202546397

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202546397 A

(43)公開日： 中華民國 114 (2025) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：114113549 (22)申請日： 中華民國 112 (2023) 年 04 月 10 日

(51)Int. Cl.： *F28D15/02 (2006.01)* *H01L23/427 (2006.01)*
H01L23/46 (2006.01) *H05K7/20 (2006.01)*

(30)優先權：2022/04/11 美國 63/329,855
2023/04/07 美國 18/297,561

(71)申請人：加拿大商水冷系統公司 (加拿大) COOLIT SYSTEMS, INC. (CA)
加拿大

(72)發明人：納傑力 穆罕默德 雷扎 NAJJARI, MOHAMMAD REZA (CA)；特納 卡梅隆 S TURNER, CAMERON S. (CA)

(74)代理人：陳長文；林嘉興；金若芸

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：1 項 圖式數：13 共 51 頁

(54)名稱

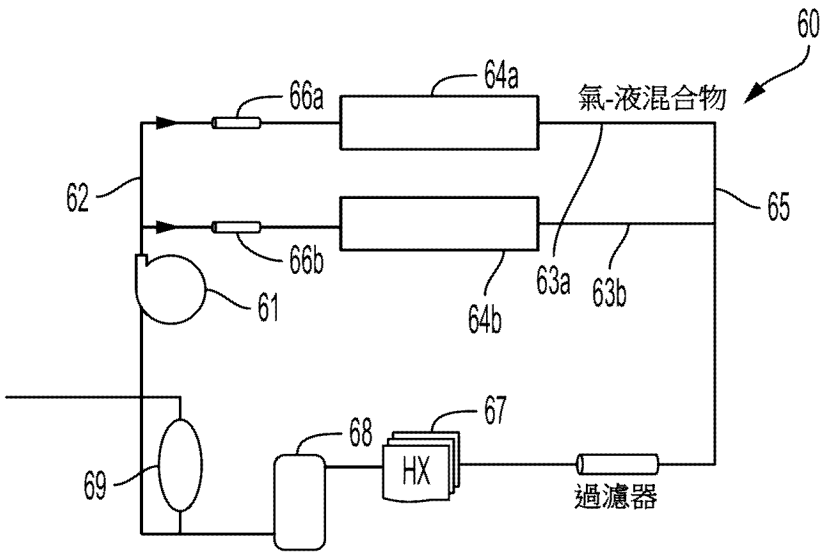
模組式二相冷卻系統

(57)摘要

一種主動二相冷卻系統併入在其吸收由一熱源消散之熱時改變相之一冷卻介質及推進該冷卻介質通過一冷卻環路之一泵或一壓縮機。例如電子器件之一些熱源之操作在維持於一實質上一致操作溫度下之情況下可改良。一冷卻介質可以或接近一飽和狀態進入用於冷卻此一熱源之一節點且可作為一飽和混合物自該節點排放，從而提供跨該節點之一實質上一致溫度同時利用該冷卻介質之相變之相對高潛熱以向該熱源提供一高冷卻速率。雖然違反常理，但一冷卻環路可預熱該冷卻介質之一過冷流以依一飽和狀態將該介質提供至該節點。此預熱可藉由在自該節點排放之後之該冷卻介質之該飽和混合物達成。

Active two-phase cooling systems incorporate a cooling medium that changes phase as it absorbs heat dissipated by a heat source and a pump or a compressor that urges the cooling medium through a cooling loop. Operation of some heat sources, e.g., electronic devices, can improve if maintained at a substantially uniform operating temperature. A cooling medium can enter a node for cooling such a heat source at or near a saturation state and can exhaust from the node as a saturated mixture, providing a substantially uniform temperature across the node while taking advantage of the cooling medium's relatively high latent-heat of phase-change to provide a high rate of cooling to the heat source. Although counterintuitive, a cooling loop can pre-heat a sub-cooled flow of the cooling medium to provide the medium to the node in a saturated state. Such pre-heating can be achieved by the saturated mixture of the cooling medium after exhausting from the node.

指定代表圖：



【圖5】

符號簡單說明：

60:模組式二相冷卻環路

61:泵

62:分佈歧管

63a:冷卻分支

63b:冷卻分支

64a:冷卻節點

64b:冷卻節點

65:收集歧管

66a:流量調節閥

66b:流量調節閥

67:熱交換器/冷凝器

68:緩衝腔室

69:集液器

【發明說明書】

【中文發明名稱】

模組式二相冷卻系統

【英文發明名稱】

MODULAR, TWO-PHASE COOLING SYSTEMS

【技術領域】

【0001】 本文中揭示之本申請案及標的物(統稱為「本發明」)大體上係關於經組態以將熱自一個介質傳遞至另一介質之系統，且更特定言之(但非唯一地)係關於用於自必須處於或低於一臨限溫度操作之一源(例如，電子組件)移除熱之經模組式組態系統。例如，一些所揭示系統併入在其吸收由一電子組件消散之熱時改變相之一冷卻劑。

【先前技術】

【0002】 許多消費者及工業器件需要冷卻以按預期起作用。例如，新一代之電子組件(諸如(例如)記憶體組件、微處理器、圖形處理器及電力電子器件半導體器件)在其等操作期間產生愈來愈多量之熱。若未以一足夠速率移除熱，則組件可過熱，從而降低效能、可靠性或兩者，且在一些情況中，引起組件損害或失效。

【0003】 電子器件(諸如(例如)伺服器、電腦、遊戲機、電力電子器件、通信及其他網路連結器件、電池等)可使用空氣冷卻、液體冷卻(例如，涉及一單相液體冷卻劑)或兩者之一組合以將來自電子組件之熱傳遞且消散至一最終散熱器(例如，大氣)。

【0004】 習知空氣冷卻依賴於自然對流或使用強制對流(例如，安裝於一發熱組件附近之一風扇)以使用組件周圍之較冷環境空氣替換經加熱

空氣。此等空氣冷卻技術可使用一習知「散熱器」補充，該習知「散熱器」通常係放置成與發熱組件熱接觸之一導熱材料(例如，鋁或銅)之一板。散熱器可將來自組件之熱擴散至一更大區域以將熱消散至周圍空氣。一些散熱器包含用於進一步增加可用於熱傳遞之表面積且藉此改良熱至空氣之傳遞之「鰭片」。一些散熱器包含用於在鰭片當中迫使空氣之一風扇且在此項技術中通常被稱為「主動」散熱器。

【0005】 相較於上文描述之空氣冷卻技術，液體冷卻改良冷卻效能，此係因為許多液體(例如，水)具有比空氣顯著更佳之熱傳遞能力。圖1繪示一液體冷卻環路5之各種組件。冷卻環路5通常藉由以下操作：(1)將來自一發熱電子組件(未展示)之熱$\dot{Q}_{in}$傳遞至進行通過放置成與發熱組件熱接觸之一熱交換器1 (在此項技術中有時被稱為一「冷板」或一「散熱器」)之冷卻液體，(2)將由液體吸收之熱傳送至一遠端輻射器2或排熱器(在此項技術中有時被稱為一「熱交換器」，或若熱被排斥至另一液體，則一「液體至液體熱交換器」，或若熱被排斥至空氣，則一「液體至空氣熱交換器」)，(3)將來自遠端輻射器之熱$\dot{Q}_{out}$消散至另一介質(例如，行進通過遠端輻射器之空氣或設施水)，及(4)使經冷卻液體返回至熱交換器(或散熱器)。一泵3推進液體冷卻劑通過冷卻環路5。

【發明內容】

【0006】 在一些態樣中，本文中揭示之概念大體上係關於模組式二相冷卻系統。此等系統可用於將一裝置之一溫度維持為低於一臨限溫度。例如，電子組件、放熱反應腔室及其他熱源通常將一溫度維持為低於一臨限溫度以如預期般起作用。一些經揭示概念與用於提供此多相冷卻(例如，涉及在其吸收或排斥熱時改變相之一冷卻劑)之系統、方法及組件相

關。本文中揭示之原理克服先前技術中之許多問題且解決前述或其他需要之一或多者。

【0007】 揭示用於冷卻一或多個發熱組件之二相冷卻劑環路。根據一第一態樣，一種二相冷卻劑環路包含經組態以推進一冷卻劑以循環通過該冷卻劑環路之一泵，及與該泵流體地耦合以接收來自該泵之該冷卻劑之一分佈歧管。複數個冷卻分支與該歧管流體地耦合以接收來自該分佈歧管之該冷卻劑。各分支具有一流量調節器及經組態以將熱自一熱源傳遞至行進通過該對應冷卻分支之該冷卻劑之一冷卻節點。各流量調節器限制冷卻劑通過該對應分支之一流速，成比例地平衡冷卻劑在該複數個冷卻分支當中之一流速。行進通過該等冷卻節點之至少一者之該冷卻劑沸騰，從而產生氣相及液相冷卻劑之一飽和混合物。一收集歧管與該複數個冷卻分支中之各者流體地耦合以接收來自該等冷卻分支之各者之呈一液相或氣相及液相之一飽和混合物之一經加熱冷卻劑流且將該等經接收流組合成一經加熱冷卻劑流。一冷凝器與該收集歧管流體地耦合以接收該經加熱冷卻劑流。該冷凝器經組態以排斥來自該經加熱冷卻劑之熱且將該經加熱冷卻劑冷凝至一過冷液相。該二相冷卻劑環路亦包含自該冷凝器至該泵，使得該泵經組態以接收冷卻劑之該過冷液相之一流體耦合件。

【0008】 該等發熱組件之至少一者可為一伺服器且該熱源可為該伺服器中之一發熱電子器件。該等冷卻分支之至少一者可延伸入、通過且離開該伺服器。對應於該等冷卻分支之該至少一者之該冷卻節點可為經組態以接收由該發熱電子器件產生之熱之一冷板。

【0009】 在一些實施例中，該發熱電子器件包括一處理單元、一記憶體器件或兩者。

【0010】 該等發熱組件之至少一者可為複數個機架安裝伺服器。該複數個機架安裝伺服器中之各伺服器可具有一或多個發熱電子器件，且該等冷卻分支之至少一者可延伸入、通過且離開該等伺服器之一或多者。對應於該等冷卻分支之該至少一者之該冷卻節點可為經組態以接收由對應於該等伺服器之該一或多者之各者之該一或多個發熱電子器件之至少一者產生之熱之一冷板。在一些實施例中，該等冷卻分支之該至少一者係複數個冷卻分支，且該複數個冷卻分支之各者可延伸入、通過及離開該複數個機架安裝伺服器之一對應者。

【0011】 在一些實施例中，該等發熱組件之該至少一者包含複數個機架安裝伺服器且該熱源可包含一次冷卻環路，該次冷卻環路經組態以藉由使一次冷卻介質循環通過該次冷卻環路而自該複數個機架安裝伺服器移除熱。該二相冷卻環路中之該冷卻劑可為一主冷卻介質且經組態以傳遞來自該熱源之熱之該冷卻節點可為經組態以將來自該次冷卻介質之熱傳遞至該主冷卻介質之一蒸發器。

【0012】 在一些實施例中，該等發熱組件之至少一者包含具有一或多個發熱電子器件之一伺服器，且該熱源包含一次冷卻環路，該次冷卻環路經組態以藉由使一次冷卻介質循環通過該次冷卻環路而自該一或多個發熱電子器件移除熱。該冷卻劑可為一主冷卻介質且經組態以傳遞來自該熱源之熱之該冷卻節點可包含經組態以將來自該次冷卻介質之熱傳遞至該主冷卻介質之一蒸發器。

【0013】 根據一第二態樣，該冷卻劑環路包含經組態以推進一冷卻劑流以循環通過該冷卻劑環路之一壓縮機。該冷卻劑環路亦包含與該壓縮機流體地耦合以接收來自該壓縮機之該冷卻劑流之一冷凝器。該冷凝器經

組態以排斥來自該冷卻劑之熱且將該經加熱冷卻劑冷凝至一過冷液相。該冷卻劑環路亦包含一膨脹閥及自該冷凝器至該膨脹閥，使得該膨脹閥經組態以接收經冷凝冷卻劑之一流體耦合件。該膨脹閥經組態以將該經冷凝冷卻劑之一壓力調整至一飽和壓力。一分佈歧管與該膨脹閥流體地耦合以接收來自該膨脹閥之該飽和冷卻劑。複數個冷卻分支與該歧管流體地耦合以接收來自該分佈歧管之該冷卻劑。各分支具有一流量調節器及經組態以將熱自一熱源傳遞至行進通過該對應冷卻分支之該飽和冷卻劑之一冷卻節點。各流量調節器限制飽和冷卻劑通過該對應分支之一流速，成比例地平衡飽和冷卻劑在該複數個冷卻分支當中之一流速。該冷卻劑作為氣相及液相冷卻劑之一飽和混合物自各冷卻節點排放。一收集歧管與該複數個冷卻分支中之各者流體地耦合以接收來自該等冷卻分支之各者之一經加熱冷卻劑流且將該等經接收流組合成一經加熱冷卻劑流。該冷卻劑環路亦包含自該收集歧管至該壓縮機，使得該壓縮機經組態以接收經加熱冷卻劑流之一流體耦合件。

【0014】 在根據第二態樣之一實施例中，該等發熱組件之至少一者可為一伺服器且該熱源可為該伺服器中之一發熱電子器件。該等冷卻分支之至少一者可延伸入、通過且離開該伺服器，且對應於該等冷卻分支之該至少一者之該冷卻節點可包含經組態以接收由該發熱電子器件產生之熱之一冷板。

【0015】 該發熱電子器件可包含一處理單元、一記憶體器件或兩者。

【0016】 該等發熱組件之至少一者可包含複數個機架安裝伺服器。該複數個機架安裝伺服器之各伺服器可具有一或多個發熱電子器件，且該

等冷卻分支之至少一者延伸入、通過且離開該等伺服器之一或多者。對應於該等冷卻分支之該至少一者之該冷卻節點可包含經組態以接收由對應於該等伺服器之該一或多者之各者之該一或多個發熱電子器件之至少一者產生之熱之一冷板。

【0017】 該等冷卻分支之該至少一者可為複數個冷卻分支，且該複數個冷卻分支之各者可延伸入、通過及離開該複數個機架安裝伺服器之一對應者。

【0018】 該等發熱組件之至少一者可包含複數個機架安裝伺服器且該熱源可為一次冷卻環路，該次冷卻環路經組態以藉由使一次冷卻介質循環通過該次冷卻環路而自該複數個機架安裝伺服器移除熱。該冷卻劑可為一主冷卻介質且經組態以傳遞來自該熱源之熱之該冷卻節點可包含經組態以將來自該次冷卻介質之熱傳遞至該主冷卻介質之一蒸發器。

【0019】 該等發熱組件之至少一者可為具有一或多個發熱電子器件之一伺服器，且該熱源可包含一次冷卻環路，該次冷卻環路經組態以藉由使一次冷卻介質循環通過該次冷卻環路而自該一或多個發熱電子器件移除熱。該冷卻劑可為一主冷卻介質且經組態以傳遞來自該熱源之熱之該冷卻節點可包含經組態以將來自該次冷卻介質之熱傳遞至該主冷卻介質之一蒸發器。

【0020】 根據一第三態樣，一種二相冷卻劑環路具有經組態以推進一冷卻劑以循環通過該冷卻劑環路之一泵。一熱交換器經組態以接收呈一過冷狀態之該冷卻劑且將熱傳遞至該過冷冷卻劑以將該過冷冷卻劑之一溫度增加至一選定溫度。一冷卻分支與該熱交換器流體地耦合以接收來自該熱交換器之在該選定溫度下之該冷卻劑。該冷卻分支具有經組態以將來自

一熱源之熱傳遞至行進通過該對應冷卻分支之該冷卻劑之一冷卻節點。行進通過該等冷卻節點之至少一者之該冷卻劑沸騰，從而產生氣相及液相冷卻劑之一飽和混合物。該冷卻劑環路亦包含自該冷卻節點至該熱交換器之一第一流體耦合件，該第一流體耦合件經組態以將氣相及液相冷卻劑之該飽和混合物之一選定第一部分輸送至該熱交換器以提供傳遞至該過冷冷卻劑之該熱以將該過冷冷卻劑之該溫度增加至該選定溫度。該第一流體耦合件進一步經組態以將氣相及液相冷卻劑之該飽和混合物之一殘餘部分輸送通過該熱交換器且將該熱交換器下游之該冷卻劑之該選定第一部分與該冷卻劑之該殘餘部分重組，從而提供經加熱冷卻劑之一重組流。一冷凝器經組態以接收來自該第一流體耦合件之經加熱冷卻劑之該經重組流且將來自經加熱冷卻劑之該經重組流之熱排斥至另一介質，從而提供冷卻劑之一過冷流。該冷卻劑環路亦包含自該冷凝器至該泵，使得該泵接收冷卻劑之該過冷流之一第二流體耦合件。

【0021】 該等發熱組件之至少一者可包含一伺服器且該熱源可包含該伺服器中之一發熱電子器件。該冷卻分支可延伸入、通過且離開該伺服器。該冷卻節點可包含經組態以接收由該發熱電子器件產生之熱之一冷板。

【0022】 該發熱電子器件可包含一處理單元、一記憶體器件或兩者。

【0023】 該等發熱組件之至少一者可包含複數個機架安裝伺服器，且該複數個機架安裝伺服器之各伺服器可具有一或多個發熱電子器件。該冷卻分支可延伸入、通過且離開該等伺服器之至少一者，且該冷卻節點可包含經組態以接收由對應於該等伺服器之該至少一者之該一或多個發熱電

子器件之至少一者產生之熱之一冷板。

【0024】該冷卻分支可為一第一冷卻分支且該冷卻劑環路可包含一第二冷卻分支。該第一冷卻分支可延伸入、通過且離開該複數個機架安裝伺服器之一對應者且該第二分支可延伸入、通過且離開該複數個機架安裝伺服器之一對應另一者。

【0025】該等發熱組件之至少一者可包含複數個機架安裝伺服器且該熱源可包含一次冷卻環路，該次冷卻環路經組態以藉由使一次冷卻介質循環通過該次冷卻環路而自該複數個機架安裝伺服器移除熱。該冷卻劑可為一主冷卻介質且經組態以傳遞來自該熱源之熱之該冷卻節點可包含經組態以將來自該次冷卻介質之熱傳遞至該主冷卻介質之一蒸發器。

【0026】該等發熱組件之至少一者可包含具有一或多個發熱電子器件之一伺服器，且該熱源可包含該一或多個發熱電子器件之至少一者。該另一介質可為循環通過一主冷卻環路之一主冷卻介質且該冷凝器可經組態以將來自經加熱冷卻劑之該經重組流之熱排斥至該主冷卻介質。

【0027】亦揭示相關聯方法以及包含電腦可執行指令之有形非暫時性電腦可讀媒體，該等電腦可執行指令在經執行時引起一運算環境實施本文中揭示之一或多個方法。亦揭示體現於軟體、韌體或硬體中且適用於實施此等指令之數位信號處理器。

【0028】自參考隨附圖式進行之以下詳細描述，將變得更明白前述及其他特徵及優點。

【圖式簡單說明】

【0029】參考圖式，其中貫穿若干視圖及本說明書，相同數字係指相同部分，當前揭示之原理之態樣係藉由實例且非藉由限制繪示。

【0030】 圖1示意性地繪示一冷卻環路之特徵。

【0031】 圖2繪示藉由一模組式二相冷卻系統冷卻之伺服器之一機架。

【0032】 圖3示意性地繪示藉由一模組式二相冷卻系統冷卻之一伺服器之一實施例。

【0033】 圖4亦繪示藉由一模組式二相冷卻系統冷卻之一伺服器之一實施例。

【0034】 圖5至圖8繪示模組式二相冷卻系統之實施例。

【0035】 圖9至圖12繪示冷卻節點實施例之態樣。

【0036】 圖13展示適用於實施所揭示方法之一運算環境之一方塊圖。

【實施方式】

【0037】 下文描述與模組式二相冷卻系統相關之各種原理。例如，所揭示原理之態樣係關於可以一模組式方式組裝在一起以提供適用於冷卻在消費者及工業應用當中找到之廣泛多種熱源之各種二相冷卻系統。因此，本文中對特定裝置組態及方法動作之組合之描述僅係被選取為便於繪示所揭示原理之經考慮系統之特定實例。一或多個所揭示原理可被併入各種其他系統中以達成各種對應系統特性之任一者。例如，關於冷卻一或多個電子組件之本文中描述之特定實施例可應用至來往於在各種其他應用中或當中發現之其他器件(例如，非電子器件，諸如例如反應器容器、電池、燃料棒等)傳遞熱。

【0038】 因此，具有不同於本文中論述之該等特定實施例之屬性之系統可體現一或多個當前揭示之原理，且可用於本文中未詳細描述之應用

中。因此，此等替代實施例亦落在本發明之範疇內。

I. 概述

【0039】 一模組式二相冷卻系統可使冷卻劑循環遍及一封閉環路，從而沿著環路之一片段吸收熱且在其他處排斥經吸收熱。例如，行進通過一封閉環路之冷卻劑可收集來自一或多個熱源之熱且將熱載送至一適合散熱器，例如，將熱自冷卻劑排斥至一設施液體，至大氣及/或一冷氣房中之空氣之一輻射器。冷卻劑可在其吸收來自各熱源之熱時蒸發(例如，部分或完全蒸發)且可在其在其他處排斥熱時冷凝。

【0040】 針對一給定質量之工作流體，一「二相」熱交換模組通常可針對工作流體之溫度之一給定改變吸收或排斥更多熱，且在一些例項中，比一「單相」熱交換模組提供相對於一給定溫度臨限值之更適合冷卻或加熱，此係因為大多數工作流體之蒸發(或冷凝)之潛熱實質上大於流體之比熱。例如，一單相流體可與經吸收或經排斥熱之量成比例地改變溫度，而經歷相變之一流體當在其吸收或排斥熱時改變相時通常保持在溫度之一相對較窄範圍內。因此，本文中揭示之模組式二相冷卻系統能夠吸收在比依賴於冷卻劑之一相同流速之使用一單相冷卻劑之冷卻系統相對更窄之一溫度範圍內由電子組件產生之一給定速率之熱。類似地，與使用一單相冷卻劑之一冷卻系統相比，本文中揭示之模組式二相冷卻系統能夠針對一給定溫度範圍及一給定冷卻劑流速以一相對更高速率吸收熱。

【0041】 描述模組式二相冷卻系統之各項實施例。在一第一框架下，所揭示實施例使冷卻劑循環通過延伸入、通過及離開各伺服器(或其他發熱系統)之一環路。在此等實施例中，進入一給定伺服器之冷卻劑之一整體或部分分率可在其吸收行進通過伺服器之熱時蒸發。冷卻劑接著以

一超熱氣相、一飽和氣相或作為氣相及液相之一飽和混合物離開伺服器且返回至其中自冷卻劑排斥經吸收熱之一冷凝器，從而將冷卻劑之氣相冷凝至液相且可能將液體冷卻劑過冷至低於其飽和溫度。

【0042】 在一第二框架下，所揭示實施例提供延伸至各伺服器(或其他發熱系統)之一主冷卻環路及對應於各伺服器之一次冷卻環路。在各伺服器內，各自次冷卻環路使一次冷卻劑循環，該次冷卻劑在其吸收來自伺服器中之各發熱組件(例如，處理器、GPU、記憶體、電力遞送組件等)之熱時蒸發(完全或部分)。次冷卻劑接著行進通過一熱交換器(當一冷凍劑冷凝時，在此項技術中有時被稱為一「冷凝器」或一「輻射器」)，有時對應於各自伺服器且其他時間對應於機架安裝伺服器之多於一者，從而將經吸收熱排斥至主冷卻劑(而不與主冷卻劑混合)。在次冷卻劑將熱排斥至行進通過熱交換器之主冷卻劑時，次冷卻劑冷凝至其液相且可能過冷至低於其飽和溫度。如提及，一冷凝器可與一機架中之一或多個伺服器相關聯。例如，一冷凝器可排斥來自與多於一個伺服器(例如，其等之全部在一機架內)相關聯之工作流體之熱。在一些實施例中，冷凝器可以覆蓋一機架之面(例如，一正面或一背面)之一部分(例如，一次要部分或一主要部分)之方式安裝於一機架上。替代地，在一些實施例中，一冷凝器可定位於各各自伺服器內或接近各各自伺服器定位。

【0043】 亦描述可在上文描述之兩個框架下使用(且作為第二框架中之主冷卻劑環路或次冷卻劑環路)之冷卻劑環路之若干替代實施例。此外，亦描述適用於記憶體之二相冷卻之冷板之實施例。

【0044】 亦揭示其他相關原理。例如，下文描述含有在被執行時引起例如一運算環境之一處理器執行一或多個所揭示方法之指令之機器可讀

媒體。此等指令可體現於軟體、韌體或硬體中。另外，所揭示方法及技術可在各種形式之處理器或控制器中實行，如在軟體、韌體或硬體中。

II. 框架1：中央二相冷卻劑環路

【0045】在冷卻複數個熱源之背景內容中，二相冷卻系統可將冷卻劑分佈至一或多個冷卻節點。各冷卻節點繼而可在冷卻劑行進通過各自冷卻節點時促進熱至冷卻劑之一傳遞，從而引起冷卻劑之一部分在其吸收熱時蒸發。在沿著封閉環路之其他處，經加熱冷卻劑(呈一氣相或液及氣相之一飽和混合物)可排斥經吸收熱，從而在其排斥熱時自蒸氣冷凝成液體。另外，模組式二相冷卻系統可包含組合地對系統提供效能之一所要量度 (例如，熱傳遞能力、用以操作之能量消耗等)之其他組件，例如，泵或壓縮機、過濾器、閥、集液器、流體耦合器等。

【0046】在一些實施例中，一封閉環路包含一分佈歧管、一收集歧管及一或多個冷卻節點。一選定冷卻節點可具有一入口、一出口及介於入口與出口之間之一熱傳遞片段。一通道可自入口延伸通過選定冷卻節點至出口，從而行進通過熱傳遞片段。冷卻節點可自分佈歧管橫跨至收集歧管。例如，至冷卻節點之一入口可與分佈歧管耦合且自冷凝卻節點之一出口可與收集歧管耦合。在此一實施例中，冷卻劑可透過入口流動至各各自冷卻節點中，吸收來自沿著各自冷卻節點定位之一或多個熱源之熱，且透過出口自各自冷卻節點排放。例如，一冷卻節點可包含與一伺服器內之一熱源熱耦合之一冷板且冷卻節點可將冷卻劑輸送至伺服器之範圍中且通過該範圍。在冷卻劑行進通過冷卻節點時，冷卻劑亦可行進通過冷板且藉由冷板及熱源界面促進吸收來自熱源之熱。收集歧管繼而可接收來自冷卻節點之經加熱冷卻劑且將經加熱冷卻劑輸送至促進自經加熱冷卻劑至另一介

質之熱傳遞之一熱交換器。

【0047】 藉由實例，圖2展示與適用於冷卻伺服器之一模組式二相冷卻系統一起安裝於一機架或機殼中之可獨立操作伺服器12a、12b、...、12n之一陣列50。在圖2中，各伺服器12a至n含有在操作時產生熱之一或多個對應電子組件。為了促進冷卻各伺服器中之電子組件，經繪示冷卻系統50使一冷卻劑以循環通過各伺服器12a至n以吸收由電子組件產生之熱。隨著冷卻劑吸收來自各組件之熱，冷卻劑將相自一液相改變為一氣相(或改變為液相及氣相之一飽和混合物)。

【0048】 冷卻系統50可具有用於各伺服器之一冷卻節點11 (圖3)。因此，針對具有42個伺服器之一安裝，冷卻系統可具有42個伺服器冷卻節點(圖3)，其中各伺服器冷卻節點對應於機架中之42個伺服器12a至n之一者。例如，圖2中展示之模組式冷卻系統之部分為各伺服器12a至n提供一伺服器冷卻節點11。當然，42個伺服器及42個對應冷卻節點僅表示許多可能實施例之一者。在其他實施例中，提供多於或少於伺服器之冷卻節點，且可應用本文中揭示之原理以冷卻任何數目個伺服器或其他發熱系統。

【0049】 圖3展示一伺服器冷卻節點11之一實施例。圖3亦描繪來往於伺服器冷卻節點11以及來往於各組件冷卻節點20a、20b輸送冷卻劑之一冷卻環路或冷卻迴路之一部分(或分支)。例如，一導管接收來自一分佈歧管之冷的冷卻劑且將冷的冷卻劑輸送至其中冷卻劑吸收熱之伺服器冷卻節點11。一第二導管將自伺服器冷卻節點11離開之熱的冷卻劑輸送至一收集歧管，該收集歧管使經加熱冷卻劑返回至一冷卻劑分佈單元10 (圖2)。在圖2及圖3中展示之系統中，用於各伺服器冷卻節點之流體迴路分支

與用於其他伺服器冷卻節點之各者之流體迴路分支並聯地流體耦合。

【0050】 但，在圖3中展示之流體迴路分支內，組件冷卻節點20a、20b彼此串聯地流體耦合。例如，在圖3中，組件冷卻節點20a接收自冷卻劑分佈歧管到達之冷的冷卻劑且使用由一第一處理器消散之熱加熱冷卻劑。在離開第一組件冷卻節點20a之後，由第一處理器加熱之冷卻劑進入第二組件冷卻節點20b，其中冷卻劑在經由收集歧管返回至冷卻劑分佈單元10之前由一第二處理器進一步加熱。雖然在圖3中未展示，但組件冷卻節點20a、20b可彼此並聯地流體耦合，該各組件冷卻節點接收來自冷卻劑迴路之一對應進一步分支之冷卻劑。

【0051】 一給定伺服器冷卻節點11 (或其等之多於一者或其等之全部)可併入一或多個組件冷卻節點。例如，若一給定伺服器具有待藉由該伺服器之伺服器冷卻節點冷卻之兩個電子組件(例如，兩個處理器)，則該伺服器之伺服器冷卻節點可為待冷卻之各電子組件提供一個組件冷卻節點。如圖3展示，伺服器冷卻節點11提供一第一組件冷卻節點20a及一第二組件冷卻節點20b。第一組件冷卻節點20a與一第一處理器熱耦合以將來自第一處理器之熱傳遞至行進通過第一組件冷卻節點20a之一冷卻劑。類似地，第二組件冷卻節點20b與一第二處理器熱耦合以將來自第二處理器之熱傳遞至行進通過第二組件冷卻節點20b之一冷卻劑。

【0052】 在美國專利第8,746,330號及第9,453,691號中進一步詳細描述代表性組件冷卻節點。在緊接在前之美國專利之各者中之揭示內容之完整內容為了全部目的宛如在本文中完整闡述般併入本文中。如在’330專利中，組件冷卻節點20a、20b可為被動的，或如在’691專利中，其等可為主動的，例如，包含一泵。

【0053】 在一些實施例中，一液相冷卻劑(例如，一過冷液相或一飽和液相)進入第一組件冷卻節點20a且冷卻劑之一部分在其吸收熱時蒸發。因此，液相及氣相冷卻劑之一飽和混合物自第一組件冷卻節點20a排放且進入第二組件冷卻節點20b。在飽和混合物行進通過第二組件冷卻節點20b時，液體冷卻劑之一進一步部分可蒸發。因此，相較於進入第二組件冷卻節點20b之液相及氣相之相對分率，具有液相之一更小分率及氣相之一對應更高分率之冷卻劑之一飽和混合物可自第二組件冷卻節點20b排放。

【0054】 一給定冷卻節點之冷卻能力取決於許多參數。但在一般意義上，可用冷卻能力對應於進入冷卻節點之冷卻劑之熱力學狀態，在其進行通過冷卻節點時冷卻劑溫度之一可允許增加，及行進通過冷卻節點之冷卻劑之一流速。在全部其他參數相等之情況下，具有冷卻劑行進通過之一更高質量流速之一冷卻節點具有高於在其在具有冷卻劑行進通過之一更低質量流速之情況下所具有之一冷卻能力。因此，若一熱源(例如，一電子組件、一伺服器或伺服器之一機架)之熱消散率下降且通過冷卻節點之冷卻劑之質量流速保持不變，則充分冷卻消散熱之一上臨限速率之該源之一冷卻節點將對該熱源提供過渡冷卻。

【0055】 換言之，隨著藉由一熱源消散熱之速率下降，通過對應冷卻節點之冷卻劑之一質量流速可降低。作為降低通過冷卻節點之流速之一結果，歸因於通過對應於冷卻節點之冷卻劑環路之部分之摩擦之壓力(或壓頭)損失亦減小。在壓頭損耗之此一降低之情況下，驅動冷卻劑通過該冷卻節點之壓頭之源(例如，泵)可減小其對冷卻劑之功且因此可以一降低的功率操作。例如，若可減小冷卻劑通過一冷卻劑迴路之一部分之一質量

流速，則可需要更少壓頭以推進冷卻劑遍及冷卻劑環路且因此可能降低一泵速度，繼而減少由冷卻系統消耗之能量之量。針對藉由一熱源消散之熱之一給定速率，通過冷卻節點之冷卻劑之質量流速之一降低將導致一相應更高冷卻劑返回溫度。

【0056】 由於一給定質量之工作流體之一溫度及/或一相可在其行進通過一第一熱交換模組時改變，故相較於其中一相當質量之工作流體進入第二熱交換模組而未由第一熱交換模組加熱(例如，假定流體及/或下游熱交換器之一溫度受一固定上臨限溫度限制)之情況，給定質量之工作流體在其行進通過串聯地流體耦合至第一熱交換器之一第二熱交換模組時交換熱之能力可稍微減弱。然而，在包含許多設備冷卻實施例之許多例項中，相對於下游熱源之冷卻要求，此一溫度改變未顯著減弱一下游熱交換器之冷卻能力。例如，在許多例項中，可增加冷卻劑之一流速以補償藉由一可操作元件之熱消散之相對較高速率，從而確保各自冷卻節點11內之一工作流體之一狀態在進入一下游熱交換器之前維持液相之一適合分率，在液相蒸發時，下游電子組件可充分冷卻。類似地，針對熱消散之相對較低速率，工作流體之一流速可減小至維持液相之一適合分率之一適合位準，而同時減少經消耗以泵送流體通過冷卻節點之功率之量。

【0057】 例如，在以下案中描述熱交換模組之若干實例：2007年8月9日申請之美國專利申請案第60/954,987號；2008年8月11日申請之美國專利申請案第12/189,476號；2011年7月27日申請之美國專利申請案第61/512,379號；2012年2月21日申請之美國專利申請案第13/401,618號；及2012年4月11日申請之美國專利申請案第61/622,982號。以及，在2016年11月15日發佈之美國專利第9,496,200號中揭示相關概念。各前述專利

及專利申請案之完整內容藉此為了全部目的宛如在本文中完整闡述般以引用的方式併入。

【0058】 圖2亦展示一機架級冷卻劑分佈單元10。一冷卻劑分佈單元在其併入一熱交換器(例如，一冷凝器)以排斥來自行進通過冷卻劑分佈單元之冷卻劑之熱時有時被稱為一「冷卻劑熱交換單元」。在圖2中描繪之實施例中，冷卻劑分佈單元10可包含至少一個泵且亦可併入一貯集器及下文更完整描述之其他組件，而無關於冷卻劑分佈單元是否併入一熱交換器(例如，一冷凝器)。

【0059】 在圖2中展示之實施例中，冷卻劑分佈單元10併入一熱交換器。當一熱交換器被包含於冷卻劑分佈單元10之範圍內時，如在圖2中，冷卻劑分佈單元10可自收集歧管接收攜載自伺服器12a至n吸收之熱之一氣相(或液及氣相之一飽和混合物)冷卻劑且促進該熱至另一介質之傳遞。在冷卻劑將熱排斥至另一介質時，氣相冷卻劑(或飽和混合物之蒸氣部分)可冷凝成一液相。此外，液相冷卻劑可排斥進一步熱，從而使冷卻劑成為一過冷液體。冷卻劑分佈單元10可經由一分佈歧管將經冷卻之冷卻劑(過冷或飽和液相)返回至伺服器，從而容許冷卻劑吸收來自伺服器之進一步熱。

【0060】 在其他實施例中，一冷卻劑分佈單元接收來自定位於冷卻劑分佈單元之範圍外部之一熱交換器之液體冷卻劑(例如，過冷液體冷卻劑或飽和液體冷卻劑)或將經加熱氣相(或氣及液相之飽和混合物)冷卻劑遞送至此一外部(例如，在冷卻劑分佈單元之範圍外部)熱交換器(未展示)。在冷卻劑再次分佈於伺服器12a至n當中且通過伺服器12a至n之前，外部熱交換器冷卻冷卻劑(例如，以使其過冷或使其冷凝或兩者)。

III. 框架2：藉由一主冷卻劑環路冷卻之一次二相冷卻劑環路

【0061】 類似地，在用於冷卻伺服器之複數個機架之一系統之背景內容中，一模組式冷卻系統可為伺服器之各機架提供一機架冷卻節點。在圖2中，例如，一機架冷卻節點可涵蓋全部42個伺服器冷卻節點11，且相對於一「機架冷卻節點」之次冷卻環路可進行進入、通過及離開各伺服器冷卻節點，如上文關於一「主冷卻環路」描述。在此背景內容中，一設施級冷卻環路(有時亦被稱為一「主冷卻環路」)可自冷卻機架冷卻節點之次冷卻環路吸收熱。

【0062】 如上文描述，如圖2及圖3中展示之模組式冷卻系統可為一機架中之各伺服器提供至少一個冷卻節點，或伺服器之機架可被分組在一起以界定一機架級冷卻節點。在任一實施例中，一封閉環路迴路之一分支可使冷卻劑自其範圍外部循環通過一伺服器(例如，在若干伺服器當中)以直接冷卻伺服器內之一發熱組件。圖2及圖3展示藉由一封閉環路迴路之此一分支冷卻之伺服器之實施例。

【0063】 替代地，如圖4中展示，如同上文簡要描述且現在進一步詳細描述之一第二框架，一冷卻節點可包含促進熱自主要定位於一給定發熱節點56 (例如，一伺服器節點或一機架節點)內之一次冷卻劑環路54至主要定位於發熱節點外部之一主冷卻劑環路(未繪示)之一傳遞之一熱交換器52。

【0064】 使用基於第二框架之實施例，一伺服器(或其他發熱節點)可併入主要含於伺服器56內之一封閉環路冷卻迴路54，如圖4示意性地展示。伺服器內之封閉環路冷卻迴路54 (一「次冷卻劑環路」)可例如經由一熱交換器52與一主冷卻環路熱耦合，該熱交換器52容許熱自一個冷卻環

路傳遞至另一冷卻環路，而不容許任一環路中之冷卻劑與另一環路中之冷卻劑混合。在此框架中，主冷卻劑環路之各冷卻節點53可與對應於一給定發熱節點(例如，伺服器或機架)之次冷卻劑環路54熱耦合，而非如在圖2及圖3中般提供行進至各伺服器(或其他節點)中之一主冷卻環路之一分支。例如，一熱交換器52可將行進通過主冷卻劑環路之主冷卻劑與行進通過次冷卻劑環路54之次冷卻劑熱耦合，同時防止主冷卻劑與次冷卻劑混合。

【0065】 在此等實施例中，行進通過冷卻節點53之主冷卻劑及/或藉由冷卻節點53冷卻之次冷卻劑在熱傳遞程序期間改變相。例如，主冷卻劑可在其吸收來自次冷卻劑之熱(該次冷卻劑自一或多個發熱組件吸收該熱)時蒸發。替代地，主冷卻劑可在其吸收來自次冷卻劑之熱時保持在一液相中。相較於其中主冷卻劑改變相之實施例，將主冷卻劑維持於一液相中之一些實施例可具有更低複雜度。例如，相較於例如在各伺服器內併入一次冷卻環路之系統，用於輸送主冷卻劑之一氣相通過一收集歧管且最終一冷凝器之管道特徵可(但不一定)引入新增成本或複雜度。

【0066】 次冷卻劑可在其循環通過次冷卻劑環路54時改變相，而無關於主冷卻劑是否保持在一單一相中。例如，如同上文結合圖2及圖3描述之實施例，次冷卻劑之一部分可在其吸收行進通過一組件冷卻節點55 (例如，類似於組件冷卻節點20a、20b)之熱時蒸發。次冷卻環路中之氣相冷卻劑(或氣相及液相冷卻劑之一飽和混合物)可隨後行進通過一熱交換器52以在其行進通過熱交換器時將熱排斥至主冷卻環路之主冷卻劑，從而在次冷卻劑之氣相行進通過熱交換器時使其冷凝。在仍其他實施例中，次冷卻劑在其吸收行進通過組件冷卻節點之熱且排斥進行通過熱交換器之熱時保

持在一過冷或飽和液相中。在此等實施例中，主冷卻劑可在其吸收自次冷卻劑排斥之熱時改變相(例如，蒸發)。

【0067】 如同第一框架，第二框架下之次冷卻環路亦可包含用於將冷的冷卻劑分佈至一或多個冷板或其他熱交換模組55或在一或多個冷板或其他熱交換模組55當中分佈冷的冷卻劑之一分佈歧管51，以及用於收集來自一或多個冷板或其他熱交換模組55之經加熱冷卻劑(其呈一過冷液相、一飽和液相、液相及氣相之一飽和混合物、一飽和氣相或一超熱氣相)之一收集歧管56。

IV. 二相冷卻劑環路實施例

【0068】 現參考圖5、圖6、圖7及圖8描述適用於第一框架及第二框架之任一者或兩者下之二相冷卻劑環路之特徵。

【0069】 圖5示意性地繪示適用於上文描述之第一框架及第二框架之一模組式二相冷卻環路60。在圖5中，一泵61將過冷液體冷卻劑輸送至一分佈歧管62，在此實施例中，該分佈歧管62在兩個平行冷卻分支63a、63b之間劃分冷卻劑流。在各冷卻分支63a、63b中，冷卻劑在進入一各自冷卻節點(例如，一冷板或其他熱交換器) 64a、64b之前分別行進通過一流量調節閥(亦可稱為流量控制閥)66a、66b (例如，一自動流量限制閥)。在冷卻劑行進通過各冷卻節點64a、64b時，其吸收熱且冷卻劑之一部分蒸發，因此冷卻劑作為液相及氣相之一飽和混合物自各自冷卻節點排放。一收集歧管65收集來自各冷卻分支63a、63b之冷卻劑流，從而將流混合在一起。冷卻劑之組合流可在行進通過一熱交換器/冷凝器之前行進通過一選用過濾器，其中在冷卻劑將熱排斥至另一介質(圖6中未展示)時，氣相冷凝至液相。液相冷卻劑離開熱交換器/冷凝器且進入一貯集器或其他緩衝腔室68。

【0070】 定位於貯集器與泵之間之一集液器69可在冷卻劑自貯集器行進至泵時控制冷卻劑之壓力，從而確保冷卻劑在一適合熱力學狀態下進入泵61 (且隨後進入各冷卻節點64a、64b)。例如，一介質之給定熱力學狀態通常由介質之溫度及壓力定義。因此，針對在一給定溫度下之一介質，其狀態可藉由調整其壓力而調整。集液器可例如藉由使用一可撓性、柔性氣囊或其他薄膜(未展示)將一定體積之冷卻劑與填充有一可壓縮流體(例如，氮(N_2))之一腔室分離而調整冷卻劑之壓力。例如，可分別藉由將額外可壓縮流體注入腔室中或藉由自腔室排出可壓縮流體之一部分而調整(例如，增加或降低)可壓縮流體之一壓力。在集液器中之可壓縮流體之壓力調整時，跨氣囊或其他薄膜之壓力調整達一對應量，從而調整貯集器與泵61之間之導管內之冷卻劑之熱力學狀態。可與由泵賦予之壓頭，以及與透過導管之各片段、流量轉變及流量調節閥之壓頭損失對應地選擇壓力，以確保進入各冷卻節點64a、64b之冷卻劑處於或在其飽和壓力及溫度之一選定臨限範圍內。例如，憑藉其可彈性變形氣囊或其他薄膜，集液器亦可減弱可在模組式二相冷卻環路60內產生之壓力波動。

【0071】 在一些實施例中，流量調節閥66a、66b可經組態以平衡冷卻劑通過模組式二相冷卻環路60之各冷卻分支63a、63b之一流速。例如，此等閥可在一選定壓力範圍內自動限流。此等閥之實施例商業上可購自各種來源，包含例如加利福尼亞州Irvine之Griswold Controls®及威斯康辛州Milwaukee之Caleffi Hydronic Solutions。

【0072】 根據上文描述之第一框架，圖6中展示之模組式二相冷卻環路60可對應於圖2中展示之機架安裝冷卻劑環路。在此框架中，熱交換器/冷凝器可被併入冷卻劑分佈單元10中且冷卻劑環路之各冷卻分支63a、

63b可對應於一給定伺服器節點12a至n，且各冷卻節點64a、64b可對應於對應伺服器節點12a至n內之一或多個熱源。替代地，根據第二框架，圖5中展示之模組式二相冷卻環路60可對應於主要安置於各伺服器內之一主冷卻環路或一次冷卻環路或兩者。例如，當圖6中展示之模組式二相冷卻環路60係一主冷卻環路時，圖5中展示之各冷卻節點64a、64b可為經組態以促進自行進通過一次冷卻劑環路之一冷卻劑至循環通過圖5中展示之模組式二相冷卻環路60之一冷卻劑之熱傳遞之一熱交換器之一側53 (例如，圖4中之熱交換器52，或安置於圖2中之一冷卻劑分佈單元10中之一熱交換器之一主側)。

【0073】 雖然冷卻節點64a、64b關於本文中之一些實施例分別被描述為「冷板1」及「冷板2」，但冷卻節點64a、64b未必限於冷板。實情係，取決於框架，冷卻節點64a、64b之一或多者(在一些實施例中，可存在多於兩者)可為經組態以促進自一個流體至另一流體之熱傳遞之一熱交換器，例如，一個或兩個經繪示冷卻節點64a、64b可表示與第一框架或第二框架下之另一冷卻環路之一熱傳遞界面。類似地，圖6至圖8中展示之冷卻節點74a、74b及84a、84b亦可為經組態以促進自一個流體至另一流體之熱傳遞之一熱交換器，且未必僅限於將熱自一發熱組件傳遞至一冷卻劑之冷板。

【0074】 替代地或另外，如同圖4中展示之冷卻環路，圖5中展示之模組式二相冷卻環路60可主要安置於一給定伺服器內，且圖5中之各冷卻節點64a、64b可對應於伺服器內之一給定熱源(例如，可類似於圖5中展示之冷卻節點55)。圖5中之熱交換器/冷凝器67可類似於圖4中之熱交換器52，從而促進自行進通過圖4中之次環路56之冷卻劑至行進通過主環路53之一冷卻劑之熱傳遞。

【0075】 圖6展示類似於圖5中展示之冷卻環路之一模組式二相冷卻環路之另一實施例。然而，不同於圖5中之冷卻環路，圖6中之環路併入用於控制進入各冷卻節點(或冷板) 74a、74b之冷卻劑之一相之一壓縮機71a及一膨脹閥71b。在圖6中展示之實施例中，壓縮機71a對冷卻劑之一氣相執行熱力學功，且藉由在冷卻劑行進通過熱交換器77時排斥熱而降低經壓縮冷卻劑之溫度，從而使冷卻劑冷凝。在冷卻劑隨後行進通過膨脹閥71b時，其溫度透過焦耳-湯姆遜(Joule-Thomson)冷卻下降且冷卻劑之一飽和混合物自歧管72進入各冷卻分支73a、73b。冷卻劑隨後在其在各冷卻節點74a、74b處吸收來自各熱源之熱時蒸發。如同圖5中展示之冷卻環路，圖6中展示之冷卻環路可用作上文描述之第一框架下之冷卻環路。同樣，如同圖5中展示之環路，圖6中展示之冷卻環路可用作在第二框架下描述之主冷卻環路及次冷卻環路之任一者或兩者。如同模組式二相冷卻環路60，模組式二相冷卻環路70可包含一貯集器或其他緩衝腔室78、一集液器79及一選用過濾器。亦類似於模組式二相冷卻環路60，模組式二相冷卻環路70中之各冷卻分支73a、73b可具有一流量調節閥76a、76b以達成流速在接收來自歧管72之冷卻劑之兩個或更多個分支當中之一所要比例。一歧管75可收集來自各冷卻分支73a、73b之氣-液混合物。

【0076】 圖7及圖8展示在冷卻劑進入一冷卻節點84a (或一或多個冷卻節點84a、84b)時藉由調整冷卻劑之溫度(及/或壓力)而控制冷卻劑之熱力學狀態之二相冷卻環路80之又一實施例。圖8展示與圖7中展示之冷卻環路相同之二相冷卻環路80，其中註解反映針對一組特定操作條件在若干位置處之一冷卻劑之熱力學狀態。一般技術者應理解且瞭解，圖8中指示之條件絕不限制本文中描述之原理之範疇。此外，一般技術者應理解，在圖8中，為了圖解的清楚起見，省略圖7中展示之一些特徵。

【0077】 除排斥來自行進通過二相冷卻環路80之冷卻劑之熱之熱交換器/冷凝器86之外，二相冷卻環路80亦併入一第二的，預熱熱交換器81以及相關聯導管及(若干)控制閥82。如上文描述，圖7中之冷卻劑之一熱力學狀態可藉由使用集液器89調整冷卻劑之一壓力而調整。如圖7中展示之一實施例80提供用於例如藉由提供用於控制進入冷卻節點之冷卻劑之溫度之一手段而調整進入一冷卻節點84a、84b之冷卻劑之熱力學狀態之另一自由度。例如，冷卻劑82a可在離開泵83之後且在進入一冷卻節點(或二相冷卻環路80之一分支)之前行進通過一預熱熱交換器81之一側。已吸收冷卻節點84a中之熱之冷卻劑82b之一部分88a可經引導至預熱熱交換器81之一第二側。冷卻劑之一殘餘部分85可旁通預熱熱交換器81。行進通過預熱熱交換器81之第一側之冷卻劑可吸收來自行進通過預熱熱交換器81之第二側之經加熱冷卻劑88a之熱，從而在冷卻劑82a進入冷卻節點之前增加冷卻劑82a之上游流中之潛能。在進行通過預熱熱交換器81之後，冷卻劑之殘餘部分85可與經引導至熱交換器之冷卻劑之部分88b重組且流動至冷凝器86。

【0078】 雖然旨在冷卻一熱源之預熱冷卻劑可能違反常理，但進入冷卻節點之此經預熱冷卻劑可接近(或處於)一飽和狀態，從而容許其在其吸收冷卻節點84a、84b中之額外熱時更容易經歷相變。因此，藉由預熱冷卻劑82a，行進通過冷卻節點84a、84b之冷卻劑之一溫度跨冷卻節點自其入口至其出口可近似一致。在無此預熱之情況下，進入冷卻節點之冷卻劑可更可能處於一過冷液態中，此將跨冷卻節點自其入口至其出口賦予冷卻劑內之一相對更大溫度梯度。在一些應用中，尤其可期望跨冷卻節點84a、84b自其入口至其出口提供冷卻劑內之一小或最小溫度梯度。在一些實施例中，提供進入冷卻節點之液體冷卻劑之較少或無過冷提供系統效

能之一高臨限位準。

【0079】 圖8中之閥82可與冷卻劑之溫度、離開泵83之壓力及流速、進入冷卻節點84a、84b之冷卻劑之所要熱力學狀態及流速及離開冷卻節點之冷卻劑之熱力學狀態(或類似地，進入預熱熱交換器之第二側之冷卻劑之熱力學狀態)對應地選擇性地調整圖8中之閥82。例如，控制邏輯可接收來自二相冷卻環路80 (例如，如在圖8中)之先前指示位置之一或多者之感測器資料且可判定離開冷卻節點之應經引導通過預熱熱交換器81之第二側之經加熱冷卻劑82b之一適合流速以確保進入冷卻節點之冷卻劑82a處於一所要熱力學狀態。應經引導通過預熱熱交換器81之經判定流速可為對應於進入預熱熱交換器81之冷卻劑之過冷之一程度之離開冷卻節點84a、84b之流速之一分率部分或一整個部分。控制邏輯可經由與可控制閥82之一通信連接傳輸一控制信號以調整經引導通過預熱熱交換器81之第二側之經加熱冷卻劑之流速。在其期間冷卻環路之溫度可回應於閥82之調整而穩定之一適合時間框(例如，若干熱時間常數)之後，控制邏輯可重複接收感測器資料之程序，且可適當地調整一閥位置。在一些操作條件下，複數個此等反覆可為適當或需要的以確保進入冷卻節點之冷卻劑處於一飽和狀態。此控制邏輯可經實施於一通用運算環境中，如本文中描述。如同模組式二相冷卻環路60、70，二相冷卻環路80可包含一貯集器或其他緩衝腔室87、一集液器89及一選用過濾器。二相冷卻環路80中之各分支可視需要(但未必)具有一流量調節閥以達成流速在接收來自歧管72之冷卻劑之兩個或更多個冷卻節點84a、84b當中之一所要比例。一歧管可收集來自含有一冷卻節點84a、84b之各分支之氣-液混合物。

【0080】 根據一所揭示態樣，如所述之一控制系統可接收與由一熱

源消散熱之速率相關之即時資訊，以及與由對應於熱源之冷卻節點提供之冷卻能力相關之即時資訊。回應於經接收即時資訊，控制邏輯可調整例如冷卻劑通過冷卻節點之質量流速以使冷卻節點之冷卻能力與由熱源消散熱之速率匹配。類似地，控制系統可調整通過冷卻節點之冷卻劑之質量流速以提供離開一給定冷卻節點之冷卻劑之一所要熱力學狀態。在一實施例中，控制系統可調整一泵速度或部分敞開或閉合一閥，或兩者以控制通過冷卻環路之一給定片段之冷卻劑之一流速。

【0081】 所揭示控制邏輯可體現在軟體、韌體或硬體(例如，一ASIC)中。一控制單元處理器可為一專用處理器，諸如一特定應用積體電路(ASIC)、一通用微處理器、一場可程式化閘陣列(FPGA)、一數位信號控制器或一組硬體邏輯結構(例如，濾波器、算數邏輯單元及專用狀態機)，且可經實施於一通用運算環境中，如本文中描述。

【0082】 圖8中展示之模組式二相冷卻環路類似於圖5中展示之冷卻環路，但相較於圖5中展示(且在圖7中以虛線展示)之兩個冷卻分支63a、63b及對應兩個冷卻節點64a、64b，在圖8中僅繪示一單一冷卻節點。亦即，一般技術者應瞭解，圖8中展示之二相冷卻環路80可併入彼此並聯或串聯之複數個冷卻節點，如上文例如結合圖6描述且在圖7中展示。

【0083】 如同圖5中展示之模組式二相冷卻環路60，圖7及圖8中展示之二相冷卻環路80可用作上文描述之第一框架下之冷卻環路。同樣，如同圖5及圖6中展示之環路，圖7及圖8中展示之冷卻環路可用作在第二框架下描述之主冷卻環路及次冷卻環路之任一者或兩者。

V. 二相冷板實施例

【0084】 除上文描述之組件冷卻節點之外，圖9至圖12亦繪示適用

於冷卻一或多個記憶體棒(未展示)或安裝至一垂直定向基板(例如，其他多晶片模組)之其他熱源之冷卻節點之態樣。在圖9及圖12中亦展示適用於在複數個此等冷卻節點當中分佈冷的冷卻劑之冷卻劑分佈歧管之態樣，以及適用於自複數個此等冷卻節點當中收集經加熱冷卻劑(例如，呈一氣相、一液相或其等之一飽和混合物)之冷卻劑收集歧管。藉由實例在2021年3月15日申請之同在申請中之美國專利申請案第17/201,394號中描述此等冷卻節點之其他實施例，該案之完整內容藉此為了全部目的宛如在本文中完整闡述般併入。

【0085】 圖9及圖10展示自一分佈歧管215橫跨至一收集歧管220之四個冷卻節點200a、200b、200c、200d。各冷卻節點具有與來自分佈歧管215之一出口(未展示)流體地耦合之一入口201 (圖11)及與至收集歧管220之一入口221 (圖11)流體地耦合之一出口219。圖11展示圖10中描繪之總成之一分解視圖，且圖12展示冷卻節點200a至d之一者之一分解視圖。

【0086】 如圖12之分解視圖中展示，冷卻節點200可由彼此可密封地附接之一第一殼部件260a及一第二殼部件260b構成。例如，第一殼部件260a可界定具有一外部主表面235a及一對應外周邊之壁230a。一周邊凸緣265a可相對於外部主表面235a橫向定向且鄰近外部主表面之外周邊定位，如圖12中展示。周邊凸緣265a可如藉由銅焊、焊料、焊接或其他熔融技術與第二殼部件260b可密封地附接，或周邊凸緣及第二殼部件可如藉由在周邊凸緣與第二殼部件之間之一接頭中施覆一黏著劑材料而彼此可黏著地固定。

【0087】 如圖12中之分解視圖中展示，第二殼部件260b可界定一區，該區相對於由第一殼部件260a界定之周邊凸緣265a (或另一特徵)互

補地組態，從而容許第一殼部件260a及第二殼部件260b可密封地彼此附接。例如，第二殼部件260b界定一外周邊及繞第二殼部件之外周邊延伸之一對應周邊凸緣265b。繞第二殼部件之外周邊延伸之周邊凸緣265b可與第一殼部件260a之周邊凸緣265a可固定地附接，如例如在圖11中展示。更具體言之，周邊凸緣265a、265b可形成一搭接。搭接可經銅焊或以其他方式熔融或黏附，從而將周邊凸緣，且因此第一及第二殼部件260a、260b可密封地附接在一起。

【0088】 第一殼部件、第二殼部件或兩者可由一導熱材料(諸如例如銅合金、鋁合金、一導熱聚合物或一導熱複合材料)構成。在一些實施例中，各殼部件260a、260b係自一實質上平坦材料(例如，銅)片衝壓。例如，由周邊凸緣265b及第二壁230b界定之第二殼部件260b中之凹槽211b可藉由模壓一材料片而形成。凹槽(或突部) 211b之一周邊可與經互補組態缺口211a配合，從而對各殼部件260a、260b提供額外勁度。當如展示般組裝在一起時，例如，在圖11中，殼部件可界定一內部腔室210。在冷卻劑進行通過內部腔室時，其可在其吸收來自記憶體器件或與外部主表面235a、235b熱接觸之其他發熱組件之熱時沸騰。在一些實施例中，一個或兩個分佈歧管215、收集歧管220亦與一熱消散組件熱接觸且藉由在冷卻劑進行通過歧管通道時將熱傳遞至冷卻劑而促進此熱消散組件之冷卻。

【0089】 分佈歧管215、收集歧管220或兩者可經組態以與二相冷卻環路之其他部分平行流體地耦合，如上文描述。例如，分佈歧管215具有各接收來自一冷卻環路(未展示，但類似於上文描述之冷卻環路)之冷卻劑(呈一液相或一飽和狀態)之一第一入口216a及一第二入口216b (圖11)。分佈歧管215亦界定兩個內部通道，一個對應於第一入口216a且一個對應於

第二入口216b，各經組態以將冷卻劑輸送至圖10至圖13中展示之冷卻節點200a至d之一或多者。例如，各內部通道可具有一主通道及來自主通道之一或多個分支。各分支可將來自分佈歧管215之一對應出口222b與相關聯於該出口之對應主通道流體地耦合。除提供自主通道至一冷卻節點出口之一分支之外，分佈歧管215亦提供對應於各內部通道之容許進入各歧管入口216a、216b之冷的冷卻劑之一部分自分佈歧管215排放且流動至另一冷卻節點(例如，定位於一處理單元上之一冷板、另一冷卻劑分佈歧管等)之一出口222c。在一些實施例中，(例如，當一給定冷卻環路在分佈歧管之下游不具有冷卻節點時)一個或兩個出口222可經插塞。

【0090】 收集歧管220經類似地組態。自一對應冷卻節點200a至d至收集歧管之各入口221與通過收集歧管之一主通道(未展示)流體地耦合。又，收集歧管220具有一入口222a以接收來自另一冷卻節點之經加熱冷卻劑，從而容許來自各冷卻節點200a至d之經加熱冷卻劑在自收集歧管排放之前與來自另一冷卻節點(例如，定位於一處理單元上之一冷板、另一冷卻劑分佈歧管等)之經加熱冷卻劑混合。在一些實施例中，入口222a可經插塞(例如，當一給定冷卻環路在收集歧管上游不具有冷卻節點時)。

VI. 運算環境

【0091】 圖13繪示一適合運算環境100之一般化實例，其中可實施與例如將一邏輯組件及/或一電力單元之一溫度維持為低於一臨限溫度相關之所描述方法、實施例、技術及科技。運算環境100不旨在建議對本文中揭示之科技之使用或功能性之範疇之任何限制，此係因為各科技可在多樣通用或專用運算環境中實施。例如，各所揭示科技可使用其他電腦系統組態實施，包含穿戴式及/或手持式器件(例如，一行動通信器件，例如，

一所謂的「智慧型電話」)、多處理器系統、基於微處理器之或可程式化消費者電子器件、嵌入式平台、網路電腦、迷你電腦、主機電腦、智慧型電話、平板電腦、資料中心、音訊設備及類似者。各所揭示科技亦可在分佈式運算環境中實踐，其中任務係藉由透過一通信連接或網路連結之遠端處理器件執行。在一分佈式運算環境中，程式模組可定位於本端及遠端記憶體儲存器件兩者中。

【0092】 運算環境100包含至少一個中央處理單元110及一記憶體120。在圖13中，此最基本組態130包含於一虛線內。中央處理單元110執行電腦可執行指令且可為一即時或一虛擬處理器。在一多處理系統中，或在一多核心中央處理單元中，多個處理單元執行電腦可執行指令(例如，執行緒)以增加處理速度且因而，多個處理器可同時運行，儘管處理單元110由一單一功能區塊表示。一處理單元可包含一特定應用積體電路(ASIC)、一通用微處理器、一場可程式化閘陣列(FPGA)、一數位信號控制器或經配置以處理指令之一組硬體邏輯結構。

【0093】 記憶體120可為揮發性記憶體(例如，暫存器、快取區、RAM)、非揮發性記憶體(例如，ROM、EEPROM、快閃記憶體等)或兩者之某一組合。記憶體120儲存軟體180a，該軟體180a可例如在藉由一處理器執行時實施本文中描述之一或多個科技。

【0094】 一運算環境可具有額外特徵件。例如，運算環境100包含儲存器140、一或多個輸入器件150、一或多個輸出器件160及一或多個通信連接170。一互連機構(未展示) (諸如一匯流排、一控制器或一網路)將運算環境100之組件互連。通常言之，作業系統軟體(未展示)為在運算環境100中執行之其他軟體提供一操作環境，且協調運算環境100之組件之

活動。

【0095】 儲存器140可為可抽換式或非可抽換式的，且可包含選定形式之機器可讀媒體。一般言之，機器可讀媒體包含磁碟、磁帶或磁帶盒、非揮發性固態記憶體、CD-ROM、CD-RW、DVD、磁帶、光學資料儲存器件及載波，或可用於儲存資訊且可在運算環境100內存取之任何其他機器可讀媒體。儲存器140可儲存用於軟體180b之指令，該軟體180b可實施本文中描述之科技。

【0096】 儲存器140亦可分佈於一網路上，使得軟體指令以一分佈式方式儲存且執行。在其他實施例中，此等操作之一些可藉由含有經硬接線邏輯之特定硬體組件執行。該等操作可替代地由經程式化資料處理組件及固定硬接線電路組件之任何組合執行。

【0097】 (若干)輸入器件150可為以下之任何一或多者：一觸控輸入器件，諸如一鍵盤、鍵台、滑鼠、筆、觸控螢幕、觸控墊或軌跡球；一語音輸入器件，諸如一麥克風換能器、語音辨識軟體及處理器；一掃描器件；或另一器件，其將輸入提供至運算環境100。針對音訊，(若干)輸入器件150可包含一麥克風或其他換能器(例如，一聲卡或接受呈類比或數位形式之音訊輸入之類似器件)，或將音訊樣本提供至運算環境100之一電腦可讀媒體讀取器。

【0098】 (若干)輸出器件160可為一顯示器、印表機、揚聲器換能器、DVD寫入器或提供來自運算環境100之輸出之另一器件之任何一或多者。

【0099】 (若干)通信連接170實現經由或透過一通信媒體(例如，一連接網路)至另一運算實體之通信。一通信連接可包含適用於經由一區域

網路(LAN)、一廣域網路(WAN)連接或兩者通信之一傳輸器及一接收器。LAN及WAN連接可藉由一有線連接或一無線連接促進。若一LAN或一WAN連接係無線的，則通信連接可包含一或多個天線或天線陣列。通信媒體輸送資訊，諸如電腦可執行指令、經壓縮圖形資訊、經處理信號資訊(包含經處理音訊信號)或呈一經調變資料信號之其他資料。用於所謂的有線連接之通信媒體之實例包含光纖電纜及銅線。用於無線通信之通信媒體可包含一或多個選定頻帶內之電磁輻射。

【0100】 機器可讀媒體係可在一運算環境100內存取之任何可用媒體。藉由實例但非限制性，使用運算環境100，機器可讀媒體包含記憶體120、儲存器140、通信媒體(未展示)及上文之任一者之組合。有形機器可讀(或電腦可讀)媒體排除暫時信號。

【0101】 如上文解釋，一些所揭示原理可體現於其上儲存有指令之一有形、非暫時性機器可讀媒體(諸如微電子記憶體)中。指令可程式化一或多個資料處理組件(此處統稱為一「處理器」)以執行上文描述之處理操作，包含估計、運算、計算、量測、調整、感測、量測、濾波、加法、減法、反轉、比較及作決策(諸如藉由控制單元52)。在其他實施例中，(一機器程序之)此等操作之一些可藉由含有經硬接線邏輯(例如，專用數位濾波器區塊)之特定電子硬體組件執行。該等操作可替代地藉由經程式化資料處理組件及固定硬接線電路組件之任何組合執行。

【0102】 貫穿本發明，為了簡潔起見，運算環境組件、處理器、互連、特徵、器件及媒體在本文中通常被個別地稱為一「邏輯組件」。

VII. 術語

【0103】 如本文中使用，術語「散熱器」及「熱交換器」意謂經組

態以如透過對流(即，傳導及平流之一組合)、流體之相變或兩者來往於一流體或如透過傳導或輻射熱傳遞來往於另一介質傳遞能量之一器件。雖然取決於背景內容，該等術語有時可互換地使用，但術語「熱交換器」在此項技術中更常用於指代將熱自一個流體傳遞至另一流體之一器件，而術語「散熱器」通常意謂一器件，例如，促進藉由一流體自一熱源(例如，在操作期間產生熱之一電子器件組件，固態、液態及/或氣態反應物之間或當中之燃燒或另一放熱反應之產物，或甚至一核反應器中之燃料棒)之熱接受之一組件(例如，具有一或多個延伸熱傳遞表面，或「鰭片」)或一介質(例如，大氣)。

【0104】 一「熱交換模組」可為一獨立熱交換器或散熱器，或一「熱交換模組」可包含與一或多個其他組件組合組裝之一熱交換器(或散熱器)以界定一可分開識別及功能性模組或子總成。例如，如下文更完全描述，一熱交換模組可包含與一熱交換器組合之一導管或一外殼。又，一熱交換模組可包含與一整合式外殼一起，與任何相關聯密封件、墊片及/或耦合器一起組裝之一熱交換器及泵。

【0105】 術語「冷板」通常係指促進熱自一熱源至一流體(例如，一氣體、一液體或兩者之一飽和混合物)之傳遞之一特殊類別之「散熱器」，但取決於背景內容，當模組之至少一部分經組態以促進熱自一熱源至一流體之傳遞時，術語「冷板」亦可係指一「熱交換模組」。在具有複數個熱消散器件(例如，微處理器、晶片組、記憶體、圖形組件、電壓調節器)之一可機架安裝伺服器之背景內容中，一冷板20a、20b (圖3)可包含用於冷卻各自器件之一單相或二相(或一混合相)熱交換模組。二相(或一混合相)熱交換模組或冷板在此項技術中有時被稱為一「蒸發器」。

【0106】 如本文中使用，術語「節點」意謂一系統內之一可識別組件(或組件之一可識別群組)，且術語「冷卻節點」意謂自一外部源吸收熱(例如，冷卻外部熱源)之一可識別組件(或組件之一可識別群組)。

【0107】 如本文中使用，「相」係指一物質之一熱力學狀態，例如，一液相、一氣相、一固相或液體及氣體之一飽和混合物。如本文中使用，一「單相」熱交換模組係指其中在流體行進通過熱交換模組時，工作流體經歷相之較少或無淨改變，從而保持在實質上相同相(例如，一液體)之一熱交換模組。如本文中使用，一「二相」熱交換模組係指其中在流體行進通過熱交換模組時，工作流體經歷相之一部分或一完整改變(例如，一液體至一氣相之蒸發或一氣體至一液相之冷凝)之一熱交換模組。

VIII. 其他實施例

【0108】 提供先前描述以使熟習此項技術者能夠製造或使用所揭示原理。基於本文中揭示之原理，以及各自裝置之組態之任何伴隨改變或本文中描述之方法動作之順序之改變，審慎考慮除上文詳細描述之實施例之外之實施例，而不脫離本發明之精神或範疇。熟習此項技術者將容易明白對本文中描述之實例之各種修改。

【0109】 例如，在以下案之一或多者中進一步詳細描述額外相關概念：美國專利第9,496,200號、美國專利第9,052,252號、美國專利第10,364,809號及美國專利第10,365,667號，以及美國專利申請公開案第2015/0083368號、同在申請中之美國專利申請案第16/158,227號及同在申請中之美國專利申請案第17/582,987號。貫穿本說明書提及之各專利申請案、專利公開案、經發佈專利及非專利文獻之完整內容藉此為了全部目的宛如在本文中完整闡述般併入。

【0110】 方向及其他相對參考(例如，向上、向下、頂部、底部、左、右、向後、向前等)可用於促進本文中之圖式及原理之論述，但不旨在為限制性。例如，可使用某些術語，諸如「向上」、「向下」、「上」、「下」、「水平」、「垂直」、「左」、「右」及類似者。在適用之情況下使用此等術語以在尤其相對於經繪示實施例處理相對關係時提供描述之一定闡明。然而，此等術語不旨在暗示絕對關係、位置及/或定向。例如，相關於一物件，一「上」表面可簡單地藉由翻轉物件而變為一「下」表面。然而，其仍係同一表面且物件保持相同。如本文中使用，「及/或」意謂「及」或「或」，以及「及」及「或」。再者，本文中引用之全部專利及非專利文獻之完整內容藉此為了全部目的以引用的方式併入。

【0111】 且，一般技術者應瞭解，本文中揭示之例示性實施例可依據各種組態及/或使用調適而不脫離所揭示原理。例如，上文結合任何特定實例描述之原理可與結合本文中描述之另一實例描述之原理組合。因此，等效於一般技術者已知或隨後知道之貫穿本發明描述之各項實施例之特徵及方法動作之全部結構及功能等效物旨在由所描述原理及本文中主張之特徵及動作涵蓋。因此，不應以一限制性意義解釋發明申請專利範圍或此詳細描述，且在閱讀本發明之後，一般技術者應瞭解可使用本文中描述之各種概念想出之所揭示原理之廣泛多種實施例。

【0112】 再者，本文中揭示之任何內容皆不旨在獻給公眾，無論此揭示內容是否在發明申請專利範圍中明確敘述。不應根據35 USC 112(f)之規定理解請求項特徵，除非使用片語「用於...之手段」或「用於...之步驟」明確敘述特徵。

【0113】 隨附發明申請專利範圍不旨在限於本文中展示之實施例，而應符合與發明申請專利範圍之用語一致之全範疇，其中除非具體如此陳述，否則諸如藉由使用冠詞「一(a或an)」以單數形式提及一特徵不旨在意謂「一個且僅一個」，而係「一或多個」。此外，鑑於可應用所揭示原理之許多可能實施例，吾人保留主張如一般技術者理解之本文中描述之特徵及科技之任何及全部組合之權利，包含主張例如在前文描述之範疇及精神內之全部內容以及在本申請案(包含以下原始請求項)之整個審查期間之任何時間呈現或在主張來自本申請案之權利或優先權之任何申請案中呈現之任何請求項中逐字且等效地敘述之組合之權利。

【符號說明】

【0114】

1: 熱交換器

2: 遠端輻射器

3: 泵

5: 液體冷卻環路

10: 冷卻劑分佈單元

11: 伺服器冷卻節點

12a至n: 伺服器

20a: 第一組件冷卻節點/冷板

20b: 第二組件冷卻節點/冷板

50: 陣列/冷卻系統

51: 分佈歧管

52: 熱交換器/控制單元

53: 冷卻節點/主環路

54: 封閉環路冷卻迴路

55: 組件冷卻節點/其他熱交換模組

56: 給定發熱節點/伺服器/收集歧管/次環路

60: 模組式二相冷卻環路

61: 泵

62: 分佈歧管

63a: 冷卻分支

63b: 冷卻分支

64a: 冷卻節點

64b: 冷卻節點

65: 收集歧管

66a: 流量調節閥

66b: 流量調節閥

67: 熱交換器/冷凝器

68: 緩衝腔室

69: 集液器

70: 模組式二相冷卻環路

71a: 壓縮機

71b: 膨脹閥

72: 歧管

73a: 冷卻分支

73b: 冷卻分支

74a: 冷卻節點

74b: 冷卻節點

75: 歧管

76a: 流量調節閥

76b: 流量調節閥

77: 熱交換器

78: 緩衝腔室

79: 集液器

80: 二相冷卻環路

81: 預熱熱交換器

82: 控制閥

82a: 冷卻劑

82b: 冷卻劑

83: 泵

84a: 冷卻節點

84b: 冷卻節點

85: 殘餘部分

86: 熱交換器/冷凝器

87: 緩衝腔室

88a: 部分/經加熱冷卻劑

88b: 部分

89: 集液器

100: 運算環境