



(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 201729529 A

(43)公開日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 16 日

(21)申請案號：105131805

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 30 日

(51)Int. Cl. : *H02P9/22 (2006.01)* *H02K3/26 (2006.01)*

(30)優先權：2015/10/02 美國 62/236,407

2015/10/02 美國 62/236,422

2016/06/30 美國 15/199,527

(71)申請人：E 電路馬達股份有限公司 (美國) E-CIRCUIT MOTORS, INC. (US)

美國

(72)發明人：蕭 史蒂芬 羅伯特 SHAW, STEVEN ROBERT (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：28 項 圖式數：8 共 39 頁

(54)名稱

印刷電路板定子中之熱管理的結構及方法

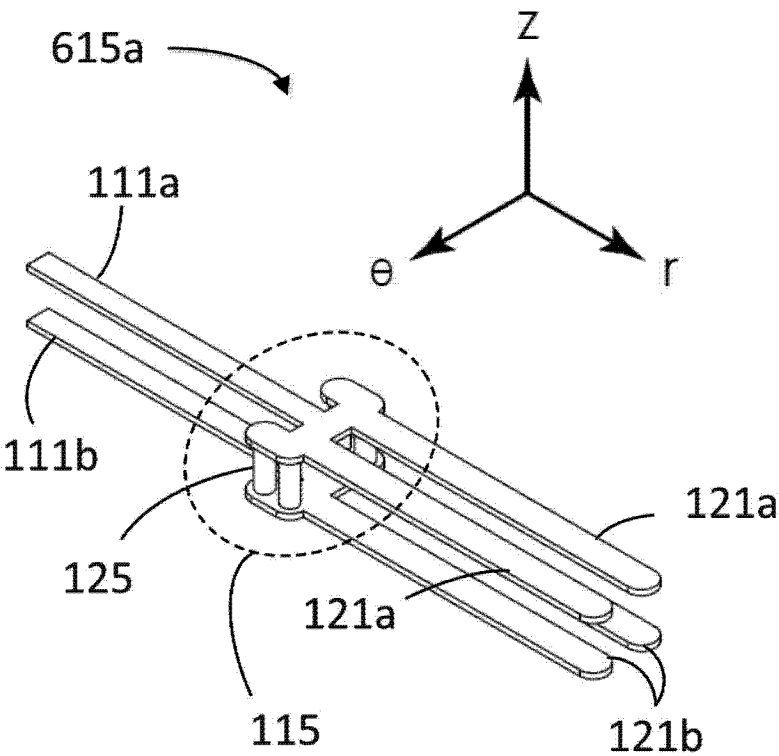
STRUCTURES AND METHODS FOR THERMAL MANAGEMENT IN PRINTED CIRCUIT BOARD STATORS

(57)摘要

本發明提供一種用於一馬達或發電機之定子，該定子包含具有至少一個介電層及複數個導電層之一平面複合結構(PCS)。該定子包含第一導電元件，該等第一導電元件徑向延伸至距該 PCS 之一中心一距離 r_1 處且有角度地安置於該 PCS 上。每一第一導電元件包含一較佳終端結構以與複數個第二導電元件中之至少一者連接，該複數個第二導電元件自距該 PCS 之該中心一半徑 r_2 處徑向延伸且有角度地安置於該 PCS 上。

A stator for a motor or generator including a planar composite structure (PCS) having at least one dielectric layer and a plurality of conductive layers is provided. The stator includes first conductive elements extending radially to a distance r_1 from a center of, and disposed angularly on, the PCS. Each first conductive element includes a preferred termination structure to connect with at least one of a plurality of second conductive elements extending radially from a radius r_2 from the center of, and disposed angularly on, the PCS.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 111a . . . 導電元件/
第一導電元件
- 111b . . . 導電元件/
第一導電元件
- 115 . . . 較佳終端結
構/終端結構/結構
- 121a . . . 導電元件/
第二導電元件
- 121b . . . 導電元件/
第二導電元件
- 125 . . . 導通體
- 615a . . . 連接組態
- r . . . 徑向方向
- θ . . . 有角度方向/
方向

【圖6A】

【發明說明書】

【中文發明名稱】

印刷電路板定子中之熱管理的結構及方法

【英文發明名稱】

STRUCTURES AND METHODS FOR THERMAL MANAGEMENT
IN PRINTED CIRCUIT BOARD STATORS

【技術領域】

本文中所闡述之實施例大體而言係關於印刷電路板裝置中之熱管理領域。更具體而言，如本文中所揭示之實施例係關於形成於用於電馬達及發電機之印刷電路板上之定子中之熱管理。

【先前技術】

透過一印刷電路板(PCB)中之電引線處置高電流之當前電馬達及其他電裝置面臨由PCB中之大量熱量耗散所致之多個問題。某些問題包含基板翹曲，其導致機械故障且對馬達或發電機之轉子造成破壞性機械干擾。此外，PCB中之高溫度梯度可導致PCB之結構損壞，諸如基板中之電引線或介電材料之脫層或局部故障。通常用於氣隙型印刷電路板機器中之稀土磁體亦具備溫度敏感性。若磁體溫度超過一規定值，則磁體可降級且失去其磁場。

在不具備本發明中所闡述之特徵(亦即，當前技術水平)之印刷電路板電機器採用各種策略來管理熱量。總體而言，此等策略限制了基本印刷電路板定子設計之商業吸引力及市場性。此等策略包含：a)使機器相對於所要機械操作部分過大化，使得機器結構充當一散熱器；b)有效地冷卻機器；c)引入效率折衷構件，諸如轉子與定子之間的較大氣隙；d)將機器限制於

斷續工作製應用；及/或e)利用溫度感測控制器來裝備機器。

【發明內容】

在一第一實施例中，一定子包含具有至少一個介電層及複數個導電層之一平面複合結構(PCS)，該PCS之特徵至少部分地在於一中心原點及一周邊。該定子亦可包含：複數個第一導電元件，其朝向該PCS之該周邊徑向延伸至距該中心原點一距離 r_1 處且有角度地安置於該PCS上，每一第一導電元件終止於一較佳終端結構中；及複數個第二導電元件，其自距該PCS之該中心原點一半徑 r_2 處朝向該周邊徑向延伸且有角度地安置於該PCS上。此外，根據某些實施例，根據一連接組態，該等第一導電元件中之至少一者在該較佳終端結構處連接至該等第二導電元件中之至少一者。

在一第二實施例中，一定子包含包括至少一個介電層及至少一個導電層之一PCS，該PCS之特徵至少部分地在於一中心原點及一周邊。該定子亦可包含：複數個第一導電元件，其自距該PCS之該中心原點一開始半徑 r_0 處朝向該周邊徑向延伸且有角度地安置於該PCS上，每一第一導電元件源自於一較佳開始結構中。此外，該定子可包含：複數個第二導電元件，其自距該PCS之該中心原點一半徑 r_1 處朝向該中心原點徑向延伸且有角度地安置於該PCS上。在某些實施例中，根據一連接組態，該等第一導電元件中之至少一者在該較佳開始結構處連接至該等第二導電元件中之至少一者。

【圖式簡單說明】

圖1A圖解說明根據某些實施例之一定子之一平面圖，該定子包含具有至少一個介電層及複數個導電層之一PCS。

圖1B圖解說明根據某些實施例之一定子之一剖面圖。

圖2圖解說明根據某些實施例的包含徑向安置於PCS上之複數個導電元件之定子之一細節。

圖3圖解說明接近根據某些實施例之一定子之一中心原點之一內區域的一細節，該定子包含有角度地徑向安置於PCS上之複數個導電元件。

圖4圖解說明接近根據某些實施例之一定子之一中心原點之一內區域的一細節，該定子包含有角度地徑向安置於PCS上之不同導電層上之複數個導電元件。

圖5圖解說明根據某些實施例的包含一終端結構之一導電元件之一細節。

圖6A至圖6I圖解說明根據某些實施例之一定子中之不同連接組態之細節，每一連接組態包含在一終端結構處連接至一第二導電元件之一第一導電元件。

圖7A至圖7D圖解說明根據某些實施例之一定子在耗散熱量時之熱影像，該定子包含一平面複合結構(PCS)具有至少一個介電層及複數個導電層。

圖8圖解說明用於製造根據某些實施例之一定子之一方法之一流程圖，該定子包含具有至少一個介電層及複數個導電層之一平面複合結構(PCS)。

在圖中，由相同或類似元件符號標示之元件及步驟與相同或類似元件及步驟相關聯，除非另有指示。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

本發明與標題為STRUCTURES TO REDUCE LOSSES IN PRINTED

CIRCUIT BOARD WINDINGS之美國臨時專利申請案第62/236,407號及標題為STRUCTURES FOR THERMAL MANAGEMENT IN PRINTED CIRCUIT BOARD STATORS之美國臨時專利申請案第62/236,422號相關且主張其優先權，該兩個申請案皆由Steven R. Shaw於2015年10月2日提出申請且其內容藉此出於所有目的以全文引用方式併入。

本發明之實施例在熱量源自於PCB定子結構這一意義上不同於印刷電路板熱管理之廣泛領域中之大多數技術，且本發明實施例之一目標係傳遞彼熱量以達成保護定子及周圍組件之目的。近年來，諸多進步聚焦於管理源自於一敏感組件之熱量，且其中印刷電路板上之結構用作一散熱器，而通常以清除一昂貴離散散熱組件為目標。本發明之實施例適用於單相及多相(例如，三個相位)馬達及發電機。

圖1A圖解說明根據某些實施例之一定子100之一平面圖，定子100包含具有至少一個介電層及複數個導電元件111、121及131之一平面複合結構(PCS) 110。導電元件111、121及131可係根據本發明之一實施例的用在一PCB結構之外環帶處之一熱緩解結構之一部分。PCS 110之特徵至少部分地在於一中心原點101及一周邊102。定子100包含複數個第一導電元件111，該複數個第一導電元件111朝向PCS 110之周邊102徑向延伸至距中心原點101一距離142 (r_1)處且有角度地安置於PCS上，每一第一導電元件終止於一較佳終端結構115中。此外，在某些實施例中，定子100包含複數個第二導電元件121，該複數個第二導電元件121自距中心原點101一半徑143 (r_2)處朝向周邊102徑向延伸且有角度地安置於PCS上。因此，第一導電元件111沿著垂直於徑向方向 r (自中心原點101至周邊102)之一有角度方向 θ 彼此分離。同樣地，第二導電元件121沿著方向 θ 彼此分離。在某些實施例

中，根據一連接組態，第一導電元件111中之至少一者在較佳終端結構115處連接至第二導電元件121中之至少一者。

定子100可包含類似於圖1A之平面圖中所圖解說明之層的多個層。該多個層可經配置以提供一系列線圈或繞組，該等線圈或繞組通常串聯連接以形成一馬達或發電機之極。然後，該等極通常被分隔成若干群組，其中至少一個群組針對供應至馬達(或由發電機產生)之電流之每一相位。總體而言，當PCS 110中之導體111、151及152之配置由一外部電路適當地控制時，其產生一旋轉電流密度及相關聯磁場。此旋轉電流密度(及磁場)可對一周圍磁結構或電流密度施加一轉矩。具有徑向結構(「作用區域」)之印刷電路板之一部分係經設計以參與此相互作用之定子之一部分。因此，定子100之作用區域可包含透過導電元件151及152耦合以形成旋轉電流之導電元件111。某些實施例包含固定至通過PCS 110之一中心原點101之一軸件之兩組稀土磁體，此形成一緊湊高效率之軸向場同步電機器。除包含與一不均質磁場相互作用之一旋轉電流密度之作用區域之外，定子100亦可包含位於一周邊區域中之導電元件121及位於一內部區域中之導電元件131。因此，導電元件121及131可耗散定子100在操作時產生之熱量。

為了達成熱量耗散，定子100之某些實施例在徑向安置導電元件111之兩端上包含較佳終端結構115及較佳開始結構105。因此，周邊區域中之導電元件121可透過終端結構115耦合至導電元件111。內部區域中之導電元件131可透過開始結構105耦合至導電元件111。結構105及115包含一連接組態，該連接組態可係一熱連接、一電連接或兩種連接之一組合。舉例而言，一熱連接可係以下連接：其中在一導電元件111與一導電元件121之間存在一實體間隙，使得在該兩個元件之間無電連接。但是，該兩個不連

接元件111與121之接近度在一熱組態中可足以自一個導電元件至其他(111或121)高效地傳輸熱量。

在定子100中，熱量由多個機制產生。一個機制係電流攜載導體中之電阻損耗。此機制使得功率與電流之平方及有效電阻成比例，亦即， $P_{\text{joule}} = I^2 R$ 。電阻R可與如在定子100中所見之構件寬度(例如，面內寬度)大約成比例，此乃因銅厚度及電阻率通常係均勻的。在將一個層連接至下一層之導通體中，銅電阻率略微高於平面中之電阻率。此外，隨著電流頻率增加，可有必要修改電阻R以包含電流與其自身磁場之相互作用，例如，集膚深度效應。實際上，此增加了經傳導電流之較高頻率組件之電阻，但並不實質上改變定子上產生熱量之位置。

熱量產生之一第二機制跟銅(攜載一電流或不攜載)與由於轉子磁體所致之一時變磁場之相互作用相關。對於由一相關聯輪廓C界定之一面積A而言，沿著該輪廓存在一電場，使得：

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

其中依據右手法則，微分區域之方向 $d\vec{A}$ 與 $d\vec{l}$ 相關。在PCS中之一導電材料中，電場 $\vec{E}$ 在存在一時變磁通量密度 $\vec{B}$ 之任何地方導致渦電流密度及相關聯損耗。通常，此等渦電流亦影響 $\vec{B}$ ，從而形成一磁擴散方程式，且對損耗之一精確計算必須將此考慮在內。此與定子總成中之徑向作用區域跡線相關，歸因於每當轉子之軸件移動時定子之此部分便被曝露於的旋轉磁場。當馬達受一外部電路驅動時，此等損耗亦包含任何導電相關損耗，且事實上即使定子100未連接至一外部電路此損耗機制仍存在。

關於定子100之一設計考慮涉及到定子作用區域的傳導損耗與渦電流

損耗之間的一折衷。為減少傳導損耗，導體必須較寬(或在後續層上並聯連接)。為減少渦電流損耗，捕獲時變通量之有效面積 A 必須較小，因此導體必須較窄。

一第三熱量源涉及到由於來自電流攜載導體之磁場所致之渦電流。在其中不同層執行不同功能之PCB之內環帶及外環帶中考慮到此效應係重要的。此外，在熱緩解結構之設計中考慮到此機制亦係重要的。

在定子100中，不同元件之尺寸及比例可視需要變化。在某些實施例中，可期望半徑142 (r_1)等於半徑143 (r_2)，從而在一個或多個導電元件111及121之間不產生間隙。在其他實施例中，半徑142 (r_1)可小於半徑143 (r_2)，此在一個或多個導電元件111及121之間產生一間隙。同樣地，形成定子100中之不同元件之材料可視需要在本發明之範疇內變化。因此，導電元件111、121、131、151及152中之至少一者可包含銅或碳(例如，一石墨烯層或一碳奈米管層或其他碳的同素異形體)或一銅碳複合物或其他電導電材料或者複合物。導電元件121、131可包含導熱材料。

因此，在與本發明相一致之實施例中，導電元件111、121及131充當具有針對渦電流損耗之經減小面積 dA 之熱導體。另外，導電元件121可透過在周邊區域中使用層壓式銅跡線而增強定子100之厚度一致性。導電元件131係定子100之內區域上之熱量散除跡線。在某些實施例中，導電元件131可透過開始結構105電連接至導電元件121。因此，開始結構105類似於終端結構115。然而，由於靠近中心原點101處之空間侷限，開始結構105通常係徑向分佈而非有角度地分佈。

圖IB圖解說明根據某些實施例之定子100之一剖面圖。無限制性且出於圖解說明目的，一「Z」軸經展示為定子100中之不同層之堆疊方向，且

一垂直軸「r」經展示為沿著其剖面。如所見，定子100可包含夾在導電層161a與161b之間的一介電基板162。導通體125在導電層161a與161b之間提供電傳導。另外，導通體125由於通常用於此等元件中之導電材料(例如，銅、鋁、錫、鎢及衍生物)而亦可在層161a與161b之間提供熱傳導。介電基板162可包含用於PCB中之任何材料，諸如包含編織玻璃纖維與一環氧樹脂黏結劑(例如，FR-4及諸如此類)之一複合材料。

因此，在某些實施例中，定子100包含位於不同導電層161a及161b上之導電元件111、121或131 (參見圖1A)中之至少一者。舉例而言，導電元件111a可係該複數個導電元件111中之一者，其位於定子100之作用區域中且安置於導電層161a上。對應地，導電元件111b可係該複數個導電元件111中之一者，其位於定子100之作用區域中且安置於導電層161b上。更一般而言，導電元件121a (參見圖6A)及131a對應於導電元件121及131，其等安置於導電層161a上。同樣地，導電元件121b (參見圖6A)及131b對應於導電元件121及131，其等安置於導電層161b上。

配置於多個導電層161a及161b中之導電元件111、121及131可改良定子100中之熱量耗散。通常，熱量係經由導電元件自身不成比例地傳遞。舉例而言，銅之熱傳導率(在401 W/(m K)下)比面內周圍介電材料FR-4之熱傳導率(在0.81 W/(mK)下)大幾乎五百(500)倍。此外，當熱量沿著Z方向流動時，銅作為一熱傳導機制更加重要，其具有面外方向上之FR-4的幾乎1,400倍之熱傳導率。注意，定子結構之總體熱傳導率取決於導電元件與周圍介電質之相對面積。

圖2圖解說明根據某些實施例的包含徑向安置於PCS上之複數個導電元件111、121及131之定子100之一細節。且導電元件152有角度地安置於

PCS 110上。在某些實施例中，定子100進一步包含複數個第三導電元件211，該複數個第三導電元件211自距中心原點101一半徑241 (r_3)處朝向周邊102徑向延伸且有角度地安置於PCS 110上，其中第三導電元件211中之至少一者與第二導電元件121b中之至少一者重合且位於不同導電層上。舉例而言且不失一般性，導電元件211可包含於導電層161a中，且導電元件121b可包含於導電層161b中。

在某些實施例中，導電元件111、121與131之間的熱耦合藉由亦在此等導電元件之間形成一電連接而被顯著增強。因此，某些實施例在定子100之內區域中在導電元件131與導電元件111之間提供空隙以(例如)為導電元件151提供空間。同樣地，某些實施例在定子100之周邊區域中在導電元件111與導電元件121之間提供空隙以(例如)為導電元件152提供空間。更一般而言，與本發明相一致的定子100之實施例在處於不同電位之兩個導電元件之間提供電空隙，同時仍透過分離該兩個導電元件之介電材料之一小間隙提供良好熱耦合。此外，藉由透過導通體將有力熱連接提供至不同導電層(例如，導通體125以及導電層162a及162b，參見圖IB)，此方法特別有效。即使一導電元件在一第一導電層上中斷，跨越若干導電層之一導通體區段提供自該第一導電層至一第二導電層之熱量散除。

導電元件111與導電元件131之間的電耦合及熱耦合包含：導電元件111中之一者之一開始點，其位於距中心原點101一距離141 (r_0)處且接觸開始結構105。及導電元件131中之一者之一開始點，其位於距中心原點101一距離242 (r_{11})處。導電元件111之相對端結束於距中心原點101一距離142 (r_1)處之終端結構115上。

圖3圖解說明接近根據某些實施例之定子100之一中心原點101之一內

區域之一細節，定子100包含徑向安置之複數個導電元件111及131以及有角度地安置於PCS 110上之導電元件151。由於靠近中心原點101處之空間侷限，因此在某些實施例中，僅特定導電元件131可透過一開始結構105熱耦合及/或電耦合至對應導電元件111。此配置避免在靠近中心原點101處形成毗鄰導電元件131之間的非期望電接觸。

圖4圖解說明接近根據某些實施例之定子100之中心原點101之一內區域的一細節，定子100包含徑向安置之複數個導電元件111。一導電元件151係有角度地安置。且導電元件431a及431b安置於PCS上之不同導電層上。為了解決PCS 110之內區域之高度受限空間中之熱傳導及電傳導問題，位於多層PCS 110之不同層上的導電元件431a與導電元件431b交替。開始結構105中之內導通體透過導電元件111耗散熱量。藉由使單獨導電層中的熱量散除跡線431a與431b交錯，可使其向內延伸同時在同一導電層上之毗鄰導電元件之間維持一所要空隙。可構想與此特徵相一致之其他交錯組態，舉例而言，透過一導通體區塊連接每第三導電元件131。

圖5圖解說明根據某些實施例的包含一終端結構115之一導電元件111之一細節。終端結構115具有一T形或「錘頭狀」組態。在某些實施例中，終端結構115可包含一方形盤而非一錘頭狀組態。終端結構115改良來自不同源(諸如，來自結束於終端結構115處之導電元件111之渦電流及導電損耗)之熱量在定子100的作用區域與周邊區域之間的過渡部分中之有角度分佈(亦即，沿著 θ 方向)。另外，終端結構115減小其中由於入射時變磁場(參見方程式1)所致之損耗可發生之面積。

某些實施例在靠近終端結構115之外部分處包含位於層之間的一或多個導通體，與一單一點熱終端(例如，開始結構105，參見圖1A)相比，此

連同錘頭狀構件之空間範圍往往會減少熱量之有角度集中。終端結構115之錘頭狀構件使周邊區域中之固體銅元件較少地曝露於自作用區域上方之永久磁體總成洩漏出之時變磁場。圖2中所展示之特定尺寸及比率可取決於包含一所要馬達或發電機設計在內之若干因素而經受最佳化。此外，定子100中兩種基本材料(例如，用於導電元件111、121及131之銅與介電基板162中之FR-4)之間的熱傳導率不成比例表明，與定子100及終端結構115實質上相一致的終端結構115之不同設計對於熱量耗散而言可同樣有效。

圖6A至圖6I圖解說明根據某些實施例之不同連接組態615a、615b、615c及615d(下文統稱為連接組態615)之細節。連接組態615包含在終端結構115處連接至第二導電元件121a、121b之第一導電元件111a、111b。終端結構115包含若干導通體125，其等形成導電元件111a、111b及導電元件121a、121b之間的一熱耦合及電耦合。三維軸(Z 、 r 、 θ)與圖1A至圖1B及圖2至圖4中所展示之軸相一致。元件在圖中之軸標記及特定定向僅係出於說明性目的而選擇並不應視為限制於所繪示之不同實施例。

圖6A展示根據某些實施例之連接組態615a之一透視圖。連接組態615a包含位於兩個不同導電層(例如，導電層161a及161b)中之導電元件111a、111b及121a、121b，其等在終端結構115處形成一電耦合及熱耦合。更具體而言，連接組態615a提供導電元件111a、111b與導電元件121a、121b之間的電耦合。

圖6B係圖6A中所圖解說明之連接組態615a沿著導電元件111a、111b及121a、121b之長度之一剖面圖。圖6B亦示意性地展示連接組態615a中自導電元件111a、111b至導電元件121a、121b且最終到達散熱器620之熱量流。在某些實施例中，期望導電元件121a與121b至少部分地重合但位於PCS

110之相對導電層中。因此，自導電元件111a、111b至導電元件121a、121b之熱量流沿著導電元件111a、111b及121a、121b之徑向路徑被增強。

圖6C展示連接組態615a之一平面圖，連接組態615a包含位於同一導電層中之導電元件111a、111b及121a、121b，其等在終端結構115處形成一電耦合及熱耦合。終端結構115包含一錘頭狀構件，該錘頭狀構件具有用以提供經增強熱量耗散及層之間的電連接之四個(4)導通體125。

圖6D展示連接組態615b之一透視圖，連接組態615b包含位於兩個不同導電層中之導電元件111a、111b、121a、121b及152a，其等在終端結構115處形成一電耦合及熱耦合。更具體而言，連接組態615b透過終端結構115中之導通體125提供導電元件111a、111b與導電元件121b之間的電耦合及熱耦合。此外，連接組態615b提供位於同一導電層中的導電元件111a與導電元件121a之間的熱耦合，且導電元件111a與導電元件121a之間無電連接。當導電元件152a在與導電元件111a或121a中之任一者皆不同之一電位下操作時，包含連接組態615b之實施例可係期望的。當導電元件121a在與導電元件111a不同之一電位下操作時，包含連接組態615b之某些實施例可係期望的。

圖6E係圖6D中所圖解說明之連接組態615b沿著導電元件111a、111b及121a、121b之長度之一剖面圖。圖6E亦示意性地展示自導電元件111a、111b至導電元件121a、121b而至散熱器620中之熱量流。由於導電元件121a及121b沿著PCS 110之平面至少部分地重合，因此不論兩個導電元件之間電位有何差異熱量皆自導電元件121b流動至導電元件121a。

圖6F展示連接組態615c之一透視圖，連接組態615c包含位於兩個不同導電層中之導電元件111a、111b、121a、121b及152a，且其等在終端結構

115處形成一電耦合及熱耦合。連接組態615c類似於連接組態615b，類似之處係導電元件111a與121a並不電連接，而導電元件111a、111b透過終端構件115中之導通體125電連接且熱連接至導電元件121b。然而，在連接組態615c中，終端結構115具有一錘頭狀組態(參見圖5)。因此，在連接組態615c中，無論電組態如何，自導電元件111a、111b至導電元件121a、121b之熱量流沿著導電元件111a、111b及121a、121b之徑向路徑皆被增強。

圖6G係圖6F中所圖解說明之連接組態615c沿著導電元件111a、111b(統稱為111)及121a、121b(統稱為121)之長度之一剖面圖。圖6G亦示意性地展示自導電元件111a、111b至導電元件121a、121b而至散熱器620中之熱量流。

圖6H展示連接組態615d之一透視圖，連接組態615d包含位於兩個不同導電層中之導電元件111、121及152b，其等在終端結構115處形成一電耦合及熱耦合。連接組態615d類似於連接組態615b及615c，類似之處係位於不同導電層中之導電元件係電連接且熱連接的(亦即，導電元件111b與導電元件121a透過導通體125連接)。然而，在連接組態615d中，導電元件152b安置於PCS 110之另一導電層上。因此，可期望電隔離導電元件111b與導電元件121b。

圖6I係圖6H中所圖解說明之連接組態615d沿著導電元件111及121之長度之一剖面圖。圖6I亦示意性地展示自導電元件111a、111b至導電元件121a、121b而至散熱器620中之熱量流。如所展示，在連接組態615d中，無論電組態如何，自導電元件111a、111b至導電元件121a、121b之熱量流沿著導電元件111a、111b及121a、121b之徑向路徑皆被增強。

圖7A至圖7D分別圖解說明根據某些實施例之定子700a及700b(下文

統稱為「定子700」)在耗散熱量時之熱影像，定子700包含具有至少一個介電基板162及導電層161a及161b之PCS 110。定子700a不包含導電元件111及121，而定子700b包含(參見圖1A至圖1B)。熱影像係藉由定子700上之選定位置中引入熱量導通體傳導損耗以模擬一操作馬達或發電機中之溫度分佈而獲得。一操作馬達或發電機中之熱量源及散熱器包含周圍磁組件及機械組件。此方法允許對與本文中所揭示之實施例相一致之不同定子設計之間的熱效能進行成像且比較熱效能。

引入熱量導通體傳導包含對一電源供應器進行組態以將固定量之電力(大約20 W)遞送至定子700達10分鐘。然後利用一FLIR數位IR相機對定子700進行成像。藉由將定子700放置於一殼體750中，曝露定子之一半以用於熱成像來建立邊界條件。另外，PCS 110之四個隅角中僅三者牢固地卡固至殼體750。此卡固組態允許在其他所有條件保持恆定之情況下比較熱設計在自定子700至殼體750散除熱量方面的功效。跨越三個Y型連接相區中之兩者激勵定子700。

圖7A展示在無良好熱接觸之左側隅角處定子700a較熱，跨越定子700a甚至在其終止處溫度相當均勻。此表明，與散熱外殼之品質無關，很難將熱量自定子700a傳遞出去。

圖7B至圖7D展示針對包含如本文中所揭示之導電元件111及121 (參見圖1A至圖1B、圖2至圖5及圖6A至圖6I)之定子700b進行之相同測試及量測步驟的結果。圖7A至圖7D中之溫度讀數僅係說明性的且絕非對本文中所揭示之實施例之限制。然而，顯而易見與具有不良熱終端之部分(圖7B至圖7D中之較亮部分)相比，定子700b卡固至殼體750之部分(圖7B至圖7D中之較暗部分)相對較涼。此表明與本發明之實施例相一致之構件在自定子700b

至殼體750散除熱量方面係有效的。

在圖7C中，定子700b展示具有良好熱終端之區域與具有不良熱終端之隅角之間的一不同圖案。然而，在此情形中，緊鄰卡固部之相區710c之熱標誌幾乎完全不存在。

圖7D更詳細地展示圖7C中之效應。注意板之左側部分(充分卡固部分)與右側(不良接觸部分)之間存在差異且相對於有角度方向(θ ，由於邊界條件改變)而言，在徑向方向(r ，朝向散熱器)上不存在一明顯梯度。總之，定子700a與定子700b之熱量散除功效之一比較展示：併入本發明實施例中之一或多者中所闡述之構件(例如，導電元件111、121及131)可更加高效地自作用區(其包含導電元件111)散除熱量。

圖8圖解說明用於製造根據某些實施例之一定子之一方法800之一流程圖，該定子包含具有至少一個介電層及複數個導電層之一平面複合結構(PCS)(例如，定子100、PCS 110、介電基板162、導電層161a、161b，參見圖1A至圖1B及至圖6)。

與本發明相一致之若干方法可包含以一不同順序執行之方法800中所圖解說明之步驟中之至少某些但非所有。此外，與本發明相一致之方法可包含如方法800中之至少兩個或兩個以上步驟，該等步驟在時間上重疊地或幾乎同時被執行。

步驟802包含：藉由在一介電基板上距PCS之一中心原點達一第一距離處徑向安置一第一導電元件而在PCS上形成一第一導電層(例如，導電層161a、介電基板162及導電元件111、111a、111b，參見圖1A至圖1B及圖4以及圖6A至圖6I)。步驟804包含：藉由徑向安置自距PCS之中心原點一第二距離處徑向延伸之一第二導電元件而在PCS上形成與第一導電層相對的

一第二導電層(例如，導電層161b及導電元件121、121a、121b、131、131a、131b、211，參見圖1A至圖1B、圖2及圖4以及圖6A至圖6I)。步驟806包含：透過一終端結構(例如，終端結構115，參見圖1A)耦合第一導電元件與第二導電元件。步驟808包含：在PCS上形成在第一導電層或第二導電層中之一者中自距PCS之中心原點一第三距離處徑向延伸之一第三導電元件(例如，導電元件121、121a、121b、131、131a、131b、211，參見圖1A至圖1B、圖2及圖4以及圖6A至圖6I)。步驟810包含：透過一第二終端結構(例如，終端結構105或115，參見圖1A)耦合第一導電元件與第三導電元件。

在某些實施例中，耦合第一導電元件與第二或第三導電元件可包含一熱耦合、一電耦合中之任一者或兩者。此外，耦合可包含具有開始結構及/或終端結構之一連接組態，終端結構包含穿過介電基板而自一個導電層至另一導電層之導通體(例如，導通體125及連接組態615，參見圖6A至圖6I)。在某些實施例中，第一導電元件位於PCS之一作用區域中且第二或第三導電元件中之至少一者位於PCS之一內區域中。因此，終端結構(例如，終端結構105)由於空間侷限而可徑向定向於PCS上。在某些實施例中，當第二或第三導電元件位於PCS之一周邊區域中時，終端結構(例如，終端結構115)可有角度地定向於PCS上。

熟習此項技術者將意識到，可在不背離本發明之精神或本質特點之情況下以其他特定形式體現本發明。因此，在所有方面將前述實施例看做說明性的而非對本文中所闡述之本發明之限制。因此，本發明之範疇由隨附申請專利範圍而非由上述說明指示，且因此本發明意欲涵蓋在申請專利範圍之等效內容之含義及範圍內之所有改變。

【符號說明】

100	定子
101	中心原點
102	周邊
105	開始結構/終端結構
110	平面複合結構
111	導電元件/第一導電元件/導體/元件
111a	導電元件/第一導電元件
111b	導電元件/第一導電元件
115	較佳終端結構/終端結構/結構
121	導電元件/第二導電元件/元件
121a	導電元件/第二導電元件
121b	導電元件/第二導電元件
125	導通體
131	導電元件/第三導電元件
131a	導電元件
131b	導電元件
141	距離
142	距離/半徑
143	半徑
151	導體/導電元件
152	導體/導電元件
152a	導電元件
152b	導電元件

161a	導電層/層
161b	導電層/層
162	介電基板
211	第三導電元件/導電元件
241	半徑
242	距離
431a	導電元件/跡線
431b	導電元件/跡線
615a	連接組態
615b	連接組態
615c	連接組態
615d	連接組態
620	散熱器
700a	定子
700b	定子
710c	相區
750	殼體
r	徑向方向
r_0	開始半徑/距離
r_1	距離/半徑
r_{-1}	半徑/距離
r_2	半徑
r_{-2}	半徑

r_3	半徑
θ	有角度方向/方向

【發明摘要】

【中文發明名稱】

印刷電路板定子中之熱管理的結構及方法

【英文發明名稱】

STRUCTURES AND METHODS FOR THERMAL MANAGEMENT
IN PRINTED CIRCUIT BOARD STATORS

【中文】

本發明提供一種用於一馬達或發電機之定子，該定子包含具有至少一個介電層及複數個導電層之一平面複合結構(PCS)。該定子包含第一導電元件，該等第一導電元件徑向延伸至距該PCS之一中心一距離 r_1 處且有角度地安置於該PCS上。每一第一導電元件包含一較佳終端結構以與複數個第二導電元件中之至少一者連接，該複數個第二導電元件自距該PCS之該中心一半徑 r_2 處徑向延伸且有角度地安置於該PCS上。

【英文】

A stator for a motor or generator including a planar composite structure (PCS) having at least one dielectric layer and a plurality of conductive layers is provided. The stator includes first conductive elements extending radially to a distance r_1 from a center of, and disposed angularly on, the PCS. Each first conductive element includes a preferred termination structure to connect with at least one of a plurality of second conductive elements extending radially from a radius r_2 from the center of, and disposed angularly on, the PCS.

【指定代表圖】

圖6A

【代表圖之符號簡單說明】

111a	導電元件/第一導電元件
111b	導電元件/第一導電元件
115	較佳終端結構/終端結構/結構
121a	導電元件/第二導電元件
121b	導電元件/第二導電元件
125	導通體
615a	連接組態
r	徑向方向
θ	有角度方向/方向

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種定子，其包括：

一平面複合結構(PCS)，其包括至少一個介電層及複數個導電層，該PCS之特徵至少部分地在於一中心原點及一周邊；

複數個第一導電元件，其朝向該PCS之該周邊徑向延伸至距該中心原點一距離 r_1 處且有角度地安置於該PCS上，每一第一導電元件終止於一較佳終端結構中；及

複數個第二導電元件，其自距該PCS的該中心原點一半徑 r_2 處朝向該周邊徑向延伸且有角度地安置於該PCS上；

其中根據一連接組態，該等第一導電元件中之至少一者在該較佳終端結構處連接至該等第二導電元件中之至少一者。

【第2項】

如請求項1之定子，其中 $r_1 < r_2$ 。

【第3項】

如請求項1之定子，其中 $r_1 = r_2$ 。

【第4項】

如請求項1之定子，其中該等第一導電元件中之至少一者包含銅或碳或者任何其他導電材料。

【第5項】

如請求項1之定子，其中該等第二導電元件中之至少一者包含銅或碳或者任何其他導熱材料。

【第6項】

如請求項1之定子，其中該較佳終端結構包含一錘頭狀組態。

【第7項】

如請求項1之定子，其中該連接組態包括一熱連接。

【第8項】

如請求項1之定子，其中該連接組態包括一電連接。

【第9項】

如請求項之1定子，其中該等第一導電元件中之至少一者與該等第二導電元件中之至少一者位於不同導電層上。

【第10項】

如請求項9之定子，其中該連接組態包括一熱連接。

【第11項】

如請求項10之定子，其中該熱連接包括複數個第三導電元件，該複數個第三導電元件自距該PCS的該中心原點一半徑 r_3 處朝向該周邊徑向延伸且有角度地安置於該PCS上，其中該等第三導電元件中之至少一者與該等第二導電元件中之至少一者重合且位於不同導電層上。

【第12項】

如請求項11之定子，其中 $r_2 < r_3$ 。

【第13項】

如請求項9之定子，其中該連接組態包括一電連接。

【第14項】

如請求項13之定子，其中該電連接包括源自於該等導電層中之一者上且終止於該等導電層中之另一者上之至少一個導通體。

【第15項】

一種定子，其包括：

一平面複合結構(PCS)，其包括至少一個介電層及至少一個導電層，該PCS之特徵至少部分在於由一中心原點及一周邊；

複數個第一導電元件，其自距該PCS之該中心原點一開始半徑 r_0 處朝向該周邊徑向延伸且有角度地安置於該PCS上，每一第一導電元件源自於一較佳開始結構中；及

複數個第二導電元件，其自距該PCS之該中心原點一半徑 r_{-1} 處朝向該中心原點徑向延伸且有角度地安置於該PCS上；

其中根據一連接組態，該等第一導電元件中之至少一者在該較佳開始結構處連接至該等第二導電元件中之至少一者。

【第16項】

如請求項15之定子，其中 $r_{-1} < r_0$ 。

【第17項】

如請求項15之定子，其中 $r_{-1} = r_0$ 。

【第18項】

如請求項15之定子，其中該等第一導電元件中之至少一者包含銅或碳或者任何其他導電材料。

【第19項】

如請求項15之定子，其中該等第二導電元件中之至少一者包含銅或碳或者任何其他導熱材料。

【第20項】

如請求項15之定子，其中該較佳開始結構包含一徑向導通體區塊組態。

【第21項】

如請求項15之定子，其中該連接組態包括一熱連接。

【第22項】

如請求項15之定子，其中該連接組態包括一電連接。

【第23項】

如請求項15之定子，其中該等第一導電元件中之至少一者與該等第二導電元件中之至少一者位於不同導電層上。

【第24項】

如請求項23之定子，其中該連接組態包括一熱連接。

【第25項】

如請求項24之定子，其中該熱連接包括複數個第三導電元件，該複數個第三導電元件自距該PCS之該中心原點一半徑 r_2 處朝向該中心原點徑向延伸且有角度地安置於該PCS上，其中該等第三導電元件中之至少一者與該等第二導電元件中之至少一者重合且位於不同導電層上。

【第26項】

如請求項25之定子，其中 $r_2 < r_1$ 。

【第27項】

如請求項23之定子，其中該連接組態包括一電連接。

【第28項】

如請求項23之定子，其中該電連接包括源自於該等導電層中之一者上且終止於該等導電層中之另一者上之至少一個導通體。

