係經由使用在我們的研究與在文獻中所提供的經驗配合值定出該等係數。

4. 使用強鬆弛下 Gauss-Seidel 法解開離散方程式，該計算可產生從上面所提的輸入值得到之壁溫度。

這種模型化做法在第 52 圖中係概略說明，如第 52 圖所示，該模型化程序在方塊 910 中首先從一起始幾何與熱輸入值的空間分佈之數量描述開始，根據上面的步驟 1 至 2，在方塊 912 中我們定出在微通道內每一位置的流體狀態，且計算出壓力分佈與流速。根據上面的步驟 3 至 4，我們在方塊 914 中計算熱傳送係數，並且定出所得壁溫度分佈，然後將該壁溫度分佈與裝置溫度分佈之關係找出。藉由朝向最優設計(收斂管理 (Convergence Manager) 906)對通道幾何線條的依序擾動 (successive perturbation) (形狀擾動管理)，重複地進行包括通道形狀的變異及形狀變異沿著通道長度、流速、和入口溫度的演變之最佳化程序。下面要說明達到最佳性能所用的細節和方法。



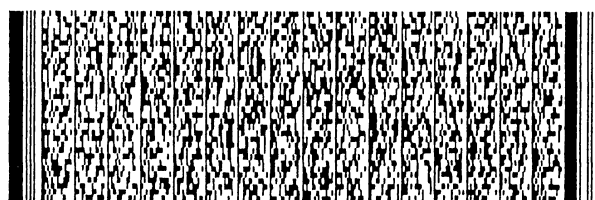
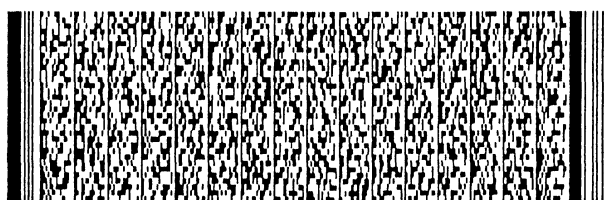
五、發明說明 (64)

特別者，在熱交換器內的壓力分佈支配著兩相混合物的飽和溫度分佈，然後可以在考慮一既定熱通量之下使用壓力分佈來控制壁溫度。例如，在通道下游端的壁件可以保持在比在上游端者更為低的溫度下，即使考慮在下游端的熱通量之陡峭性增加也一樣。在此情況中係由飽和溫度的變異支配壁溫分佈而非局部熱通量。

兩相微通道冷卻法受益於操作流體的潛熱而證實具有比單相流體冷卻法更大的效率和更佳的晶片溫度均勻性，不過，實驗數據和模擬兩者都顯示出微熱交換器溫度的尖峰在空間上出現於沿著通道在緊接著沸騰開始的位置之上游處。此溫度尖峰有部份係與微通道壁的超熱有關聯且可能導致超過 200°C 的晶片溫度差，而超熱可能發生於要防止一般核沸騰的任何時候，該壁溫尖峰也與在沸騰開始附近之降低有關，這是因為從純液體轉變到兩相流的熱傳送係數之故。

於微通道中，因為沒有泡核沸騰部位 (bubble nucleation sites)，或因為微通道太小不能讓脫離的氣泡與液體一起傳遞，所以可以抑制泡核沸騰。舉例而言，若脫離的氣泡尺寸大到與通道直徑一般大，則液體流可能為氣泡所阻斷，且可在此種接合面發生液體都變成蒸氣的轉變。此種情況的一種不幸結果為在通道下游處的熱傳送係數之減低，及在微通道壁上發生非常大幅溫度上升的可能性。

於開發本發明的過程中，業已做過測量以製作出微通

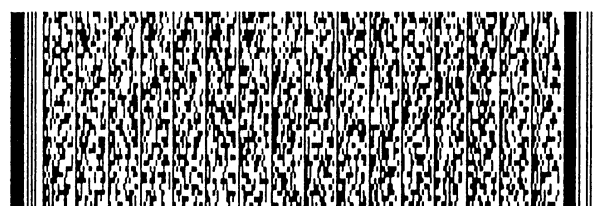
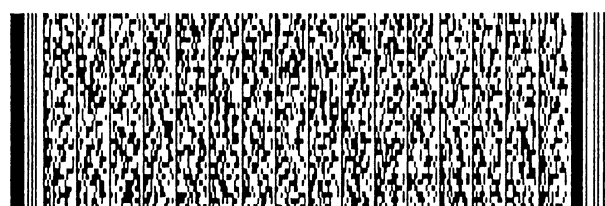


五、發明說明 (65)

道沸騰狀態的分佈圖，且業經定出水以一既定速度通過具有一既定直徑的通道時所預期的沸騰狀態。對於以小於 1 米 / 秒的速度移動經過具有大於 100 微米的直徑之流體而言，已發現使用同流假設（液體與蒸氣以相同的速度移動）可以完全地描述沸騰與熱傳送現象。於此種限制之下，熱傳送係藉由利用 Kandlikar's 相關法的有限體積模型而合理精確地描述，以定出從微通道壁到流體的熱傳送。因此，此方法可以用來提供對於在微通道中任何位置從壁到流體的熱傳送之準確演算。

舉例而言，以利用 Kandlikar's 相關法的有限體積模型進行模擬可以解決具有從 20 毫米 $\times$ 20 毫米面積移除 200 瓦熱的目標的微熱交換器之設計，水流速為 10 至 20 毫升 / 分且可在散熱器的出口產生 0.5 至 0.25 的質量品質（亦即以液體狀態出來的流體之分數）。對於一既定晶片尺寸，通道數目係決定於對於 100 微米固定通道壁厚度的要求及決定於微通道的寬度。於一最佳設計中，該寬度可以從入口到出口予以變化以期得到有利的性能。於此處所說明的設計中，係使用水作為操作流體，入口溫度為 69°C，不過要了解者，對於操作流體和該等操入流體的入口溫度可以存在著許多變化。

組成方塊：出口壓力最佳化。可以調整的一個參數為微熱交換器的出口壓力，其特定目的為將晶片溫度量身訂作到可靠性所要求的規格。若此壓力與大氣壓力相同，則在沒有超熱之下，液體 - 蒸氣轉變係發生於 100°C。不過，此轉

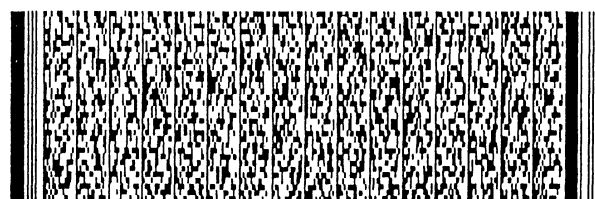
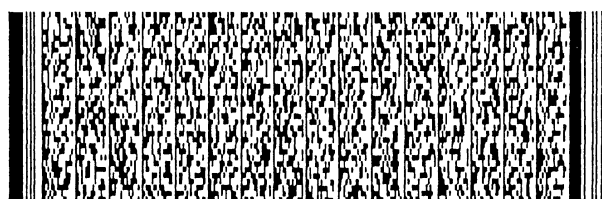


五、發明說明 (66)

變溫度可以藉由例如使微熱交換器的出口壓力低於大氣壓力而降低。此方法可以在閉迴路中付諸實用，該閉迴路在每一點上都與大氣狀態隔離。對於許多應用而言，有利者為將轉變溫度減低到低於 100°C --- 例如，積體電路通常要求在電晶體的尖峰操作溫度要低於 125°C ，由於在電晶體與熱交換器之間有某些熱阻，因此從熱交換器到電晶體會產生溫度上升現象，在該溫度上升值與所散逸掉的功率之間的比例稱為熱阻，在一既定熱阻之下，對於在低於 125°C 下的電晶體操作和在 100°C 下操作的微熱交換器操作會伴隨著有一最大功率。不過，若該微熱交換器可以在 75°C 下操作，則在將該電晶體保持在低於 125°C 之同時可以散逸掉多達兩倍的功率。所以，在微熱交換器的出口具有次大氣壓的壓力的流體迴路之操作為一種非常有用的方法。

舉例而言，我們考慮一種如第 1 圖所示的冷卻迴路，該冷卻迴路在微熱交換器出口處的壓力經調定為 0.3 巴 (bar)；對於此種情況，在約 70°C 的微散熱器內會發生一液體-蒸氣轉變溫度，導致裝置操作溫度降低或低於 100°C ，或導致在更高溫度操作的裝置發生更高的功率散逸。

為了達到低出口壓力，重要者可能要將微通道的形狀量身訂作以避免可能導致流經微熱交換器的流體的大幅壓力增高之流動阻力。第 44A 和第 44B 圖說明兩種不同流速下平均晶片溫度和壓力降相對於通道尺寸之關係，該等微通道通過整個通道長度具有固定的橫截面且施加總共 200 瓦的均勻熱產生。如在第 44A 和第 44B 圖中所示者，較寬的通



五、發明說明 (67)

道因為減低的壓力降而具有較低的平均壁溫度，此等數量上的結果可用為微通道系統設計的設計指引。

第 45 圖顯示出多種微通道橫截面幾何線條所得平均晶片溫度和壓力降的比較。顯然地，不管是發散型或收斂型通道幾何線條都不能提供比具有固定橫截面的較寬通道更佳的性能。可以將流動阻力降至最低的通道幾何線條會導致沿著通道的壓力降減低，且保有在次大氣壓力的出口壓力下操作之機會。

平均溫度和壓力的計算沒有考慮到熱傳送效率隨通道幾何線條而改變，通常會預期熱傳送可藉由下列設計而獲得熱傳送之改良：藉由會造成較高流體速度的設計（例如較窄的通道直徑），或藉由增加與流體接觸的通道表面積（例如藉由導入散熱片或改變成較長且較窄的通道）。一般而言，此等改變會導致流動阻力之增加，所以在達到減低的出口壓力（和減低的操作溫度）之設計與達到改良的熱傳送效率之設計之間可能會有矛盾存在。當然，最佳的設計會在減低微熱交換器操作溫度的目標與減低流體與微熱交換器之間的熱阻之目標之間取得平衡，而最佳化一般係經由重複運作而達成者。

組成方塊：熱分佈。除了壓力和通道幾何線條的影響所產生的問題之外，若裝置所產生的熱不能均勻地分配掉，仍然會引起併發問題，例如，微處理器會顯現出功率散逸集中的“熱點”。第 46 圖顯示出一空間變異性發熱之特別例子對於壓力降和晶片的溫度場之影響，對於此例而言，直徑



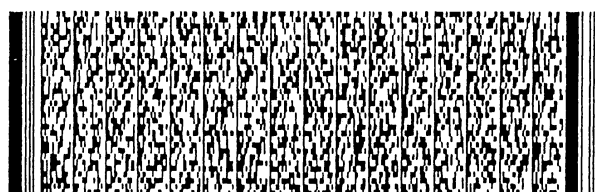
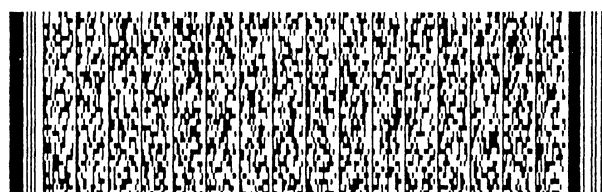
五、發明說明 (68)

為 300 微米 $\times$ 300 微米且通道數目為 50，而水的流速為 10 毫升 / 分。

對於情況 1，在上游半數通道施加 25% 的總功率，而對於情況 2 則在上游半數通道施加 75% 的總功率。於每一種情況中，由於在緩慢移動的液相區內具有小對流熱傳送係數，因此最高壁溫係發生於靠近入口處。對於從左向右的液流而言，（由於某些流體轉變成蒸氣）增加的流體速度會在流體正好趨近晶片右半部上面的熱點時增加的熱傳送效率。對於從右向左的液流而言，在入口處的低熱傳送效率會在入口處增高的裝置溫度以及更不均勻的溫度輪廓。此外，情況 (1) 具有比情況 (2) 較低的壓力降、較低的平均晶片溫度、和更均勻的溫度場。對於情況 (1) 的一項有趣結果在於其最高溫度不是位於較高的熱通量區而是靠近入口處，且情況 (1) 為兩相型微通道散熱器所具有的很多優點之其中之一者。因此，重要者為控制單相區和兩相區相對於裝置熱點的位置、以及可以採用某些設計獲得的增加均勻性之機會。

使用 CAD 工具，一般要重複進行包括對於微通道配置和流動方向的調整之運作，以將設計朝著最佳化配置重複地推動。從上面的討論，顯然可知微通道的形狀和直徑、以及在微通道內的流動方向可對於裝置內的溫度分佈有巨大影響。

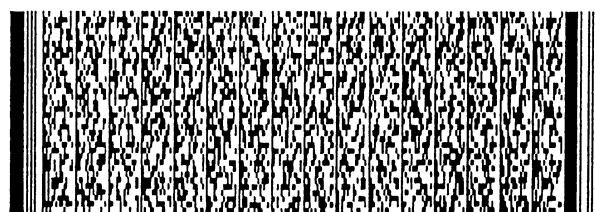
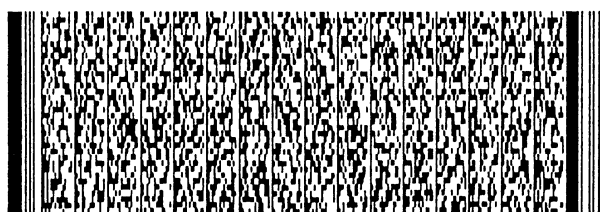
於第 47 圖中，使用與第 3 圖相同的幾何線條和流動組態探討熱點位置的影響，以舉例顯示熱點位置對於 200 瓦



五、發明說明 (69)

散熱器所具溫度和壓力降之影響。通道尺寸為 700 微米 (寬) $\times$ 300 微米 (高) 且通道數目為 25，而液體的流速為 20 毫升 / 分，熱點的長度則為 2 毫米且有 40% 的總熱量係集中於此熱點上。於此種模擬中，熱點位置係從晶片的一端 (相對於微通道) 逐漸地移動向晶片的另一端。當熱點位於靠近入口區時，先在通道中起始沸騰且隨後沿著通道的壓力降會造成熱點下游處實質較低的溫度。此外，靠近入口處的液相區具有比兩相區較低的熱傳送係數，該液相區會在壁與流體之間產生較大的溫度差。因此，當熱點與沸騰點的起始處幾乎重疊時，靠近此區域之最高壁溫具有其尖峰且散熱器具有高溫度梯度。隨著熱點朝著下游繼續移動，最高溫度會比平均溫度更快速地減低，當熱點位置靠近出口處之時，壁溫在沸騰點起始處及在熱點處會有兩個尖峰，而其中第一個尖峰具有較高的溫度。

組成方塊：散熱片。可以經由增加壁的表面積而進一步改變在微通道內的熱傳送分佈，取代縮減通道直徑來達到此種效應者，可以在通道內導入額外的 "散熱片"，達到在流體內的更高熱傳導度，而不會對一既定流速巨幅地增加壓力降。此等額外的散熱片可增加與流體的熱接觸，且可以在預期會呈現單相狀況的微通道之區域內明顯地增強熱傳送效率。例如，微通道入口幾乎總是展現出單相流，且從前面的討論可以清楚地明白將入口靠近熱點之配置係不適宜者，因為在單相流中具有有限的熱傳送效率之故。不過，此種效應可以透過散熱片的導入而部份紓解，該等散

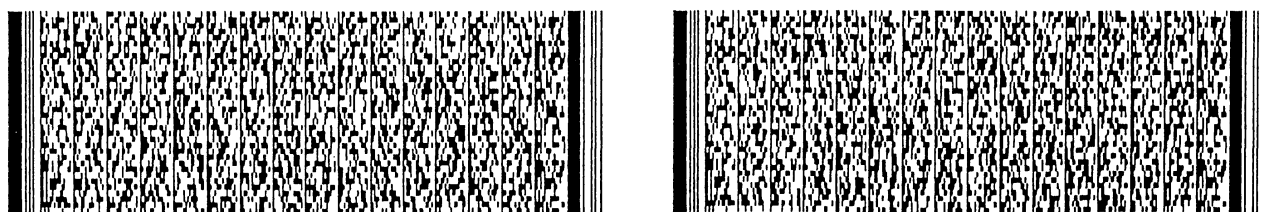


五、發明說明 (70)

熱片可改良對於在熱點附近的流體之熱傳導度。另外，伴隨著熱傳送速率的減低，在沸騰起始處的壁上所發生的溫度增高也可以透過散熱片的使用而受到壓制。此種效應顯示於第 48A 和第 48B 圖之中。此等散熱片具有低橫截面積，且因而不會明顯地增加流動阻力，特別是在流體在兩相狀態區中係良好混合。

第 48A 和第 48B 圖顯示出一座落於通道內部的垂直散熱片陣列對於晶片溫度分佈的影響，結果可推論出在微通道的液相區（亦即通道入口處）配置散熱片可以減低晶片上的尖峰溫度，並且因而改良溫度均勻性。在兩相區配置散熱片以增加傳送速率的做法則獲得很少效益，係因為將散熱片配置在高速度流動區之舉會伴隨著壓力降增加之故。

組成方塊：增強的核化表面。沸騰係已知會發生於固體 - 液體接合面處者，且可藉由在這些表面上含有會促成氣泡形成的缺陷而增強。通常這些缺陷為凹處形狀的缺陷，若沒有要求產生液體 - 蒸氣接合面薄膜的完全球狀表面時會更容易形成氣泡。非常平滑的表面會因為伴隨著氣泡形成的能量障礙而展現出超熱現象 --- 意指抑制沸騰直到溫度頗高於象徵性的轉變溫度為止。已知者，包括有高密度凹處缺陷的粗糙化表面通常會在沒有超熱之下促成沸騰。於實驗中，微通道 220 在如第 49 圖中所示的特定位置處已蓄意粗糙化，且觀察到氣泡形成係集中在此等區域內。所以，在通道內經由使用電漿蝕刻或其他粗糙化方法達到的具有增加的表面積之局部區域 221 可以增強且穩定化通道



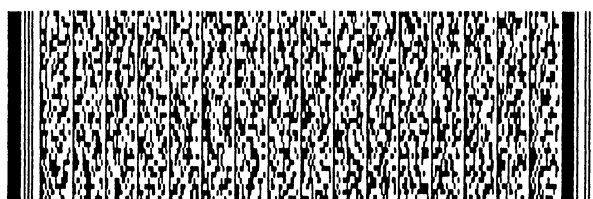
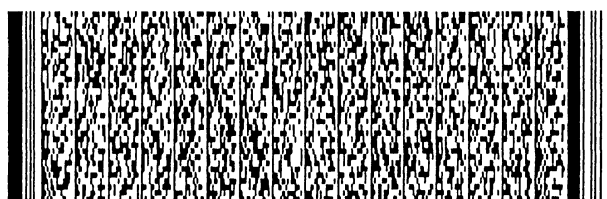
五、發明說明 (71)

內的沸騰，並且可減低會發生且降低熱交換器性能的超熱現象。具有增加表面積的此等區域 221 可以用來量身訂作沸騰的起始，使得沸騰在通道 220 內的指定位置且在指定的超熱水平之內發生，並且可以設計來減低熱點附近的溫度最大值。如此可以增加在特定位置的粗糙度，以促成在此等特定位置發生氣泡成核化，藉此提供一種控制微通道內沸騰的空間分佈之方法。

CAD 工具的實施：

根據上面所述，至此要說明藉由使用 CAD 工具的整合熱設計方法，此方法要考慮在裝置上的功率散逸分佈，並且調整微通道的位置、形狀、和密度以達到對於該裝置更適當的熱均勻性。於此工具之內，有多種模組會計算壓力降和相轉變溫度，並且計算從流體到微通道壁的熱傳送係數，並計算遍及該裝置各處所得的溫度分佈。該工具較佳者係使用以例如沿著通道長度的指定點處之標準溫度偏差和絕對熱阻值為基礎之成本函數。該工具可最佳化游離參數，包括散熱片配置、通道寬度和高度、以及具有增加的成核化表面的諸區域之位置，以使品質函數最大化。品質函數可以在考慮經不均勻施加的熱負載之下計算，且藉此在考慮不均勻性之下提供更為適當的設計。

第 52 圖闡明最佳熱設計 CAD 工具 900 的操作之流程圖。第 52 圖流程圖顯示出以重複方式進行的演算序列和設計修改直到達到更佳設計為止。必須提及者，並非所有的方塊都需要用於設計程序中——根據設計準則和考慮，可以免

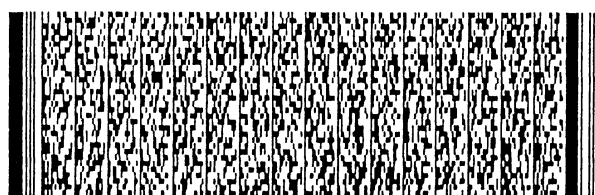
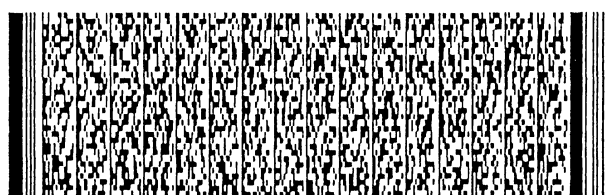


五、發明說明 (72)

除某些程序並且加入其他程序。主要元件為演算迴路 902、形狀擾動管理 904、和整體收斂管理 906。

演算迴路 902係將裝置的熱分佈視為輸入資訊，並以使用者輸入通道幾何線條為開始。演算迴路 902可定出在沒有熱輸入之下通過裝置的流動形式，演算出沿著通道的壓力與在每一點位置上的熱傳送係數，如步驟 912所示者。然後將熱輸入加到模擬中，並使用透過整個系統的熱傳送係數之起始值進行溫度分佈的演算，如步驟 914所示者。之後，使用該溫度分佈來演算因為熱誘導改變黏性所致之壓力分佈的變化、液體-蒸氣相轉變的開始位置、以及與對於流動誘導出的壓力降具有影響的其他現象，以重複步驟 912作說明。然後使用此種改良的壓力分佈重新演算熱傳送係數、相轉變的位置(因為轉變溫度係壓力的函數之故)、以及系統的整體溫度分佈，此迴路會在溫度與壓力演算之間重複進行直到有穩定的完全解答為止，此演算迴路的輸出為對於一既定熱輪廓和微通道幾何線條下的壓力和溫度分佈之最後預測。

形狀擾動管理 904係演算與所算出的熱分佈結果相關聯的"成本函數"，如步驟 916所示者。此成本函數較佳者為純量參數(scalar parameter)，純量參數在系統的熱均勻性經最佳化之時會達到一最低值。該形狀擾動管理也將微通道幾何線條予以參數化成為(於步驟 918中的"演算敏感度"(compute sensitivities)者)，並在通道的尺寸和位置上會導入小擾動，如步驟 920所示者，且在演算迴路

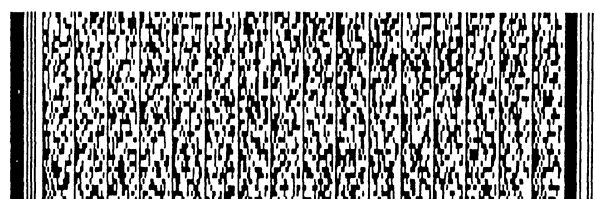
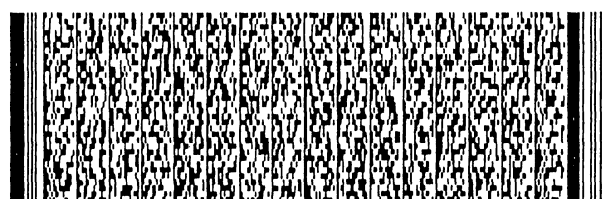


五、發明說明 (73)

中重新插入新的設計。於完成具有新的幾何線條之演算迴路後，在步驟 916 處重新演算該成本函數，且定出成本函數與形狀擾動之間的關係。舉一簡單的例子而言，考慮藉由在系統的一個區段中而增加通道寬度以改變通道幾何線條之情況，依據此參數之成本函數係為兩個成本函數值之間的差值除以通道寬度的分數變化值。於實際上，較佳者為實施更複雜的形狀最佳化演算法——一種能夠同時定出成本函數對於數種參數變化的敏感度者。形狀最佳化演算法業經廣用於許多種應用之中，且現有的方法都可以容易地調整為此種應用。

收斂管理 906 係監測成本函數隨著設計參數的變化產生的變異，且形式上確保設計的更新，其方式為提供在 "局部最佳化" (local optimum) 上的收斂度，並且也在設計上作出大幅足夠的改變以提供保證該設計具有成為整體最佳化之高機率。隨著藉由在整體最佳化上之擾動迴路變更的重複性設計，收斂管理會檢驗整體最適度 (藉由檢驗在設計參數中的大幅擾動所得結果)，並且藉由追蹤成本函數對擾動的敏感度減低而監測成本函數的收斂度，如步驟 922 中所示者。於最佳設計之下，所有參數於所有方向的輕微擾動通常都會導致成本函數值的些許增加。當收斂管理定出該設計已經收斂到最佳設計的某一邊際之內時，重複操作即可停止，並且將最後所得設計輸出。

雖然已經在上文中詳細說明過各種較佳實施例，熟習該項技藝者都可清楚瞭解而可以對該等示範實施例作出許



五、發明說明 (74)

多修飾而不會實質地背離本發明的新穎旨意和優點。



圖式簡單說明

[圖式簡單說明]

本發明的此等和其他優點與態樣可以從下面對本發明目前較佳的示範實施例之詳細說明配合所附圖式而明白且更順利了解，於該等圖式中：

第 1 圖闡示出閉迴路冷卻系統的一實施例。

第 2 圖闡示出電滲透泵的一實施例。

第 3A 和第 3B 圖分別闡示出微通道結構體之實施例的俯視圖和橫斷面圖。

第 4 和第 5 圖闡示出微通道結構體的其他實施例。

第 6 和第 7 圖闡示出巨型熱交換器的實施例。

第 8 圖闡示出形成燒結圓盤所用的裝置。

第 9A 和第 9B 圖分別闡示出根據本發明之實施例使用燒結玻璃熔塊之多孔結構體的電滲透泵。

第 10 和第 11 圖闡示出微滲透泵的其他實施例。

第 12 圖闡示出根據本發明的電滲透泵與在多孔結構體所有側面上的貫穿通道配置之側視圖。

第 13 和第 14 圖闡示出用來覆蓋觸媒重組器的薄膜之實施例。

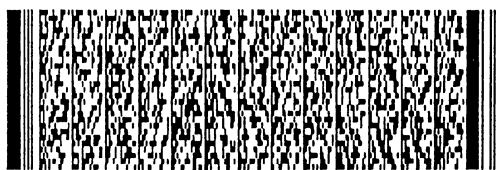
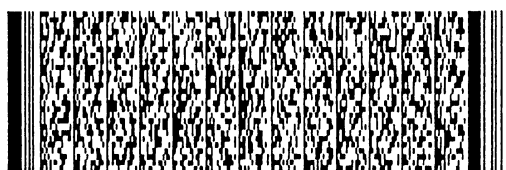
第 15 圖闡示出雙重電滲透泵的一實施例。

第 16 圖闡示出有觸媒重組器的加熱器之用法。

第 17 圖闡示出經微製作出的電滲透泵之一實施例。

第 18 圖闡示出經整合的微通道結構體和電滲透泵的一實施例。

第 19 和第 20 圖闡示出閉迴路冷卻系統的其他實施例。



圖式簡單說明

第 41圖 闡示出其中將溫度控制系統連接到微通道結構體的實施例。

第 42和第 43圖 闡示出使用散熱器 (heat spreader) 的實施例。

第 44A和第 44B圖 為闡示出平均裝置溫度和壓力降對微通道尺寸的相關性之圖表。

第 45圖 闡示出各種通道幾何線條對平均壁溫 and 壓力降的影響。

第 46圖 闡示出非均勻熱產生對溫度和壓力降的影響。

第 47圖 闡示出熱點位置對溫度和壓力降的影響。

第 48A和 48B圖 闡示出散熱片對壁溫均勻性和壓力降的影響。

第 49圖 闡示出含有泡沫成核部位的一部份微通道結構體之實施例。

第 50圖 為闡示出流速與所用流體的關係之表。

第 51圖 為闡示出流速與所用流體的 pH 值之關係的表。

第 52圖 為闡示出用於本發明微通道的模型化程序之功能流程圖。

50 熱產生性裝置

52 電互連線

54 電路板

80 薄膜濾器

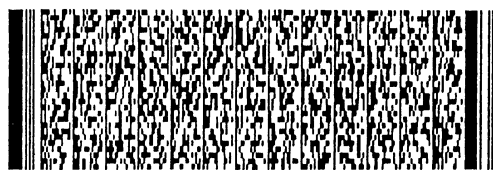
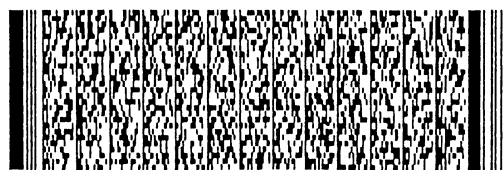
82 過濾器支撐體

84 真空口

100 閉迴路冷卻系統

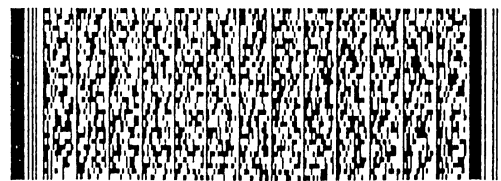
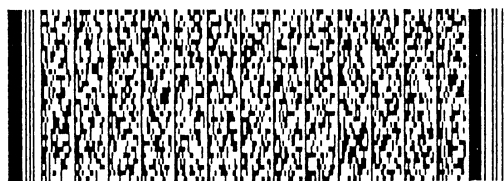
110 撓性管

110A、112A、114A、115、115A 流體線路



圖式簡單說明

112 第二撓性管	114 第三撓性管
120、122、122A 信號線路	150 散熱器
160 安裝底盤	162 介面
200 微熱交換器	210、214 層
212 表面	213 流體填充室
216 上層	220 微通道
220-1、220-2 流體微通道路徑	
220-2-1至220-2-7、220A-1至220A-11 途徑	
220A、328 通道	220T 錐型通道部份
222、424 流體出口	222A、322、372 輸入口
224、224-1、224-2、224A、324、324A、324B、	
374 出口	
230、230-2、230-n 冷卻層	232 垂直互連件
234 頂部表面	244 介面板
246 母板	248 多線路板
250、250-1至250-6 溫度感測器	
260、262 開口	264 入口
266 下游出口	270 附加結構體
276 小洞孔	278 室
280 壓力感測器	290 電流感測器
300、300A 微型泵	300C 微製作裂縫泵
302 儲器	304 排氣口
310 多孔型結構體	310AA 粒子餅
310-CH 淺通道	312 泵取室



圖式簡單說明

312A、312B 陰極與陽極半部

312a 陰極室

312b 陽極室

313、315、315A、315B 電極

314 陽極

316、316A、316B 陰極

318、318A、318B 壁

320 密封物

321 輸出口

322、422 流體入口

323 諸電互連件

326 觸媒組器

327A、327B、330 半透膜

332 加熱器

344 環氧樹脂

346 透明耐水性環氧樹脂

350 支撐結構體

370 基板

400、400A 巨型熱交換器

406 散熱片

418 核心元件

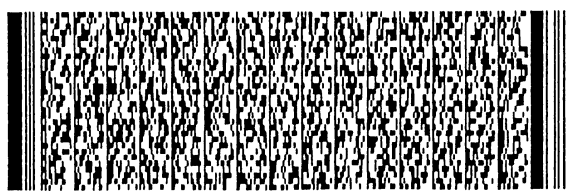
420 流動通道

500 控制器

500A 微控制器

590 分流器

600 整合微熱交換器



四、中文發明摘要 (發明名稱：電滲透微通道冷卻系統)

根據本發明的裝置與方法以利用電滲透泵為較佳，該電滲透泵可在沒有移動性機械部件之下產生高壓及流動，而且不會連帶產生不可接受的電和聲音噪音，而且也不會連帶降低可靠性。此等電滲透泵較佳者係利用相對於目前可取用的微泵而能夠改良性能、效率且減低重量和製造成本之材料和結構所製作成者。此等電滲透泵較佳者也可促成所放出的氣體和所沉積的物質之再捕獲，如此可提供長期的閉迴路操作。根據本發明的設備與方法也可透過對於流經該泵的流體之電控制而促成裝置溫度的主動調節，且可以利用多重冷卻迴路促成裝置的溫度變化型態所具空間和時間特性之獨立調節。

本案代表圖：第 1圖

50 熱產生性裝置

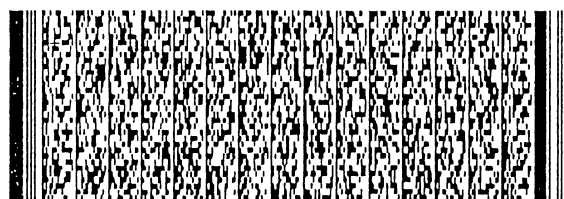
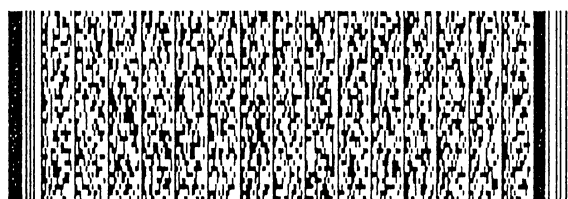
52 電互連線

54 電路板

100 閉迴路冷卻系統

六、英文發明摘要 (發明名稱：ELECTROOSMOTIC MICROCHANNEL COOLING SYSTEM)

Apparatus and methods according to the present invention preferably utilize electroosmotic pumps that are capable of generating high pressure and flow without moving mechanical parts and the associated generation of unacceptable electrical and acoustic noise, as well as the associated reduction in reliability. These electroosmotic pumps are preferably fabricated with materials and

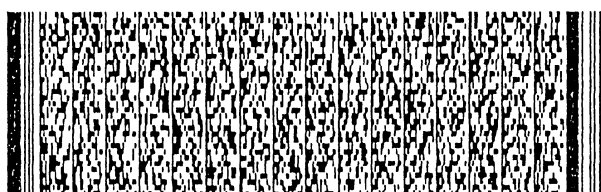


四、中文發明摘要 (發明名稱：電滲透微通道冷卻系統)

110 撓性管	112 第二撓性管
114 第三撓性管	120、122 信號線路
200 微熱交換器	324 出口
300 微型泵	322 流體入口
400 巨型熱交換器	406 散熱片
500 控制器	

六、英文發明摘要 (發明名稱：ELECTROOSMOTIC MICROCHANNEL COOLING SYSTEM)

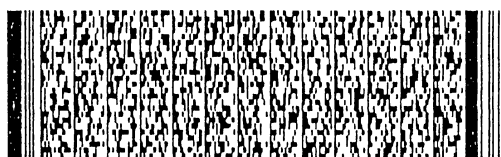
structures that improve performance, efficiency, and reduce weight and manufacturing cost relative to presently available micropumps. These electroosmotic pumps also preferably allow for recapture of evolved gases and deposited materials, which may provide for long-term closed-loop operation. Apparatus and methods according to the present invention also allow

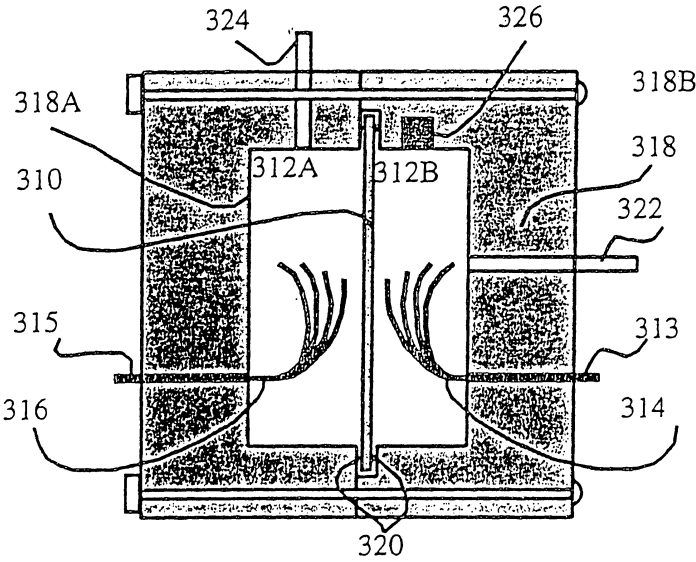


四、中文發明摘要 (發明名稱：電滲透微通道冷卻系統)

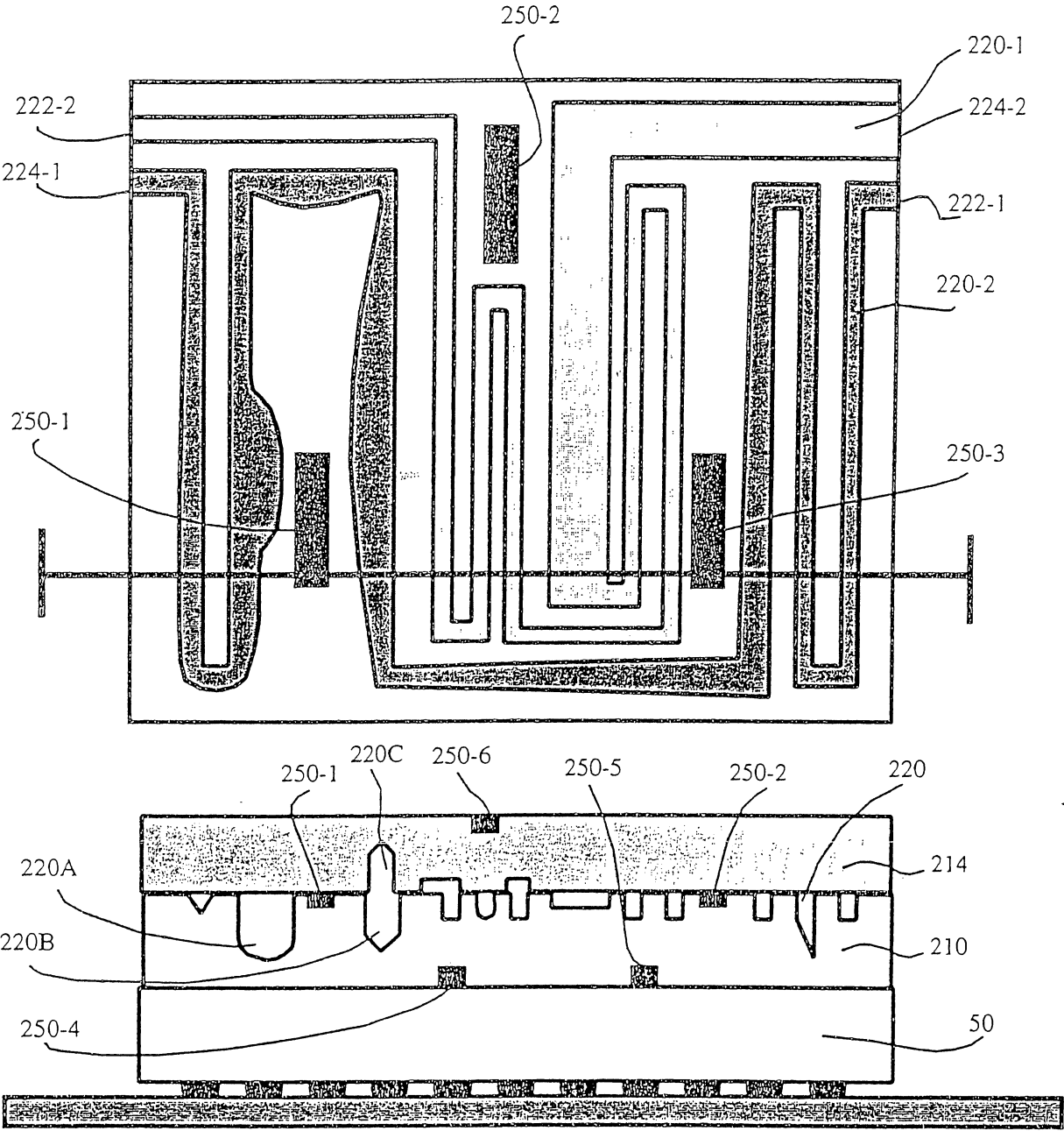
六、英文發明摘要 (發明名稱：ELECTROOSMOTIC MICROCHANNEL COOLING SYSTEM)

active regulation of the temperature of the device through electrical control of the flow through the pump and can utilize multiple cooling loops to allow independent regulation of the special and temporal characteristics of the device temperature profiles. Novel microchannel structures are also described.

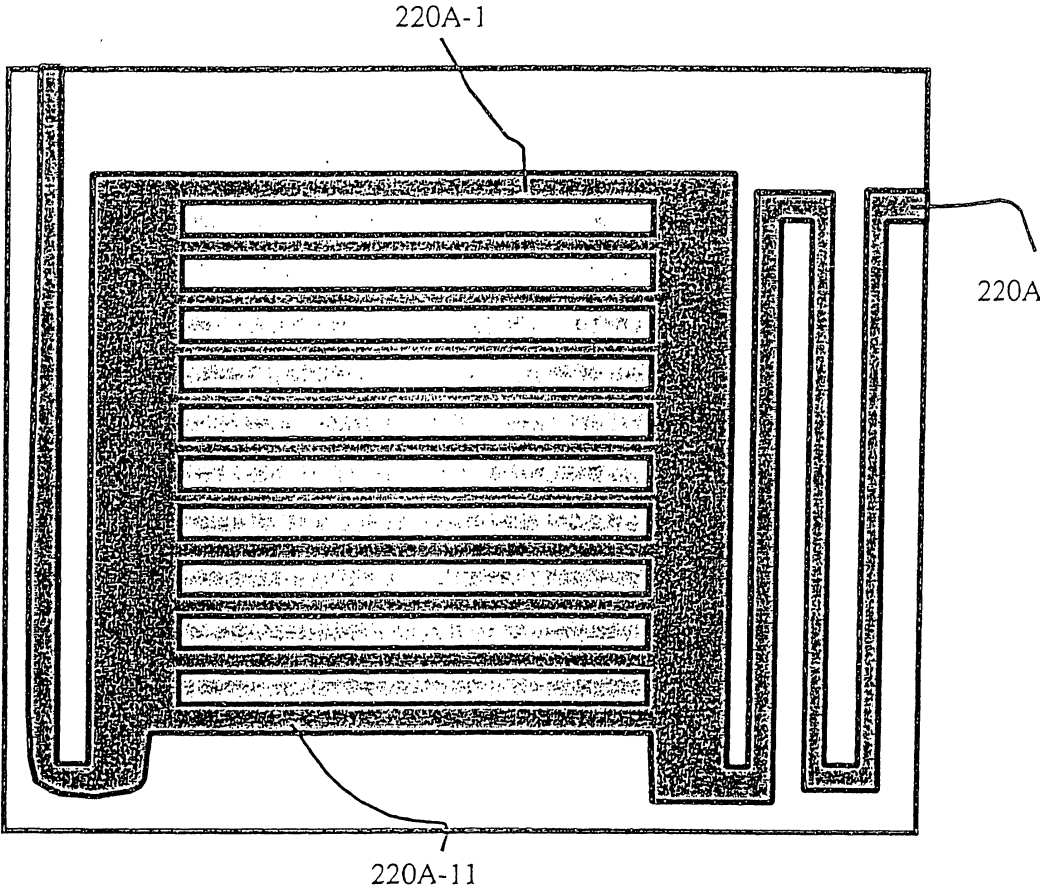




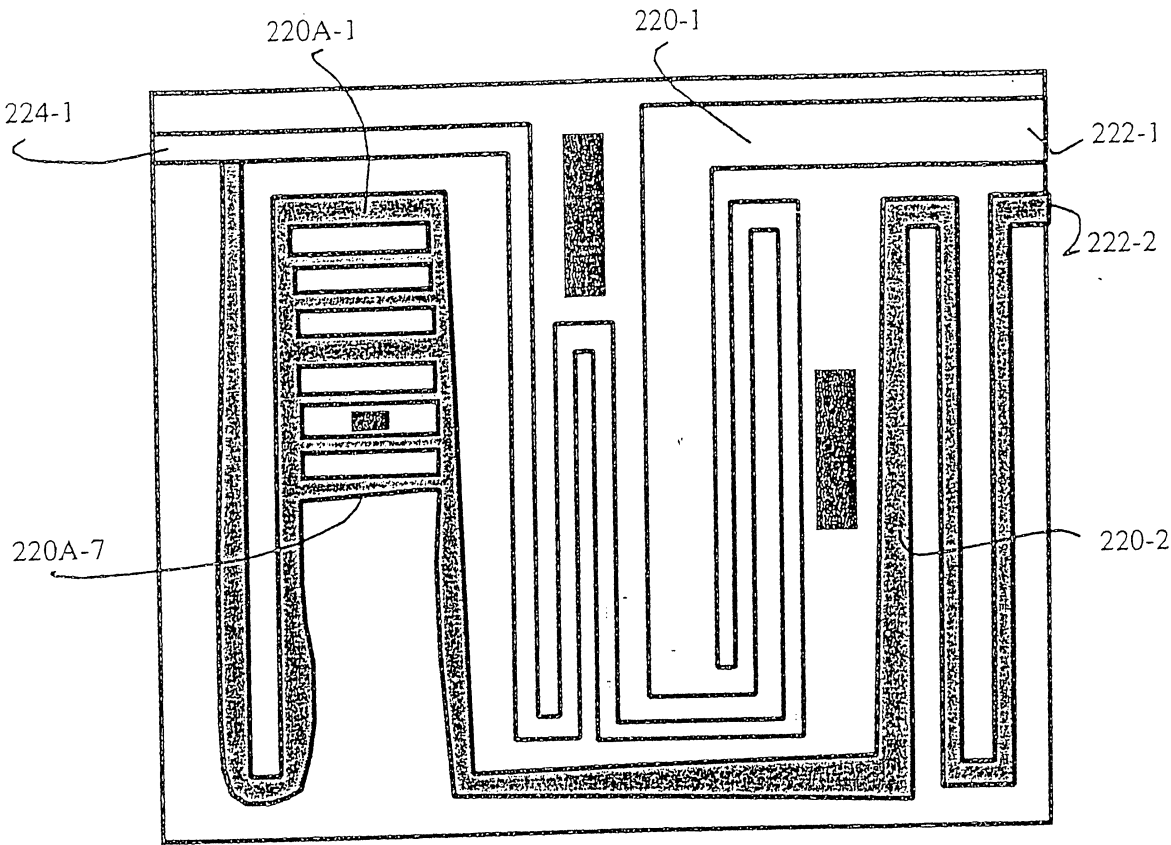
第 2 圖



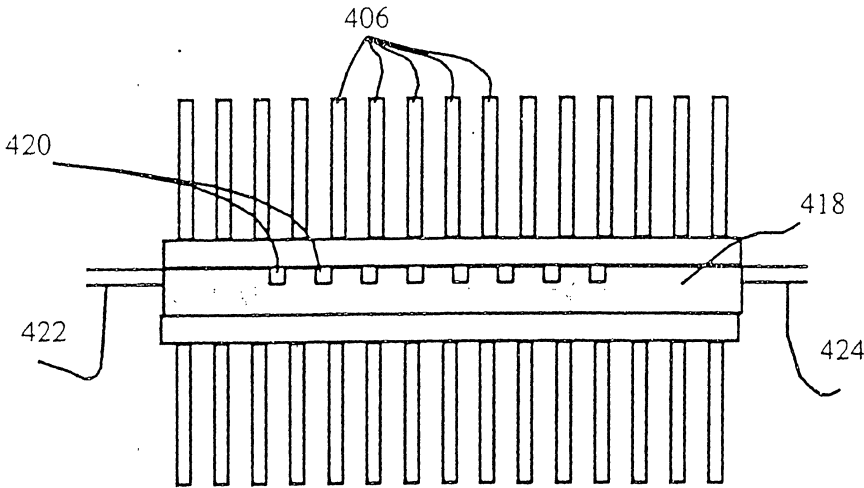
第 3A 、 3B 圖



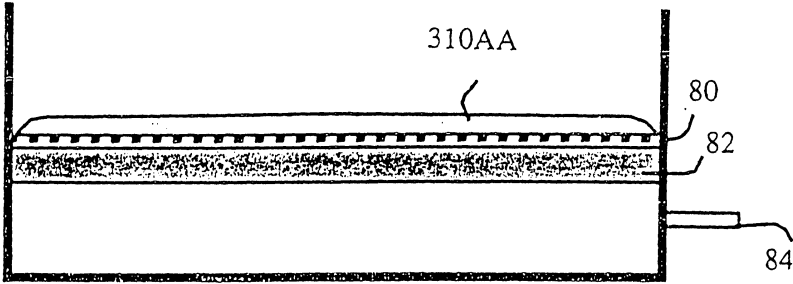
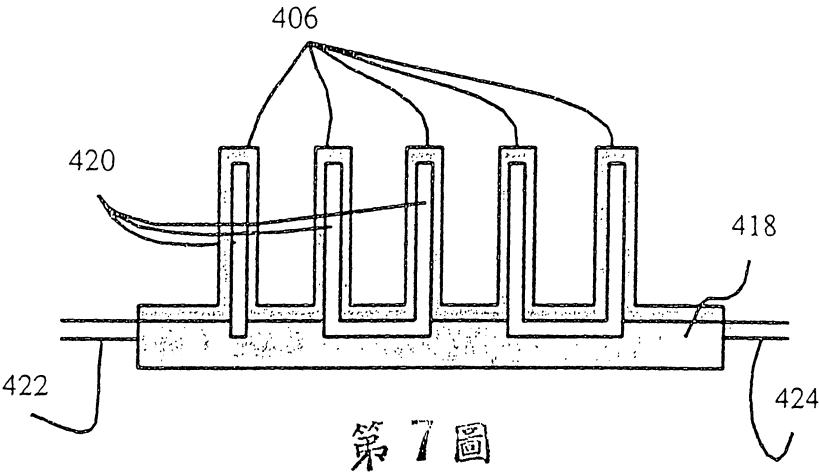
第 4 圖

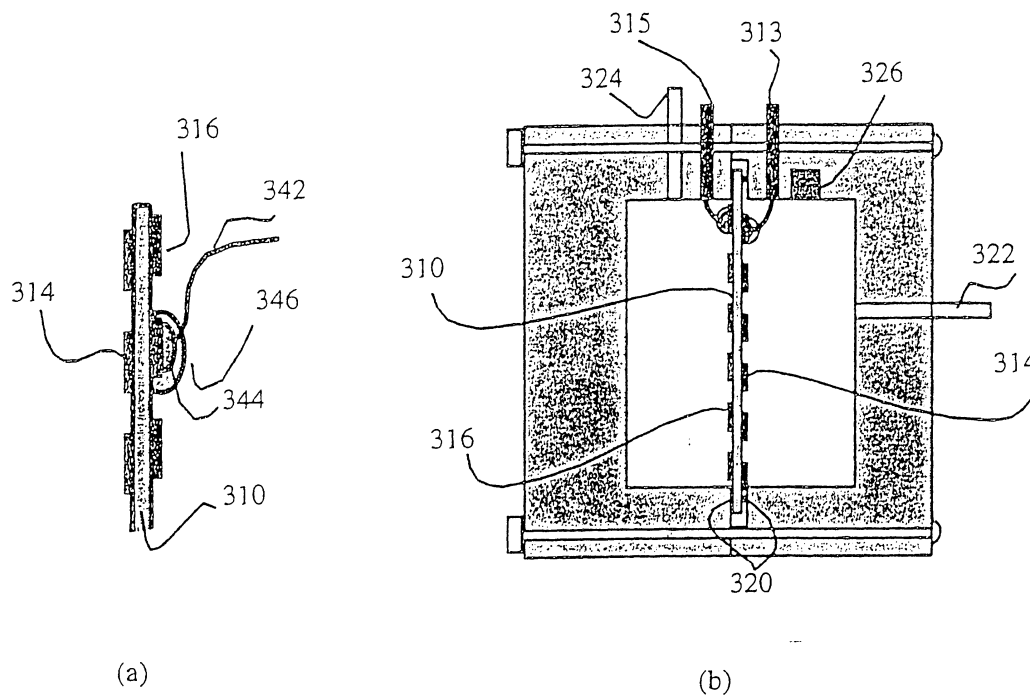


第 5 圖

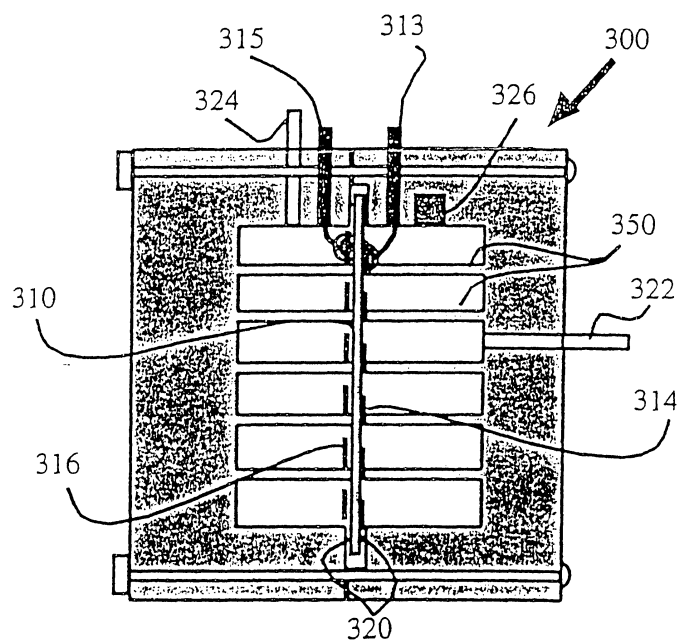


第 6 圖

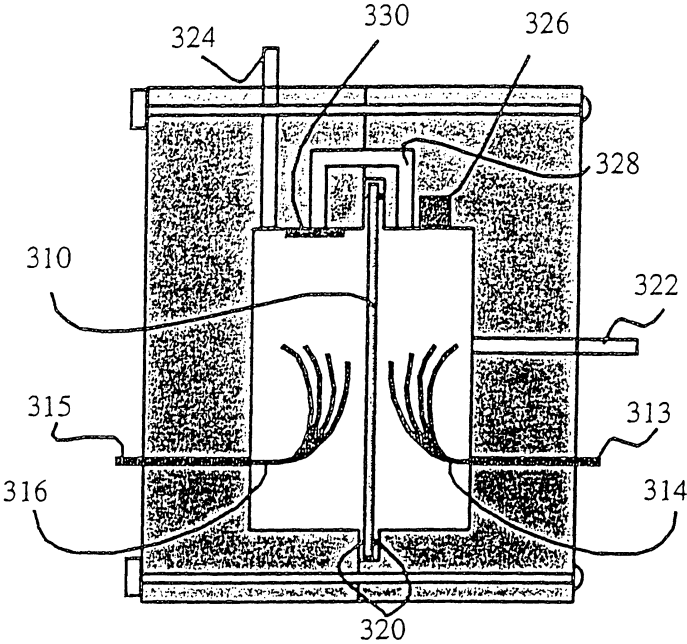




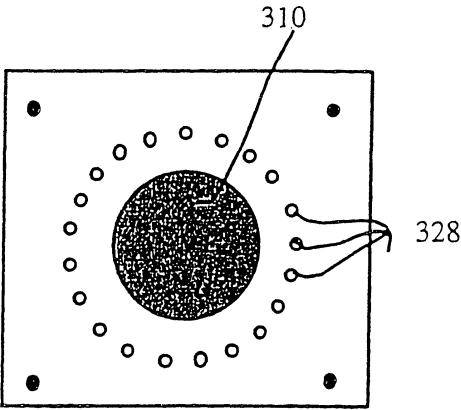
第 9 圖



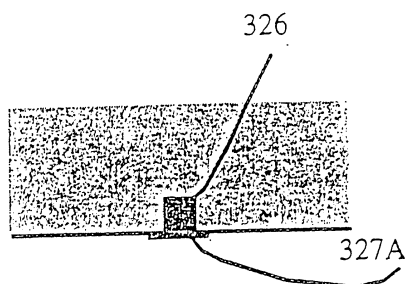
第 10 圖



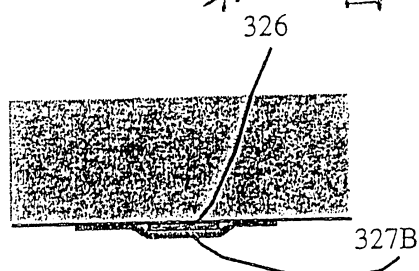
第 11 圖



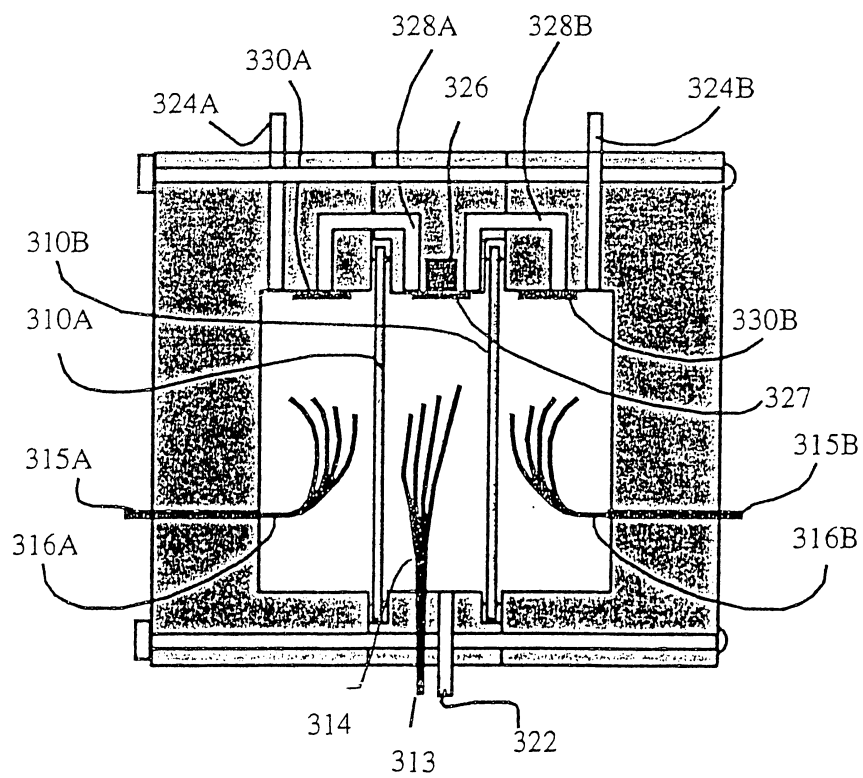
第 12 圖



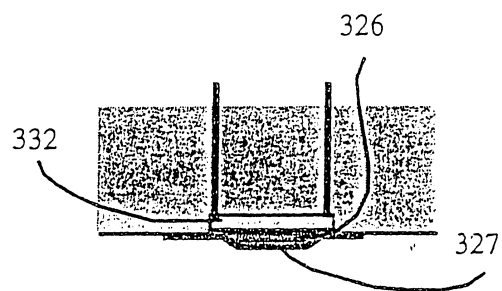
第 13 圖



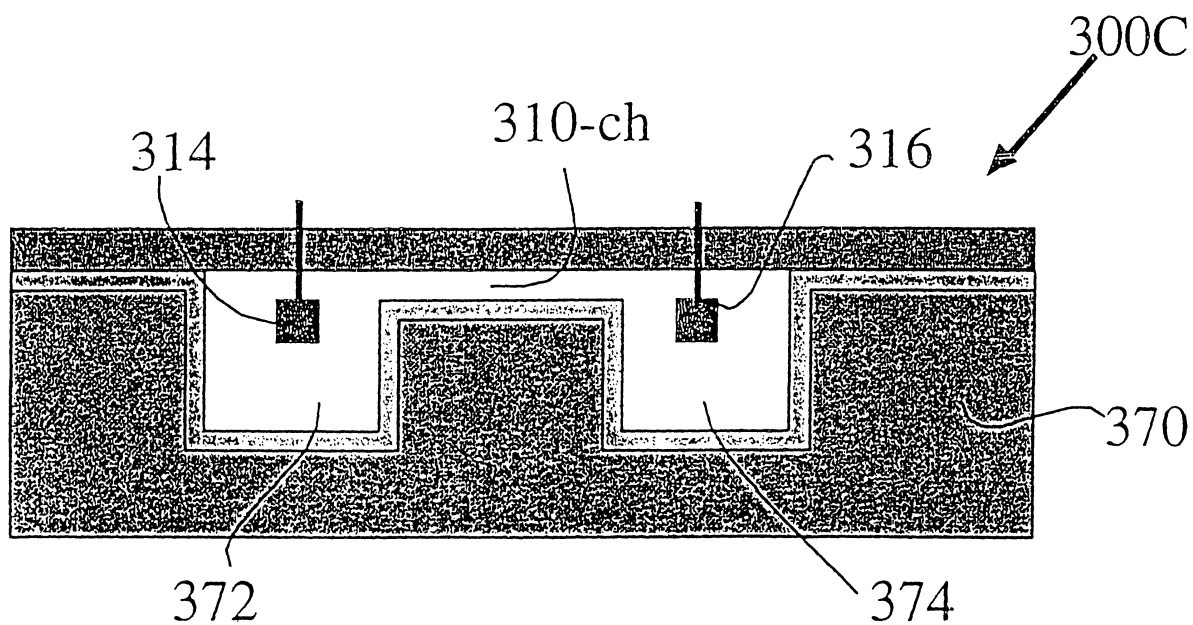
第 14 圖



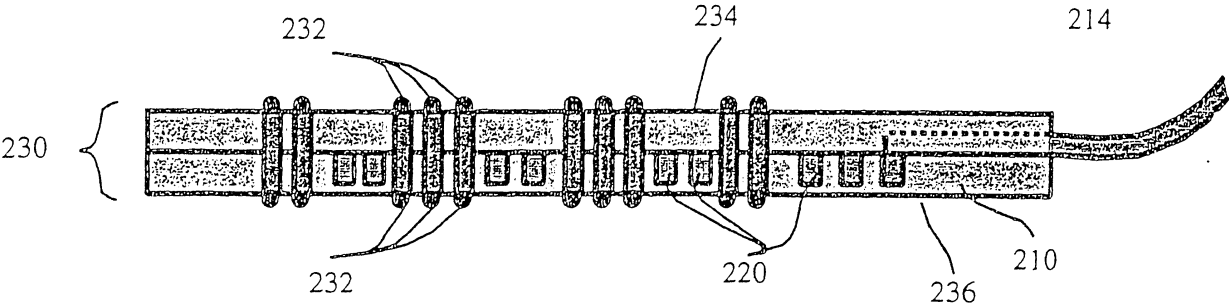
第 15 圖



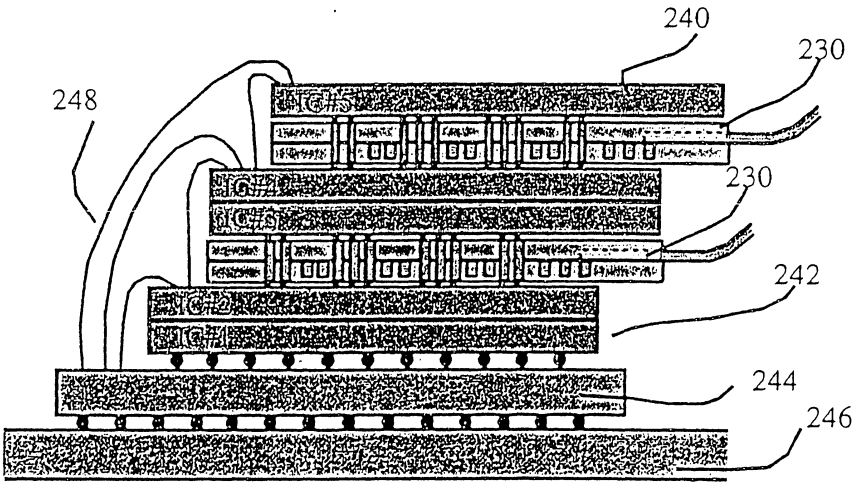
第 16 圖



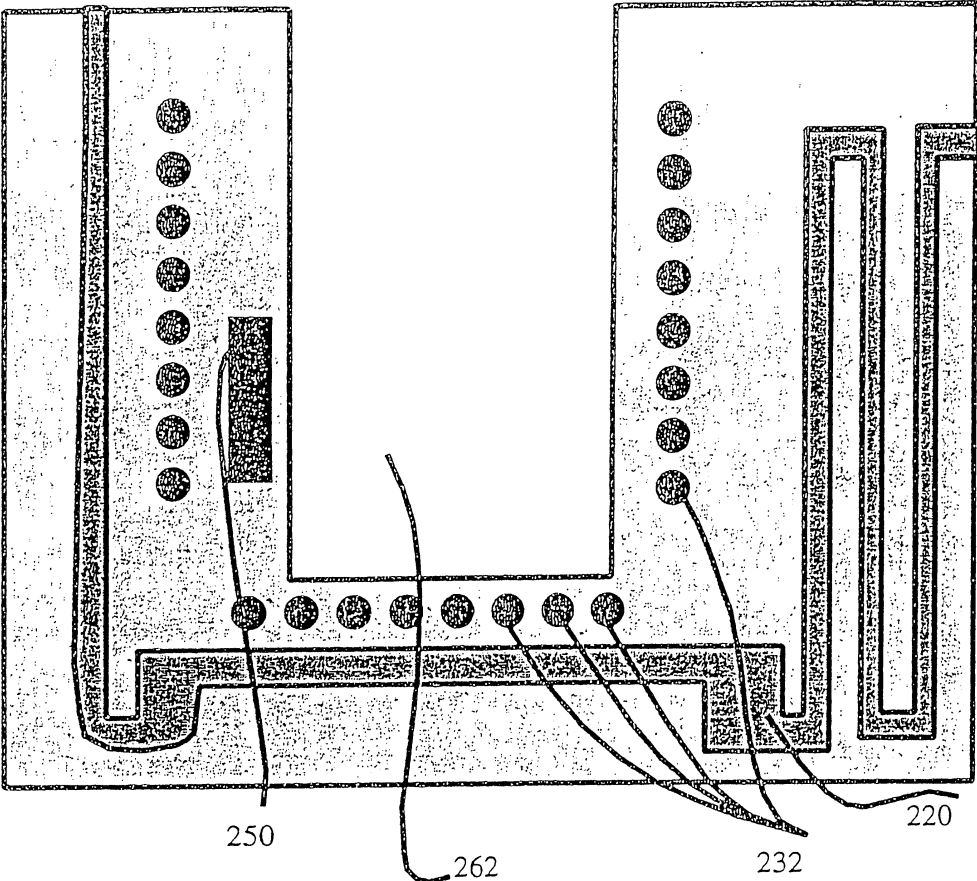
第 17 圖



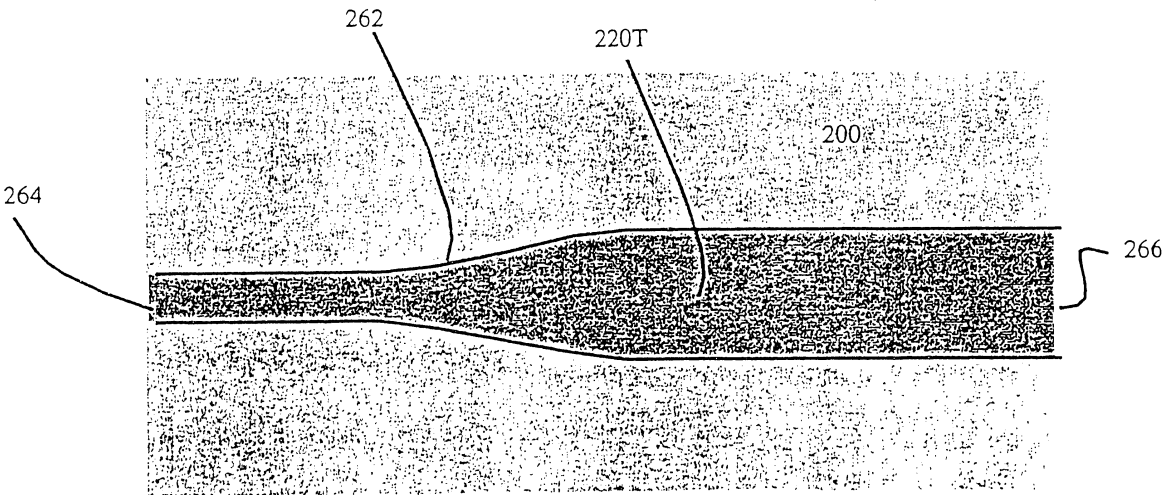
第 24 圖



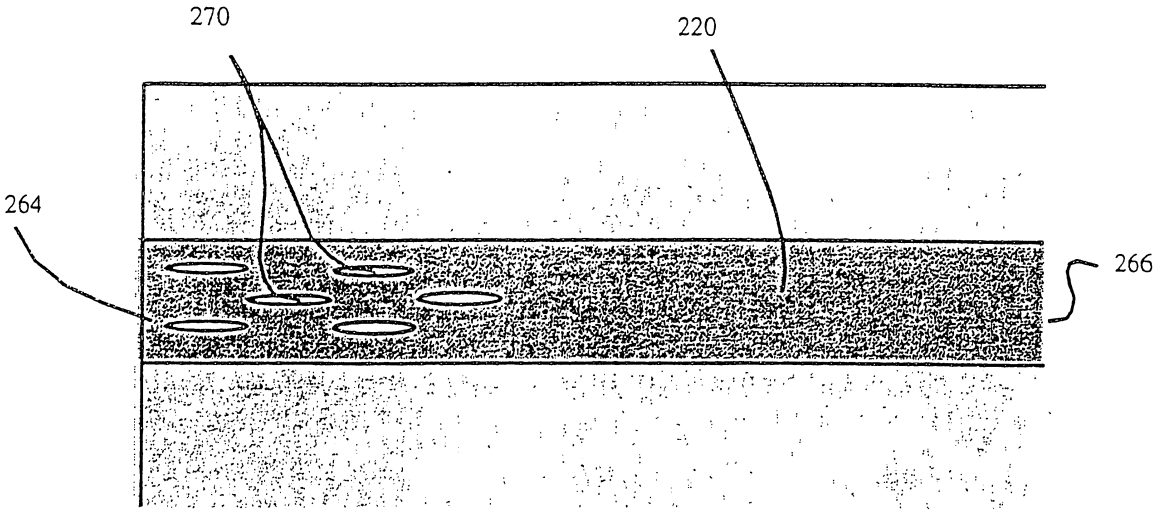
第 25 圖



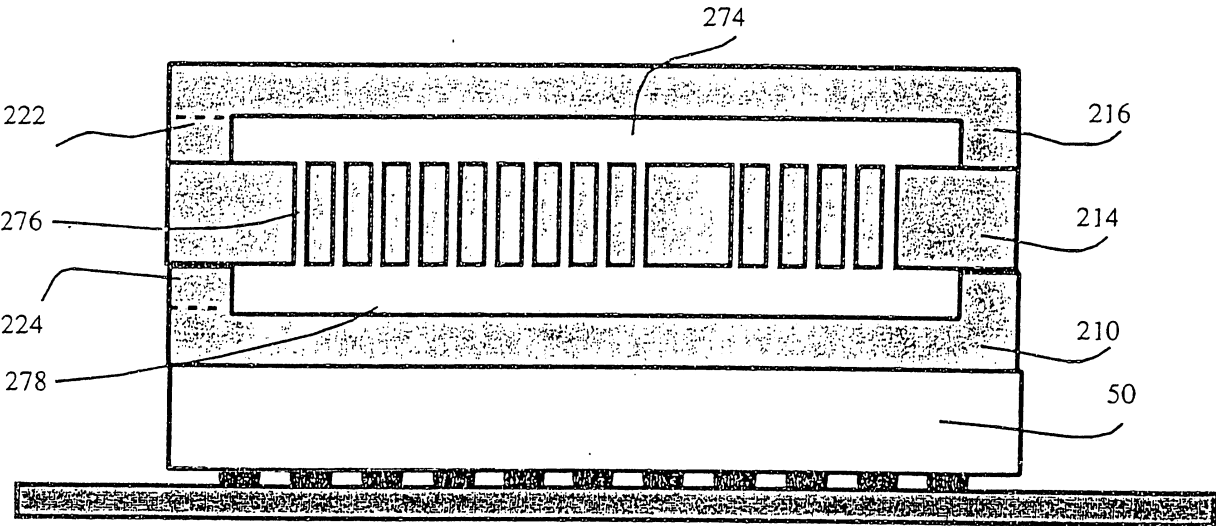
第 27 圖



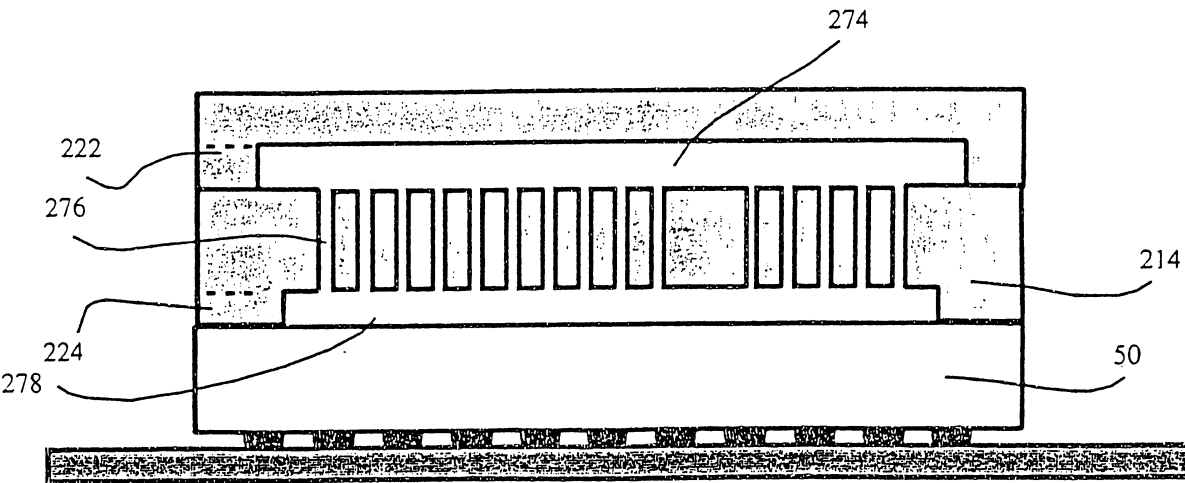
第 28 圖



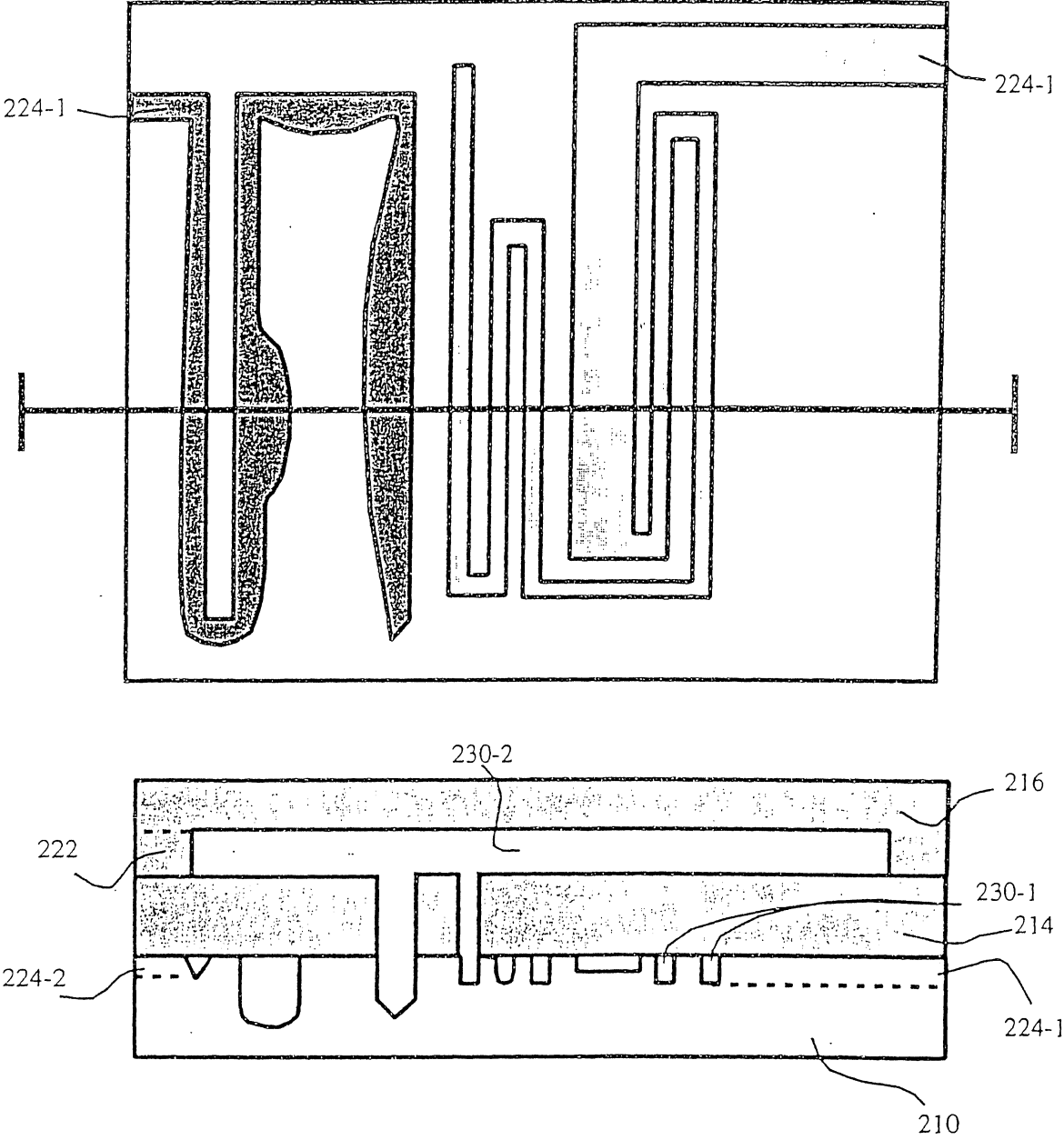
第 29 圖



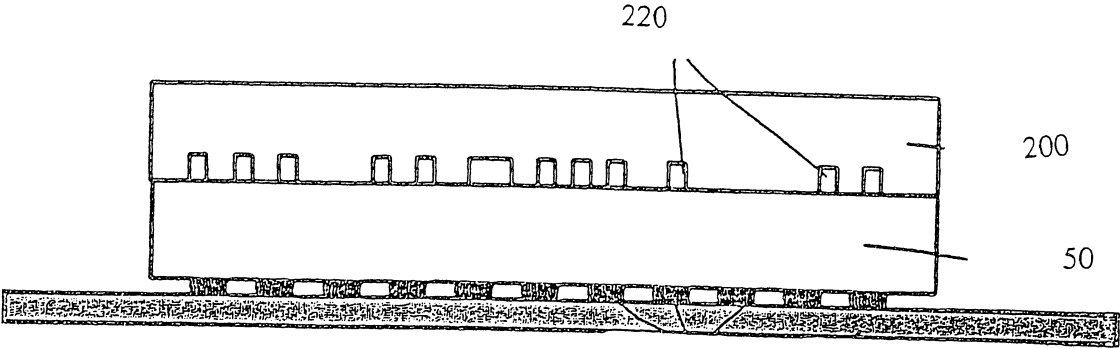
第 31 圖



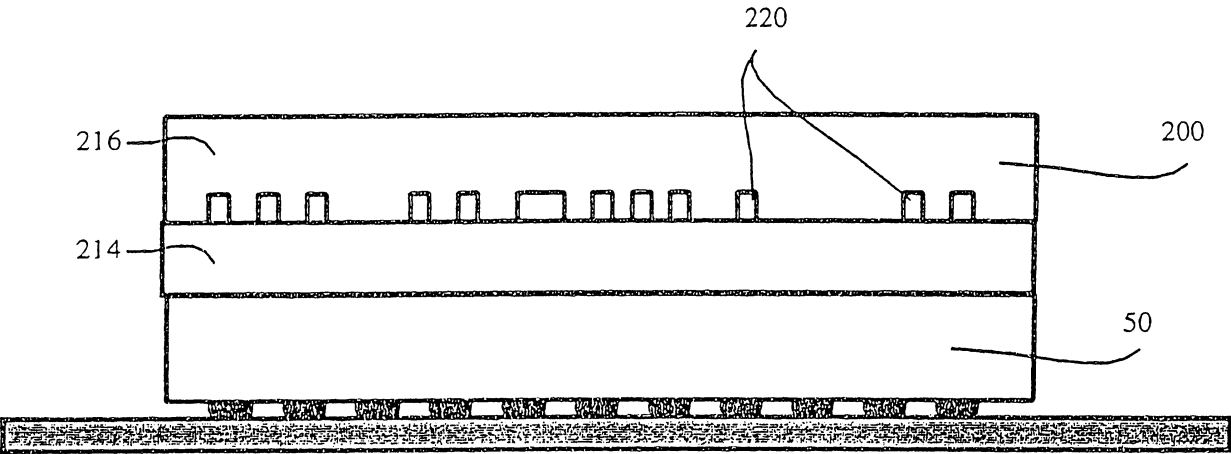
第 32 圖



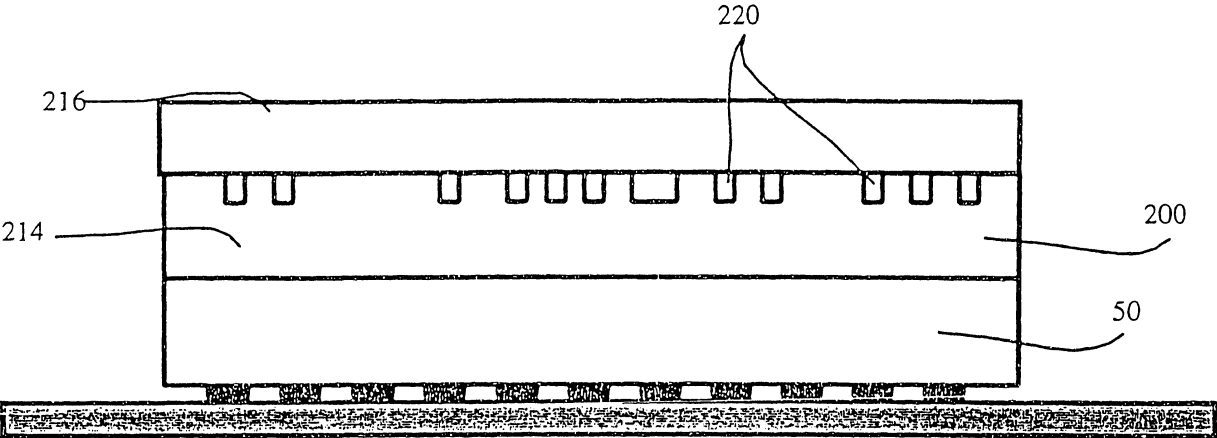
第 30a 、 30b 圖



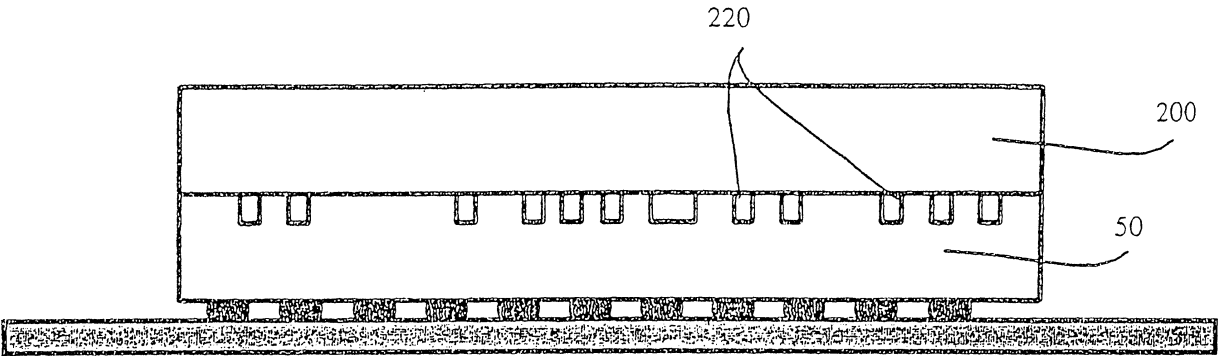
第 33 圖



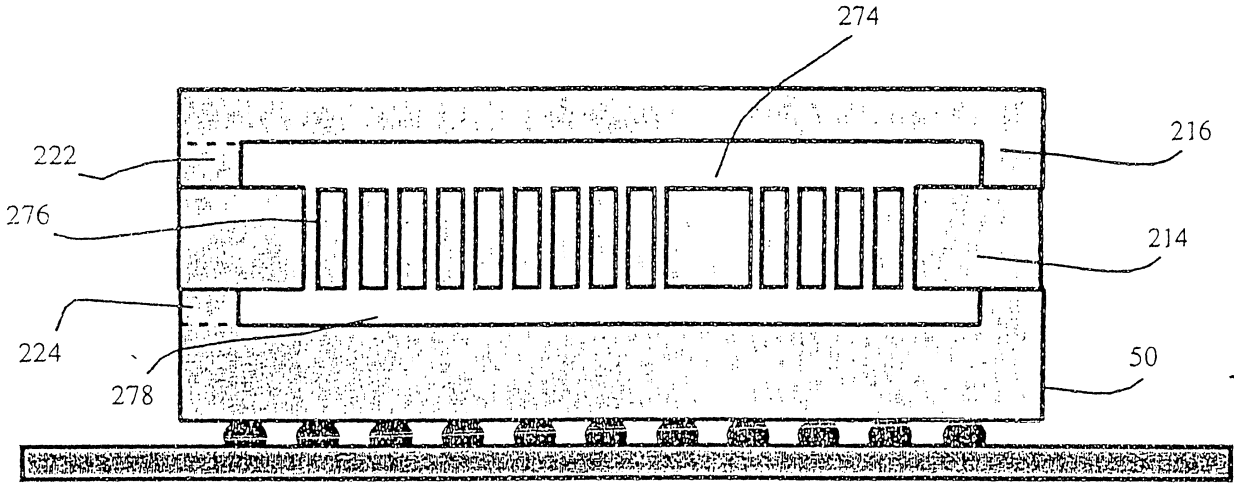
第 34 圖



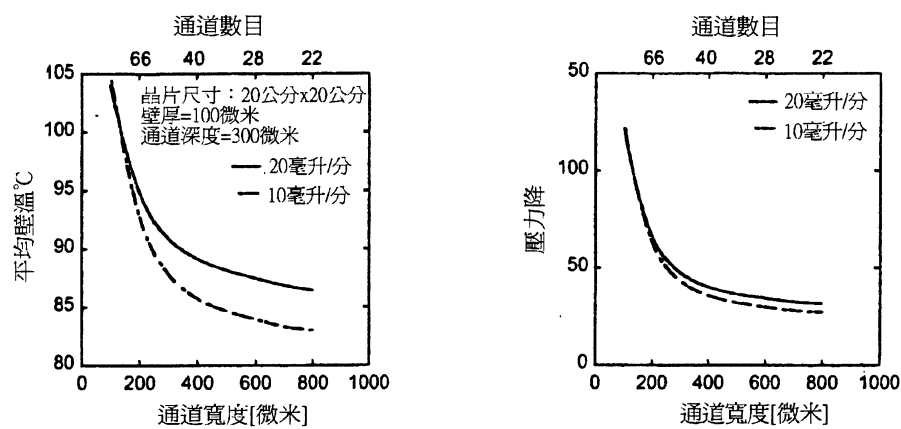
第 35 圖



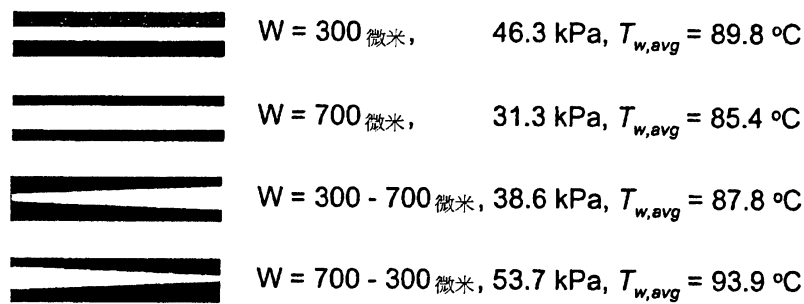
第 36 圖



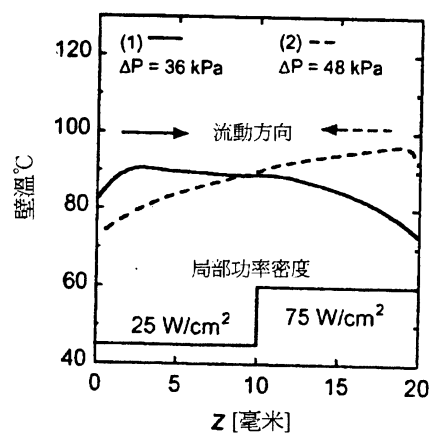
第 37 圖



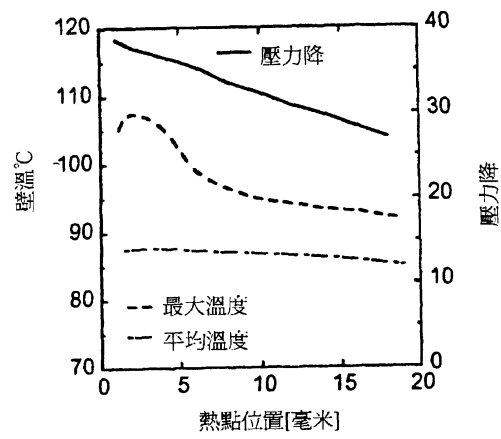
第44a及44b圖



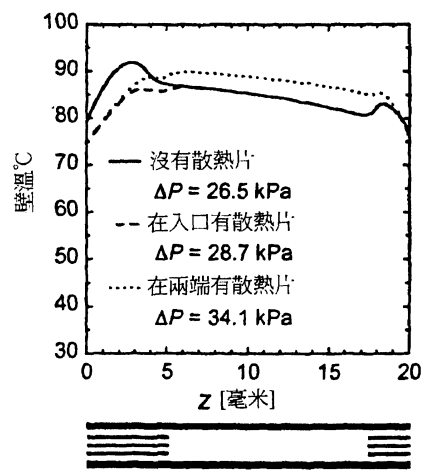
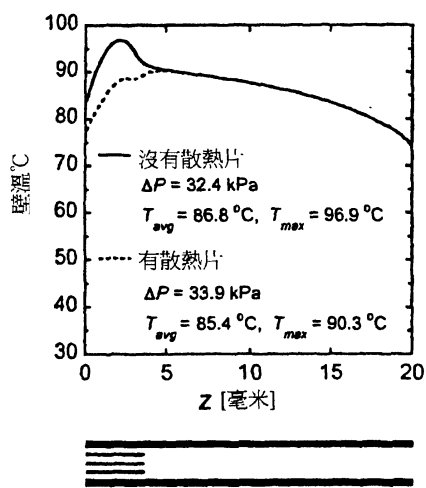
第45圖



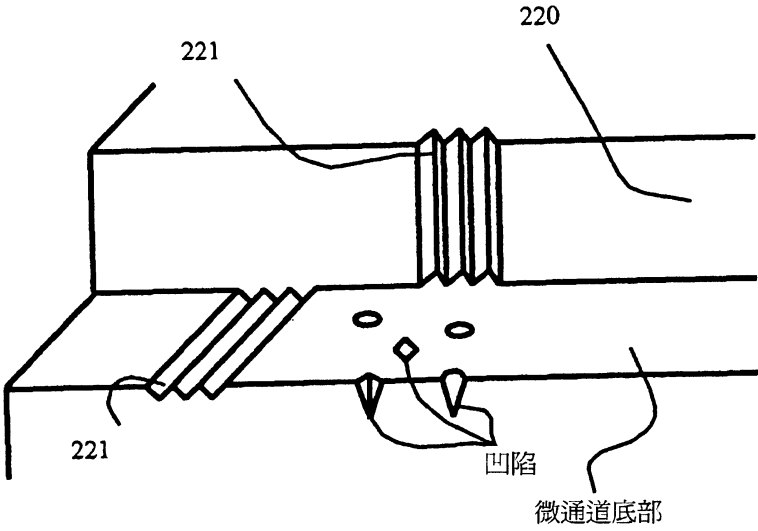
第46圖



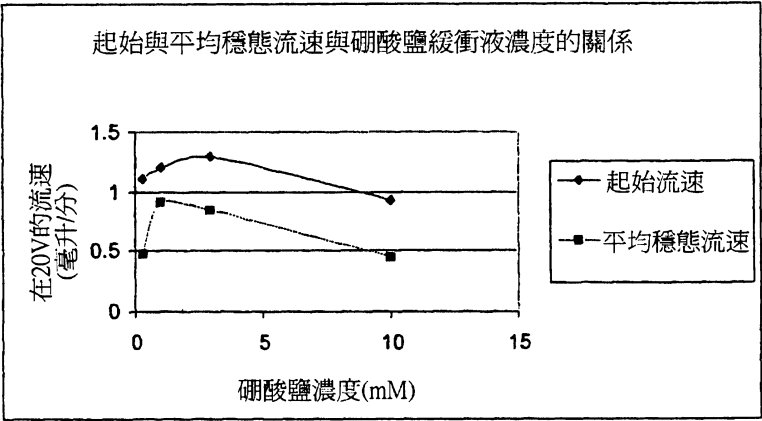
第47圖



第48a及48b圖



第49圖



第50圖



●
●
●
●



● ● ● ●

圖式簡單說明

第 21 和第 22 圖闡示出一開迴路冷卻系統的其他實施例。

第 23 圖闡示出電滲透泵的另一實施例。

第 24 圖闡示出微通道結構的另一實施例。

第 25 圖闡示出在一 3D 裝置堆疊中使用複數個微通道結構的一實施例。

第 26A 及 26B 圖和第 27 圖闡示出含有開口以另行進入所連接的熱產生裝置之微通道結構體的其他實施例。

第 28 圖闡示出微通道結構一部份的一實施例。

第 29 圖闡示出含有部份阻斷結構體的微通道結構一部份之一實施例。

第 30A 和第 30B 圖闡示出含有多重冷卻層的微通道結構體之另一實施例的俯視圖和橫斷面圖。

第 31 和第 32 圖闡示出在兩室之間使用多重流體注射點的微通道之實施例。

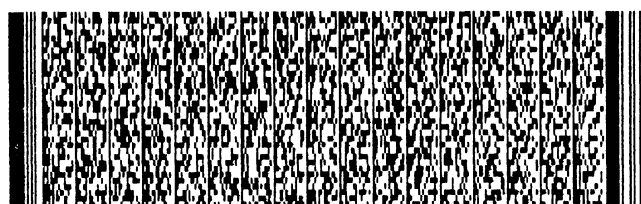
第 33 至第 35 圖闡示出微通道在各層中之形成。

第 36 至第 37 圖闡示至少部份在欲冷卻的裝置內的微通道之形成。

第 38 圖闡示出使用壓力感測器、電流感測器和溫度感測器的冷卻系統之實施例。

第 39 圖闡示出其中將溫度控制系統配置成為欲冷卻的裝置之一部份的實施例。

第 40 圖闡示出其中將微通道結構體與溫度控制系統整合在一起的實施例。



六、申請專利範圍

1. 一種用於發熱裝置之冷卻系統，該冷卻系統係使用具有一液體相的流體進行操作，該冷卻系統包括：
 - 一基板，包括至少一部份經配置在該基板內的微通道，該基板可實質上連接到該發熱裝置，藉此將熱能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能從該基板傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係構造成可提供給該流體流通其整體內部者；
 - 一熱交換器，以可提供給該流體流通其整體內部並從該熱交換器傳送熱能之結構而構成；
 - 一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；以及
 - 其中，該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經構組成使用一開迴路流體流而一起操作。
2. 一種用以將熱從發熱裝置傳送出去之方法，該方法包括：
 - 使用一電滲透泵以造出一具有一液體相的流體流；
 - 導引該流體流通過一在一基板內的微通道，該基板係實質上連接到該發熱裝置，藉此造成一經加熱的流體，其中該導引步驟係將該流體流從該電滲透泵導引到該熱交換器中；
 - 進一步導引該經加熱的流體以通過一熱交換器以藉此造成一經冷卻的流體；以及
 - 產生使用、導引和進一步導引之步驟的操作以造



六、申請專利範圍

出一閉迴路流體流。

3. 一種供使用具有一液體相的流體進行操作的冷卻系統使用之裝置，該裝置包括：

一發熱裝置，該發熱裝置包括一發熱元件；以及
一基板，係實質上連接到該發熱裝置，該發熱裝置和該基板各包括至少一部份微通道，藉此促成熱能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係以可提供給該流體流通其整體內部之結構而構成。

4. 如申請專利範圍第3項之裝置，復包括：

一熱交換器，以可提供給該流體流通其整體內部並從該流體傳送熱能之結構而構成；

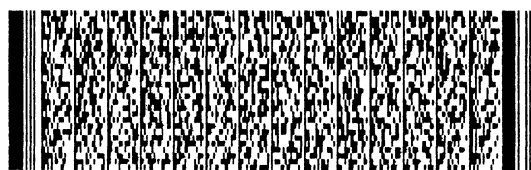
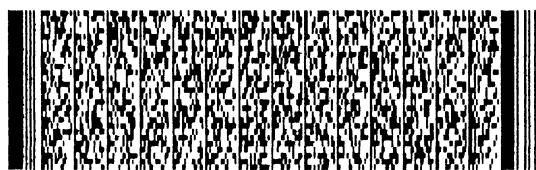
一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；以及

其中，該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經構組成一閉迴路流體流和一開迴路流體流而一起操作。

5. 如申請專利範圍第3項之裝置，其中該基板復包括複數個垂直的電互連線。

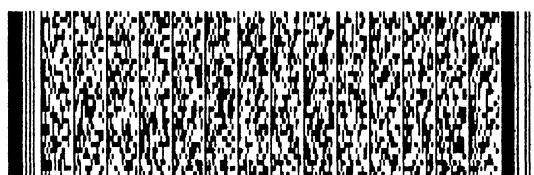
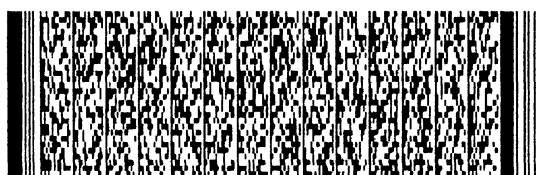
6. 如申請專利範圍第5項之裝置，其中該複數個垂直的電互連線係提供一部份的電連接以將複數個溫度感測器電連接到一溫度控制電路。

7. 如申請專利範圍第6項之裝置，其中該溫度控制電路為該發熱裝置的一部份。



六、申請專利範圍

8. 如申請專利範圍第3項之裝置，其中該基板包括一開口，透過該開口可將另一種交互作用施加到該發熱裝置之一部份。
9. 如申請專利範圍第3項之裝置，其中一部份該微通道包括：
- 一上部室；
 - 一下部室；以及
- 複數個配置在該上部室和該下部室之間的副通道。
10. 一種將一微通道配置到一基板內之方法，使得該微通道可以將一有一液體相的流體傳送通過其中並散逸掉在一特定積體電路晶片中的熱能，該方法包括下列步驟：
- 選擇一特定的積體電路晶片；
 - 使用一電腦，預測以該流體流經該微通道而有效率地散逸掉熱能之下，該微通道在該基板內的位置和橫截面形狀，該預測該微通道的位置和橫截面形狀之步驟包括重複演算流體和固體溫度與壓力分佈以重複地定出該微通道在該基板內的潛在位置和潛在橫截面形狀之步驟；以及
 - 於該所預測之微通道位置以該所預測之在該基板內的橫截面形狀造出該微通道。
11. 一種電滲透泵裝置，其可施加一電壓下泵取一有一液體相的流體，該裝置包括：



六、申請專利範圍

一流體室，具有一流體入口和一流體出口；

一陽極，配置在一陽極室部份之內；

一陰極，配置在一陰極室部份之內；

一多孔結構體，可在將一電壓施加於該陽極和該陰極之間時提供電滲透泵取作用，該多孔結構體在該流體室內於該陽極室部份與該陰極室部份之間造成一隔間；及

一觸媒重組器，係與該流體室整合在一起。

12.如申請專利範圍第11項之裝置，其中該觸媒重組器係將氧氣與氫氣重組。

13.如申請專利範圍第11項之裝置，進一步包括一加熱元件，該加熱元件係配置於靠近該觸媒重阻器之處。

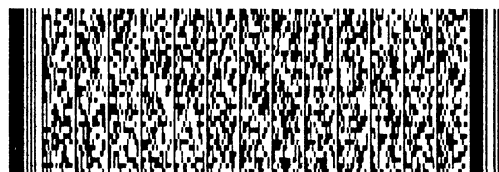
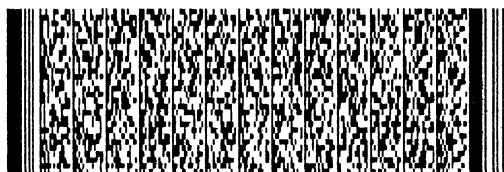
14.如申請專利範圍第11項之裝置，進一步包括一氣體可穿透膜，該氣體可透膜係覆蓋該觸媒重阻器以使該觸媒重組器保持乾燥。

15.如申請專利範圍第11項之裝置，進一步包括：

一通道，係配置在該陽極室部份與該陰極室部份之間；以及

一氣體可穿透膜，係配置於靠近該通道之處，用以減少液體從該通道流過並且使氣體副產物得以通過。

16.如申請專利範圍第15項之裝置，其中該氣體副產物為氫氣且該通道可讓在該陰極室部份內的氫氣通過而到達該陽極室部份。



六、申請專利範圍

17. 一種熱傳送裝置，係連接到半導體發熱裝置，該傳送裝置係使用有一液體相的流體進行操作，該熱傳送裝置包括：

一基板，可實質上連接到該半導體發熱裝置；
第一和第二微通道流體入口，配置在該基板之內；

第一和第二微通道流體出口，配置在該基板之內；以及

第一和第二微通道，連接於個別的該第一和第二微通道流體入口與該第一和第二微通道流體出口之間，該第一和第二微通道藉此提供獨立的流體流路徑。

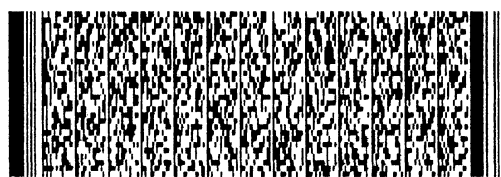
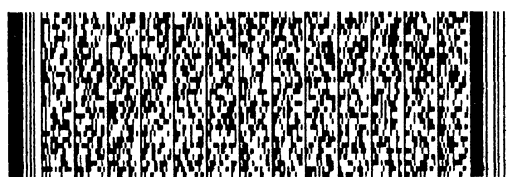
18. 如申請專利範圍第17項之裝置，進一步包括：

一熱交換器，經構造成可提供給該流體流通其整體內部及從該熱交換器傳送熱能者；

一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；以及

至少一流體連接器，經構造成使該基板、該熱交換器、和該電滲透泵一起使用一開迴路流體流和閉迴路流體流中之其中一者進行操作者。

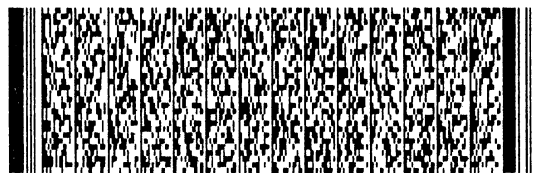
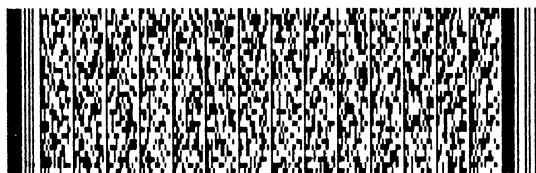
19. 如申請專利範圍第17項之裝置，進一步包括靠近該第一和第二微通道配置的第一和第二溫度感測器，使得該第一溫度感測器偵測靠近第一溫度感測器的發熱裝置所產生的熱能且該第二溫度感測器偵測靠近該第二



六、申請專利範圍

溫度感測器的發熱裝置所產生的熱能。

20. 如申請專利範圍第 17 項之裝置，其中該第一和第二微通道各含有第一和第二微通道部份，該等第一和第二微通道部份係彼此平行且相鄰地配置，使得在該第一微通道內產生的流體流與在該第二微通道內的流體流方向相反。
21. 如申請專利範圍第 17 項之裝置，其中該第一微通道係至少部份配置在該發熱裝置的高熱能位置且該第二微通道係配置在該發熱裝置上不同於該高熱能位置的另一部份。
22. 如申請專利範圍第 17 項之裝置，其中該基板進一步包括複數個垂直的電互連線。
23. 如申請專利範圍第 22 項之裝置，其中該複數個垂直的電互連線係提供一部份的電連接，以將複數個溫度感測器電連接到一溫度控制電路。
24. 如申請專利範圍第 17 項之裝置，其中該基板包括一開口，透過該開口可將另一種交互作用施加到該發熱裝置之一部份上。
25. 一種用於發熱裝置之冷卻系統，該冷卻系統係使用一有一液體相的流體進行操作，該冷卻系統包括：
- 一基板，包括至少一部份經配置在該基板內的微通道，其中該微通道包括一含有部份阻斷性結構體以增加與流體接觸的表面積之部份；
- 該基板可實質上連接到該發熱裝置，藉此促成熱



六、申請專利範圍

能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能從該基板傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係經構造成可提供給該流體流通其整體內部者；

一熱交換器，經構造成可提供給該流體流通其整體內部及從該熱交換器傳送熱能者；

一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；以及

其中該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經構成一起操作以造成一閉迴路流體流。

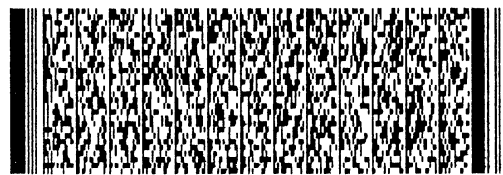
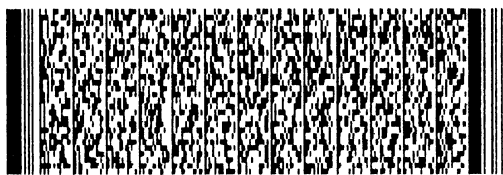
26.如申請專利範圍第25項之冷卻系統，其中該部份阻斷性結構體係由一微通道壁之粗糙化部份所構成者。

27.如申請專利範圍第25項之冷卻系統，其中該部份阻斷性結構體係配置在該微通道之內。

28.一種用於發熱裝置之冷卻系統，該冷卻系統係使用一有一液體相的流體進行操作，該冷卻系統包括：

一基板，包括至少一部份配置在該基板內的微通道，該基板可實質上連接到該發熱裝置，藉此促成熱能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能從該基板傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係經構造成可提供給該流體流通其整體內部者，其中，一部份該微通道包括一上部室、一下部室、和複數個配置在該上部室和該下部室之間的副通道；

一熱交換器，經構造成可提供給該流體流通其整體內部及從該熱交換器傳送熱能者；以及



六、申請專利範圍

一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；

其中，該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經構組成一起操作以造成一閉迴路流體流。

29. 一種用於發熱裝置之冷卻系統，該冷卻系統係使用一有一液體相的流體進行操作，該冷卻系統包括：

一壓力感測器；

一基板，包括至少一部份配置在該基板內的微通道，該基板可實質上連接到該發熱裝置，藉此促成熱能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能從該基板傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係經構造成可提供給該流體流通其整體內部者；

一熱交換器，經構造成可提供給該流體流通其整體內部及從該熱交換器傳送熱能者；以及

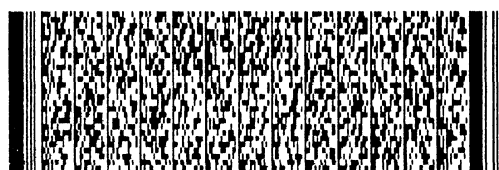
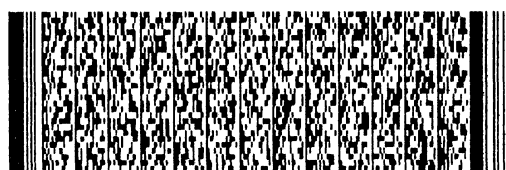
一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；

其中，該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經構組成一起操作以造成一閉迴路流體流。

30. 如申請專利範圍第29項之冷卻系統，其中該壓力感測器係配置在該基板之內。

31. 如申請專利範圍第29項之冷卻系統，其中該壓力感測器係配置在介於該基板與該熱交換器之間的一流體路徑中。

32. 如申請專利範圍第31項之冷卻系統，進一步包括配置



六、申請專利範圍

在介於該電滲透泵與該基板之間的一流體路徑中之另一壓力感測器。

33. 如申請專利範圍第 32 項之冷卻系統，進一步包括配置在該基板內之一溫度感測器。

34. 如申請專利範圍第 33 項之冷卻系統，進一步包括一溫度控制電路，該溫度控制電路從該壓力感測器、該另一壓力感測器和該溫度感測器接受輸入信號。

35. 如申請專利範圍第 34 項之冷卻系統，其中該溫度控制電路使用來自該壓力感測器、該另一壓力感測器和該溫度感測器的信號來控制該電滲透泵。

36. 一種用於發熱裝置之冷卻系統，該冷卻系統係使用一有一液體相的流體進行操作，該冷卻系統包括：

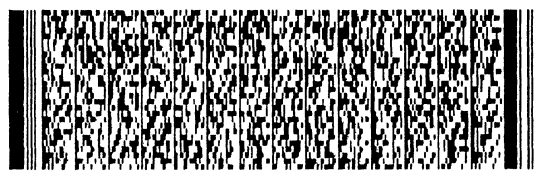
一基板，包括至少一部份經配置在該基板內的微通道，該基板可實質上連接到該發熱裝置，藉此促成熱能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能從該基板傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係經構造成可提供給該流體流通其整體內部者；

一溫度控制電路，係從配置在該微通道附近處的一溫度感測器接受輸入信號；

一熱交換器，經構造成可提供給該流體流通其整體內部及從該熱交換器傳送熱能者；以及

一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；

其中，該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經



六、申請專利範圍

構組成一起操作以造成一閉迴路流體流。

37. 一種用於發熱裝置之冷卻系統，該冷卻系統係使用一有一液體相的流體進行操作，該冷卻系統包括：

一基板，包括至少一部份配置在該基板內的微通道，其中該基板係由第一和第二層所構成，且其中至少一部份該微通道係在該第一和第二兩層內形成者；

該基板可實質上連接到該發熱裝置，藉此促成熱能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能從該基板傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係經構造成可提供給該流體流通其整體內部者；

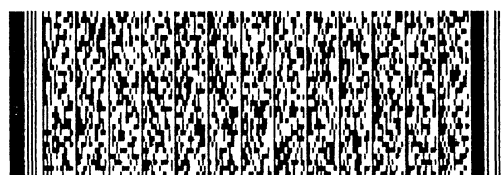
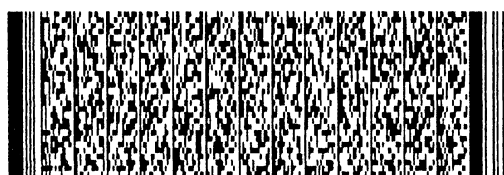
一熱交換器，經構造成可提供給該流體流通其整體內部及從該熱交換器傳送熱能者；以及

一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；且

其中，該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經構組成一起操作以造成一閉迴路流體流。

38. 一種用於發熱裝置之冷卻系統，該發熱裝置由複數個積體電路所構成，該冷卻系統係使用一有一液體相的流體進行操作，該冷卻系統包括：

一基板，經配置在該複數個積體電路之間且包括至少一部份配置在該基板內的微通道，該基板可實質上連接到該發熱裝置，藉此促成熱能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能從該基板傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係經構造成可提供給



六、申請專利範圍

該流體流通其整體內部者；

一熱交換器，經構造成可提供給該流體流通其整體內部及從該熱交換器傳送熱能者；以及

一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；

其中，該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經構組成一起操作以造成一閉迴路流體流。

39. 一種用於發熱裝置之冷卻系統，該冷卻系統係使用一有一液體相的流體進行操作，該冷卻系統包括：

一基板，包括至少一部份配置在該基板內的微通道，該基板可實質上連接到該發熱裝置，藉此促成熱能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能從該基板傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係經構造成可提供給該流體流通其整體內部，且其中該基板進一步包括複數個垂直的電互連線；

一熱交換器，經構造成可提供給該流體流通其整體內部及從該熱交換器傳送熱能者；以及

一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；

其中，該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經構組成一起操作以造成一閉迴路流體流。

40. 如申請專利範圍第39項之冷卻系統，其中該微通道進一步包括垂直型和水平型之流體通道。

41. 如申請專利範圍第39項之冷卻系統，其中該複數個垂



六、申請專利範圍

直的電互連線提供一部份電連接，以將複數個溫度感測器電連接到一溫度控制電路。

42. 一種用於發熱裝置之冷卻系統，該冷卻系統係使用一有一液體相的流體進行操作，該冷卻系統包括：

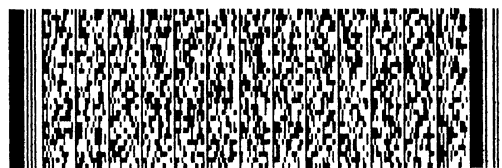
一基板，包括至少一部份配置在該基板內的微通道，其中該基板包括一開口，透過該開口將另一種交互作用施加到該發熱裝置之一部份上；

該基板可實質上連接到該發熱裝置，藉此促成熱能從該發熱裝置傳送到該基板，且進一步將該熱能從該基板傳送到配置在該微通道內的流體，該微通道係經構造成可提供給該流體流通其整體內部者；

一熱交換器，經構造成可提供給該流體流通其整體內部及從該熱交換器傳送熱能者；以及

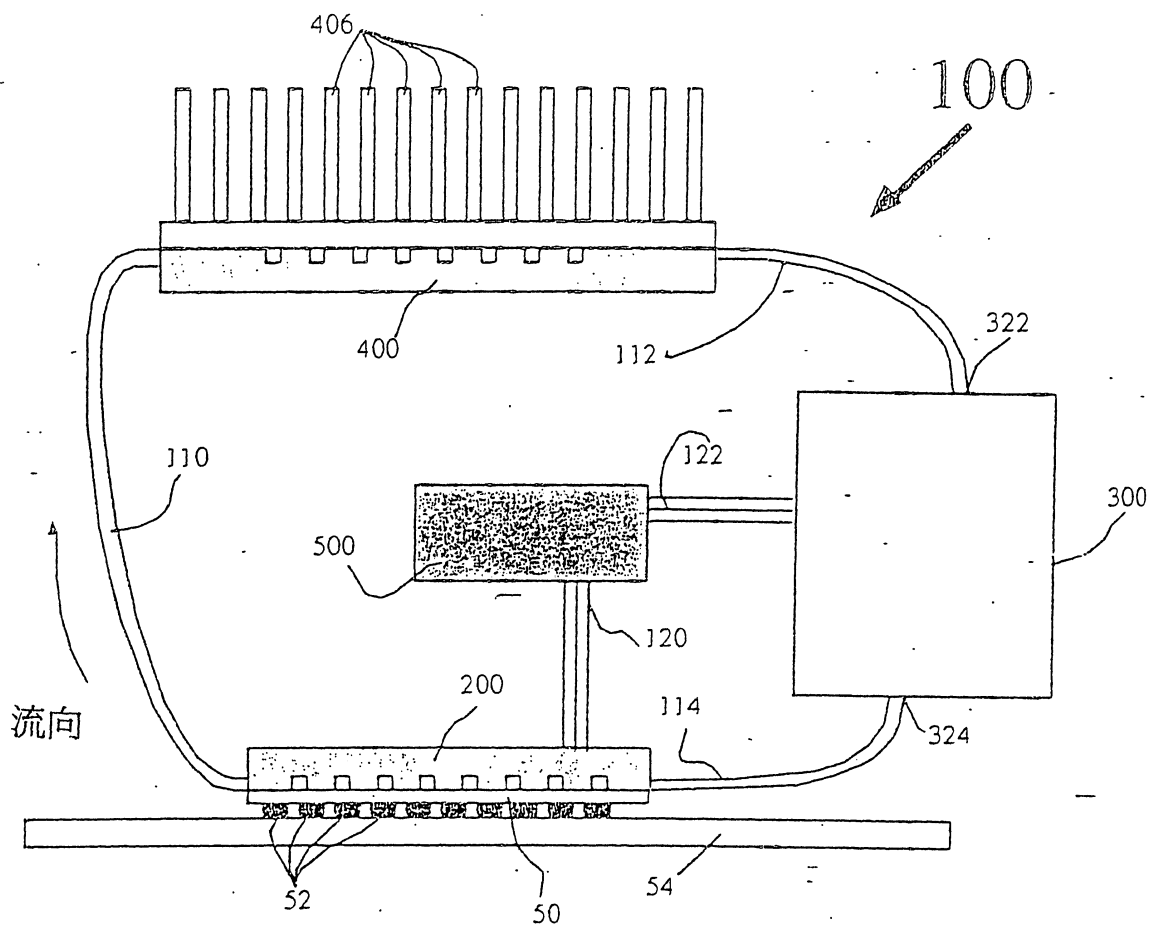
一電滲透泵，該電滲透泵係用以造成該流體的流動；

其中，該基板、該熱交換器、和該電滲透泵係經構組成一起操作以造成一閉迴路流體流。



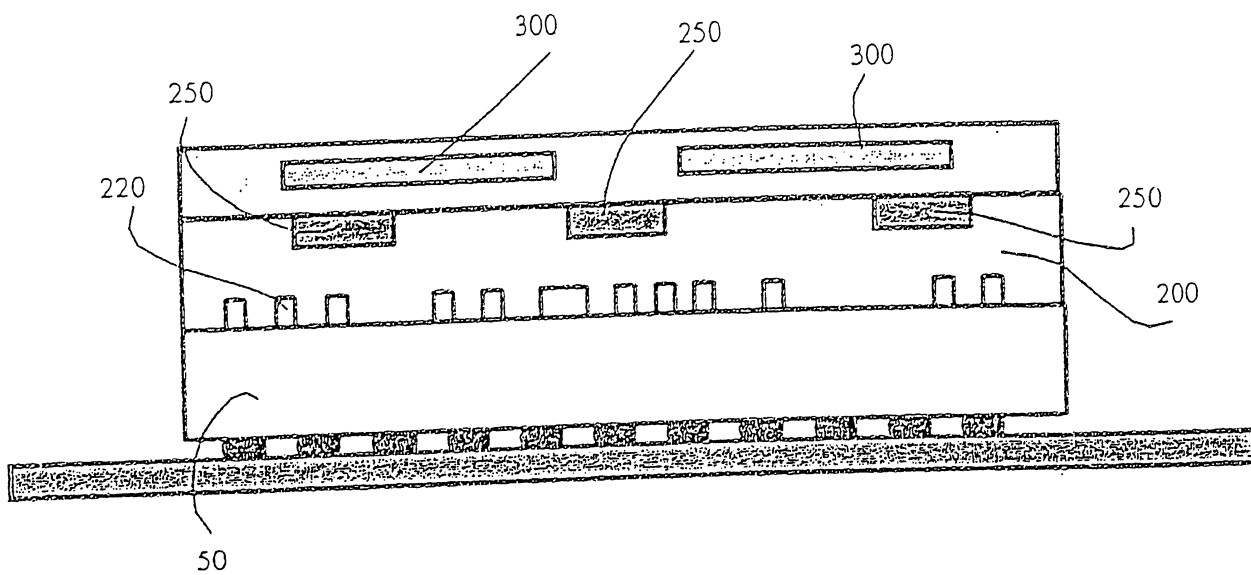
附件五

92 910 頁

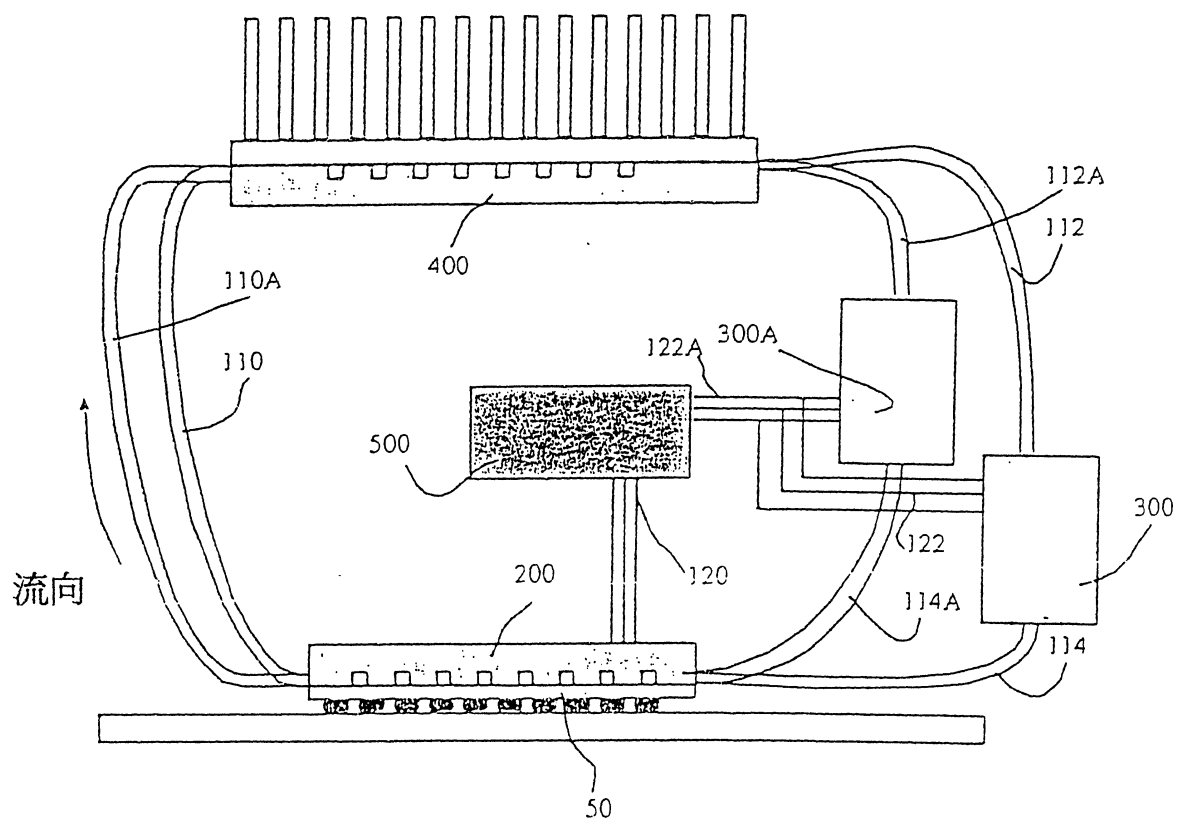


第 1 圖

92.9.10 =

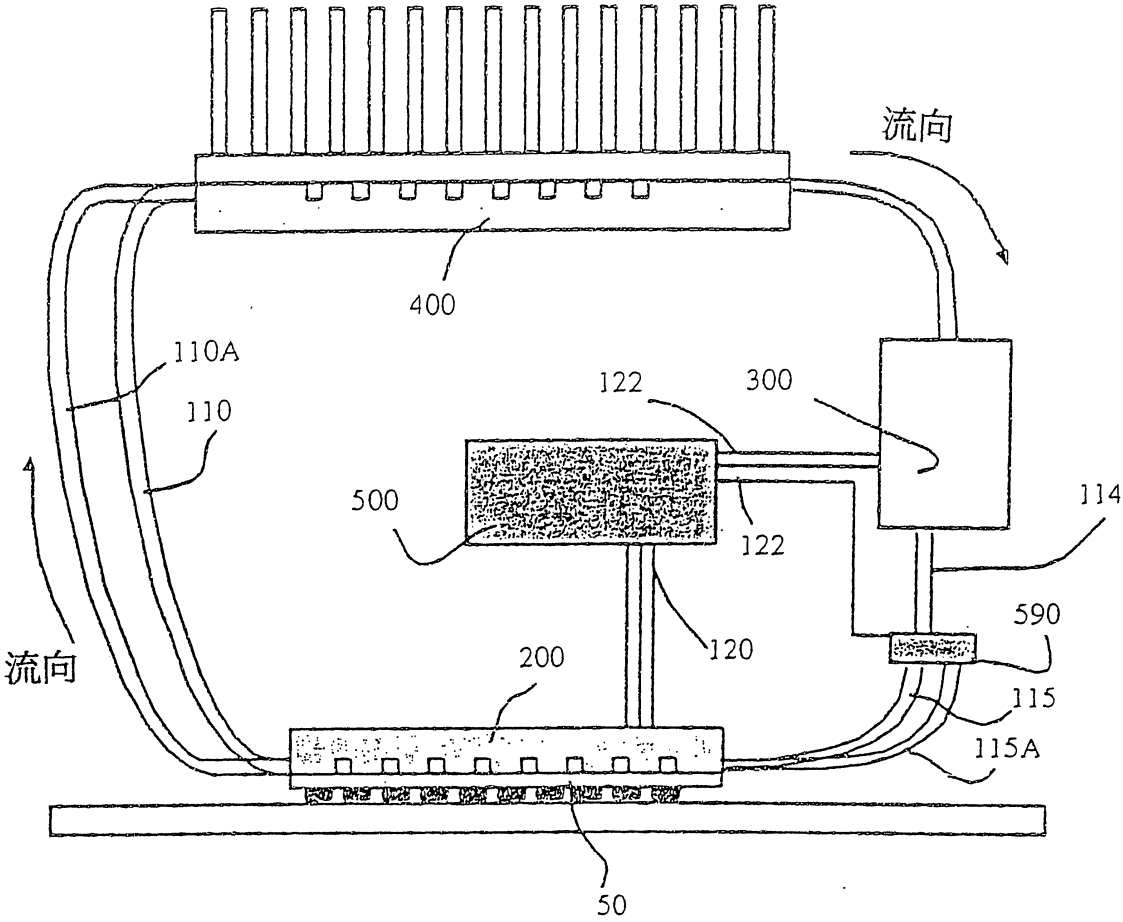


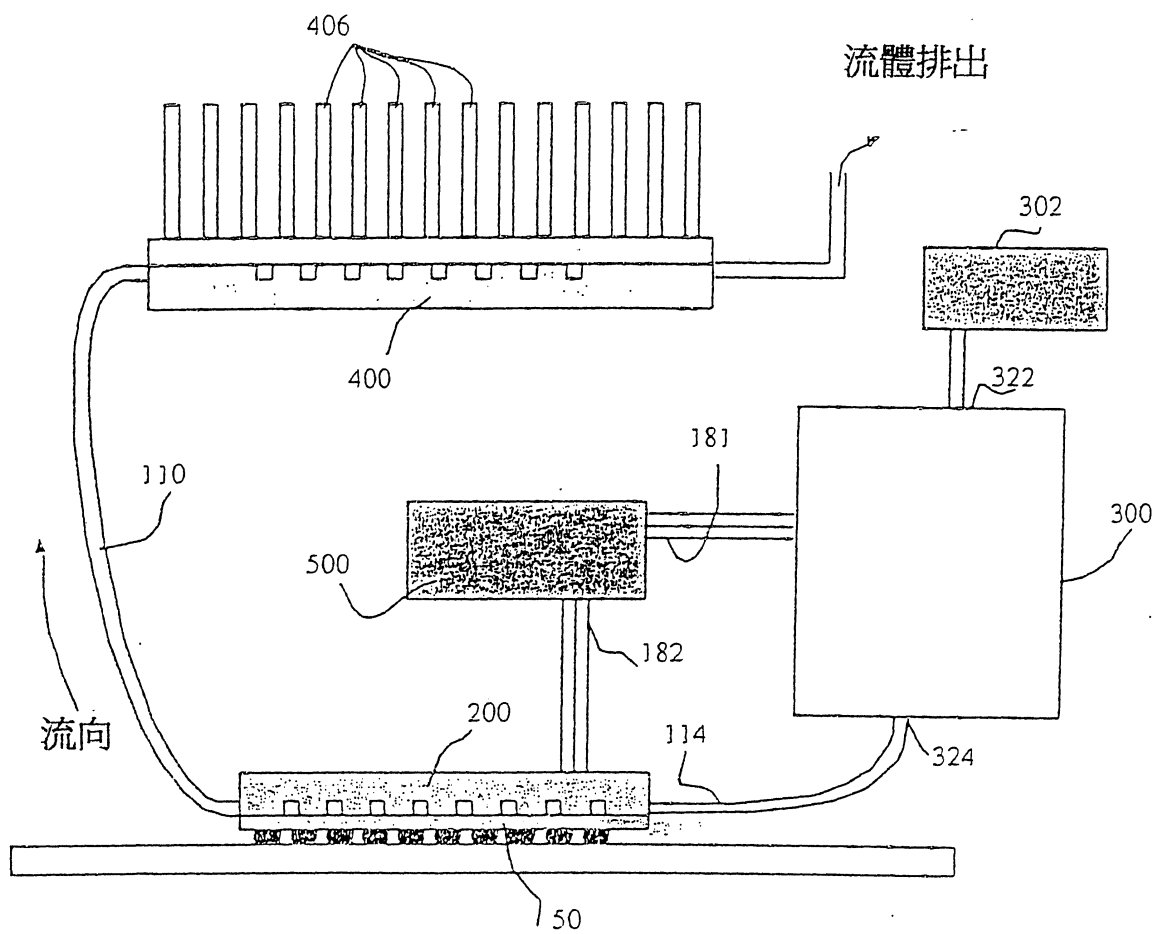
第 18 圖



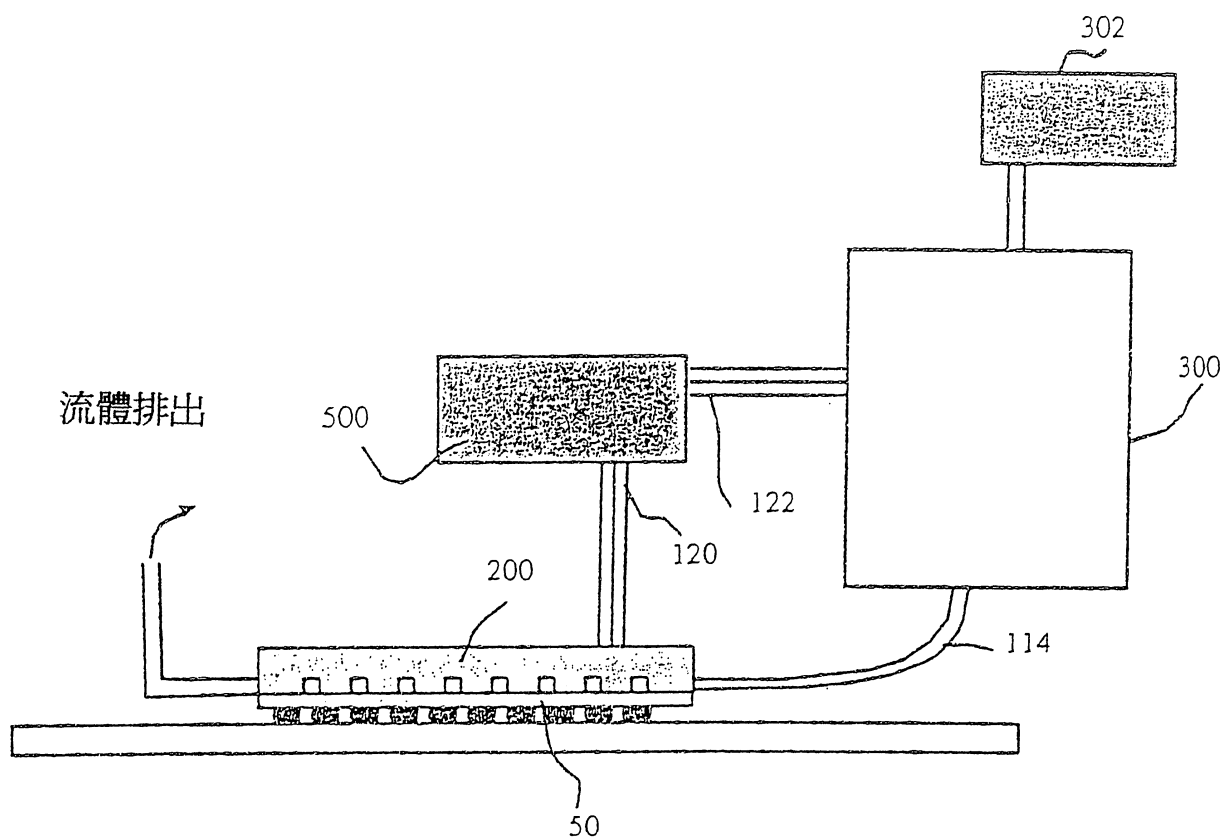
第 19 圖

92 9 10 ⇒

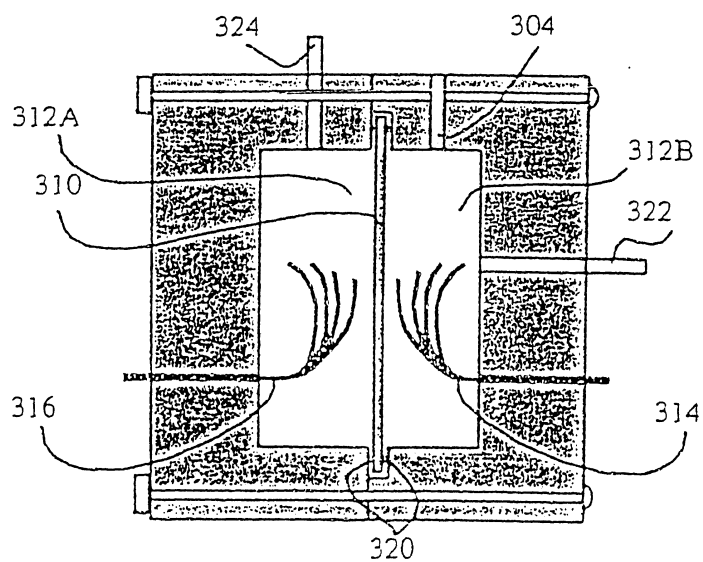




第 21 圖



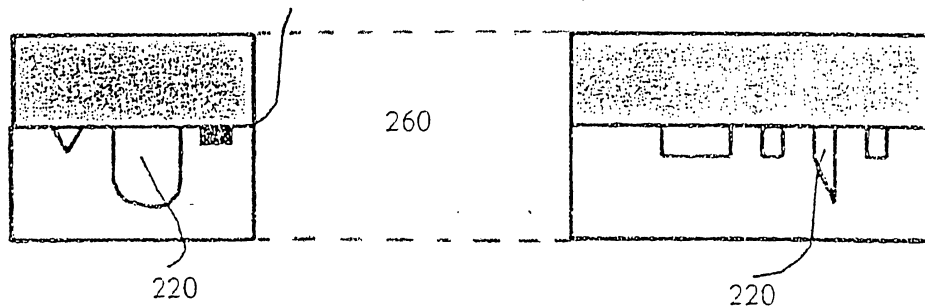
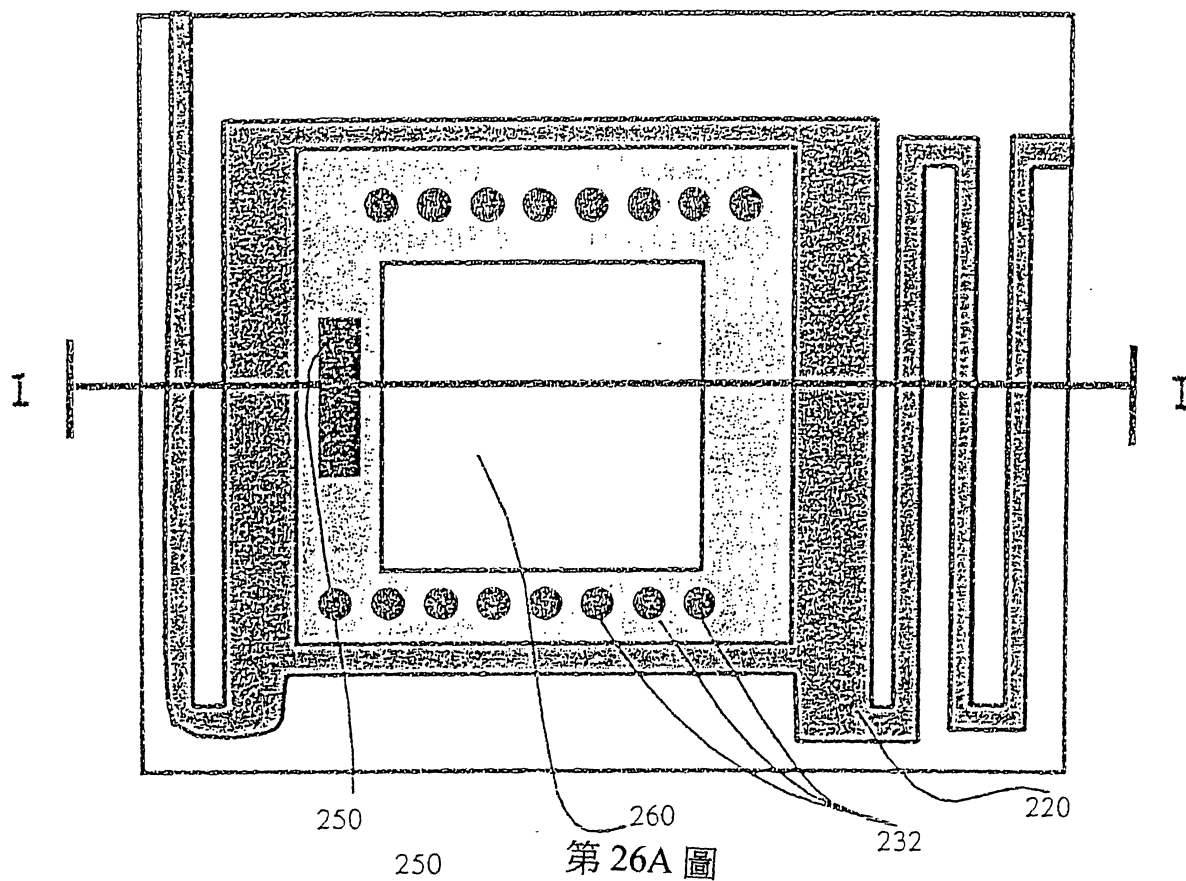
第 22 圖

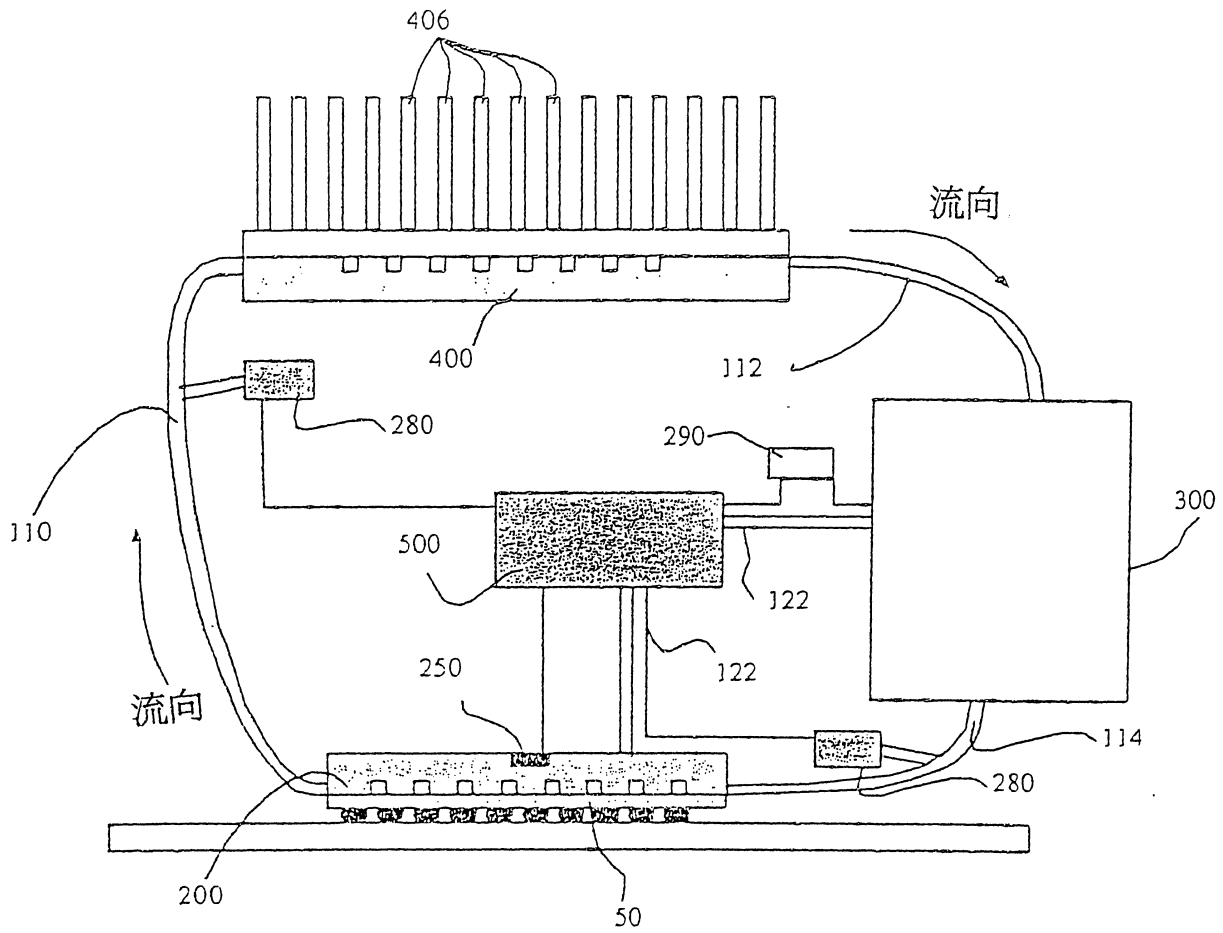


第 23 圖

零件圖

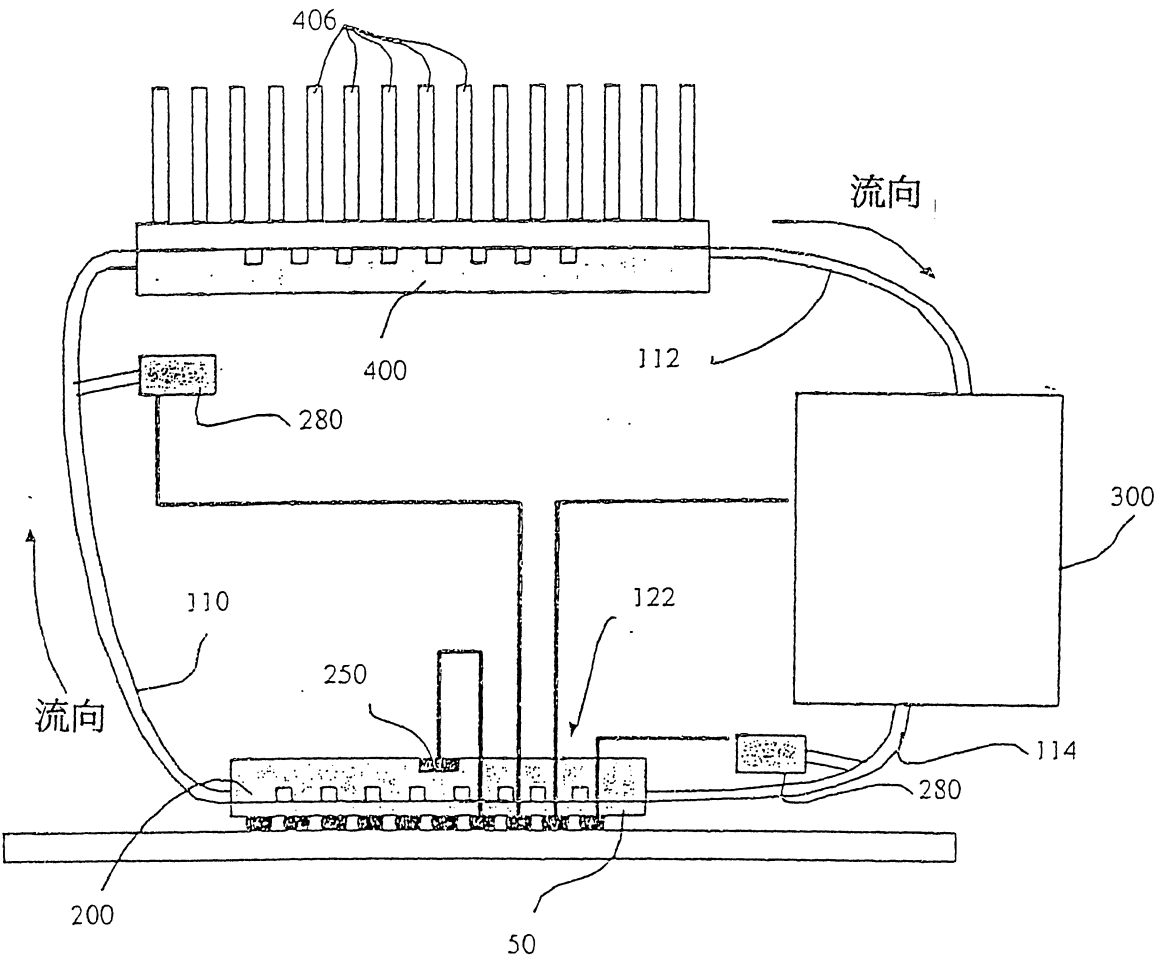
92 9 10 =

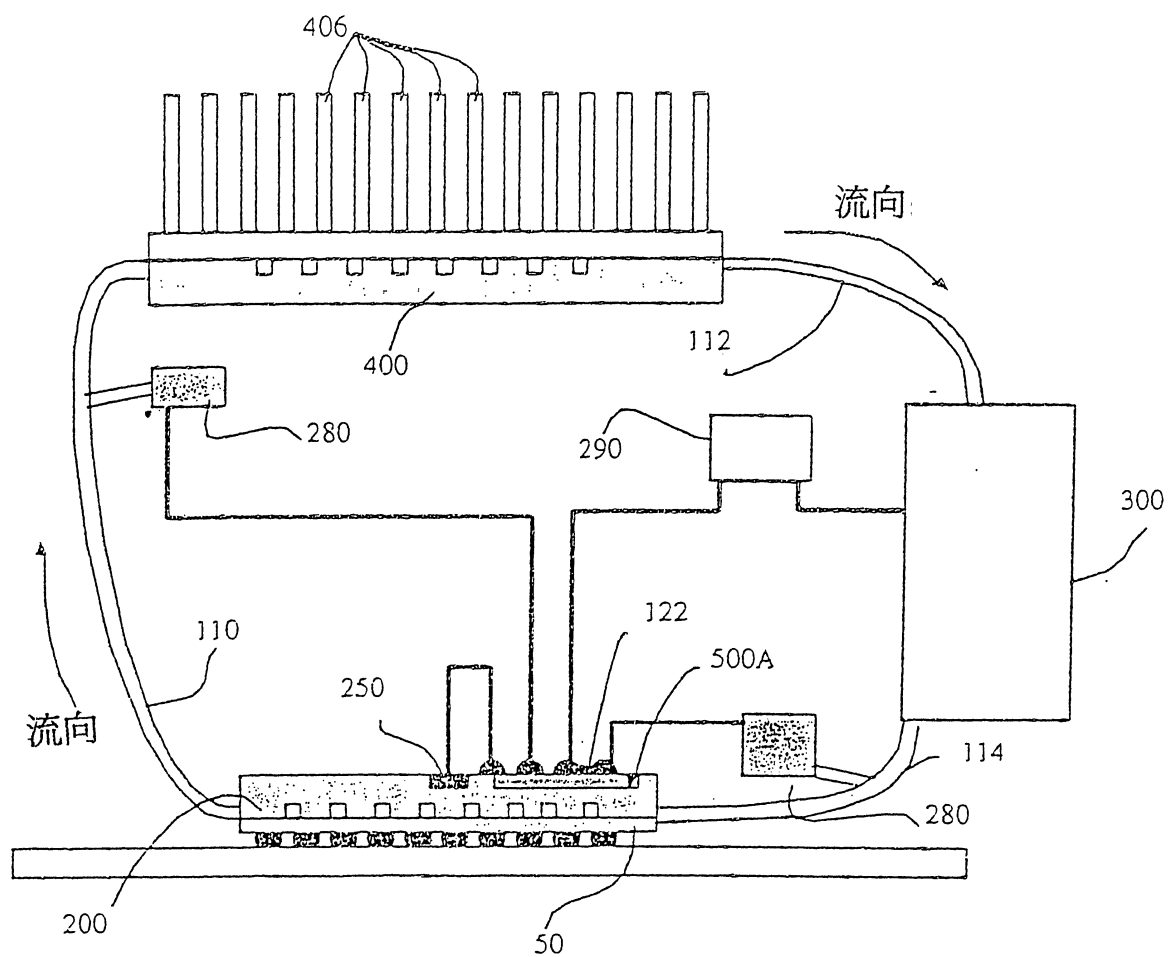




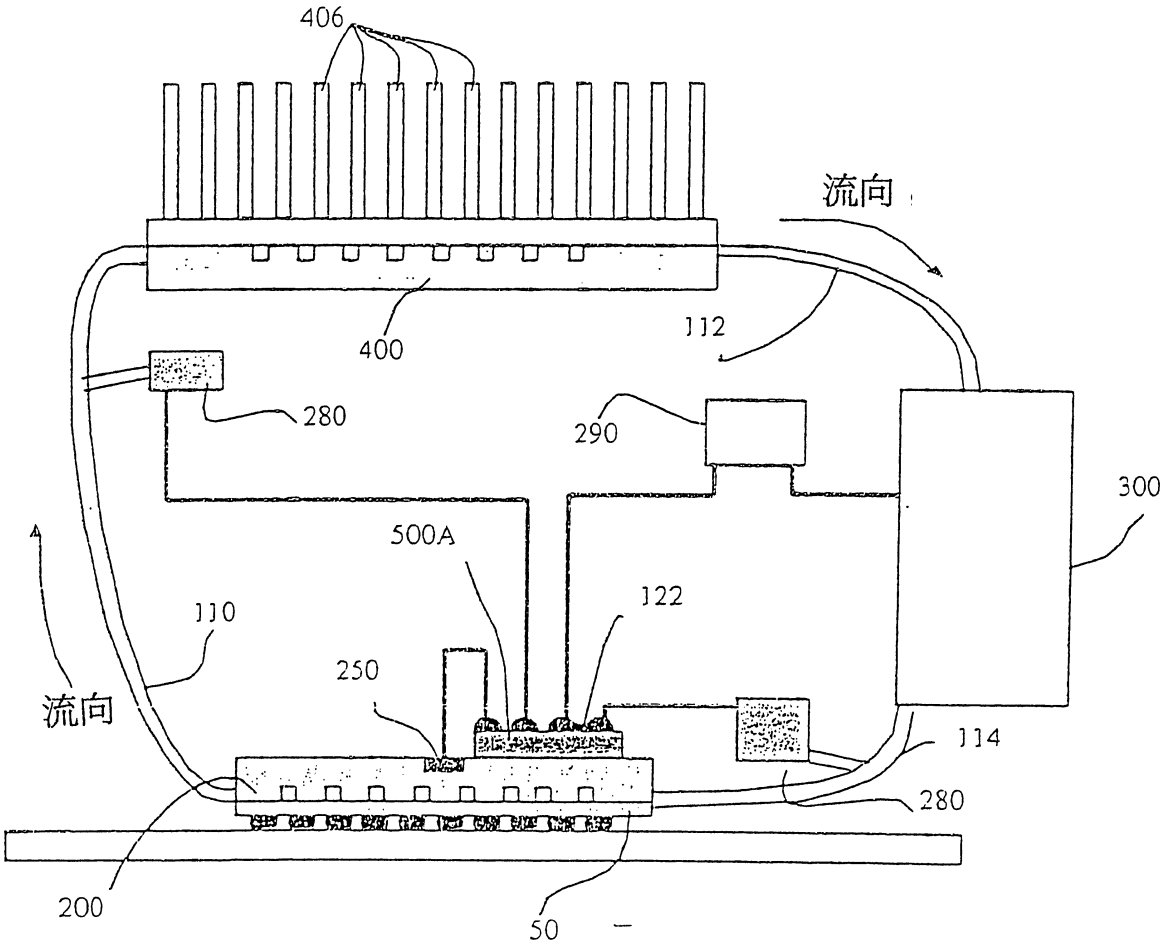
第 38 圖

92 9.10

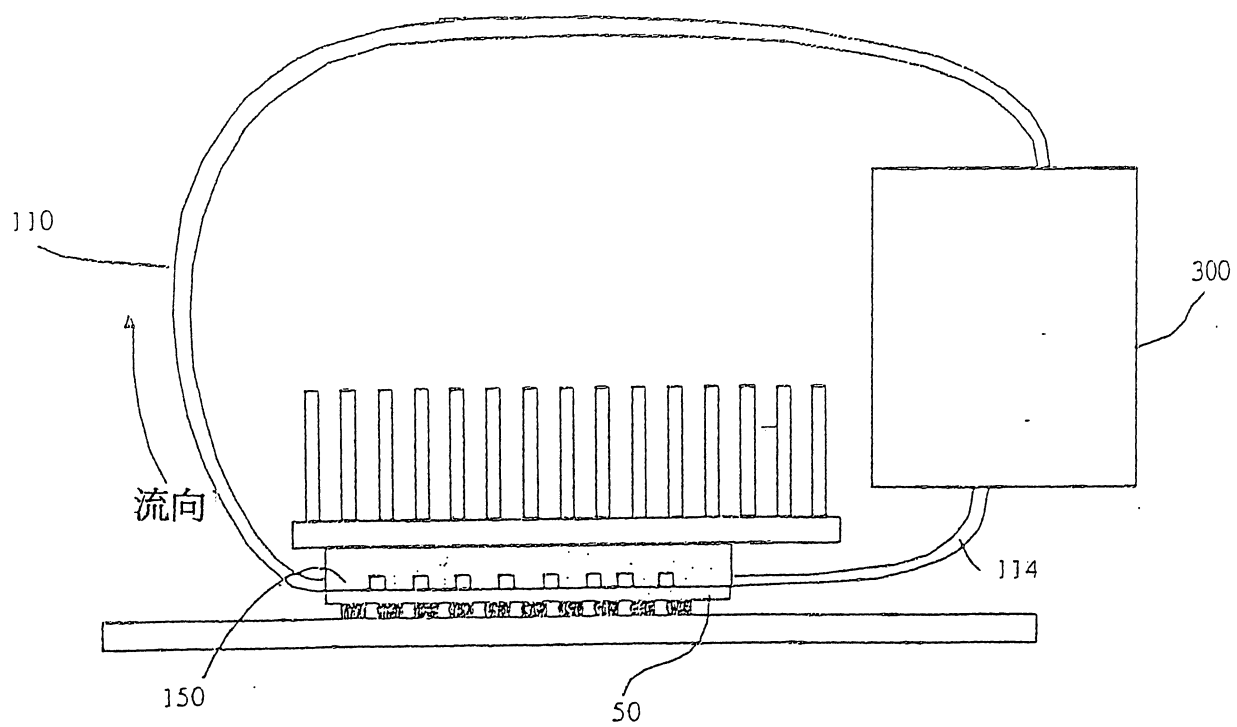




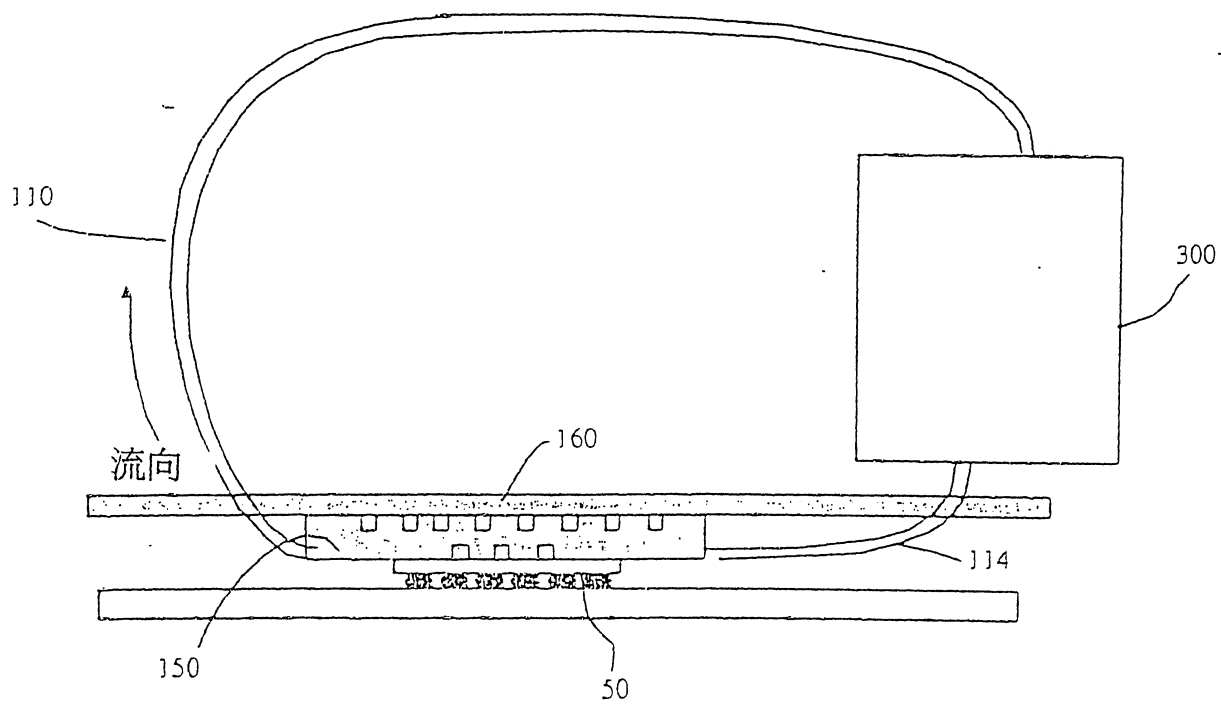
第 40 圖



第 4 圖



第 42 圖



第 43 圖