

(21) 申請案號：111114159

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 04 月 14 日

(51) Int. Cl. : H02H7/20 (2006.01) H02H3/08 (2006.01)

(30) 優先權：2021/04/22 美國 17/237,500

(71) 申請人：美商力特福斯股份有限公司 (美國) LITTELFUSE, INC. (US)

美國

(72) 發明人：秦傳芳 CHIN, CHUAN FANG (TW)；杜志德 TO, TEDDY (HK)

(74) 代理人：葉璟宗；鄭婷文；詹富閔

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：19 共 58 頁

(54) 名稱

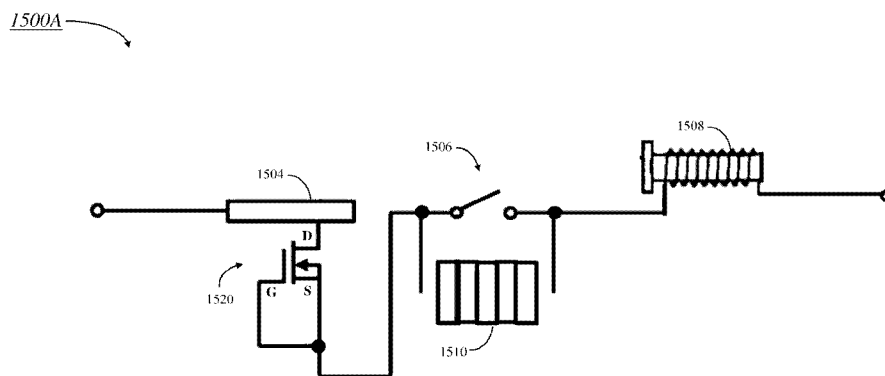
迷你斷路器

(57) 摘要

本文中揭露一種用於提供短路保護及過載保護的迷你斷路器。迷你斷路器的特點是具有場效電晶體 (FET)，場效電晶體可為空乏型金屬氧化物半導體 FET (D MOSFET)、接面場效電晶體 (JFET) 或碳化矽 JFET，FET 連接至雙金屬開關，其中雙金屬開關充當溫度感測斷路器。D MOSFET 與雙金屬開關藉由進行組合而能夠限制去往下游電路組件的電流，因此保護組件免受損壞。

A miniature circuit breaker for providing short circuit and overload protection is disclosed herein. The miniature circuit breaker features a field effect transistor (FET), which may be a depletion mode metal oxide semiconductor FET (D MOSFET), a junction field-effect transistor (JFET), or a silicon carbide JFET, the FET being connected to a bi-metallic switch, where the bi-metallic switch acts as a temperature sensing circuit breaker. In combination, the D MOSFET and bi-metallic switch are able to limit current to downstream circuit components, thus protecting the components from damage.

指定代表圖：



【圖15A】

符號簡單說明：

1500A: 電路圖/電路/圖

1504: 雙金屬條帶

1506: 主開關

1508: 電磁線圈

1510: 電弧槽

1520: 空乏型 MOSFET (D MOSFET)

D: 汲極

G: 閘極

S: 源極

【發明摘要】

【中文發明名稱】透過空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體或接面場效電晶體與迷你斷路器中之雙金屬溫度感測開關之過電流保護

【英文發明名稱】OVERCURRENT PROTECTION BY DEPLETION MODE MOSFET OR JFET AND BI-METALLIC TEMPERATURE SENSING SWITCH IN MINI CIRCUIT BREAKER

【中文】本文中揭露一種用於提供短路保護及過載保護的迷你斷路器。迷你斷路器的特點是具有場效電晶體（FET），場效電晶體可為空乏型金屬氧化物半導體 FET（D MOSFET）、接面場效電晶體（JFET）或碳化矽 JFET，FET 連接至雙金屬開關，其中雙金屬開關充當溫度感測斷路器。D MOSFET 與雙金屬開關藉由進行組合而能夠限制去往下游電路組件的電流，因此保護組件免受損壞。

【英文】A miniature circuit breaker for providing short circuit and overload protection is disclosed herein. The miniature circuit breaker features a field effect transistor (FET), which may be a depletion mode metal oxide semiconductor FET (D MOSFET), a junction field-effect transistor (JFET), or a silicon carbide JFET, the FET being connected to a bi-metallic switch, where the bi-metallic switch acts as a temperature sensing circuit breaker. In combination, the D MOSFET and bi-metallic switch are able to limit current to downstream circuit components, thus protecting the

components from damage.

【指定代表圖】圖15A。

【代表圖之符號簡單說明】

1500A：電路圖/電路/圖

1504：雙金屬條帶

1506：主開關

1508：電磁線圈

1510：電弧槽

1520：空乏型 MOSFET (D MOSFET)

D：汲極

G：閘極

S：源極

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 透過空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體或接面場效電晶體與迷你斷路器中之雙金屬溫度感測開關之過電流保護

【英文發明名稱】 OVERCURRENT PROTECTION BY DEPLETION MODE MOSFET OR JFET AND BI-METALLIC TEMPERATURE SENSING SWITCH IN MINI CIRCUIT BREAKER

【技術領域】

【先前技術】

【0001】 過電流（overcurrent）或過多電流（excess current）是其中較預期電流大的流經電路的情況。過電流本質上可為恆定的或暫態的。電壓瞬變（電能的短時間突波（surge））是先前儲存的能量突然釋放的結果，或者是由其他方式（例如重電感負載或雷電）引起的。可重覆瞬變是由馬達、發電機的運行或有抗電路組件（reactive circuit component）的切換而頻繁引起。隨機瞬變可能由雷電及靜電放電（Electrostatic Discharge，ESD）引起。

【0002】 組件迷你化已導致對電性應力的敏感性增加。舉例而言，微處理器具有無法對來自 ESD 瞬變的高電流進行處置的結構及導電路徑。此類組件在非常低的電壓下進行操作，因此優先控制電壓擾動，以防止裝置中斷及潛在或災難性故障。

【0003】 就該些及其他考量而言，本發明的改良可有所助益。

【發明內容】

【0004】 提供本發明內容是為了以簡化形式介紹以下將在實施方式中進一步闡述的一系列概念。本發明內容並非旨在辨識所請求保護的標的物的關鍵特徵或本質特徵，亦非旨在幫助確定所請求保護的標的物的範圍。

【0005】 揭露一種迷你斷路器的示例性實施例，所述迷你斷路器可進行操作以提供由於短路或過載事件而引起的保護。迷你斷路器包括由外部杠杆手動斷開或閉合的開關，但開關因應於第一故障事件或第二故障事件而自動斷開。迷你斷路器亦包括因應於第一故障事件而將開關斷開的電磁線圈、雙金屬條帶以及與雙金屬條帶串聯連接的場效電晶體（field effect transistor, FET），其中 FET 的閘極端子與源極端子連接至彼此。雙金屬條帶及 FET 在第二個故障事件期間將開關斷開。

【0006】 根據本揭露的迷你斷路器的另一示例性實施例可包括雙金屬條帶、場效電晶體（FET）及開關。雙金屬條帶包括細長金屬條帶及包繞於條帶周圍的金屬繞組。若超過迷你斷路器的額定電流，則細長金屬條帶發生彎曲。在自細長金屬條帶移除金屬繞組之後，FET 與細長金屬條帶串聯連接且熱系接至細長金屬條帶。FET 具有連接至源極端子的閘極端子。當超過迷你斷路器的額定電流的電流進入迷你斷路器中時，開關由於細長金屬條帶的彎曲而斷開。FET 提供高於額定電流的電流限制。

【圖式簡單說明】**【0007】**

圖 1 是示出根據示例性實施例的包括雙金屬開關及 D MOSFET 的保護電路的圖。

圖 2 是示出根據示例性實施例的包括獨立的雙金屬開關的保護電路的圖。

圖 3 是根據示例性實施例的用於向電路提供過電流保護的裝置的圖。

圖 4 是根據示例性實施例的利用螺釘及螺栓連接至 D MOSFET 的雙金屬開關的例示。

圖 5 是根據示例性實施例的利用圖 2 所示獨立的雙金屬開關實行的實驗的響應波形。

圖 6 及圖 7 是根據示例性實施例的在圖 3 所示雙金屬開關與 D MOSFET 之間實行的實驗的響應波形。

圖 8 是根據示例性實施例的提供對圖 2 及圖 3 所示電路實行的過電流測試電流操作的結果的表。

圖 9 是根據示例性實施例的對具有獨立的雙金屬開關的電路與具有帶有 D MOSFET 的雙金屬開關的電路之間的跳閘響應時間進行比較的圖表。

圖 10 是根據示例性實施例的對圖 2 所示獨立的雙金屬開關電路實行的實驗的響應波形。

圖 11 是根據示例性實施例的對包括圖 3 所示雙金屬開關及 D

MOSFET 的裝置實行的實驗的響應波形。

圖 12A 及圖 12B 是根據先前技術的迷你斷路器的例示。

圖 13 是根據先前技術的迷你斷路器的例示。

圖 14 是根據先前技術的迷你斷路器的電路圖。

圖 15A 及圖 15B 是根據示例性實施例的具有 D MOSFET 的迷你斷路器的電路圖。

圖 16 是根據示例性實施例的具有 D MOSFET 的迷你斷路器的例示。

圖 17 至圖 19 是根據示例性實施例的對具有 D MOSFET 的迷你斷路器及不具有 D MOSFET 的迷你斷路器實行的實驗的響應波形。

【實施方式】

【0008】本文中揭露用於提供過電流保護及過電壓保護的電路。所述電路的特點是具有空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體（metal oxide semiconductor field effect transistor，MOSFET）（depletion mode MOSFET，D MOSFET）作為限流器，D MOSFET 連接至雙金屬開關，其中雙金屬開關充當溫度感測斷路器。D MOSFET 與雙金屬開關藉由進行組合而能夠限制去往下游電路組件的電流，因此保護組件免受損壞。

【0009】此外，本文中揭露用於提供過電流保護及過電壓保護的迷你斷路器（Mini Circuit Breaker，MCB）。MCB 的特點是具有空乏型 MOSFET（D MOSFET）或接面場效電晶體（junction field

effect transistor，JFET）作為限流器，D MOSFET 或 JFET 連接至雙金屬條帶，其中雙金屬條帶充當溫度感測斷路器。D MOSFET 或 JFET 與雙金屬條帶藉由進行組合而能夠限制去往下游電路組件的電流，因此保護組件免受損壞。

【0010】 金屬氧化物半導體場效電晶體裝置（被稱為 MOSFET）是用於在電子裝置中對電子訊號進行切換及放大的半導體裝置。透過對 MOSFET 的閘極上的電壓進行調整，設置於 MOSFET 的源極與汲極之間的通道的寬度被變更。基於 MOSFET 是利用 N 型基板構建的 P 通道裝置、利用 P 型基板構建的 N 通道裝置、垂直設置的半導體、側向設置的半導體、空乏型抑或增強型，MOSFET 具有多種配置。

【0011】 與透過在閘極兩端施加電壓而接通的增強型 MOSFET 相反，當閘極端子處於零伏（ $V_{GS}=0$ 伏）時，空乏型 MOSFET 被稱為「常接通（normally-on）」裝置。除了在源極區與汲極區之間具有薄閘極氧化物之外，使用離子植入在閘極氧化物層下面以及源極區與汲極區之間形成導電通道。基板至通道區中的活性摻雜劑的濃度用於將 MOSFET 的臨限值電壓（ V_{Th} ）調整至期望值。儘管名稱如此，但許多現代 MOSFET 可在絕緣閘極氧化物頂部製造有多晶矽閘極，而非金屬。

【0012】 雙金屬開關是由聯接（join）於一起（背對背）的兩個金屬條帶組成的開關。雙金屬開關將被放置於兩個連接點之間的電路中。第一金屬條帶具有第一熱膨脹係數且第二金屬條帶具有

不同的第二熱膨脹係數。在向雙金屬開關施加熱量時，一旦溫度超過「斷開 (open)」臨限值，基於該兩種不同的熱膨脹係數，開關將暫時變形或發生彎曲。在其中雙金屬開關由預定長度的兩個背對背金屬條帶組成的情況下，施加熱量將使開關「縮短」或一端「抬起」，使得開關不再維持預定長度，因此變得不附接至電路的兩個連接點，進而導致開路狀態。在其中雙金屬開關是製造的封裝的部分（例如 KSD-01F 溫度開關恆溫器，以下將進一步論述）的情況下，封裝包括兩條延伸的腿，所述兩條延伸的腿將在加熱期間更改其相對位置，因此導致自電路的連接點斷開連接，進而導致開路狀態。在任一配置中，一旦雙金屬開關再次冷卻下來，開關將伸直或恢復至其原始形狀（一般而言是平的），因此使開關再次附接於所述兩個連接點之間且將電路閉合。

【0013】 圖 1 是根據示例性實施例的保護電路 100 的代表性圖式。保護電路 100（本文中亦被稱為「電路」）由彼此串聯連接的雙金屬開關 102 與空乏型 MOSFET 104（下文中為「D MOSFET」或「MOSFET」）組成。D MOSFET 104 包括汲極（D）及源極（S）、以及閘極（G），電流流經所述汲極（D）及源極（S），在某些電壓狀況下，閘極（G）將影響汲極與源極之間的電流流動。作為空乏型裝置，儘管閘極（G）電壓為 0 伏，但 D MOSFET 104 通常是「接通的」，其中汲極（D）與源極（S）之間存在電流流動。當開關閉合時，雙金屬開關 102 在節點 110 與 112 之間提供電性路徑，且當開關未閉合時，雙金屬開關 102 引起開路。雙金屬開關 102

的一端亦連接至 D MOSFET 104 的汲極 (D)。

【0014】 保護電路 100 更包括電阻器 106，電阻器 106 在第一端處連接至 MOSFET104 的源極 (S) 且在第二端處連接至 MOSFET 的閘極 (G)。因此，電阻器 106 兩端的電壓與 MOSFET104 的閘極至源極電壓相同。電阻器 106 的第二端 (以及 MOSFET104 的閘極) 連接至待保護的附加電路元件 108，待保護的附加電路元件 108 處於已闡述的電路元件的下游且一般而言在圖 1 中示出。

【0015】 在示例性實施例中，D MOSFET 104 是限流器且雙金屬開關 102 充當溫度感測斷路器。保護電路 100 的雙金屬開關 102 由背對背彼此附接的兩個不同金屬條帶組成。第一金屬條帶具有第一熱膨脹係數且第二金屬條帶具有不同的第二熱膨脹係數。當雙金屬開關所感測的溫度超過臨限值溫度時，此種差異使開關 102 呈現暫時變形 (例如發生彎曲)。暫時變形使雙金屬開關 102 不再連接至節點 110 及 112 兩者，進而導致開路。由於臨限值溫度使雙金屬開關 102 將保護電路 100 斷開，因此臨限值溫度在本文中亦被稱為「斷開臨限值溫度」及「跳閘點」或「跳閘時間」溫度。

【0016】 在示例性實施例中，對雙金屬開關 102 與 D MOSFET 104 進行組合會向電路 100 提供過電流保護。如圖 1 中所示，過電流狀況可表徵為 1) 暫態過電流或 2) 恆定過電流。一旦存在過電流狀況，D MOSFET 104 便產生熱量，此會激活雙金屬開關 102 的熱感測特性。雙金屬開關 102 的暫時變形意指達到了開路臨限值溫度，使得雙金屬開關 102 無法連接至電路 100 的節點 110 及

112 中的一或多者，進而導致開路。

【0017】 一旦故障過電流狀況消退，雙金屬開關 102 的所述兩個金屬條帶將冷卻下來，使開關自暫時變形狀態返回至其原始狀態。此會使雙金屬開關 102 再次在電路 100 的節點 110 與 112 兩者之間建立連接，進而導致閉合電路。雙金屬開關 102 因此提供保護電路 100 的斷路狀況，此是用於對電路內的其他電子系統或裝置（在圖 1 中指示為「附加電路元件 108」）進行安全防護的故障安全環境。

【0018】 在保護電路 100 內，D MOSFET 104 能夠對過電流事件及過電壓事件提供快速響應及阻斷能力且能夠對突波電流事件進行快速箝位。D MOSFET 的過電流箝位能力會吸收快速暫態突波能量，此會保護一些有害的暫態突波不會到達欲保護的敏感電子裝置（附加電路元件 108）中。

【0019】 相比之下，雙金屬開關 102 提供高電流斷開能力。然而，雙金屬開關 102 無法快速響應以防止快速暫態事件。因此，在示例性實施例中，對雙金屬開關 102 與 D MOSFET 104 進行組合會有助於利用所述兩種裝置的優點來提供過電流保護及過電壓保護方面的改良。

【0020】 在示例性實施例中，D MOSFET 104 是由力特®（Littelfuse®）製造的 IXTH16N50D2 空乏型 MOSFET（其中 $V_{DSX} = 500$ 伏， $I_{D(on)} = 16$ 安， $R_{DS(on)} = 300$ 毫歐姆），且雙金屬開關 102 是由東莞市富寬源電子有限公司（fuyuanfuse.com）製造的

KSD-01F 溫度開關恆溫器。如圖 1 中所示，雙金屬開關 102 連接至 D MOSFET 104 的輸入端子汲極 (D) 接腳。電阻器 106 連接於 D MOSFET 104 的 G-S 端子之間。雙金屬開關 102 充當導電開關。在正常操作期間，雙金屬開關 102 使得電流能夠經過，而只要電流不超過斷開臨限值溫度 (此亦可被認為是雙金屬開關 102 的「觸發位準」)。

【0021】示出為 I_D 的 MOSFET104 的汲極電流開始流經 D MOSFET 104 的 D-S 端子，直至閘極至源極電壓 V_{GS} 電位差 ($I_D \times R$) 達到會引起更負的 V_{GS} 以阻擋更多電流經過 D MOSFET 104 的位準。在一個實施例中，隨著所施加的電壓增大，電流將以線性模式增大，直至達到飽和狀態。達成平衡，其中組合電路 (包括雙金屬開關 102 及 D MOSFET 104) 將使得 D MOSFET 的最大飽和電流 I_{sat} 能夠流經電路 100。在此種狀態下，能量亦會在 D MOSFET 104 中耗散 (其中 $I_{sat} \times V_{DS}$)，熱量亦是如此。

【0022】在示例性實施例中，飽和電流 I_{sat} 是經過 D MOSFET 104 的最大穩定狀態電流。此意指，只要不超過飽和電流，D MOSFET 將維持功能，而不會出現晶片故障或由於過熱引起的故障。若過載電流小於 I_{sat} ，則 D MOSFET 104 仍會以熱的形式來使能量耗散，而沒有任何問題。然而，若在到達 D MOSFET 中的輸入側處存在非常高的短路，因此超過其 I_{sat} (飽和電流) 值，則 D MOSFET 將迅速做出反應且更快地將過多的電流耗散成熱量。此繼而使 D MOSFET 104 的外部封裝的更高的溫度升高，以使雙金屬開關 102

快速跳閘，此會阻止更多的電流將 D MOSFET 斷開。然而，超過 MOSFET 的飽和電流 I_{sat} 的延長電流將使 D MOSFET 的過熱超過其最大接面溫度，進而導致晶片故障及 MOSFET 功能喪失。因此，雙金屬開關亦有助於保護 D MOSFET 免受過熱故障的影響。

【0023】 在示例性實施例中，保護電路 100 使用介於自 0 安至 I_{sat} 飽和電流的範圍內的所施加電流進行操作。異常狀況可能導致輸入電流 I_D 突然升高。舉例而言，異常狀況可能是由負載上短路、負載切換或突然過載狀況引起。該些異常狀況會使經過雙金屬開關 102 及 D MOSFET 104 的電流激增。若此電流保持在飽和電流 I_{sat} 以下，則 D MOSFET 將由於功率耗散至 MOSFET 而逐漸加熱。然而，若過電流超過飽和電流 I_{sat} ，則輸入電流 I_D 將急劇增大，其中向 D MOSFET 的熱量耗散 ($I_D \times V_{DS}$) 導致雙金屬開關跳閘得更快，以保護 D MOSFET。此將使雙金屬開關 102 達到其斷開連接位準，因此在斷開臨限值溫度下自節點 110、112 中的一或多者斷開連接。因此，雙金屬開關亦在安全操作區域及熱極限內為 D MOSFET 提供切斷保護。

【0024】 在一個實施例中，當節點 110 及/或 112 處的斷開連接發生時，流經保護電路 100 的總電流被切斷，此會消除流向 D MOSFET 104 的電流，使 MOSFET 的熱量耗散，且最終透過消除持續過電流來避免 D MOSFET 過熱。

【0025】 因此，保護電路 100 有利地提供一種反饋機制，當短路電流事件的嚴重性增加時，所述反饋機制傾向於向 D MOSFET 104

提供更快的保護。因此，短路電流的位準越高，雙金屬開關 102 能夠更快地將去往 D MOSFET 104 的電流切斷，且因此保護 D MOSFET 免受過熱損壞。出現此種反饋是由於 D MOSFET 104 在過電壓/過電流狀況下產生的高熱量使雙金屬開關 102 更快斷開，因此防止更多的電流經過 D MOSFET 且消除此種自加熱，並且最終保護下游的附加電路元件 108。

【0026】 圖 2、圖 3 及圖 4 分別是根據示例性實施例的保護電路 200、300 及 400 的例示，用於例示連續電流測試的結果。在示例性實施例中，雙金屬開關是 KSD-01 溫度開關恆溫器（在 60°C 下觸發且工作電流 @ 2 安 250 伏），D MOSFET 是 IXTH16N50D2 空乏型 MOSFET（其中 $V_{DSX} = 500$ 伏， $I_{D(on)} = 16$ 安， $R_{DS(on)} = 300$ 毫歐姆），且電阻器 206 是 0 歐姆電阻器。在圖 2 中，雙金屬開關 202 是未耦合至 MOSFET 的獨立裝置。在圖 3 中，雙金屬開關 302 連接至 D MOSFET 304 及電阻器 306，其中電路元件與圖 1 所示保護電路 100 中的電路元件類似地進行佈置。在圖 4 中，雙金屬開關 402（KSD-01F）利用螺釘 412 及螺栓（不可見）以背對背的方式系接至 D MOSFET 404（TO247 封裝）。在一個實施例中，雙金屬開關 402 及 D MOSFET 404 進一步使用導熱環氧黏合劑（未示出）彼此熱聯結（link）。在另一實施例中，雙金屬開關 402 及 D MOSFET 404 進一步使用導電環氧凝膠彼此熱聯結。此外，雙金屬開關 402 及 D MOSFET 404 經由配線 406、408 及 410 彼此電性連接且電性連接至電路的其他部分。KSD-01F 雙金屬開關由雙金屬

盤、對裝置的所述兩條腿進行連接的金屬橋、金屬橋接觸件及與散熱器隔離的塑膠殼體組成。雙金屬盤將在特定溫度下發生彎曲，此使得金屬橋與腿連接或斷開連接，因此將電路閉合或斷開。

【0027】 在圖 2 及圖 3 中，相應的箭頭 204 及 322 示出電流流動的方向。在特別具有獨立的雙金屬開關 202 的電路 200 中，在將開關閉合的同時，電流 204 自節點 206 流動至節點 208。當雙金屬開關 202 被斷開時，不存在電流流動。在特別具有雙金屬開關 302、D MOSFET 304 及電阻器 306 的電路 300 中，電流 322 自節點 308 經過閉合的雙金屬開關 302，自 D MOSFET 304 的節點 314 流動至節點 316（汲極至源極），自電阻器 306 的節點 318 流動至節點 320，且最終流動到節點 310。由於電阻器 306 連接於 D MOSFET 304 的源極與閘極之間，因此當電流 322 流動時電阻器 306 兩端的電壓與 D MOSFET 的閘極至源極電壓 V_{GS} 相同。因此，節點 314 及 316（灰色）兩端的電壓是 D MOSFET 304 的汲極至源極電壓 V_{DS} ，而節點 318 及 320（白色）兩端的電壓是閘極至源極電壓 V_{GS} 。

【0028】 電路 300 亦可為由雙金屬開關 302、D MOSFET 304 及電阻器 306 組成的獨立裝置 300。過電流保護裝置 300 因此可被添加至需要過電流保護的任何電路中。

【0029】 傳導過電流測試電流以對下面三組狀況下的雙金屬開關的跳閘時間進行評估：

- 在雙金屬開關 202 作為獨立裝置（圖 2）的條件下，測試

電流為所施加電流（低於飽和電流 I_{sat} ）的 100%（2 安）、200%（4 安）、300%（6 安）、400%（8 安）、500%（10 安）、600%（12 安）、700%（14 安）、800%（16 安）、1000%（20 安）及 1200%（24 安）

- 在雙金屬開關 202 連接至 D MOSFET 204（圖 3）的條件下，測試電流為所施加電流（低於飽和電流 I_{sat} ）的 100%（2 安）、200%（4 安）、300%（6 安）、400%（8 安）、500%（10 安）、600%（12 安）、700%（14 安）、800%（16 安）、1000%（20 安）及 1200%（24 安）的
- 在雙金屬開關 202 使用螺釘及螺栓熱聯結至 D MOSFET 204（圖 4）的條件下，測試電流為所施加電流（低於飽和電流 I_{sat} ）的 100%（2 安）、200%（4 安）、300%（6 安）、400%（8 安）、500%（10 安）及 600%（12 安）、700%（14 安）、800%（16 安）、1000%（20 安）及 1200%（24 安）

【0030】 由於該些測試中所使用的雙金屬開關（KSD-01 溫度開關恆溫器）具有 2 安（在 250 伏下）的工作電流，因此 2 安輸入代表其工作電流的 100%。因此，進行該些測試是為了量測雙金屬開關在不同操作狀況下的跳開時間。因此，除了在 2 安處進行的第一次測試之外，所述裝置在其標準化額定電流的倍數處進行測試，其中最極端的測試發生在裝置的額定電流的十二倍（24 安）處。

【0031】 圖 5 是根據示例性實施例的圖 2 所示獨立的雙金屬開關 202 的響應波形 500，其中 10 伏源極向電路 200 供應 8 安電流（開關的額定電流的 400%）。即使流經雙金屬開關 202 的電流額定為裝置的標準化額定電流的四倍，到達裝置跳閘點 502 仍會花費 48 秒。此並不理想，因為雙金屬開關在四倍標準化電流下的長時間跳閘會給下游組件帶來非常高的壓力，進而增加故障的可能性。

【0032】 圖 6 是根據示例性實施例的連接至圖 3 所示 D MOSFET 304 的雙金屬開關 302 的響應波形 600，其中 10 伏源極向電路 300 供應 6 安（開關的額定電流的 300%）。如波形 600 中所示，將 10 伏 6 安過電流狀況施加至保護電路 300（圖 3）以對其響應進行量測。經過 D MOSFET 304 的電流 (I_D) (C2) 及雙金屬開關 302 及 D MOSFET 304 (V_{DS}) (C3) 兩端的電壓相對於時間圖被監控及捕獲。它們的刻度標記於波形 600 的底部處。跳閘點 602 是其中雙金屬開關 302 開始斷開連接的點。

【0033】 圖 7 是根據示例性實施例的連接至圖 3 所示 D MOSFET 304 的雙金屬開關 302 的響應波形 700，其中 10 伏源極向電路 300 供應 12 安（開關的額定電流的 600%）。在此實例中，電阻器 306 處於 0 歐姆。如波形 700 中所示，將 10 伏 12 安過電流狀況施加至保護電路 300（圖 3）以對其響應進行量測。在跳閘點 702 處，自 D MOSFET 304 流出的電流 I_D 自 12 安快速下降至 0 安，而 MOSFET 兩端的電壓 V_{DS} 自 10 伏下降至 0 伏。就在跳閘點 702 之前，MOSFET 304 花費約 $4.27 \text{ 伏} \times 12 \text{ 安} = 54.24 \text{ 瓦}$ 的功率耗散（參

見以下圖 8 所示表 800)。600% (12 安) 額定電流造成 D MOSFET 304 中的熱量耗散，此會使 MOSFET 封裝的溫度升高且在 60°C 處達到雙金屬開關 202 斷開連接的水準。在圖 700 (圖 7) 中所示的實例中，到達雙金屬開關 202 的跳閘點 702 花費約 3.7 秒。因此，在示例性實施例中，如該些波形所示，切斷過電流事件的響應時間不僅取決於過電流幅值，亦取決於由 D MOSFET 304 引起的固有熱耗散。

【0034】 圖 8 包括表 800，以示出根據一些實施例的過電流測試電流操作的結果。如圖所示，在存在及不存在 D MOSFET 304 的條件下，利用不同的電流進行進一步的測試。在該些實例中，利用低於飽和電流 I_{sat} 的額定電流對 IXTH16N50D2 D MOSFET 及帶有 60°C 觸發器的雙金屬開關進行測試。

【0035】 表 800 提供利用不同的電流及雙金屬開關跳閘響應的測試的總結。表 800 的頂部提供在八種電流狀況 (6 安、8 安、10 安、12 安、14 安、16 安、20 安及 24 安) 下連接至 D MOSFET 304 的雙金屬開關 302 (圖 3) 的跳閘時間信息；表 800 的底部提供在同八種電流狀況下，未連接至 D MOSFET 的雙金屬開關 202 (圖 2) 的跳閘時間信息。表 800 示出獨立的雙金屬開關 202 (圖 2) 的跳閘時間為 8 秒 (在 12 安電流的條件下)。在將相同的 12 安施加至與雙金屬開關電路進行組合的 D MOSFET (圖 3) 的條件下，跳閘時間縮短至僅 3.7 秒。因此，在示例性實施例中，對於 D MOSFET+ 雙金屬開關，在 3X 至 6X 的電流範圍的條件下，跳閘時間快得多

/得到改善。

【0036】 表 800 亦示出，雙金屬開關在 2 安(所施加電流的 100%) 或 4 安(所施加電流的 200%) 處不會跳閘。相反，雙金屬開關在 6 安(300%) 處開始跳閘，此乃因在 6 安電流處存在足夠的能量來以熱方式啟用雙金屬開關。

【0037】 如該些實驗所示，在示例性實施例中，D MOSFET 的存在會加速雙金屬開關在所有電流比率下的跳閘。電阻 R 會決定在穩定狀態下經過 D MOSFET 的最大容許電流，即 I_{sat} 飽和電流。在示例性實施例中，與使用 $R=0.1$ 歐姆電阻器相比，使用 0 歐姆電阻器將容許更高的 I_{sat} 值。當電阻器 306 為零時，MOSFET 304 的 V_{GS} 亦為零。但是，透過稍微增大電阻(例如， $R=0.1$ 歐姆)，MOSFET304 的閘極至源極電壓 V_{GS} 將變得稍微為負，並且將開始夾斷並限制流經 D MOSFET 的電流。

【0038】 透過增大電阻 R，飽和電流 I_{sat} 及閘極至源極電壓(V_{GS}) 兩者發生改變，使得 D MOSFET 兩端的功率變更並能夠為 D MOSFET 提供更多的功率耗散。在示例性實施例中，該些考量將有利於選擇不同的雙金屬開關來與不同額定值的斷路器一起工作。

【0039】 圖 9 包括圖表 900，圖表 900 示出兩種類型的保護電路的改善的跳閘響應時間：1) 不具有 MOSFET 的雙金屬開關(圖 2) 以及 2) 具有 MOSFET 的雙金屬開關(圖 3)。圖表 900 示出雙金屬開關的以秒計的跳閘時間(y 軸)與以安培計的電流(x 軸)的

關係。黑色圓圈示出獨立的雙金屬開關（例如，圖 2）的跳閘時間而淺色圓圈示出雙金屬開關加上 D MOSFET（例如，圖 3）的跳閘時間。一旦雙金屬開關與 D MOSFET 進行組合，在圖表 900 中跳閘時間自右向左偏移且自頂部向下更接近底部（意指更短的跳閘時間），此在雙金屬開關跳閘時間的安全操作曲線內。因此，添加帶有雙金屬開關的 D MOSFET 將增加總跳閘時間並為下游電子裝置提供更快的保護。

【0040】 圖表 900 中顯示出由 D MOSFET 所提供的益處。舉例而言，由黑色圓圈 902 給出的在 8 安處獨立的雙金屬開關的跳閘時間約為 57 秒，而由淺色圓圈 904 給出的在相同電流處的雙金屬開關加上 D MOSFET 的跳閘時間約為 8 秒。類似地，由黑色圓圈 906 給出的在 10 安處的獨立的雙金屬開關的跳閘時間約為 19 秒，而組合電路（淺色圓圈 908）的跳閘時間約為 6 秒。僅在較高的電流下，獨立的雙金屬開關才能較組合電路好，此是有道理的，因為開關的額定電流已被遠遠超過。圖表 900 因此示出由雙金屬開關與 D MOSFET 兩者組成的組合電路一起工作以防止過電流狀況的益處。

【0041】 返回圖 2 所示保護電路 200，根據示例性實施例，電路包括經歷突波測試的獨立的雙金屬開關 202。所述測試是在 2 歐姆下在峰值電壓為 500 伏的條件下利用 1.2/50 微秒的突波電流實行。相比之下，圖 3 示出在雙金屬開關 302 連接至 D MOSFET 304 的汲極且電阻器 306 連接於 MOSFET 的源極與閘極之間的條件下

的電路 300。此電路 300 的一個變型不包括電阻器。同樣，測試是在 2 歐姆下在峰值電壓為 500 伏的條件下利用 1.2/50 微秒的突波電流實行。在電路 200 及 300 兩者中，雙金屬開關是 KSD-01 溫度開關恆溫器，而在電路 300 中，D MOSFET 304 是 IXTH16N50D2 空乏型 MOSFET（其中 $V_{DSX} = 500$ 伏， $I_{D(on)} = 16$ 安， $R_{DS(on)} = 300$ 毫歐姆）。

【0042】 圖 10 包括響應波形 1000，響應波形 1000 示出根據一些實施例的獨立電路（例如圖 2 所示電路 200）中的雙金屬開關的突波響應。存在 1.2/50 微秒突波波形，其中峰值電壓為 500 伏且虛擬阻抗為 2 歐姆。如波形 1000 中所示，經過雙金屬開關的突波電流（C2）具有 230.7 安的峰值響應。為了對電壓波形進行轉換，峰值電壓為 $230.7 \text{ 伏} \times 2 \text{ 歐姆} = 461.4 \text{ 伏}$ 。在傳入突波略有上升的條件下，雙金屬開關兩端的電壓（C1）在 10 伏處幾乎保持不變。然而，突波不會觸發雙金屬開關斷開。因此，在一些實施例中，開關不會在此種突波狀況下觸發。

【0043】 圖 11 包括響應波形 1100，以示出根據一些實施例的特點為具有經組合的 D MOSFET 與雙金屬開關的電路（例如圖 3 所示電路 300）的突波響應。如波形 900 中所示，在相同的傳入突波條件下，經過 D MOSFET 與雙金屬開關組合的電流被向下箝位（C2）並在約 40 微秒處在峰值電流約為 21.8 安處保持「飽和」。D MOSFET 非常快速地在突波上進行箝位並使所得輸出成為非常低的電流輸出。此與獨立的雙金屬開關的上述突波測試（圖 10）

形成對比。

【0044】 因此，在示例性實施例中，採取具有雙金屬熱開關的 D MOSFET，開關的觸發時間較在利用相同的所施加過電流的條件下獨立觸發時快得多。此外，所得突波電流處於低得多的安全位準處，以便保護下游電路元件。

【0045】 在示例性實施例中，D MOSFET 加上雙金屬開關能夠在電路中一起密切工作，以提供相互保護。在延長的過電流保護事件下，D MOSFET 加熱並在指定的觸發溫度下觸發開關，並且產生開路電流，此既可防止過電流經過電路的下游組件，又可防止 D MOSFET 過熱。一旦開關的殼體冷卻下來達到復位水準，開關便會自其暫時變形的位位置復位至其正常位置。

【0046】 此外，在一些實施例中，本文中闡述的組合電路可成為手動復位斷路器的部分。眾所習知，這些類型的斷路器具有雙金屬條帶，但是，一旦金屬條帶跳閘引起開路，斷路器便只能在人工干預下復位。本文中揭露的雙金屬條帶加上 D MOSFET 可為此種斷路器的合適替代物且可消除對斷路器進行復位對於人為干預的需要。當兩個裝置（雙金屬開關與 D MOSFET）以此種方式連接時，它們具有自保護及自復位特徵。

【0047】 除了以上給出的雙金屬開關實例之外，本文中闡述的原理可類似地應用於其他類型的熱開關、迷你斷路器及內部具有雙金屬開關的繼電器型斷路器，而無論該些裝置包括自復位功能抑或手動復位功能。

【0048】自以上測試結果來看，D MOSFET 提供附加的加熱效果，以使雙金屬開關的跳閘加速。已示出，在所有過電流位準（例如在一些實施例中為 100%、200%及 400%）下，雙金屬開關在存在 D MOSFET 的條件下能夠更快地跳閘。因此，雙金屬開關與 D MOSFET 密切配合且對彼此提供相互保護。

【0049】在示例性實施例中，以上波形示出在將開關一起放在 D MOSFET 封裝的頂部（如圖 4 中所示）的同時將雙金屬開關放在 D MOSFET 之前，此會使所述兩個裝置相互受益以防止過電流事件。在 MOSFET 的閘極至源極端子（例如，圖 3 中的電阻器 306）中具有（或不具有）偏置電阻器的條件下，D MOSFET 充當限流器。當 D MOSFET 具有長期限流事件時，其本體（封裝）所產生的熱量將對雙金屬開關進行加熱，以使開關斷開且保護 D MOSFET 不過熱（長期電流， $I > I_{\text{sat}}$ ）。在示例性實施例中，一旦溫度下降至雙金屬開關恢復水準，電路則復位回到正常。在示例性實施例中，D MOSFET 亦充當突波限流器，以將外部突波箝位至待保護的電路。

【0050】作為一個實例，本文中闡述的原理可應用於例如迷你斷路器（MCB）等電路。MCB 用於例如在包括辦公室及家庭的建築物中對例如以下過電流事件進行保護：短路（例如，正常電流的 10 倍至 100 倍）、非常高的突波過電流事件（例如，正常電流的 5 倍至 10 倍）及過載狀況（例如，正常電流的 2 倍至 4 倍）。短路是指使連接至 MCB 的電源線或設備發生短路而產生的過電流。用

語「過電流」包括該些短路事件，但亦涵蓋由外部擾動（例如與電源線接觸的其他高電源線）引起的電流突然上升。MCB 被設計成使 MCB 內的內部電路跳開或斷開，此會截斷（shut off）電流流動且防止電路過熱。跳開動作（發生得非常快（例如，不到 3 毫秒））亦會防止電流被遞送至 MCB 所連接的其他裝置。MCB 亦利用雙金屬條帶，所述雙金屬條帶可連接至 D MOSFET，以用於改善 MCB 的響應時間。

【0051】 本文中所闡述的 MCB 的特點是具有雙金屬條帶，即背對背設置的兩個金屬件，其中所述兩個金屬件由具有不同熱膨脹係數的不同金屬構成，進而使雙金屬條帶在受熱期間發生彎曲。在以上闡述及示出的保護電路 300 中，雙金屬條帶被稱為雙金屬開關。此乃因，在電路內，雙金屬條帶充當將電路斷開或閉合的開關。相比之下，雙金屬開關的特點是以下所述 MCB 發生彎曲以使被稱為主開關的獨立的電路組件斷開，主開關是用於將電路斷開的觸發機構。儘管命名不同（條帶對開關），但以下闡述的雙金屬條帶本質上與以上保護電路 300(圖 3)的雙金屬開關 302 相同。

【0052】 圖 12A 及圖 12B 是根據先前技術的 MCB 1200 的例示。MCB 1200 是雙端子裝置。MCB 1200 的特點是具有因應於短路或過載狀況而斷開的開關。MCB 1200 的特點是具有可啟用觸發機制的兩種不同的感測元件。第一感測元件是具有移動閥的電磁線圈 1208。第二感測元件是雙金屬條帶 1204。觸發機構是主開關 1206，主開關 1206 由外部杠杆 1202 手動控制且因應於故障狀況而自動

斷開。外部杠杆 1202 將 MCB 1200 接通（將主開關 1206 閉合，如圖 12A 中所示）或將 MCB 關斷（將主開關斷開，如圖 12B 中所示）。MCB 1200 的特點是亦具有電弧槽 1210，電弧槽 1210 亦被稱為電弧吸收器。

【0053】 電磁線圈 1208 是電磁感測器，所述電磁感測器生成與經過線圈的電流成比例的電場。對電磁線圈 1208 進行設計所針對的短路狀況可在幾毫秒內生成高達正常電流的幅值的一千倍的電流。隨著電流變強，電磁線圈 1208 周圍的磁場變大。電磁線圈 1208 的移動閥靠近主開關 1206 定位。隨著磁場增強，閥抵靠主開關 1206 進行推動，使開關斷開（如圖 12B 中所示），進而導致開路。電磁線圈 1208 的彈簧張力足以在正常電流流動期間不觸發主開關 1206 斷開，而是在短路狀態期間觸發主開關 1206 斷開。

【0054】 在一些情形中，當存在非常高的突波過電流（正常電流的 5 倍至 10 倍）進入 MCB 1200 中時，電磁線圈 1208 進入飽和狀態且使線圈內部的可移動磁閥非常快速地推動主開關 1206。電磁線圈 1208 的快速反應對於切斷非常危險的大幅值的過電流且保持連接至 MCB 1200 的電路及系統不受損壞是至關重要的。

【0055】 MCB 1200 中的另一感測器是雙金屬條帶 1204。雙金屬條帶 1204 感測器被設計成解決過載情況且較電磁線圈 1208 動作進行得慢。較慢的感測器會確保簡單接通的電器將不觸發 MCB 1200 將其關閉。舉例而言，熒光燈具有約 10 毫秒的啟動時間。當過載狀況持續兩秒或多於兩秒時，雙金屬條帶 1204 使 MCB 1200

跳閘。

【0056】 如以上所闡釋，雙金屬條帶 1204 由兩種不同類型的金屬組成，每種金屬具有不同的熱膨脹係數。在示例性實施例中，雙金屬條帶 1204 由第一細長金屬條帶組成，第一細長金屬條帶使用配線繞組作為第二金屬條帶進行包繞，所述兩個金屬件串聯連接於一起。當受熱時，由於過載狀況的發生，細長金屬條帶收縮，進而使雙金屬條帶 1204 發生彎曲，此繼而引起主開關 1206 的移動及 MCB 1200 內的電路的斷開。或者，若雙金屬條帶 1204 使用配線繞組進行包繞，則配線繞組受熱且發生彎曲以推動主開關 1206，進而使主開關 1206 斷開，因此將 MCB 自外部電源關斷。雙金屬條帶 1204 進行操作應處的電流值一般而言可在特定範圍內變更。

【0057】 MCB 1200 的電弧槽 1210 被設計成使當主開關 1206 斷開時所產生的電弧電流耗散，無論是由於電磁線圈 1208 抑或由於雙金屬條帶 1204。電弧電流流經新斷開的主開關 1206 的端部附近的空氣，進而使溫度大幅上升，此可損壞 MCB 1200。電弧槽 1210 因此設置於主開關 1206 上方，此乃因高溫電弧電流將向上流動。電弧槽 1210 的特點是具有幾個平行的金屬板（被稱為分離器），所述金屬板被設計成在向上流動期間將電弧電流分開。金屬分離器將電弧電流分成較小的電弧電流，較小的電弧電流在電弧電流繼續向上流動時會更快地耗散。

【0058】 圖 13 是根據先前技術的第二 MCB 1300 的例示。所述

例示出經過 MCB 1300 的電流路徑。MCB 1300 包括用於對作為觸發機構的主開關 1306 進行控制的外部杠杆 1302。如同 MCB 1200 那般，雙金屬條帶 1304 及電磁線圈 1308 是 MCB 1300 的感測器機構。亦示出左端子 1312 及右端子 1314。MCB 1300 不具有電弧槽，此乃因，此種裝置在一些斷路器設計中是可選的。

【0059】 電流路徑在 MCB 1300 中示出為虛線。電流自右端子 1314，經過電磁線圈 1308，亦經過雙金屬條帶 1304，然後經過主開關 1306，且最後經由左端子 1312 流出。電流亦在另一方向上行進，自左端子 1312，經過主開關 1306，經過雙金屬條帶 1304，經過電磁線圈 1308，且流出右端子 1314。若主開關 1306 斷開，則在任一方向上的電流路徑均將被中斷。

【0060】 當存在幅值為正常電流的一倍至四倍的過電流事件時，過電流使得對雙金屬條帶 1304 進行包繞的配線繞組受熱且彎曲，進而推動主開關 1306 直至開關斷開，因此將 MCB 1300 自外部電源關斷。當存在非常高的突波過電流事件進入 MCB 1300 中時，磁場的增加使電磁線圈 1308 內部的可移動磁閥非常快速地推動主開關 1306，進而使得 MCB 1300 能夠因此切斷非常危險的大幅值的過電流。

【0061】 圖 14 是根據先前技術的 MCB 的電路圖 1400。電路圖 1400 可代表例如 MCB 1200 (圖 12A 及圖 12B)。雙金屬條帶 1404 示出於電路 1400 的左側上且電磁線圈 1408 示出於電路 1400 的右側上，主開關 1406 設置於所述兩者之間。雙金屬條帶 1404 由使

用第二金屬（配線）進行包繞的第一金屬組成，第二金屬與第一金屬串聯。電弧槽 1410 位於主開關 1406 附近，使得電弧電流可在故障事件（無論是短路抑或過載）之後耗散。

【0062】 上述力（無論是來自電磁線圈 1408 的對閥進行推動的閥抑或來自雙金屬條帶 1404 的彎曲）均會使主開關 1406 被斷開，因此使電流的流動中斷。電弧槽 1410 準備好透過將電弧轉移至其金屬介面內部的較小位準備而吸收過量的電弧電流，因此避免對 MCB 內部的損壞。

【0063】 迷你斷路器的一個問題是雙金屬條帶。如以上所闡釋，雙金屬條帶具有兩種不同類型的金屬，每種金屬具有其自己的熱膨脹係數。過電流狀況使雙金屬條帶發生彎曲，進而將電路斷開。由於雙金屬條帶是為解決過載狀況而設計的，因此雙金屬條帶的動作進行得較電磁線圈慢。然而，當電流高於其額定電流時，雙金屬條帶無法提供電流限制。

【0064】 圖 15A 及圖 15B 分別是根據示例性實施例的具有 D MOSFET 的 MCB 的電路圖 1500A 及 1500B。在圖 1500A 及 1500B（統稱為「電路 1500」或「MCB 1500」）中，主開關 1506 設置於一側上的雙金屬條帶 1504 與另一側上的電磁線圈 1508 之間。電弧槽 1510 位於主開關 1506 附近，用於使電弧電流耗散。在電路 1500A 中，D MOSFET 1520 連接於雙金屬條帶 1504 與主開關 1506 之間。在電路 1500B 中，JFET 1522 連接於雙金屬條帶 1504 與主開關 1506 之間。因此，MOSFET 1520 或 JFET 1522 可用於增強新

型 MCB 1500。

【0065】 在示例性實施例中，D MOSFET 1520 熱系接至雙金屬條帶 1504，閘極 G 與源極 S 連接（G-S 端子短路），D MOSFET 與雙金屬條帶串聯連接（圖 15A）。在示例性實施例中，JFET 1522 熱系接至雙金屬條帶，閘極 G 與源極 S 亦連接（G-S 端子短路），JFET 與雙金屬條帶串聯連接。在一個實施例中，雙金屬條帶 1504 及 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 使用導熱環氧樹脂黏合劑彼此熱聯結。在另一實施例中，雙金屬條帶 1504 及 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 使用導電環氧凝膠彼此熱聯結。在示例性實施例中，當傳入電流高於 MCB 1500 的額定電流時，雙金屬條帶 1504 結合 MOSFET 1520 或 JFET 1522 一起能夠提供電流限制。

【0066】 如以上介紹的 MOSFET 那般，接面場效電晶體（JFET）亦是用於在電子裝置中對電子訊號進行切換及放大的半導體裝置。JFET 及 MOSFET 兩者是電壓受控裝置。由於 JFET 僅以空乏型種類出現，因此當閘極處存在 0 伏時，JFET 接通且完全導通，如同本文中使用的空乏型 MOSFET 那般。兩者均具有高輸入阻抗，且因此對輸入電壓訊號具有敏感性，但 MOSFET 的電阻較 JFET 的電阻大。此外，JFET 製造起來更便宜且更簡單，而 MOSFET 則更脆弱，此乃因在 MOSFET 中存在金屬氧化物絕緣體。

【0067】 在示例性實施例中，雙金屬條帶 1504 的第二金屬（即配線繞組）被移除，且 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 被緊密地附接至雙金屬條帶。在一個實施例中，在對 D MOSFET 1520 或 JFET

1522 進行附接之後，未將金屬繞組添加回細長金屬件。D MOSFET 1520 或 JFET 1522 能夠直接向雙金屬條帶 1504 提供熱量。因此，移除金屬繞組可有助於將電源線中的串聯電阻及歐姆損耗最小化。在示例性實施例中，JFET 1522 是連接於雙金屬條帶 1504 與主開關 1506 之間的碳化矽（SiC）JFET。

【0068】 在示例性實施例中，若較 MCB 1500 的額定電流多的電流被接收至 MCB 1500 中，則 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 進入電流限制模式。因此，例如，若 MCB 1500 具有 1 安的額定電流，則 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 在大於 1 安的電流被接收至 MCB 1500 中的情況下進入電流限制模式。儘管外部過電流可能高達 5 安，但 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 結合雙金屬條帶 1204 一起有助於將電流快速地「箝位」至 1 安（MCB 1500 的安全工作位準）。因此，在示例性實施例中，在 FET（D MOSFET 1520 或 JFET 1522）的輔助下，透過使雙金屬條帶 1504 能夠直接對 5 安過的電流作出響應，MCB 1500 變得安全。否則，5 安的過電流可能破壞欲由 MCB 1500 或 MCB 本身保護的電子裝置。

【0069】 圖 16 是根據示例性實施例的包括 D MOSFET 1620 的 MCB 1600 的例示。外部杠杆 1602 手動啟用主開關 1606，主開關 1606 觸發機構進行接通（閉合）或關斷（斷開）。如在本文中闡述的其他 MCB 中，電磁線圈 1608 被設計成因應於短路而使主開關 1606 跳閘，且雙金屬條帶 1604 被設計成因應於過載狀況而使主開關跳閘。左端子 1612 及右端子 1614 將 MCB 1600 連接於負載與

電源（未示出）之間。在示例性實施例中，D MOSFET 1620 利用 G-S 端子短路而熱系接至雙金屬條帶 1604，D MOSFET 與雙金屬條帶串聯連接。在示例性實施例中，D MOSFET 1620 被緊緊地附裝至雙金屬條帶 1604，在對 D MOSFET 進行附裝之前，雙金屬條帶的繞組配線及隔熱管首先被移除。

【0070】 圖 17 至圖 19 是根據示例性實施例的對具有連接至雙金屬條帶的 D MOSFET 及不具有連接至雙金屬條帶的 D MOSFET 的 MCB 實行的實驗的響應波形。對於實驗，使用菲尼克斯接觸件（Phoenix Contact）UT6-TMC 1 安 MCB（下文中被稱為「PC MCB」）（由菲尼克斯接觸件公司製造），且具有 165°C 下的跳閘電流 TC 的力特 IXTY1R6N50D2 D MOSFET 裝置（下文中被稱為「LF DMOS」）連接至 MCB 內的雙金屬條帶。LF DMOS 是可裝配至 PC MCB 中的小封裝。

【0071】 當調用 1.5 安（正常電流的 1.5 倍）的過電流時，產生響應波形 1700（圖 17）。不具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 72 秒之後跳閘，而具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 15 秒之後跳閘。因此，PC MCB 在具有 LF DMOS 的情況下較在不具有 LF DMOS 的情況下跳閘跳得快。

【0072】 當調用 2.0 安（正常電流的兩倍）的過電流時，產生響應波形 1800（圖 18）。不具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 22 秒之後跳閘，而具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 15 秒之後跳閘。因此，PC MCB 在具有 LF DMOS 的情況下較在不具有 LF DMOS 的情況下跳

開跳得快。

【0073】 當調用 5 安（正常電流的 5 倍）的過電流時，產生響應波形 1900（圖 19）。不具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 3.9 秒之後跳閘，而具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 15 秒之後跳閘。因此，PC MCB 在具有 LF DMOS 的情況下較在不具有 LF DMOS 的情況下跳閘跳慢。此外，對於進行的每一實驗（1.5 安、2A 及 5 安），具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 15 秒之後跳閘。

【0074】 該些實驗的結果示出，向雙金屬條帶添加 D MOSFET 有助於最終將過電流限制於 1 安（無論外部過電流有多高）。D MOSFET 的添加已使時間-跳閘響應時間曲線發生變更。響應波形示出，即使當電流超過 MCB 的額定電流時，雙金屬條帶亦可安全地跳閘且保護 LF DMOS。LF DMOS 與雙金屬條帶的組合效果使得組合電路成為電流限制自保護開關，此為獨立的雙金屬條帶所無法實行的。

【0075】 因此，存在連接至雙金屬條帶的 FET（D MOSFET 或 JFET）（而非具有簡單的雙金屬條帶溫度感測結構）會形成電流限制、耐突波及切斷過電流保護開關。此外，在電流限制期間，雙金屬條帶自 FET 獲得足夠的熱量耗散，以觸發 MCB 的主開關，進而導致開路，因此保護 FET 免於過熱或晶片故障。

【0076】 在示例性實施例中，LF DMOS 是附接至雙金屬條帶的環氧樹脂封裝的 D MOSFET。在其他實施例中，使用裸 D MOSFET 晶粒或者利用合適的引線框架附接至金屬板的裸 D MOSFET 晶粒

來確保最佳的熱傳播以觸發雙金屬條帶。來自圖 17 至圖 19 的實驗的資料是自直流（direct-current，DC）操作狀況得到。在一些實施例中，當用於交流（alternating-current，AC）操作狀況時，背靠背的兩個 D MOSFET 連接至雙金屬條帶。

【0077】 將 FET（D MOSFET 或 JFET）添加至 MCB 是將 D MOSFET 組合至保護電路 300(圖 3)中的雙金屬開關 302 的擴展。例如由電路圖 1500（圖 15）代表的 MCB 相較於保護電路 300 具有類似的但更複雜的結構。將 FET 添加至 MCB 會有利地提供電流限制、突波保護及過電流保護。與 FET 相連的雙金屬條帶使 MCB 的主開關安全地斷開，此有助於在外部危險過電流事件期間提供安全斷電。FET 因此是改善切斷速度的高效方法，因此為電氣系統設計人員提供更安全的保護選擇。

【0078】 在示例性實施例中，連接至位於 MCB 裝置內的雙金屬條帶的 D MOSFET 更設置有用於確保適合的關斷時間及接通時間的適當的驅動電路系統、以及用於對 D MOSFET 進行驅動的其他功能。

【0079】 本文中所使用的以單數形式敘述且前面帶有不定冠詞「一（a 或 an）」的元件或步驟應被理解為不排除複數個元件或步驟，除非明確敘述了進行此種排除。此外，當提及本揭露的「一個實施例」時不應被解釋為排除亦包含所述特徵的其他實施例的存在。

【0080】 儘管本揭露提及了某些實施例，但在不背離如在所附申

請專利範圍中所界定的本揭露的範疇及範圍的條件下，亦可對所述實施例作出諸多潤飾、變更及改變。因此，旨在使本揭露不限於所述實施例，而是具有由以下申請專利範圍及其等效範圍的語言所界定的全部範圍。

【符號說明】

【0081】

100、200：保護電路/電路

102：雙金屬開關/開關

104、304、404、1520、1620：空乏型 MOSFET (D MOSFET)

106、306：電阻器

108：附加電路元件

110、112、208、308、310、314、316、318、320：節點

202、402：雙金屬開關

204：箭頭/電流/D MOSFET

206：電阻器/節點

300：保護電路/電路/過電流保護裝置/裝置

302：雙金屬開關

322：電流/箭頭

400：保護電路

406、408、410：配線

412：螺釘

500、1700、1800、1900：響應波形

502：裝置跳閘點

600、700、1000、1100：響應波形/波形

602、702：跳閘點

800：表

900：圖表

902、906：黑色圓圈

904、908：淺色圓圈

1200、1600：MCB

1202、1302、1602：外部杠杆

1204、1304、1404、1504、1604：雙金屬條帶

1206、1306、1406、1506、1606：主開關

1208、1308、1408、1508、1608：電磁線圈

1210、1410、1510：電弧槽

1300：第二 MCB/MCB

1312、1612：左端子

1314、1614：右端子

1400：電路圖/電路

1500A、1500B：電路圖/電路/圖

1522：JFET

D：汲極

G：閘極

I_D ：電流

R：電阻

S：源極

V_{DS} ：電壓/汲極至源極電壓

V_{GS} ：閘極至源極電壓

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種迷你斷路器，包括：

開關，透過外部杠杆而被手動斷開或閉合；

電磁線圈，包括移動閥，所述移動閥在第一故障事件發生時與所述開關進行接觸，進而將所述開關斷開；

雙金屬條帶，在第二故障事件發生時與所述開關進行接觸；
以及

場效電晶體（FET），與所述雙金屬條帶串聯連接且熱系接至所述雙金屬條帶，所述場效電晶體具有閘極端子及源極端子，其中所述閘極端子連接至所述源極端子，其中所述雙金屬條帶及所述場效電晶體在所述第二故障事件的期間將所述開關斷開。

【請求項2】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述雙金屬條帶包含具有第一熱膨脹係數的第一金屬及具有第二熱膨脹係數的第二金屬，其中所述第一熱膨脹係數不同於所述第二熱膨脹係數。

【請求項3】 如請求項 2 所述的迷你斷路器，其中所述第一金屬包括繞組，其中所述繞組在所述場效電晶體熱系接至所述雙金屬條帶之前被移除。

【請求項4】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述場效電晶體是空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體（DMOSFET）。

【請求項5】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述場效電晶體是接面場效電晶體（JFET）。

【請求項6】 如請求項 5 所述的迷你斷路器，其中所述接面場效

電晶體是碳化矽接面場效電晶體。

【請求項7】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述第一故障事件是短路。

【請求項8】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述第二故障事件是過載事件。

【請求項9】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述雙金屬條帶耦合至所述場效電晶體的汲極。

【請求項10】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，更包括電弧槽，所述電弧槽用於在所述第一故障事件或所述第二故障事件之後吸收電弧。

【請求項11】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，所述電磁線圈更包括移動閥，其中所述移動閥因應於所述第一故障事件而使所述開關斷開。

【請求項12】 如請求項 4 所述的迷你斷路器，其中所述金屬氧化物半導體場效電晶體是 N 通道空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體。

【請求項13】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述雙金屬條帶及所述場效電晶體不會使所述開關將電路斷開，直至所述第二故障事件已發生達至少兩秒鐘。

【請求項14】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，更包括額定電流，其中當被接收到所述迷你斷路器中的電流高於所述額定電流時，所述雙金屬條帶及所述場效電晶體提供電流限制。

【請求項15】 一種迷你斷路器，包括：

雙金屬條帶，包括細長金屬條帶及包繞於所述細長金屬條帶周圍的金屬繞組，其中所述細長金屬條帶因應於所述迷你斷路器的額定電流被超過而彎曲；

場效電晶體（FET），在自所述雙金屬條帶移除所述金屬繞組之後與所述細長金屬條帶串聯連接且熱系接至所述細長金屬條帶，所述場效電晶體具有連接至源極端子的閘極端子；以及

開關，因應於超過所述額定電流的傳入電流而斷開，其中所述開關因應於所述細長金屬條帶的所述彎曲而斷開；

其中高於所述額定電流的電流限制是由所述場效電晶體提供。

【請求項16】 如請求項 15 所述的迷你斷路器，其中所述場效電晶體是金屬氧化物半導體場效電晶體（MOSFET）。

【請求項17】 如請求項 16 所述的迷你斷路器，其中所述金屬氧化物半導體場效電晶體是空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體。

【請求項18】 如請求項 16 所述的迷你斷路器，其中所述場效電晶體是接面場效電晶體（JFET）。

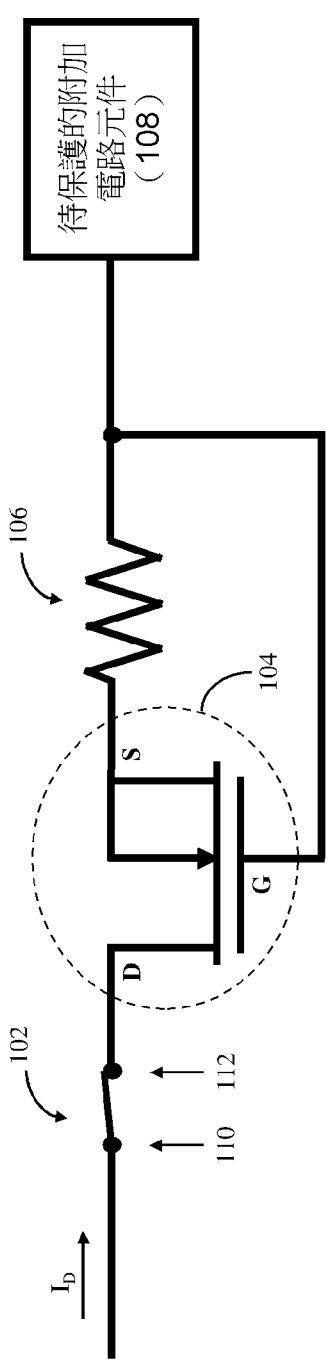
【請求項19】 如請求項 18 所述的迷你斷路器，其中所述接面場效電晶體是碳化矽接面場效電晶體。

【請求項20】 如請求項 16 所述的迷你斷路器，其中所述額定電流為 1 安且所述電流限制為 5 安。

【發明圖式】

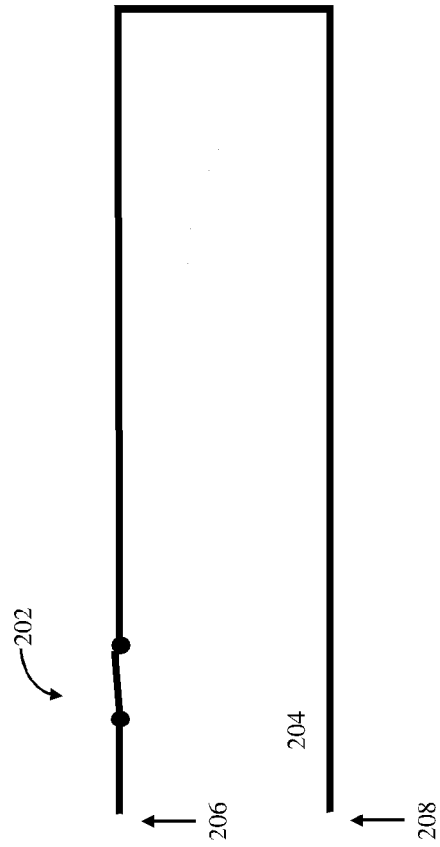
100 →

- 1) 暫態過電流
- 或
- 2) 恆定過電流

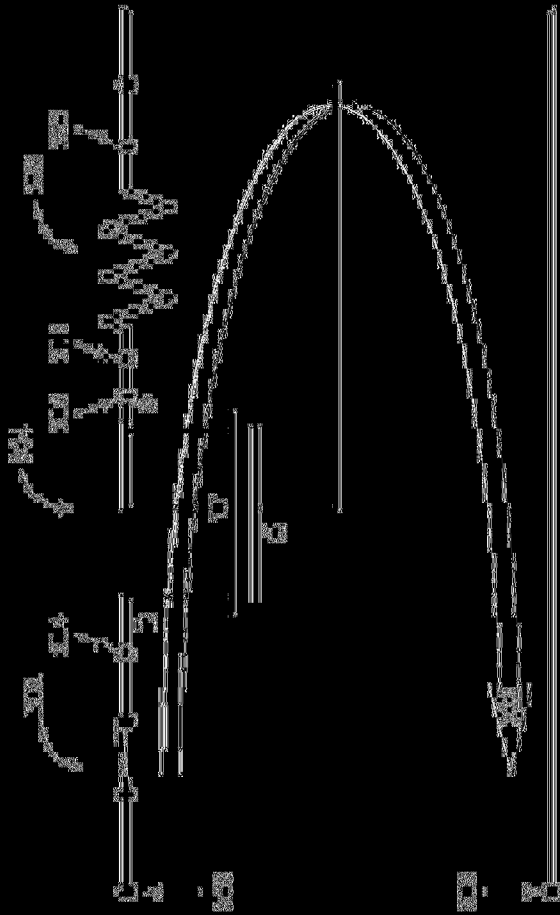


【圖1】

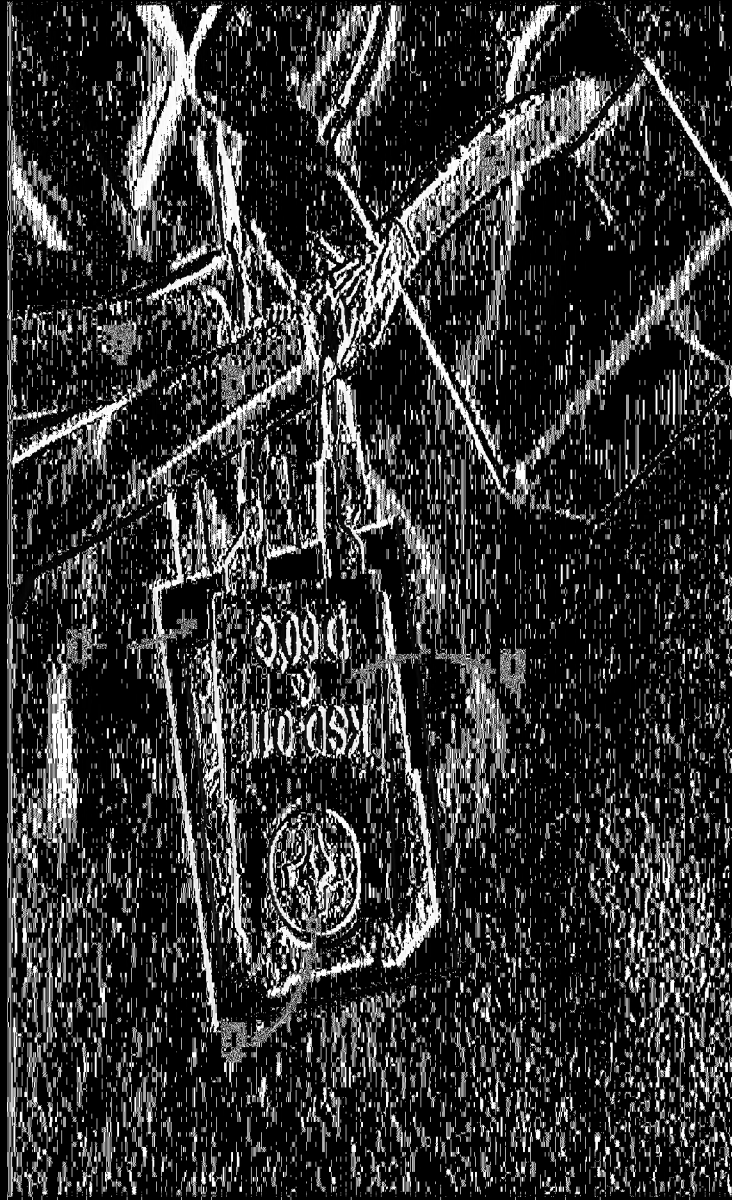
200 →



【圖2】

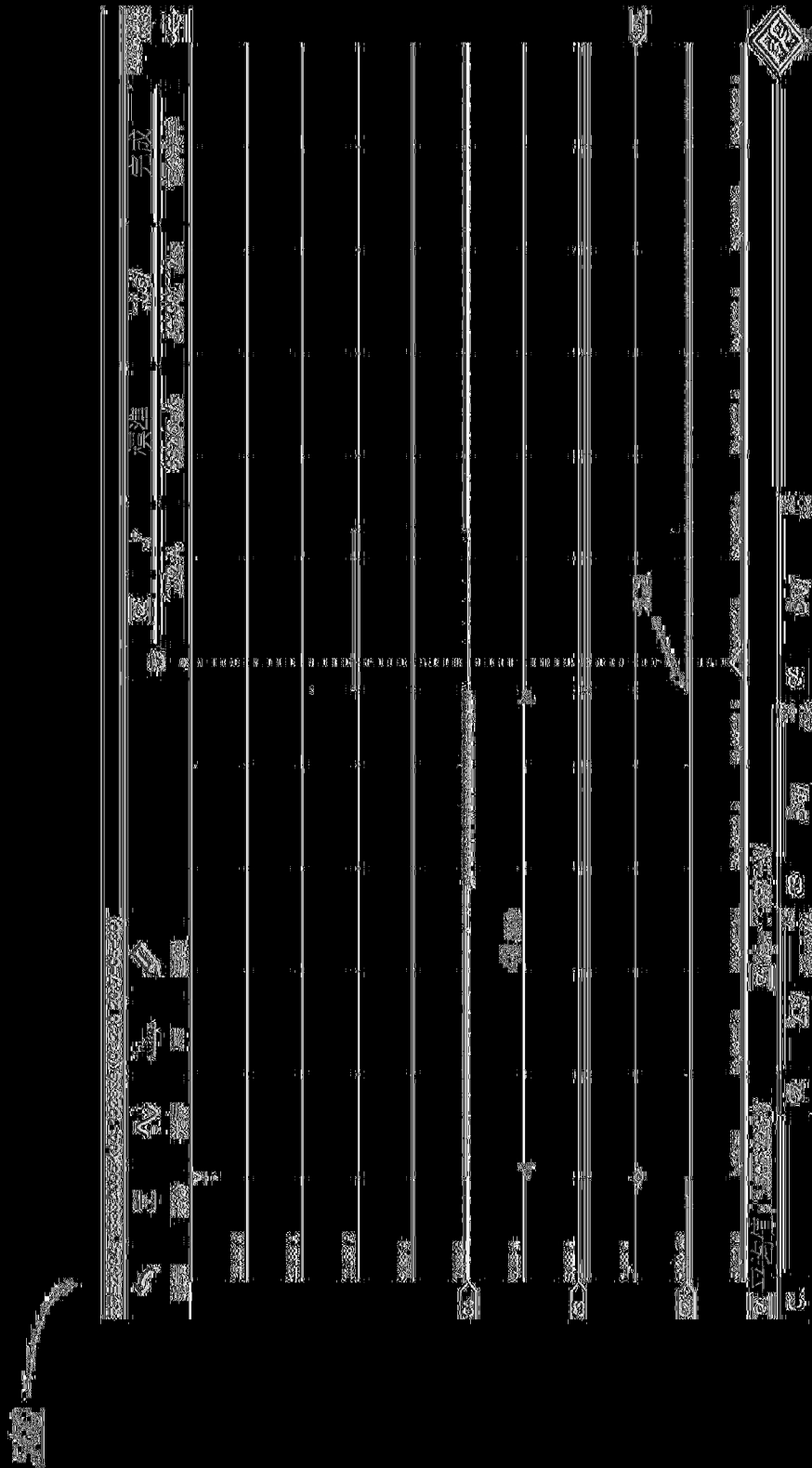


(圖3)

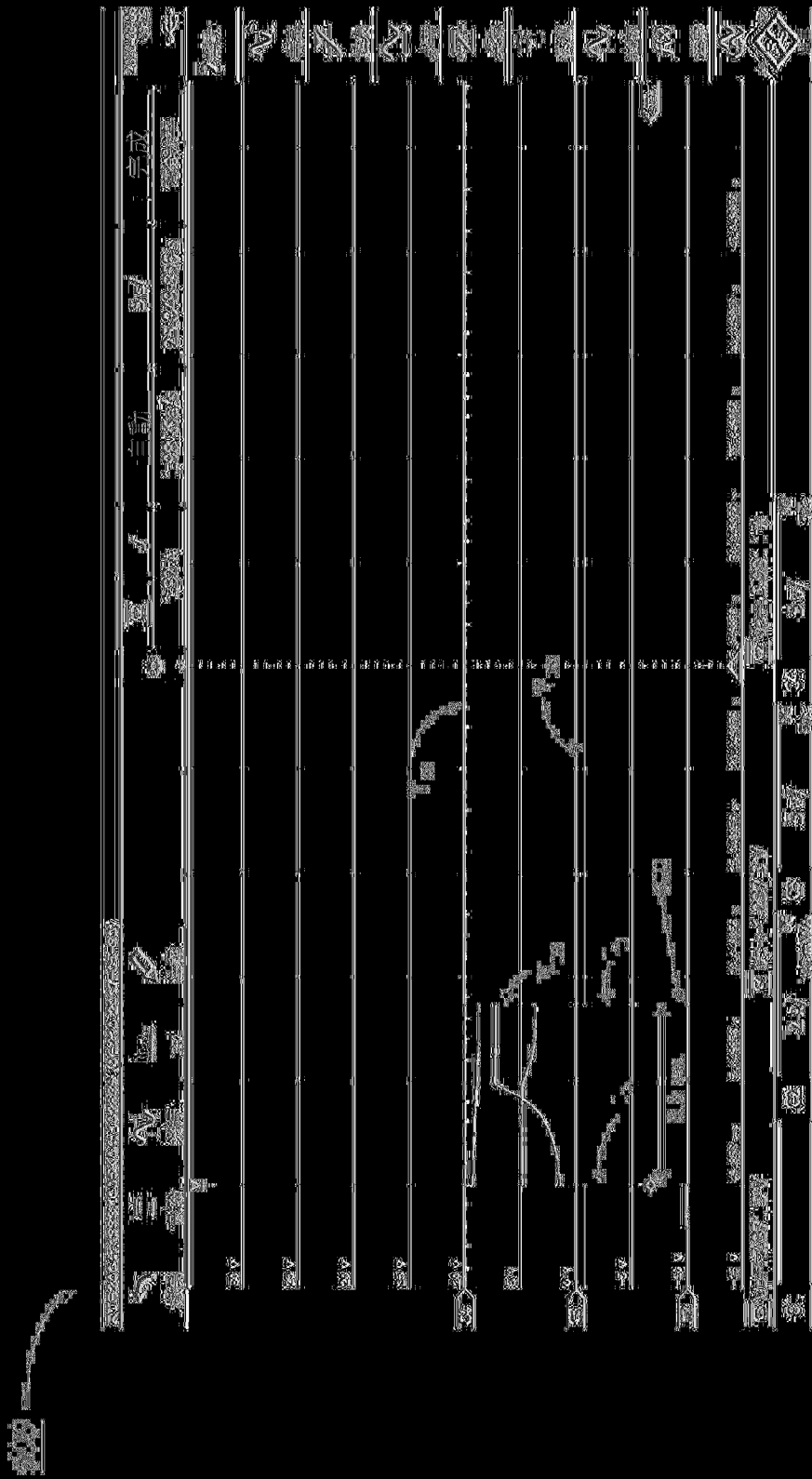


(75)

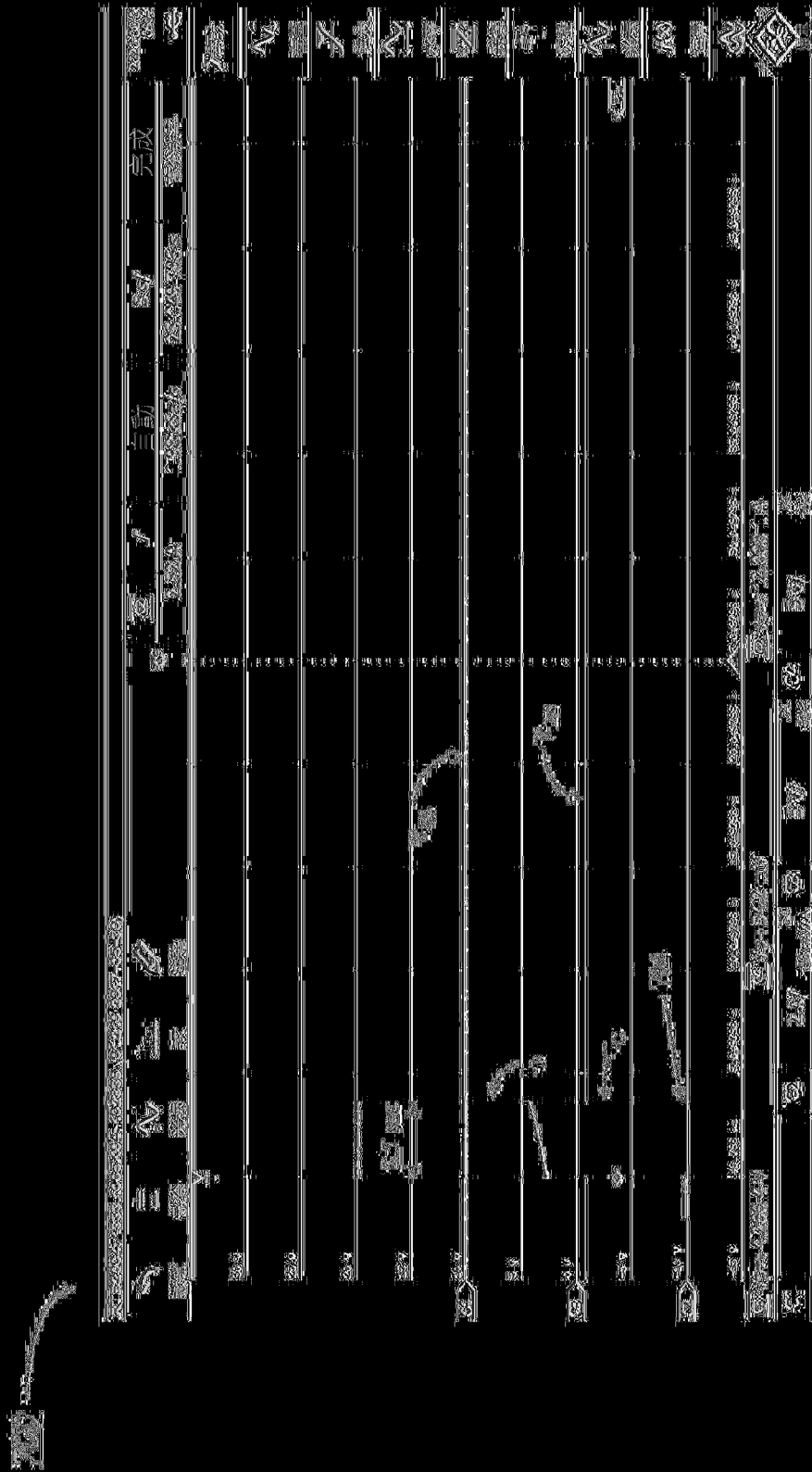




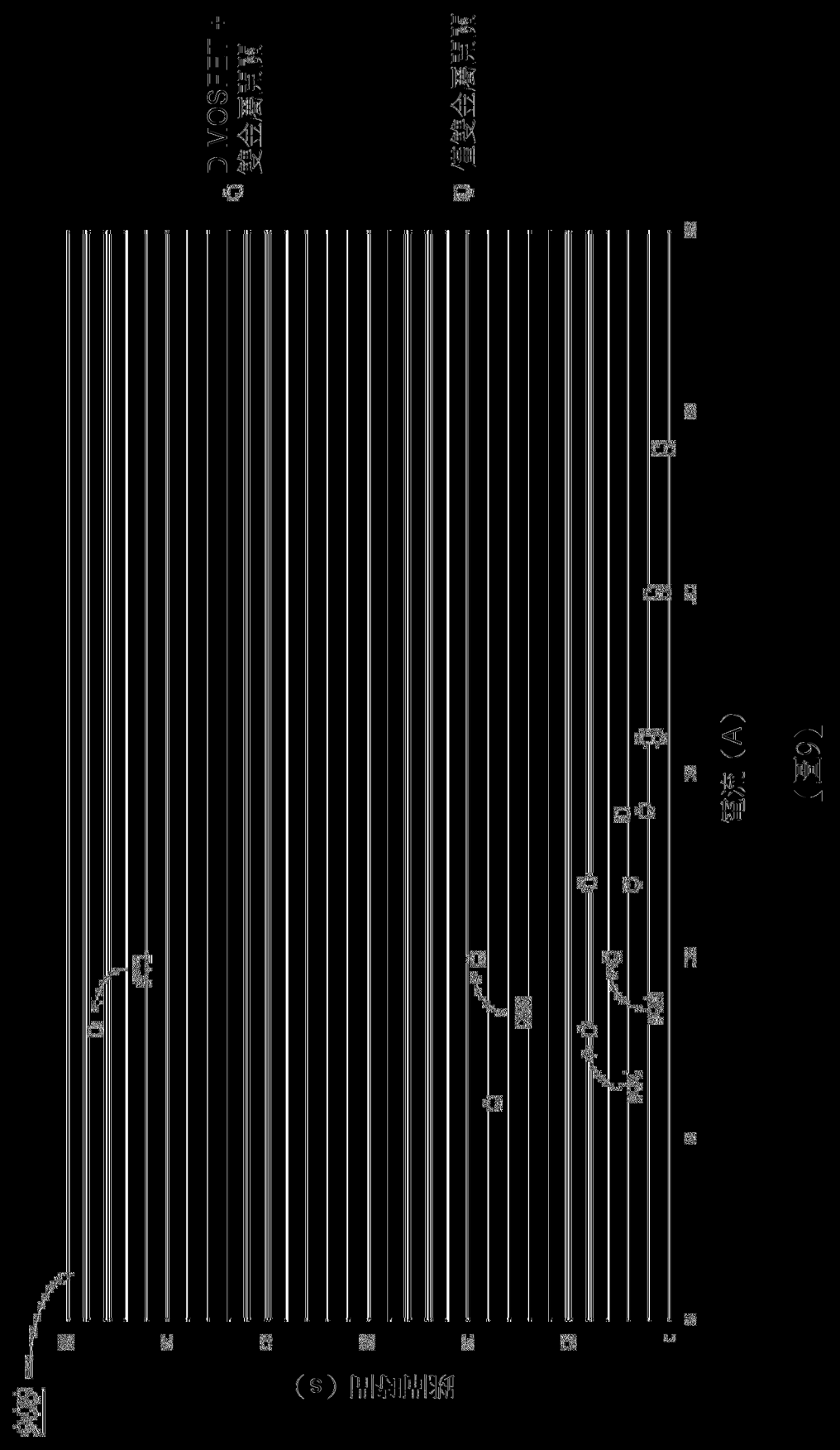
(55)



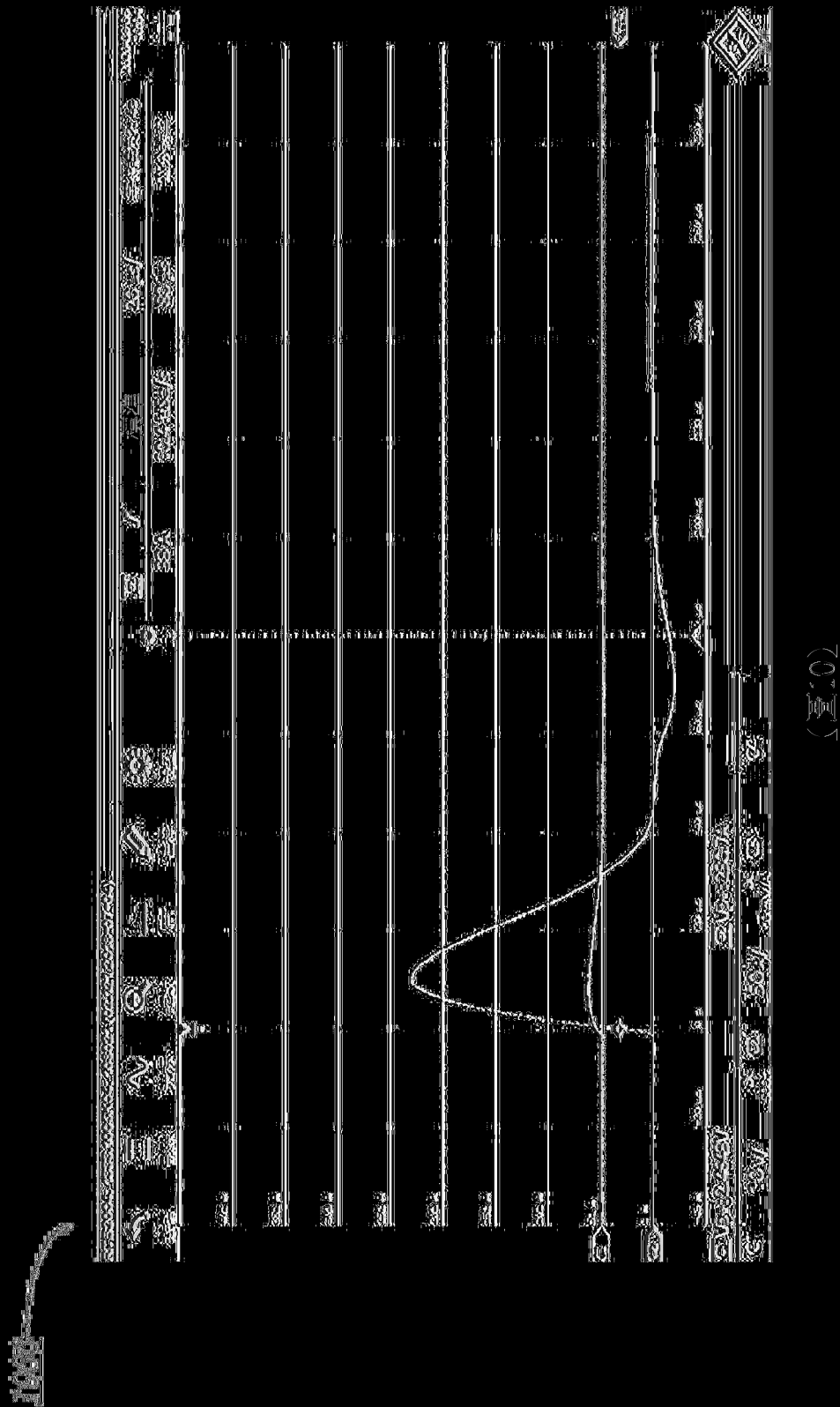
(9圖)

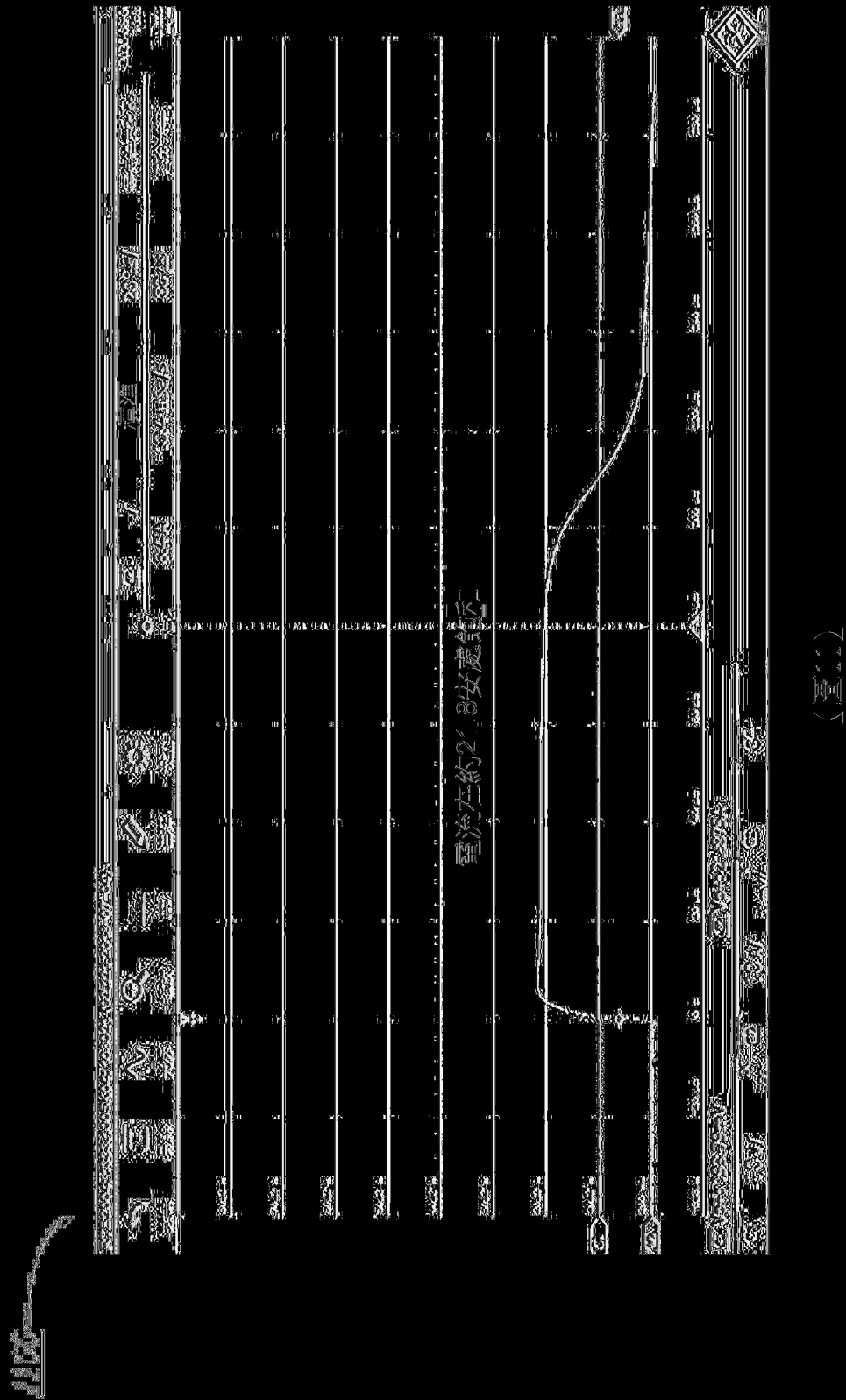


(圖7)



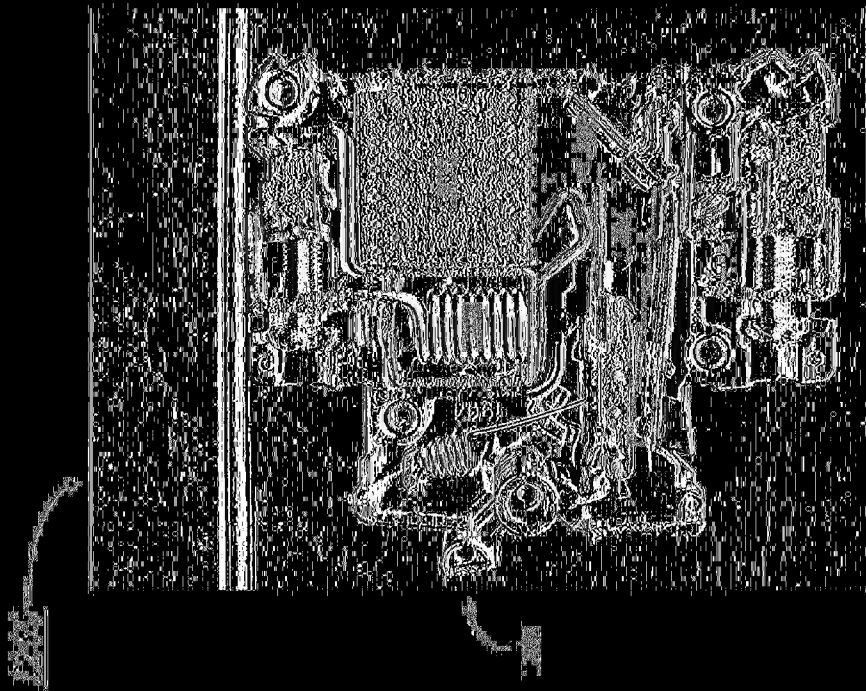
(圖9)



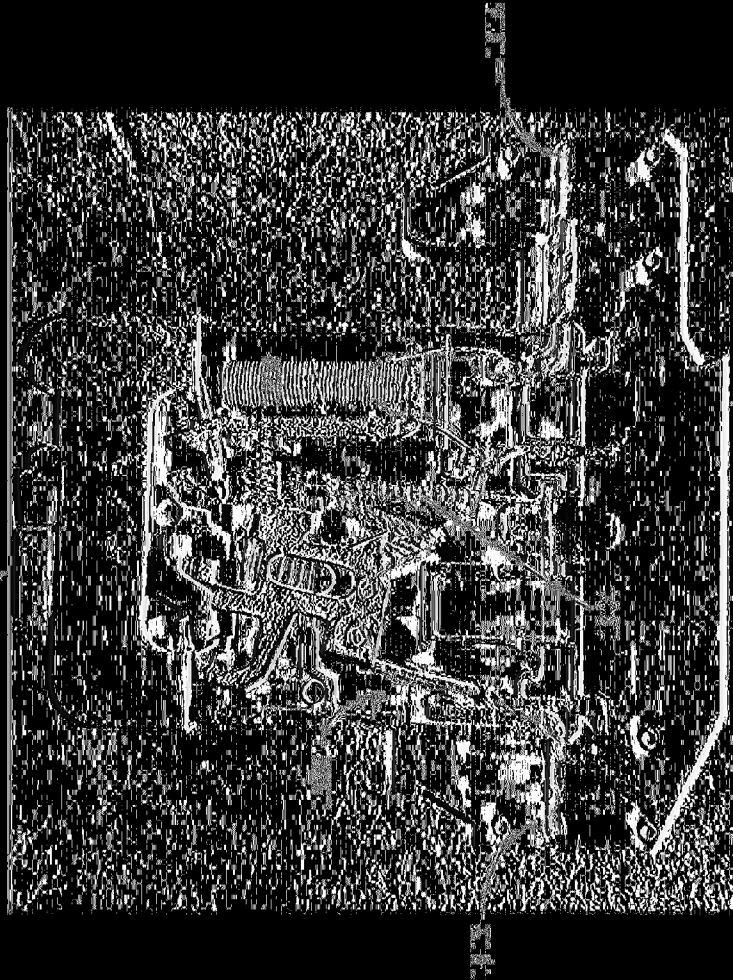




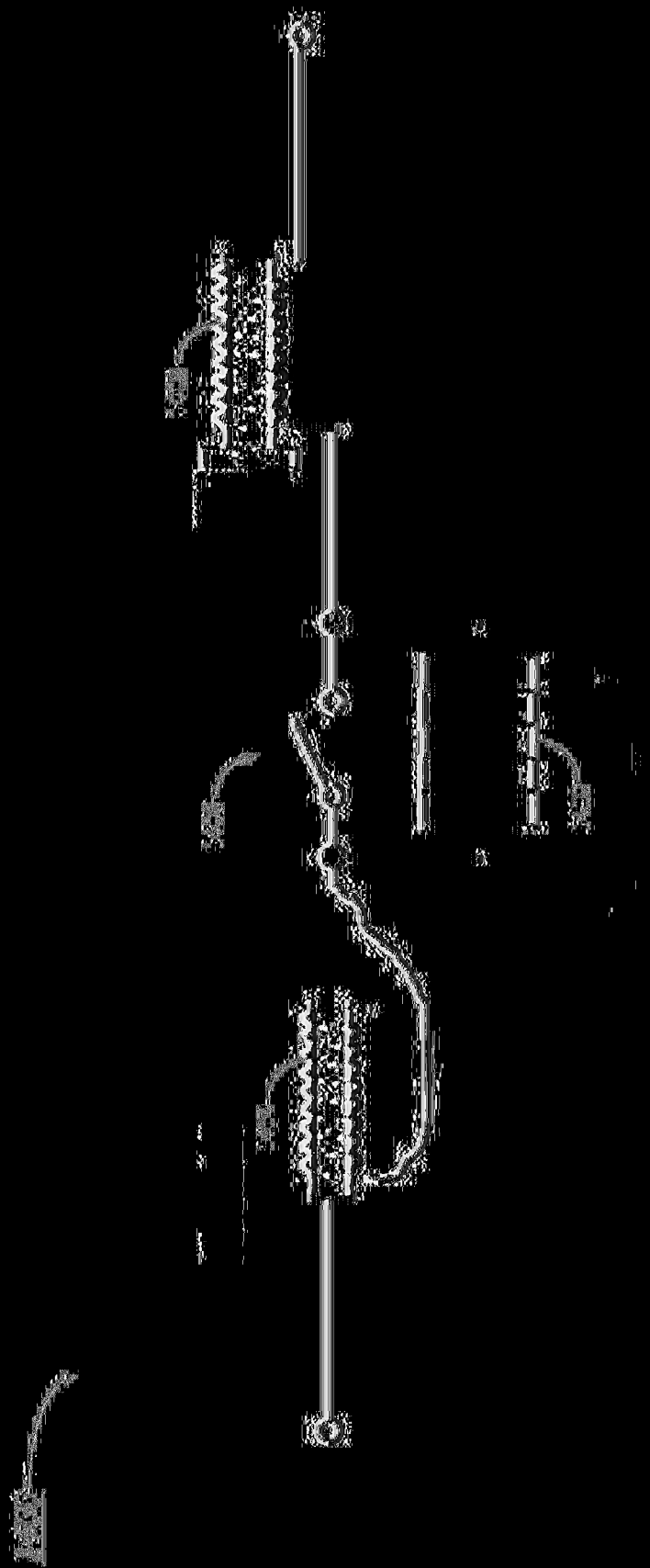
(圖23) (先前的技術)



(圖2A) (先前的技術)

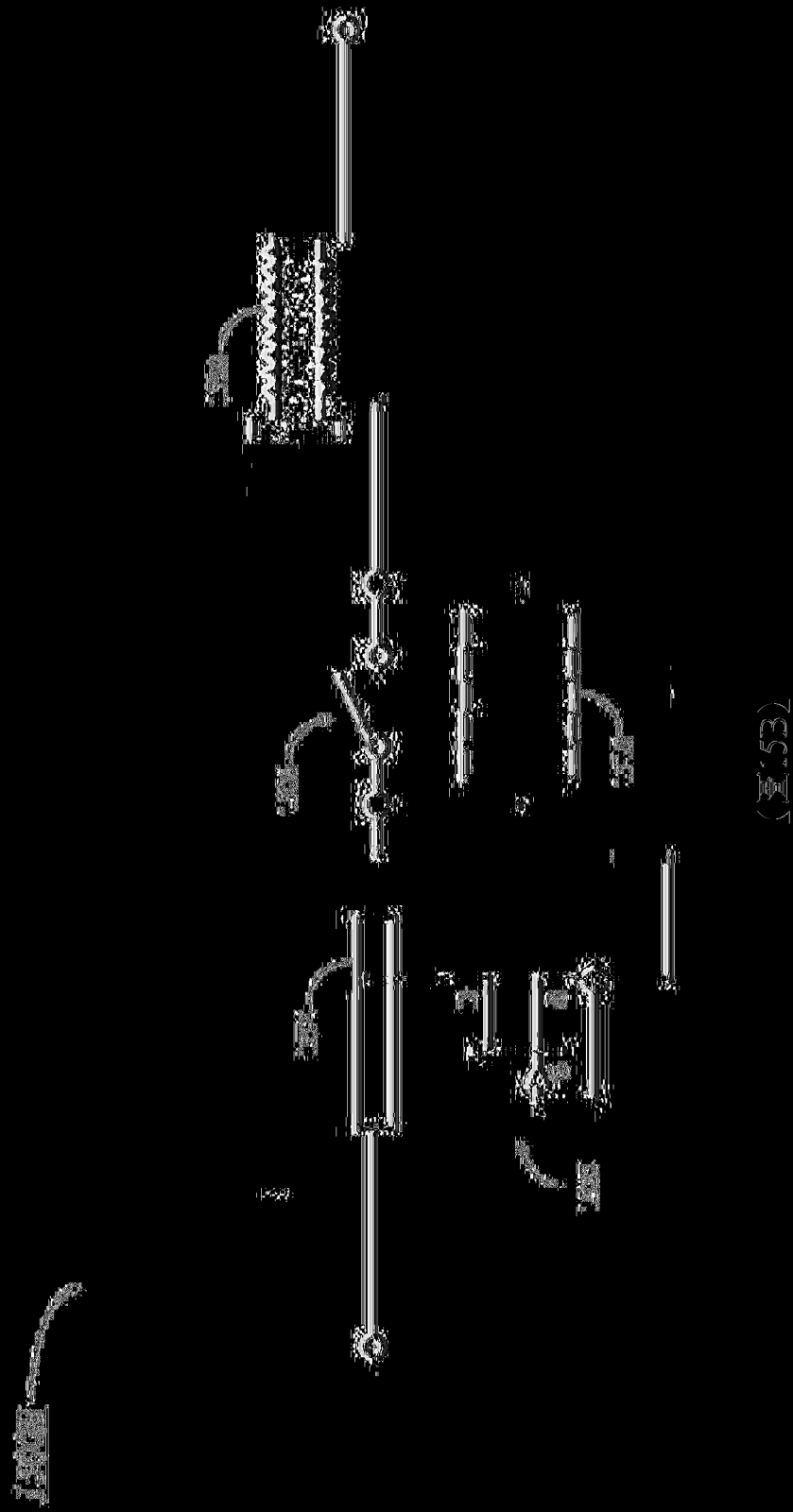


(圖13) (先前技術)

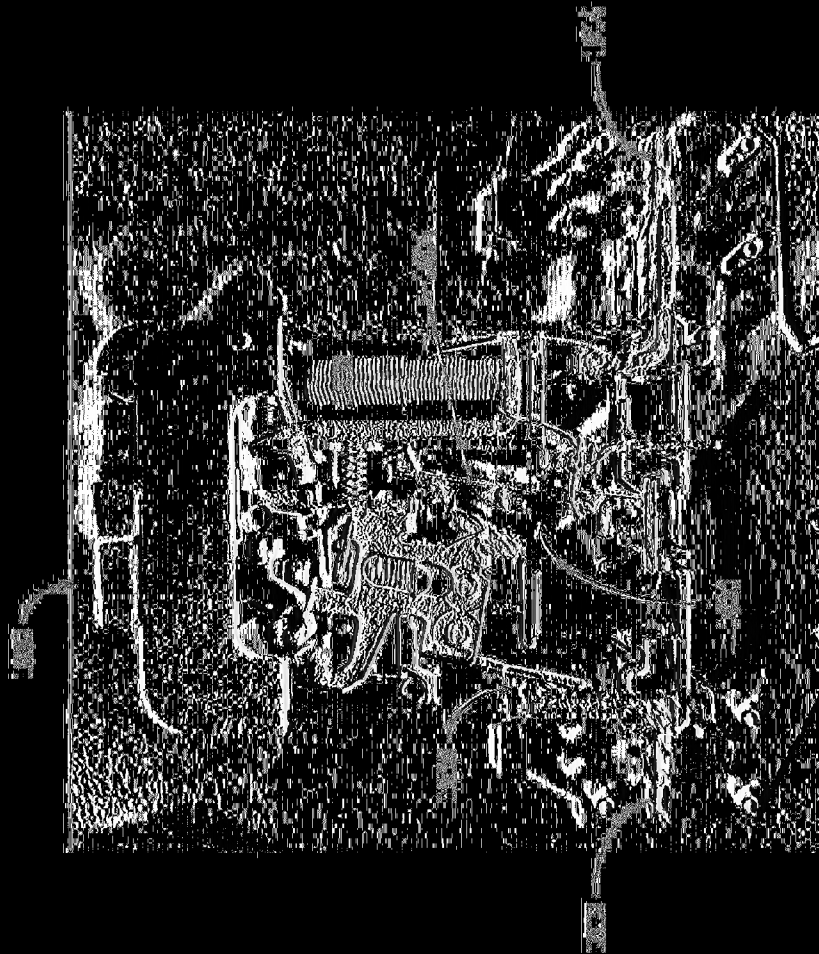


(圖4) (左前視圖)



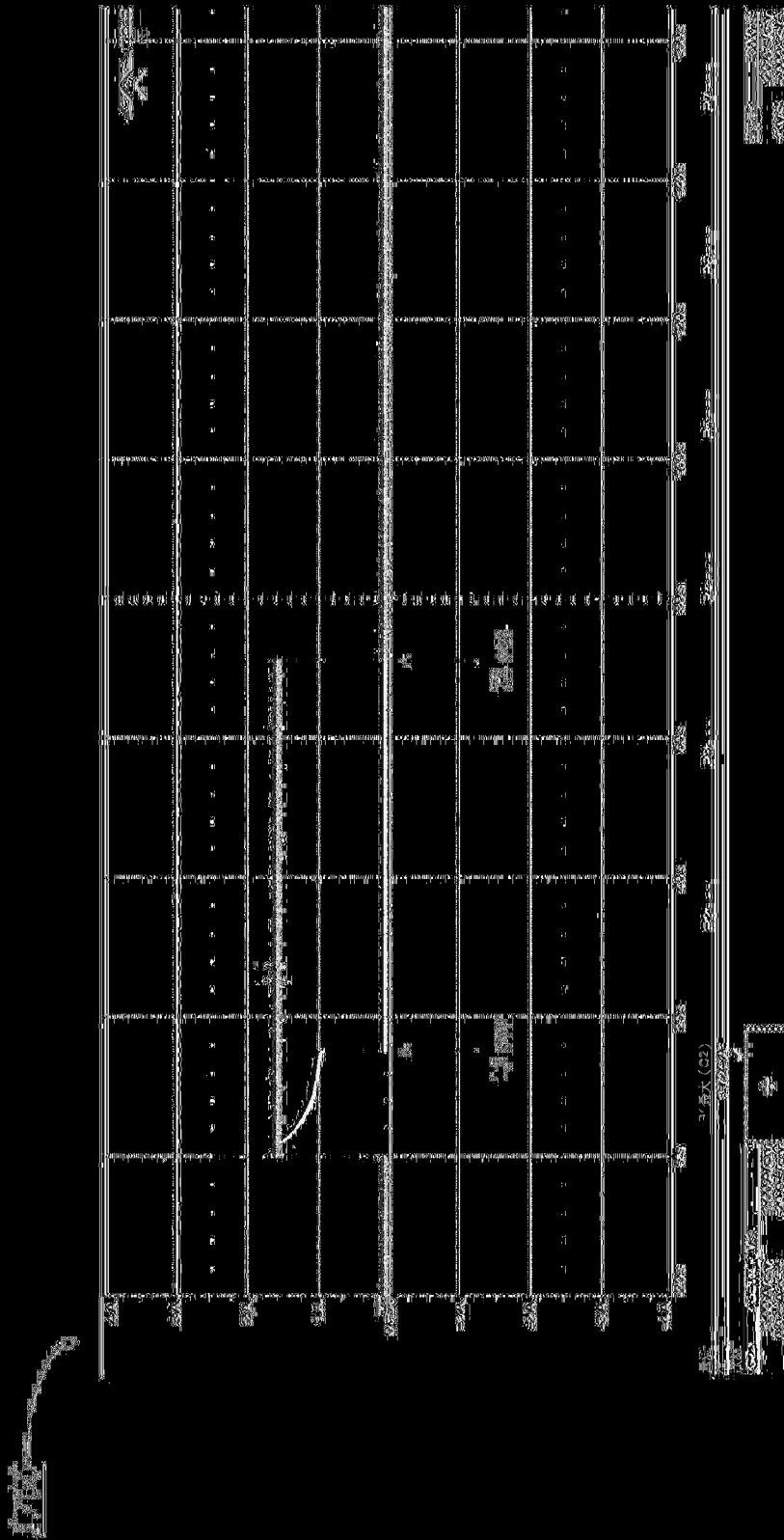


(圖 53)



(圖6)





(圖 7)



【發明摘要】

【中文發明名稱】迷你斷路器

【英文發明名稱】MINIATURE CIRCUIT BREAKER

【中文】本文中揭露一種用於提供短路保護及過載保護的迷你斷路器。迷你斷路器的特點是具有場效電晶體（FET），場效電晶體可為空乏型金屬氧化物半導體 FET（D MOSFET）、接面場效電晶體（JFET）或碳化矽 JFET，FET 連接至雙金屬開關，其中雙金屬開關充當溫度感測斷路器。D MOSFET 與雙金屬開關藉由進行組合而能夠限制去往下游電路組件的電流，因此保護組件免受損壞。

【英文】A miniature circuit breaker for providing short circuit and overload protection is disclosed herein. The miniature circuit breaker features a field effect transistor (FET), which may be a depletion mode metal oxide semiconductor FET (D MOSFET), a junction field-effect transistor (JFET), or a silicon carbide JFET, the FET being connected to a bi-metallic switch, where the bi-metallic switch acts as a temperature sensing circuit breaker. In combination, the D MOSFET and bi-metallic switch are able to limit current to downstream circuit components, thus protecting the components from damage.

【指定代表圖】圖 15A。

【代表圖之符號簡單說明】

1500A：電路圖/電路/圖

1504：雙金屬條帶

1506：主開關

1508：電磁線圈

1510：電弧槽

1520：空乏型 MOSFET (D MOSFET)

D：汲極

G：閘極

S：源極

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 迷你斷路器

【英文發明名稱】 MINIATURE CIRCUIT BREAKER

【技術領域】

【0001】 本發明涉及用於提供過電流保護及過電壓保護的電路。

【先前技術】

【0002】 過電流（overcurrent）或過多電流（excess current）是其中較預期大的電流流經電路的情況。過電流本質上可為恆定的或暫態的。電壓瞬變（電能的短時間突波（surge））是先前儲存的能量突然釋放的結果，或者是由其他方式（例如重電感負載或雷電）引起的。可重覆瞬變是由馬達、發電機的運行或有抗電路組件（reactive circuit component）的切換而頻繁引起。隨機瞬變可能由雷電及靜電放電（Electrostatic Discharge，ESD）引起。

【0003】 組件迷你化已導致對電性應力的敏感性增加。舉例而言，微處理器具有無法對來自 ESD 瞬變的高電流進行處置的結構及導電路徑。此類組件在非常低的電壓下進行操作，因此優先控制電壓擾動，以防止裝置中斷及潛在或災難性故障。

【0004】 就該些及其他考量而言，本發明的改良可有所助益。

【發明內容】

【0005】 提供本發明內容是為了以簡化形式介紹以下將在實施方式中進一步闡述的一系列概念。本發明內容並非旨在辨識所請

求保護的標的物的關鍵特徵或本質特徵，亦非旨在幫助確定所請求保護的標的物的範圍。

【0006】 揭露一種迷你斷路器的示例性實施例，所述迷你斷路器可進行操作以提供由於短路或過載事件而引起的保護。迷你斷路器包括由外部杠杆手動斷開或閉合的開關，但開關因應於第一故障事件或第二故障事件而自動斷開。迷你斷路器亦包括因應於第一故障事件而將開關斷開的電磁線圈、雙金屬條帶以及與雙金屬條帶串聯連接的場效電晶體（field effect transistor, FET），其中 FET 的閘極端子與源極端子連接至彼此。雙金屬條帶及 FET 在第二個故障事件期間將開關斷開。

【0007】 根據本揭露的迷你斷路器的另一示例性實施例可包括雙金屬條帶、場效電晶體（FET）及開關。雙金屬條帶包括細長金屬條帶及包繞於條帶周圍的金屬繞組。若超過迷你斷路器的額定電流，則細長金屬條帶發生彎曲。在自細長金屬條帶移除金屬繞組之後，FET 與細長金屬條帶串聯連接且熱系接至細長金屬條帶。FET 具有連接至源極端子的閘極端子。當超過迷你斷路器的額定電流的電流進入迷你斷路器中時，開關由於細長金屬條帶的彎曲而斷開。FET 提供高於額定電流的電流限制。

【圖式簡單說明】

【0008】

圖 1 是示出根據示例性實施例的包括雙金屬開關及 D MOSFET 的保護電路的圖。

圖 2 是示出根據示例性實施例的包括獨立的雙金屬開關的保護電路的圖。

圖 3 是根據示例性實施例的用於向電路提供過電流保護的裝置的圖。

圖 4 是根據示例性實施例的利用螺釘及螺栓連接至 D MOSFET 的雙金屬開關的例示。

圖 5 是根據示例性實施例的利用圖 2 所示獨立的雙金屬開關實行的實驗的響應波形。

圖 6 及圖 7 是根據示例性實施例的在圖 3 所示雙金屬開關與 D MOSFET 之間實行的實驗的響應波形。

圖 8 是根據示例性實施例的提供對圖 2 及圖 3 所示電路實行的過電流測試電流操作的結果的表。

圖 9 是根據示例性實施例的對具有獨立的雙金屬開關的電路與具有帶有 D MOSFET 的雙金屬開關的電路之間的跳閘響應時間進行比較的圖表。

圖 10 是根據示例性實施例的對圖 2 所示獨立的雙金屬開關電路實行的實驗的響應波形。

圖 11 是根據示例性實施例的對包括圖 3 所示雙金屬開關及 D MOSFET 的裝置實行的實驗的響應波形。

圖 12A 及圖 12B 是根據先前技術的迷你斷路器的例示。

圖 13 是根據先前技術的迷你斷路器的例示。

圖 14 是根據先前技術的迷你斷路器的電路圖。

圖 15A 及圖 15B 是根據示例性實施例的具有 D MOSFET 的迷你斷路器的電路圖。

圖 16 是根據示例性實施例的具有 D MOSFET 的迷你斷路器的例示。

圖 17 至圖 19 是根據示例性實施例的對具有 D MOSFET 的迷你斷路器及不具有 D MOSFET 的迷你斷路器實行的實驗的響應波形。

【實施方式】

【0009】本文中揭露用於提供過電流保護及過電壓保護的電路。所述電路的特點是具有空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體（metal oxide semiconductor field effect transistor，MOSFET）（depletion mode MOSFET，D MOSFET）作為限流器，D MOSFET 連接至雙金屬開關，其中雙金屬開關充當溫度感測斷路器。D MOSFET 與雙金屬開關藉由進行組合而能夠限制去往下游電路組件的電流，因此保護組件免受損壞。

【0010】此外，本文中揭露用於提供過電流保護及過電壓保護的迷你斷路器（Mini Circuit Breaker，MCB）。MCB 的特點是具有空乏型 MOSFET（D MOSFET）或接面場效電晶體（junction field effect transistor，JFET）作為限流器，D MOSFET 或 JFET 連接至雙金屬條帶，其中雙金屬條帶充當溫度感測斷路器。D MOSFET 或 JFET 與雙金屬條帶藉由進行組合而能夠限制去往下游電路組件的電流，因此保護組件免受損壞。

【0011】 金屬氧化物半導體場效電晶體裝置（被稱為 MOSFET）是用於在電子裝置中對電子訊號進行切換及放大的半導體裝置。透過對 MOSFET 的閘極上的電壓進行調整，設置於 MOSFET 的源極與汲極之間的通道的寬度被變更。基於 MOSFET 是利用 N 型基板構建的 P 通道裝置、利用 P 型基板構建的 N 通道裝置、垂直設置的半導體、側向設置的半導體、空乏型抑或增強型，MOSFET 具有多種配置。

【0012】 與透過在閘極兩端施加電壓而接通的增強型 MOSFET 相反，當閘極端子處於零伏（ $V_{GS}=0$ 伏）時，空乏型 MOSFET 被稱為「常接通（normally-on）」裝置。除了在源極區與汲極區之間具有薄閘極氧化物之外，使用離子植入在閘極氧化物層下面以及源極區與汲極區之間形成導電通道。基板至通道區中的活性摻雜劑的濃度用於將 MOSFET 的臨限值電壓（ V_{Th} ）調整至期望值。儘管名稱如此，但許多現代 MOSFET 可在絕緣閘極氧化物頂部製造有多晶矽閘極，而非金屬。

【0013】 雙金屬開關是由聯接（join）於一起（背對背）的兩個金屬條帶組成的開關。雙金屬開關將被放置於兩個連接點之間的電路中。第一金屬條帶具有第一熱膨脹係數且第二金屬條帶具有不同的第二熱膨脹係數。在向雙金屬開關施加熱量時，一旦溫度超過「斷開（open）」臨限值，基於該兩種不同的熱膨脹係數，開關將暫時變形或發生彎曲。在其中雙金屬開關由預定長度的兩個背對背金屬條帶組成的情況下，施加熱量將使開關「縮短」或一

端「抬起」，使得開關不再維持預定長度，因此變得不附接至電路的兩個連接點，進而導致開路狀態。在其中雙金屬開關是製造的封裝的部分（例如 KSD-01F 溫度開關恆溫器，以下將進一步論述）的情況下，封裝包括兩條延伸的腿，所述兩條延伸的腿將在加熱期間更改其相對位置，因此導致自電路的連接點斷開連接，進而導致開路狀態。在任一配置中，一旦雙金屬開關再次冷卻下來，開關將伸直或恢復至其原始形狀（一般而言是平的），因此使開關再次附接於所述兩個連接點之間且將電路閉合。

【0014】 圖 1 是根據示例性實施例的保護電路 100 的代表性圖式。保護電路 100（本文中亦被稱為「電路」）由彼此串聯連接的雙金屬開關 102 與空乏型 MOSFET 104（下文中為「D MOSFET」或「MOSFET」）組成。D MOSFET 104 包括汲極（D）及源極（S）、以及閘極（G），電流流經所述汲極（D）及源極（S），在某些電壓狀況下，閘極（G）將影響汲極與源極之間的電流流動。作為空乏型裝置，儘管閘極（G）電壓為 0 伏，但 D MOSFET 104 通常是「接通的」，其中汲極（D）與源極（S）之間存在電流流動。當開關閉合時，雙金屬開關 102 在節點 110 與 112 之間提供電性路徑，且當開關未閉合時，雙金屬開關 102 引起開路。雙金屬開關 102 的一端亦連接至 D MOSFET 104 的汲極（D）。

【0015】 保護電路 100 更包括電阻器 106，電阻器 106 在第一端處連接至 D MOSFET 104 的源極（S）且在第二端處連接至 D MOSFET 的閘極（G）。因此，電阻器 106 兩端的電壓與 D

MOSFET104 的閘極至源極電壓相同。電阻器 106 的第二端（以及 D MOSFET104 的閘極）連接至待保護的附加電路元件 108，待保護的附加電路元件 108 處於已闡述的電路元件的下游且一般而言在圖 1 中示出。

【0016】 在示例性實施例中，D MOSFET 104 是限流器且雙金屬開關 102 充當溫度感測斷路器。保護電路 100 的雙金屬開關 102 由背對背彼此附接的兩個不同金屬條帶組成。第一金屬條帶具有第一熱膨脹係數且第二金屬條帶具有不同的第二熱膨脹係數。當雙金屬開關所感測的溫度超過臨限值溫度時，此種差異使開關 102 呈現暫時變形（例如發生彎曲）。暫時變形使雙金屬開關 102 不再連接至節點 110 及 112 兩者，進而導致開路。由於臨限值溫度使雙金屬開關 102 將保護電路 100 斷開，因此臨限值溫度在本文中亦被稱為「斷開臨限值溫度」及「跳閘點」或「跳閘時間」溫度。

【0017】 在示例性實施例中，對雙金屬開關 102 與 D MOSFET 104 進行組合會向電路 100 提供過電流保護。如圖 1 中所示，過電流狀況可表徵為 1) 暫態過電流或 2) 恆定過電流。一旦存在過電流狀況，D MOSFET 104 便產生熱量，此會激活雙金屬開關 102 的熱感測特性。雙金屬開關 102 的暫時變形意指達到了開路臨限值溫度，使得雙金屬開關 102 無法連接至電路 100 的節點 110 及 112 中的一或多者，進而導致開路。

【0018】 一旦故障過電流狀況消退，雙金屬開關 102 的所述兩個金屬條帶將冷卻下來，使開關自暫時變形狀態返回至其原始狀

態。此會使雙金屬開關 102 再次在電路 100 的節點 110 與 112 兩者之間建立連接，進而導致閉合電路。雙金屬開關 102 因此提供保護電路 100 的斷路狀況，此是用於對電路內的其他電子系統或裝置（在圖 1 中指示為「附加電路元件 108」）進行安全防護的故障安全環境。

【0019】 在保護電路 100 內，D MOSFET 104 能夠對過電流事件及過電壓事件提供快速響應及阻斷能力且能夠對突波電流事件進行快速箝位。D MOSFET 的過電流箝位能力會吸收快速暫態突波能量，此會保護一些有害的暫態突波不會到達欲保護的敏感電子裝置（附加電路元件 108）中。

【0020】 相比之下，雙金屬開關 102 提供高電流斷開能力。然而，雙金屬開關 102 無法快速響應以防止快速暫態事件。因此，在示例性實施例中，對雙金屬開關 102 與 D MOSFET 104 進行組合會有助於利用所述兩種裝置的優點來提供過電流保護及過電壓保護方面的改良。

【0021】 在示例性實施例中，D MOSFET 104 是由力特®（Littelfuse®）製造的 IXTH16N50D2 空乏型 MOSFET（其中 $V_{DSX}=500$ 伏， $I_{D(on)} = 16$ 安， $R_{DS(on)}= 300$ 毫歐姆），且雙金屬開關 102 是由東莞市富寬源電子有限公司（fuyuanfuse.com）製造的 KSD-01F 溫度開關恆溫器。如圖 1 中所示，雙金屬開關 102 連接至 D MOSFET 104 的輸入端子汲極（D）接腳。電阻器 106 連接於 D MOSFET 104 的 G-S 端子之間。雙金屬開關 102 充當導電開關。

在正常操作期間，雙金屬開關 102 使得電流能夠經過，而只要電流不超過斷開臨限值溫度（此亦可被認為是雙金屬開關 102 的「觸發位準」）。

【0022】 示出為 I_D 的 D MOSFET104 的汲極電流開始流經 D MOSFET 104 的 D-S 端子，直至閘極至源極電壓 V_{GS} 電位差（ $I_D \times R$ ）達到會引起更負的 V_{GS} 以阻擋更多電流經過 D MOSFET 104 的位準。在一個實施例中，隨著所施加的電壓增大，電流將以線性模式增大，直至達到飽和狀態。達成平衡，其中組合電路（包括雙金屬開關 102 及 D MOSFET 104）將使得 D MOSFET 的最大飽和電流 I_{sat} 能夠流經電路 100。在此種狀態下，能量亦會在 D MOSFET 104 中耗散（其中 $I_{sat} \times V_{DS}$ ），熱量亦是如此。

【0023】 在示例性實施例中，飽和電流 I_{sat} 是經過 D MOSFET 104 的最大穩定狀態電流。此意指，只要不超過飽和電流，D MOSFET 將維持功能，而不會出現晶片故障或由於過熱引起的故障。若過載電流小於 I_{sat} ，則 D MOSFET 104 仍會以熱的形式來使能量耗散，而沒有任何問題。然而，若在到達 D MOSFET 中的輸入側處存在非常高的短路，因此超過其 I_{sat} （飽和電流）值，則 D MOSFET 將迅速做出反應且更快地將過多的電流耗散成熱量。此繼而使 D MOSFET 104 的外部封裝的更高的溫度升高，以使雙金屬開關 102 快速跳閘，此會阻止更多的電流將 D MOSFET 斷開。然而，超過 D MOSFET 的飽和電流 I_{sat} 的延長電流將使 D MOSFET 的過熱超過其最大接面溫度，進而導致晶片故障及 D MOSFET 功能喪失。

因此，雙金屬開關亦有助於保護 D MOSFET 免受過熱故障的影響。

【0024】 在示例性實施例中，保護電路 100 使用介於自 0 安至 I_{sat} 飽和電流的範圍內的所施加電流進行操作。異常狀況可能導致輸入電流 I_D 突然升高。舉例而言，異常狀況可能是由負載上短路、負載切換或突然過載狀況引起。該些異常狀況會使經過雙金屬開關 102 及 D MOSFET 104 的電流激增。若此電流保持在飽和電流 I_{sat} 以下，則 D MOSFET 將由於功率耗散至 MOSFET 而逐漸加熱。然而，若過電流超過飽和電流 I_{sat} ，則輸入電流 I_D 將急劇增大，其中向 D MOSFET 的熱量耗散 ($I_D \times V_{DS}$) 導致雙金屬開關跳開得更快，以保護 D MOSFET。此將使雙金屬開關 102 達到其斷開連接位準，因此在斷開臨限值溫度下自節點 110、112 中的一或多者斷開連接。因此，雙金屬開關亦在安全操作區域及熱極限內為 D MOSFET 提供切斷保護。

【0025】 在一個實施例中，當節點 110 及/或 112 處的斷開連接發生時，流經保護電路 100 的總電流被切斷，此會消除流向 D MOSFET 104 的電流，使 D MOSFET 的熱量耗散，且最終透過消除持續過電流來避免 D MOSFET 過熱。

【0026】 因此，保護電路 100 有利地提供一種反饋機制，當短路電流事件的嚴重性增加時，所述反饋機制傾向於向 D MOSFET 104 提供更快的保護。因此，短路電流的位準越高，雙金屬開關 102 能夠越快將去往 D MOSFET 104 的電流切斷，且因此保護 D MOSFET 免受過熱損壞。出現此種反饋是由於 D MOSFET 104 在

過電壓/過電流狀況下產生的高熱量使雙金屬開關 102 更快斷開，因此防止更多的電流經過 D MOSFET 且消除此種自加熱，並且最終保護下游的附加電路元件 108。

【0027】 圖 2、圖 3 及圖 4 分別是根據示例性實施例的保護電路 200、300 及 400 的例示，用於例示連續電流測試的結果。在示例性實施例中，雙金屬開關是 KSD-01F 溫度開關恆溫器（在 60°C 下觸發且工作電流 @ 2 安 250 伏），D MOSFET 是 IXTH16N50D2 空乏型 MOSFET（其中 $V_{DSX} = 500$ 伏， $I_{D(on)} = 16$ 安， $R_{DS(on)} = 300$ 毫歐姆），且電阻器 206 是 0 歐姆電阻器。在圖 2 中，雙金屬開關 202 是未耦合至 MOSFET 的獨立裝置。在圖 3 中，雙金屬開關 302 連接至 D MOSFET 304 及電阻器 306，其中電路元件與圖 1 所示保護電路 100 中的電路元件類似地進行佈置。在圖 4 中，雙金屬開關 402（KSD-01F）利用螺釘 412 及螺栓（不可見）以背對背的方式系接至 D MOSFET 404（TO247 封裝）。在一個實施例中，雙金屬開關 402 及 D MOSFET 404 進一步使用導熱環氧黏合劑（未示出）彼此熱聯結（link）。在另一實施例中，雙金屬開關 402 及 D MOSFET 404 進一步使用導電環氧凝膠彼此熱聯結。此外，雙金屬開關 402 及 D MOSFET 404 經由配線 406、408 及 410 彼此電性連接且電性連接至電路的其他部分。KSD-01F 雙金屬開關由雙金屬盤、對裝置的所述兩條腿進行連接的金屬橋、金屬橋接觸件及與散熱器隔離的塑膠殼體組成。雙金屬盤將在特定溫度下發生彎曲，此使得金屬橋與腿連接或斷開連接，因此將電路閉合或斷開。

【0028】 在圖 2 及圖 3 中，相應的箭頭 204 及 322 示出電流流動的方向。在特別具有獨立的雙金屬開關 202 的電路 200 中，在將開關閉合的同時，電流 204 自節點 206 流動至節點 208。當雙金屬開關 202 被斷開時，不存在電流流動。在特別具有雙金屬開關 302、D MOSFET 304 及電阻器 306 的電路 300 中，電流 322 自節點 308 經過閉合的雙金屬開關 302，自 D MOSFET 304 的節點 314 流動至節點 316（汲極至源極），自電阻器 306 的節點 318 流動至節點 320，且最終流動到節點 310。由於電阻器 306 連接於 D MOSFET 304 的源極與閘極之間，因此當電流 322 流動時電阻器 306 兩端的電壓與 D MOSFET 的閘極至源極電壓 V_{GS} 相同。因此，節點 314 及 316（灰色）兩端的電壓是 D MOSFET 304 的汲極至源極電壓 V_{DS} ，而節點 318 及 320（白色）兩端的電壓是閘極至源極電壓 V_{GS} 。

【0029】 電路 300 亦可為由雙金屬開關 302、D MOSFET 304 及電阻器 306 組成的獨立裝置 300。過電流保護裝置 300 因此可被添加至需要過電流保護的任何電路中。

【0030】 傳導過電流測試電流以對下面三組狀況下的雙金屬開關的跳閘時間進行評估：

- 在雙金屬開關 202 作為獨立裝置（圖 2）的條件下，測試電流為所施加電流（低於飽和電流 I_{sat} ）的 100%（2 安）、200%（4 安）、300%（6 安）、400%（8 安）、500%（10 安）、600%（12 安）、700%（14 安）、800%（16 安）、

1000% (20 安) 及 1200% (24 安)

- 在雙金屬開關 202 連接至 D MOSFET 204 (圖 3) 的條件下，測試電流為所施加電流 (低於飽和電流 I_{sat}) 的 100% (2 安)、200% (4 安)、300% (6 安)、400% (8 安)、500% (10 安)、600% (12 安)、700% (14 安)、800% (16 安)、1000% (20 安) 及 1200% (24 安) 的
- 在雙金屬開關 202 使用螺釘及螺栓熱聯結至 D MOSFET 204 (圖 4) 的條件下，測試電流為所施加電流 (低於飽和電流 I_{sat}) 的 100% (2 安)、200% (4 安)、300% (6 安)、400% (8 安)、500% (10 安) 及 600% (12 安)、700% (14 安)、800% (16 安)、1000% (20 安) 及 1200% (24 安)

【0031】 由於該些測試中所使用的雙金屬開關 (KSD-01F 溫度開關恆溫器) 具有 2 安 (在 250 伏下) 的工作電流，因此 2 安輸入代表其工作電流的 100%。因此，進行該些測試是為了量測雙金屬開關在不同操作狀況下的跳閘時間。因此，除了在 2 安處進行的第一次測試之外，所述裝置在其標準化額定電流的倍數處進行測試，其中最極端的測試發生在裝置的額定電流的十二倍 (24 安) 處。

【0032】 圖 5 是根據示例性實施例的圖 2 所示獨立的雙金屬開關 202 的響應波形 500，其中 10 伏源極向電路 200 供應 8 安電流 (開關的額定電流的 400%)。即使流經雙金屬開關 202 的電流額定為

裝置的標準化額定電流的四倍，到達裝置跳閘點 502 仍會花費 48 秒。此並不理想，因為雙金屬開關在四倍標準化電流下的長時間跳閘會給下游組件帶來非常高的壓力，進而增加故障的可能性。

【0033】 圖 6 是根據示例性實施例的連接至圖 3 所示 D MOSFET 304 的雙金屬開關 302 的響應波形 600，其中 10 伏源極向電路 300 供應 6 安（開關的額定電流的 300%）。如波形 600 中所示，將 10 伏 6 安過電流狀況施加至保護電路 300（圖 3）以對其響應進行量測。經過 D MOSFET 304 的電流 (I_D) (C2) 及雙金屬開關 302 及 D MOSFET 304 (V_{DS}) (C3) 兩端的電壓相對於時間圖被監控及捕獲。它們的刻度標記於波形 600 的底部處。跳閘點 602 是其中雙金屬開關 302 開始斷開連接的點。

【0034】 圖 7 是根據示例性實施例的連接至圖 3 所示 D MOSFET 304 的雙金屬開關 302 的響應波形 700，其中 10 伏源極向電路 300 供應 12 安（開關的額定電流的 600%）。在此實例中，電阻器 306 處於 0 歐姆。如波形 700 中所示，將 10 伏 12 安過電流狀況施加至保護電路 300（圖 3）以對其響應進行量測。在跳閘點 702 處，自 D MOSFET 304 流出的電流 I_D 自 12 安快速下降至 0 安，而 D MOSFET 兩端的電壓 V_{DS} 自 10 伏下降至 0 伏。就在跳閘點 702 之前，DMOSFET 304 花費約 $4.27 \text{ 伏} \times 12 \text{ 安} = 54.24 \text{ 瓦}$ 的功率耗散（參見以下圖 8 所示表 800）。600%（12 安）額定電流造成 D MOSFET 304 中的熱量耗散，此會使 D MOSFET 封裝的溫度升高且在 60°C 處達到雙金屬開關 202 斷開連接的水準。在圖 700（圖 7）中所示

的實例中，到達雙金屬開關 202 的跳閘點 702 花費約 3.7 秒。因此，在示例性實施例中，如該些波形所示，切斷過電流事件的響應時間不僅取決於過電流幅值，亦取決於由 D MOSFET 304 引起的固有熱耗散。

【0035】 圖 8 包括表 800，以示出根據一些實施例的過電流測試電流操作的結果。如圖所示，在存在及不存在 D MOSFET 304 的條件下，利用不同的電流進行進一步的測試。在該些實例中，利用低於飽和電流 I_{sat} 的額定電流對 IXTH16N50D2 D MOSFET 及帶有 60°C 觸發器的雙金屬開關進行測試。

【0036】 表 800 提供利用不同的電流及雙金屬開關跳閘響應的測試的總結。表 800 的頂部提供在八種電流狀況（6 安、8 安、10 安、12 安、14 安、16 安、20 安及 24 安）下連接至 D MOSFET 304 的雙金屬開關 302（圖 3）的跳閘時間信息；表 800 的底部提供在同八種電流狀況下，未連接至 D MOSFET 的雙金屬開關 202（圖 2）的跳閘時間信息。表 800 示出獨立的雙金屬開關 202（圖 2）的跳閘時間為 8 秒（在 12 安電流的條件下）。在將相同的 12 安施加至與雙金屬開關電路進行組合的 D MOSFET（圖 3）的條件下，跳閘時間縮短至僅 3.7 秒。因此，在示例性實施例中，對於 D MOSFET+雙金屬開關，在 3X 至 6X 的電流範圍的條件下，跳閘時間快得多/得到改善。

【0037】 表 800 亦示出，雙金屬開關在 2 安（所施加電流的 100%）或 4 安（所施加電流的 200%）處不會跳閘。相反，雙金屬開關在

6 安（300%）處開始跳閘，此乃因在 6 安電流處存在足夠的能量來以熱方式啟用雙金屬開關。

【0038】 如該些實驗所示，在示例性實施例中，D MOSFET 的存在會加速雙金屬開關在所有電流比率下的跳閘。電阻 R 會決定在穩定狀態下經過 D MOSFET 的最大容許電流，即 I_{sat} 飽和電流。在示例性實施例中，與使用 $R=0.1$ 歐姆電阻器相比，使用 0 歐姆電阻器將容許更高的 I_{sat} 值。當電阻器 306 為零時，D MOSFET 304 的 V_{GS} 亦為零。但是，透過稍微增大電阻（例如， $R=0.1$ 歐姆），D MOSFET 304 的閘極至源極電壓 V_{GS} 將變得稍微為負，並且將開始夾斷並限制流經 D MOSFET 的電流。

【0039】 透過增大電阻 R，飽和電流 I_{sat} 及閘極至源極電壓（ V_{GS} ）兩者發生改變，使得 D MOSFET 兩端的功率變更並能夠為 D MOSFET 提供更多的功率耗散。在示例性實施例中，該些考量將有利於選擇不同的雙金屬開關來與不同額定值的斷路器一起工作。

【0040】 圖 9 包括圖表 900，圖表 900 示出兩種類型的保護電路的改善的跳閘響應時間：1) 不具有 MOSFET 的雙金屬開關（圖 2）以及 2) 具有 MOSFET 的雙金屬開關（圖 3）。圖表 900 示出雙金屬開關的以秒計的跳閘時間（y 軸）與以安培計的電流（x 軸）的關係。黑色圓圈示出獨立的雙金屬開關（例如，圖 2）的跳閘時間而淺色圓圈示出雙金屬開關加上 D MOSFET（例如，圖 3）的跳閘時間。一旦雙金屬開關與 D MOSFET 進行組合，在圖表 900 中跳

開時間自右向左偏移且自頂部向下更接近底部（意指更短的跳開時間），此在雙金屬開關跳開時間的安全操作曲線內。因此，添加帶有雙金屬開關的 D MOSFET 將增加總跳開時間並為下游電子裝置提供更快的保護。

【0041】 圖表 900 中顯示出由 D MOSFET 所提供的益處。舉例而言，由黑色圓圈 902 給出的在 8 安處獨立的雙金屬開關的跳開時間約為 57 秒，而由淺色圓圈 904 給出的在相同電流處的雙金屬開關加上 D MOSFET 的跳開時間約為 8 秒。類似地，由黑色圓圈 906 給出的在 10 安處的獨立的雙金屬開關的跳開時間約為 19 秒，而組合電路（淺色圓圈 908）的跳開時間約為 6 秒。僅在較高的電流下，獨立的雙金屬開關才能較組合電路好，此是有道理的，因為開關的額定電流已被遠遠超過。圖表 900 因此示出由雙金屬開關與 D MOSFET 兩者組成的組合電路一起工作以防止過電流狀況的益處。

【0042】 返回圖 2 所示保護電路 200，根據示例性實施例，電路包括經歷突波測試的獨立的雙金屬開關 202。所述測試是在 2 歐姆下在峰值電壓為 500 伏的條件下利用 1.2/50 微秒的突波電流實行。相比之下，圖 3 示出在雙金屬開關 302 連接至 D MOSFET 304 的汲極且電阻器 306 連接於 D MOSFET 的源極與閘極之間的條件下的電路 300。此電路 300 的一個變型不包括電阻器。同樣，測試是在 2 歐姆下在峰值電壓為 500 伏的條件下利用 1.2/50 微秒的突波電流實行。在電路 200 及 300 兩者中，雙金屬開關是 KSD-01F

溫度開關恆溫器，而在電路 300 中，D MOSFET 304 是 IXTH16N50D2 空乏型 MOSFET（其中 $V_{DSX} = 500$ 伏， $I_{D(on)} = 16$ 安， $R_{DS(on)} = 300$ 毫歐姆）。

【0043】 圖 10 包括響應波形 1000，響應波形 1000 示出根據一些實施例的獨立電路（例如圖 2 所示電路 200）中的雙金屬開關的突波響應。存在 1.2/50 微秒突波波形，其中峰值電壓為 500 伏且虛擬阻抗為 2 歐姆。如波形 1000 中所示，經過雙金屬開關的突波電流（C2）具有 230.7 安的峰值響應。為了對電壓波形進行轉換，峰值電壓為 $230.7 \text{ 伏} \times 2 \text{ 歐姆} = 461.4 \text{ 伏}$ 。在傳入突波略有上升的條件下，雙金屬開關兩端的電壓（C1）在 10 伏處幾乎保持不變。然而，突波不會觸發雙金屬開關斷開。因此，在一些實施例中，開關不會在此種突波狀況下觸發。

【0044】 圖 11 包括響應波形 1100，以示出根據一些實施例的特點為具有經組合的 D MOSFET 與雙金屬開關的電路（例如圖 3 所示電路 300）的突波響應。如波形 1100 中所示，在相同的傳入突波條件下，經過 D MOSFET 與雙金屬開關組合的電流被向下箝位（C2）並在約 40 微秒處在峰值電流約為 21.8 安處保持「飽和」。D MOSFET 非常快速地在突波上進行箝位並使所得輸出成為非常低的電流輸出。此與獨立的雙金屬開關的上述突波測試（圖 10）形成對比。

【0045】 因此，在示例性實施例中，採取具有雙金屬熱開關的 D MOSFET，開關的觸發時間較在利用相同的所施加過電流的條件下

獨立觸發時快得多。此外，所得突波電流處於低得多的安全位準處，以便保護下游電路元件。

【0046】 在示例性實施例中，D MOSFET 加上雙金屬開關能夠在電路中一起密切工作，以提供相互保護。在延長的過電流保護事件下，D MOSFET 加熱並在指定的觸發溫度下觸發開關，並且產生開路電流，此既可防止過電流經過電路的下游組件，又可防止 D MOSFET 過熱。一旦開關的殼體冷卻下來達到復位水準，開關便會自其暫時變形的位位置復位至其正常位置。

【0047】 此外，在一些實施例中，本文中闡述的組合電路可成為手動復位斷路器的部分。眾所習知，這些類型的斷路器具有雙金屬條帶，但是，一旦金屬條帶跳閘引起開路，斷路器便只能在人工干預下復位。本文中揭露的雙金屬條帶加上 D MOSFET 可為此種斷路器的合適替代物且可消除對斷路器進行復位對於人為干預的需要。當兩個裝置（雙金屬開關與 D MOSFET）以此種方式連接時，它們具有自保護及自復位特徵。

【0048】 除了以上給出的雙金屬開關實例之外，本文中闡述的原理可類似地應用於其他類型的熱開關、迷你斷路器及內部具有雙金屬開關的繼電器型斷路器，而無論該些裝置包括自復位功能抑或手動復位功能。

【0049】 自以上測試結果來看，D MOSFET 提供附加的加熱效果，以使雙金屬開關的跳閘加速。已示出，在所有過電流位準（例如在一些實施例中為 100%、200%及 400%）下，雙金屬開關在存

在 D MOSFET 的條件下能夠更快地跳閘。因此，雙金屬開關與 D MOSFET 密切配合且對彼此提供相互保護。

【0050】 在示例性實施例中，以上波形示出在將開關一起放在 D MOSFET 封裝的頂部（如圖 4 中所示）的同時將雙金屬開關放在 D MOSFET 之前，此會使所述兩個裝置相互受益以防止過電流事件。在 D MOSFET 的閘極至源極端子（例如，圖 3 中的電阻器 306）中具有（或不具有）偏置電阻器的條件下，D MOSFET 充當限流器。當 D MOSFET 具有長期限流事件時，其本體（封裝）所產生的熱量將對雙金屬開關進行加熱，以使開關斷開且保護 D MOSFET 不過熱（長期電流， $I > I_{sat}$ ）。在示例性實施例中，一旦溫度下降至雙金屬開關恢復水準，電路則複位回到正常。在示例性實施例中，D MOSFET 亦充當突波限流器，以將外部突波箝位至待保護的電路。

【0051】 作為一個實例，本文中闡述的原理可應用於例如迷你斷路器（MCB）等電路。MCB 用於例如在包括辦公室及家庭的建築物中對例如以下過電流事件進行保護：短路（例如，正常電流的 10 倍至 100 倍）、非常高的突波過電流事件（例如，正常電流的 5 倍至 10 倍）及過載狀況（例如，正常電流的 2 倍至 4 倍）。短路是指使連接至 MCB 的電源線或設備發生短路而產生的過電流。用語「過電流」包括該些短路事件，但亦涵蓋由外部擾動（例如與電源線接觸的其他高電源線）引起的電流突然上升。MCB 被設計成使 MCB 內的內部電路跳閘或斷開，此會截斷（shut off）電流流

動且防止電路過熱。跳閘動作（發生得非常快（例如，不到 3 毫秒））亦會防止電流被遞送至 MCB 所連接的其他裝置。MCB 亦利用雙金屬條帶，所述雙金屬條帶可連接至 D MOSFET，以用於改善 MCB 的響應時間。

【0052】 本文中所闡述的 MCB 的特點是具有雙金屬條帶，即背對背設置的兩個金屬件，其中所述兩個金屬件由具有不同熱膨脹係數的不同金屬構成，進而使雙金屬條帶在受熱期間發生彎曲。在以上闡述及示出的保護電路 300 中，雙金屬條帶被稱為雙金屬開關。此乃因，在電路內，雙金屬條帶充當將電路斷開或閉合的開關。相比之下，雙金屬開關的特點是以下所述 MCB 發生彎曲以使被稱為主開關的獨立的電路組件斷開，主開關是用於將電路斷開的觸發機構。儘管命名不同（條帶對開關），但以下闡述的雙金屬條帶本質上與以上保護電路 300(圖 3)的雙金屬開關 302 相同。

【0053】 圖 12A 及圖 12B 是根據先前技術的 MCB 1200 的例示。MCB 1200 是雙端子裝置。MCB 1200 的特點是具有因應於短路或過載狀況而斷開的開關。MCB 1200 的特點是具有可啟用觸發機制的兩種不同的感測元件。第一感測元件是具有移動閥的電磁線圈 1208。第二感測元件是雙金屬條帶 1204。觸發機構是主開關 1206，主開關 1206 由外部杠杆 1202 手動控制且因應於故障狀況而自動斷開。外部杠杆 1202 將 MCB 1200 接通（將主開關 1206 閉合，如圖 12A 中所示）或將 MCB 關斷（將主開關斷開，如圖 12B 中所示）。MCB 1200 的特點是亦具有電弧槽 1210，電弧槽 1210 亦

被稱為電弧吸收器。

【0054】 電磁線圈 1208 是電磁感測器，所述電磁感測器生成與經過線圈的電流成比例的電場。對電磁線圈 1208 進行設計所針對的短路狀況可在幾毫秒內生成高達正常電流的幅值的一千倍的電流。隨著電流變強，電磁線圈 1208 周圍的磁場變大。電磁線圈 1208 的移動閥靠近主開關 1206 定位。隨著磁場增強，閥抵靠主開關 1206 進行推動，使開關斷開（如圖 12B 中所示），進而導致開路。電磁線圈 1208 的彈簧張力足以在正常電流流動期間不觸發主開關 1206 斷開，而是在短路狀態期間觸發主開關 1206 斷開。

【0055】 在一些情形中，當存在非常高的突波過電流（正常電流的 5 倍至 10 倍）進入 MCB 1200 中時，電磁線圈 1208 進入飽和狀態且使線圈內部的可移動磁閥非常快速地推動主開關 1206。電磁線圈 1208 的快速反應對於切斷非常危險的大幅值的過電流且保持連接至 MCB 1200 的電路及系統不受損壞是至關重要的。

【0056】 MCB 1200 中的另一感測器是雙金屬條帶 1204。雙金屬條帶 1204 感測器被設計成解決過載情況且較電磁線圈 1208 動作進行得慢。較慢的感測器會確保簡單接通的電器將不觸發 MCB 1200 將其關閉。舉例而言，熒光燈具有約 10 毫秒的啟動時間。當過載狀況持續兩秒或多於兩秒時，雙金屬條帶 1204 使 MCB 1200 跳閘。

【0057】 如以上所闡釋，雙金屬條帶 1204 由兩種不同類型的金屬組成，每種金屬具有不同的熱膨脹係數。在示例性實施例中，

雙金屬條帶 1204 由第一細長金屬條帶組成，第一細長金屬條帶使用配線繞組作為第二金屬條帶進行包繞，所述兩個金屬件串聯連接於一起。當受熱時，由於過載狀況的發生，細長金屬條帶收縮，進而使雙金屬條帶 1204 發生彎曲，此繼而引起主開關 1206 的移動及 MCB 1200 內的電路的斷開。或者，若雙金屬條帶 1204 使用配線繞組進行包繞，則配線繞組受熱且發生彎曲以推動主開關 1206，進而使主開關 1206 斷開，因此將 MCB 自外部電源關斷。雙金屬條帶 1204 進行操作應處的電流值一般而言可在特定範圍內變更。

【0058】 MCB 1200 的電弧槽 1210 被設計成使當主開關 1206 斷開時所產生的電弧電流耗散，無論是由於電磁線圈 1208 抑或由於雙金屬條帶 1204。電弧電流流經新斷開的主開關 1206 的端部附近的空氣，進而使溫度大幅上升，此可損壞 MCB 1200。電弧槽 1210 因此設置於主開關 1206 上方，此乃因高溫電弧電流將向上流動。電弧槽 1210 的特點是具有幾個平行的金屬板（被稱為分離器），所述金屬板被設計成在向上流動期間將電弧電流分開。金屬分離器將電弧電流分成較小的電弧電流，較小的電弧電流在電弧電流繼續向上流動時會更快地耗散。

【0059】 圖 13 是根據先前技術的第二 MCB 1300 的例示。所述例示示出經過 MCB 1300 的電流路徑。MCB 1300 包括用於對作為觸發機構的主開關 1306 進行控制的外部杠杆 1302。如同 MCB 1200 那般，雙金屬條帶 1304 及電磁線圈 1308 是 MCB 1300 的感

測器機構。亦示出左端子 1312 及右端子 1314。MCB 1300 不具有電弧槽，此乃因，此種裝置在一些斷路器設計中是可選的。

【0060】 電流路徑在 MCB 1300 中示出為虛線。電流自右端子 1314，經過電磁線圈 1308，亦經過雙金屬條帶 1304，然後經過主開關 1306，且最後經由左端子 1312 流出。電流亦在另一方向上行進，自左端子 1312，經過主開關 1306，經過雙金屬條帶 1304，經過電磁線圈 1308，且流出右端子 1314。若主開關 1306 斷開，則在任一方向上的電流路徑均將被中斷。

【0061】 當存在幅值為正常電流的一倍至四倍的過電流事件時，過電流使得對雙金屬條帶 1304 進行包繞的配線繞組受熱且彎曲，進而推動主開關 1306 直至開關斷開，因此將 MCB 1300 自外部電源關斷。當存在非常高的突波過電流事件進入 MCB 1300 中時，磁場的增加使電磁線圈 1308 內部的可移動磁閥非常快速地推動主開關 1306，進而使得 MCB 1300 能夠因此切斷非常危險的大幅值的過電流。

【0062】 圖 14 是根據先前技術的 MCB 的電路圖 1400。電路圖 1400 可代表例如 MCB 1200 (圖 12A 及圖 12B)。雙金屬條帶 1404 示出於電路 1400 的左側上且電磁線圈 1408 示出於電路 1400 的右側上，主開關 1406 設置於所述兩者之間。雙金屬條帶 1404 由使用第二金屬 (配線) 進行包繞的第一金屬組成，第二金屬與第一金屬串聯。電弧槽 1410 位於主開關 1406 附近，使得電弧電流可在故障事件 (無論是短路抑或過載) 之後耗散。

【0063】 上述力（無論是來自電磁線圈 1408 的對開關進行推動的閂抑或來自雙金屬條帶 1404 的彎曲）均會使主開關 1406 被斷開，因此使電流的流動中斷。電弧槽 1410 準備好透過將電弧轉移至其金屬介面內部的較小位準備而吸收過量的電弧電流，因此避免對 MCB 內部的損壞。

【0064】 迷你斷路器的一個問題是雙金屬條帶。如以上所闡釋，雙金屬條帶具有兩種不同類型的金屬，每種金屬具有其自己的熱膨脹係數。過電流狀況使雙金屬條帶發生彎曲，進而將電路斷開。由於雙金屬條帶是為解決過載狀況而設計的，因此雙金屬條帶的動作進行得較電磁線圈慢。然而，當電流高於其額定電流時，雙金屬條帶無法提供電流限制。

【0065】 圖 15A 及圖 15B 分別是根據示例性實施例的具有 D MOSFET 的 MCB 的電路圖 1500A 及 1500B。在圖 1500A 及 1500B（統稱為「電路 1500」或「MCB 1500」）中，主開關 1506 設置於一側上的雙金屬條帶 1504 與另一側上的電磁線圈 1508 之間。電弧槽 1510 位於主開關 1506 附近，用於使電弧電流耗散。在電路 1500A 中，D MOSFET 1520 連接於雙金屬條帶 1504 與主開關 1506 之間。在電路 1500B 中，JFET 1522 連接於雙金屬條帶 1504 與主開關 1506 之間。因此，D MOSFET 1520 或 JFET 1522 可用於增強新型 MCB 1500。

【0066】 在示例性實施例中，D MOSFET 1520 熱系接至雙金屬條帶 1504，閂極 G 與源極 S 連接（G-S 端子短路），D MOSFET 與

雙金屬條帶串聯連接（圖 15A）。在示例性實施例中，JFET 1522 熱系接至雙金屬條帶，閘極 G 與源極 S 亦連接（G-S 端子短路），JFET 與雙金屬條帶串聯連接。在一個實施例中，雙金屬條帶 1504 及 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 使用導熱環氧樹脂黏合劑彼此熱聯結。在另一實施例中，雙金屬條帶 1504 及 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 使用導電環氧凝膠彼此熱聯結。在示例性實施例中，當傳入電流高於 MCB 1500 的額定電流時，雙金屬條帶 1504 結合 MOSFET 1520 或 JFET 1522 一起能夠提供電流限制。

【0067】 如以上介紹的 MOSFET 那般，接面場效電晶體（JFET）亦是用於在電子裝置中對電子訊號進行切換及放大的半導體裝置。JFET 及 MOSFET 兩者是電壓受控裝置。由於 JFET 僅以空乏型種類出現，因此當閘極處存在 0 伏時，JFET 接通且完全導通，如同本文中使用的空乏型 MOSFET 那般。兩者均具有高輸入阻抗，且因此對輸入電壓訊號具有敏感性，但 MOSFET 的電阻較 JFET 的電阻大。此外，JFET 製造起來更便宜且更簡單，而 MOSFET 則更脆弱，此乃因在 MOSFET 中存在金屬氧化物絕緣體。

【0068】 在示例性實施例中，雙金屬條帶 1504 的第二金屬（即配線繞組）被移除，且 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 被緊密地附接至雙金屬條帶。在一個實施例中，在對 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 進行附接之後，未將金屬繞組添加回細長金屬件。D MOSFET 1520 或 JFET 1522 能夠直接向雙金屬條帶 1504 提供熱量。因此，移除金屬繞組可有助於將電源線中的串聯電阻及歐姆損耗最小

化。在示例性實施例中，JFET 1522 是連接於雙金屬條帶 1504 與主開關 1506 之間的碳化矽（SiC）JFET。

【0069】 在示例性實施例中，若較 MCB 1500 的額定電流多的電流被接收至 MCB 1500 中，則 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 進入電流限制模式。因此，例如，若 MCB 1500 具有 1 安的額定電流，則 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 在大於 1 安的電流被接收至 MCB 1500 中的情況下進入電流限制模式。儘管外部過電流可能高達 5 安，但 D MOSFET 1520 或 JFET 1522 結合雙金屬條帶 1204 一起有助於將電流快速地「箝位」至 1 安（MCB 1500 的安全工作位準）。因此，在示例性實施例中，在 FET（D MOSFET 1520 或 JFET 1522）的輔助下，透過使雙金屬條帶 1504 能夠直接對 5 安過的電流作出響應，MCB 1500 變得安全。否則，5 安的過電流可能破壞欲由 MCB 1500 或 MCB 本身保護的電子裝置。

【0070】 圖 16 是根據示例性實施例的包括 D MOSFET 1620 的 MCB 1600 的例示。外部杠杆 1602 手動啟用主開關 1606，主開關 1606 觸發機構進行接通（閉合）或關斷（斷開）。如在本文中闡述的其他 MCB 中，電磁線圈 1608 被設計成因應於短路而使主開關 1606 跳閘，且雙金屬條帶 1604 被設計成因應於過載狀況而使主開關跳閘。左端子 1612 及右端子 1614 將 MCB 1600 連接於負載與電源（未示出）之間。在示例性實施例中，D MOSFET 1620 利用 G-S 端子短路而熱系接至雙金屬條帶 1604，D MOSFET 與雙金屬條帶串聯連接。在示例性實施例中，D MOSFET 1620 被緊緊地附

裝至雙金屬條帶 1604，在對 D MOSFET 進行附裝之前，雙金屬條帶的繞組配線及隔熱管首先被移除。

【0071】 圖 17 至圖 19 是根據示例性實施例的對具有連接至雙金屬條帶的 D MOSFET 及不具有連接至雙金屬條帶的 D MOSFET 的 MCB 實行的實驗的響應波形。對於實驗，使用菲尼克斯接觸件 (Phoenix Contact) UT6-TMC 1 安 MCB (下文中被稱為「PC MCB」) (由菲尼克斯接觸件公司製造)，且具有 165°C 下的跳閘電流 TC 的力特 IXTY1R6N50D2 D MOSFET 裝置 (下文中被稱為「LF DMOS」) 連接至 MCB 內的雙金屬條帶。LF DMOS 是可裝配至 PC MCB 中的小封裝。

【0072】 當調用 1.5 安 (正常電流的 1.5 倍) 的過電流時，產生響應波形 1700 (圖 17)。不具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 72 秒之後跳閘，而具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 15 秒之後跳閘。因此，PC MCB 在具有 LF DMOS 的情況下較在不具有 LF DMOS 的情況下跳閘跳得快。

【0073】 當調用 2.0 安 (正常電流的兩倍) 的過電流時，產生響應波形 1800 (圖 18)。不具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 22 秒之後跳閘，而具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 15 秒之後跳閘。因此，PC MCB 在具有 LF DMOS 的情況下較在不具有 LF DMOS 的情況下跳閘跳得快。

【0074】 當調用 5 安 (正常電流的 5 倍) 的過電流時，產生響應波形 1900 (圖 19)。不具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 3.9 秒之後跳

開，而具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 15 秒之後跳開。因此，PC MCB 在具有 LF DMOS 的情況下較在不具有 LF DMOS 的情況下跳開跳慢。此外，對於進行的每一實驗(1.5 安、2A 及 5 安)，具有 LF DMOS 的 PC MCB 在 15 秒之後跳開。

【0075】 該些實驗的結果示出，向雙金屬條帶添加 D MOSFET 有助於最終將過電流限制於 1 安（無論外部過電流有多高）。D MOSFET 的添加已使時間-跳開響應時間曲線發生變更。響應波形示出，即使當電流超過 MCB 的額定電流時，雙金屬條帶亦可安全地跳開且保護 LF DMOS。LF DMOS 與雙金屬條帶的組合效果使得組合電路成為電流限制自保護開關，此為獨立的雙金屬條帶所無法實行的。

【0076】 因此，存在連接至雙金屬條帶的 FET（D MOSFET 或 JFET）（而非具有簡單的雙金屬條帶溫度感測結構）會形成電流限制、耐突波及切斷過電流保護開關。此外，在電流限制期間，雙金屬條帶自 FET 獲得足夠的熱量耗散，以觸發 MCB 的主開關，進而導致開路，因此保護 FET 免於過熱或晶片故障。

【0077】 在示例性實施例中，LF DMOS 是附接至雙金屬條帶的環氧樹脂封裝的 D MOSFET。在其他實施例中，使用裸 D MOSFET 晶粒或者利用合適的引線框架附接至金屬板的裸 D MOSFET 晶粒來確保最佳的熱傳播以觸發雙金屬條帶。來自圖 17 至圖 19 的實驗的資料是自直流（direct-current，DC）操作狀況得到。在一些實施例中，當用於交流（alternating-current，AC）操作狀況時，

背靠背的兩個 D MOSFET 連接至雙金屬條帶。

【0078】 將 FET (D MOSFET 或 JFET) 添加至 MCB 是將 D MOSFET 組合至保護電路 300(圖 3)中的雙金屬開關 302 的擴展。例如由電路圖 1500 (圖 15) 代表的 MCB 相較於保護電路 300 具有類似的但更複雜的結構。將 FET 添加至 MCB 會有利地提供電流限制、突波保護及過電流保護。與 FET 相連的雙金屬條帶使 MCB 的主開關安全地斷開，此有助於在外部危險過電流事件期間提供安全斷電。FET 因此是改善切斷速度的高效方法，因此為電氣系統設計人員提供更安全的保護選擇。

【0079】 在示例性實施例中，連接至位於 MCB 裝置內的雙金屬條帶的 D MOSFET 更設置有用於確保適合的關斷時間及接通時間的適當的驅動電路系統、以及用於對 D MOSFET 進行驅動的其他功能。

【0080】 本文中所使用的以單數形式敘述且前面帶有不定冠詞「一 (a 或 an)」的元件或步驟應被理解為不排除複數個元件或步驟，除非明確敘述了進行此種排除。此外，當提及本揭露的「一個實施例」時不應被解釋為排除亦包含所述特徵的其他實施例的存在。

【0081】 儘管本揭露提及了某些實施例，但在不背離如在所附申請專利範圍中所界定的本揭露的範疇及範圍的條件下，亦可對所述實施例作出諸多潤飾、變更及改變。因此，旨在使本揭露不限於所述實施例，而是具有由以下申請專利範圍及其等效範圍的語

言所界定的全部範圍。

【符號說明】

【0082】

100、200：保護電路/電路

102：雙金屬開關/開關

104、304、404、1520、1620：空乏型 MOSFET (D MOSFET)

106、306：電阻器

108：附加電路元件

110、112、208、308、310、314、316、318、320：節點

202、402：雙金屬開關

204：箭頭/電流/D MOSFET

206：電阻器/節點

300：保護電路/電路/過電流保護裝置/裝置

302：雙金屬開關

322：電流/箭頭

400：保護電路

406、408、410：配線

412：螺釘

500、1700、1800、1900：響應波形

502：裝置跳閘點

600、700、1000、1100：響應波形/波形

602、702：跳閘點

800：表

900：圖表

902、906：黑色圓圈

904、908：淺色圓圈

1200、1600：MCB

1202、1302、1602：外部杠杆

1204、1304、1404、1504、1604：雙金屬條帶

1206、1306、1406、1506、1606：主開關

1208、1308、1408、1508、1608：電磁線圈

1210、1410、1510：電弧槽

1300：第二 MCB/MCB

1312、1612：左端子

1314、1614：右端子

1400：電路圖/電路

1500A、1500B：電路圖/電路/圖

1522：JFET

D：汲極

G：閘極

I_D ：電流

R：電阻

S：源極

V_{DS} ：電壓/汲極至源極電壓

V_{GS} ：閘極至源極電壓

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種迷你斷路器，包括：

開關，透過外部杠杆而被手動斷開或閉合；

電磁線圈，包括移動閥，所述移動閥在第一故障事件發生時與所述開關進行接觸，進而將所述開關斷開；

雙金屬條帶，在第二故障事件發生時與所述開關進行接觸；
以及

場效電晶體（FET），與所述雙金屬條帶串聯連接且熱系接至所述雙金屬條帶，所述場效電晶體具有閘極端子及源極端子，其中所述閘極端子連接至所述源極端子，其中所述雙金屬條帶及所述場效電晶體在所述第二故障事件的期間將所述開關斷開。

【請求項2】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述雙金屬條帶包含具有第一熱膨脹係數的第一金屬及具有第二熱膨脹係數的第二金屬，其中所述第一熱膨脹係數不同於所述第二熱膨脹係數。

【請求項3】 如請求項 2 所述的迷你斷路器，其中所述第一金屬包括繞組，其中所述繞組在所述場效電晶體熱系接至所述雙金屬條帶之前被移除。

【請求項4】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述場效電晶體是空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體（D MOSFET）。

【請求項5】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述場效電晶體是接面場效電晶體（JFET）。

【請求項6】 如請求項 5 所述的迷你斷路器，其中所述接面場效

電晶體是碳化矽接面場效電晶體。

【請求項7】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述第一故障事件是短路。

【請求項8】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述第二故障事件是過載事件。

【請求項9】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述雙金屬條帶耦合至所述場效電晶體的汲極。

【請求項10】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，更包括電弧槽，所述電弧槽用於在所述第一故障事件或所述第二故障事件之後吸收電弧。

【請求項11】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，所述電磁線圈更包括移動閥，其中所述移動閥因應於所述第一故障事件而使所述開關斷開。

【請求項12】 如請求項 4 所述的迷你斷路器，其中所述空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體是 N 通道空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體。

【請求項13】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，其中所述雙金屬條帶及所述場效電晶體不會使所述開關將電路斷開，直至所述第二故障事件已發生達至少兩秒鐘。

【請求項14】 如請求項 1 所述的迷你斷路器，更包括額定電流，其中當被接收到所述迷你斷路器中的電流高於所述額定電流時，所述雙金屬條帶及所述場效電晶體提供電流限制。

【請求項15】 一種迷你斷路器，包括：

雙金屬條帶，包括細長金屬條帶及包繞於所述細長金屬條帶周圍的金屬繞組，其中所述細長金屬條帶因應於所述迷你斷路器的額定電流被超過而彎曲；

場效電晶體（FET），在自所述雙金屬條帶移除所述金屬繞組之後與所述細長金屬條帶串聯連接且熱系接至所述細長金屬條帶，所述場效電晶體具有連接至源極端子的閘極端子；以及

開關，因應於超過所述額定電流的傳入電流而斷開，其中所述開關因應於所述細長金屬條帶的所述彎曲而斷開；

其中高於所述額定電流的電流限制是由所述場效電晶體提供。

【請求項16】 如請求項 15 所述的迷你斷路器，其中所述場效電晶體是金屬氧化物半導體場效電晶體（MOSFET）。

【請求項17】 如請求項 16 所述的迷你斷路器，其中所述金屬氧化物半導體場效電晶體是空乏型金屬氧化物半導體場效電晶體。

【請求項18】 如請求項 16 所述的迷你斷路器，其中所述場效電晶體是接面場效電晶體（JFET）。

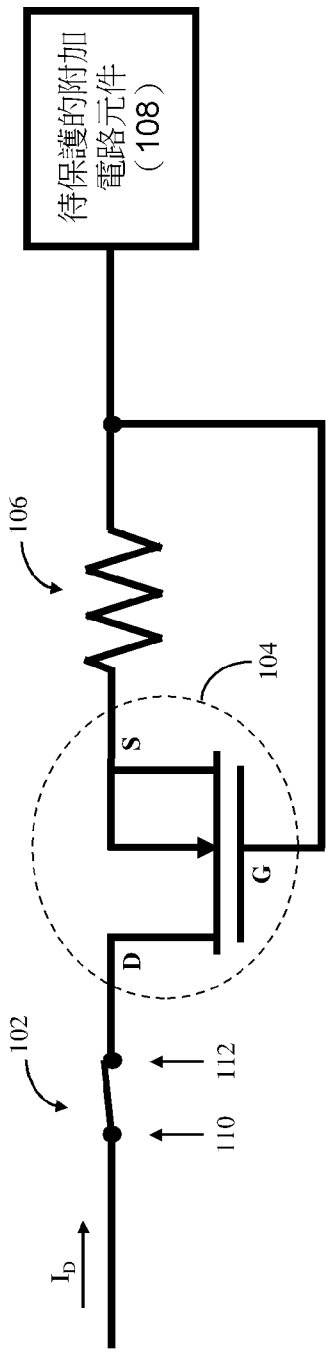
【請求項19】 如請求項 18 所述的迷你斷路器，其中所述接面場效電晶體是碳化矽接面場效電晶體。

【請求項20】 如請求項 16 所述的迷你斷路器，其中所述額定電流為 1 安且所述電流限制為 5 安。

【發明圖式】

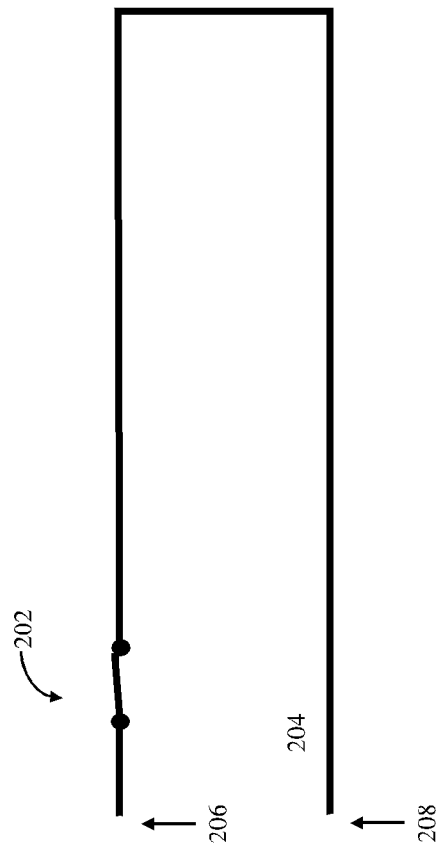
100 →

- 1) 暫態過電流
- 或
- 2) 恆定過電流



【圖1】

200 →

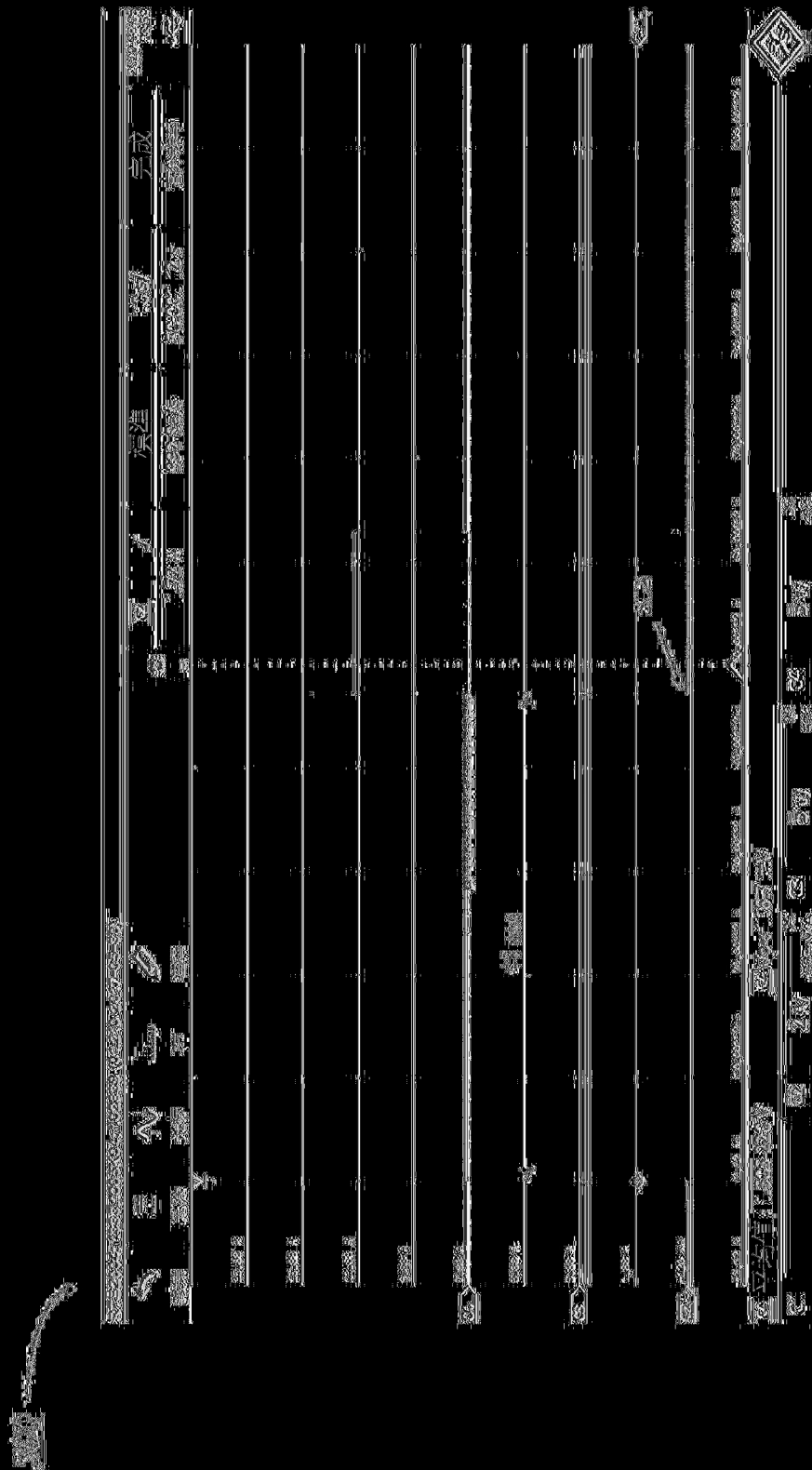


【圖2】

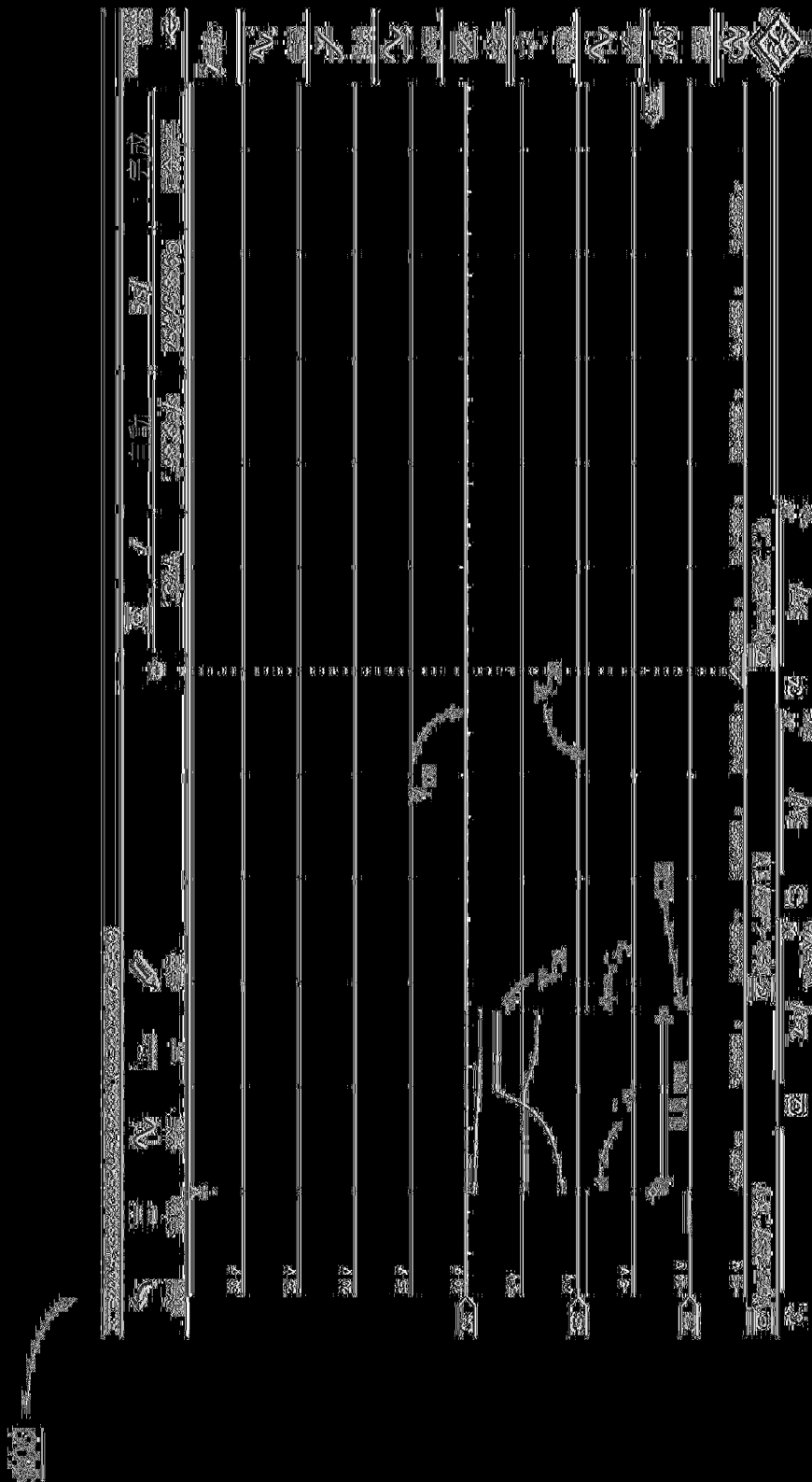


(75)

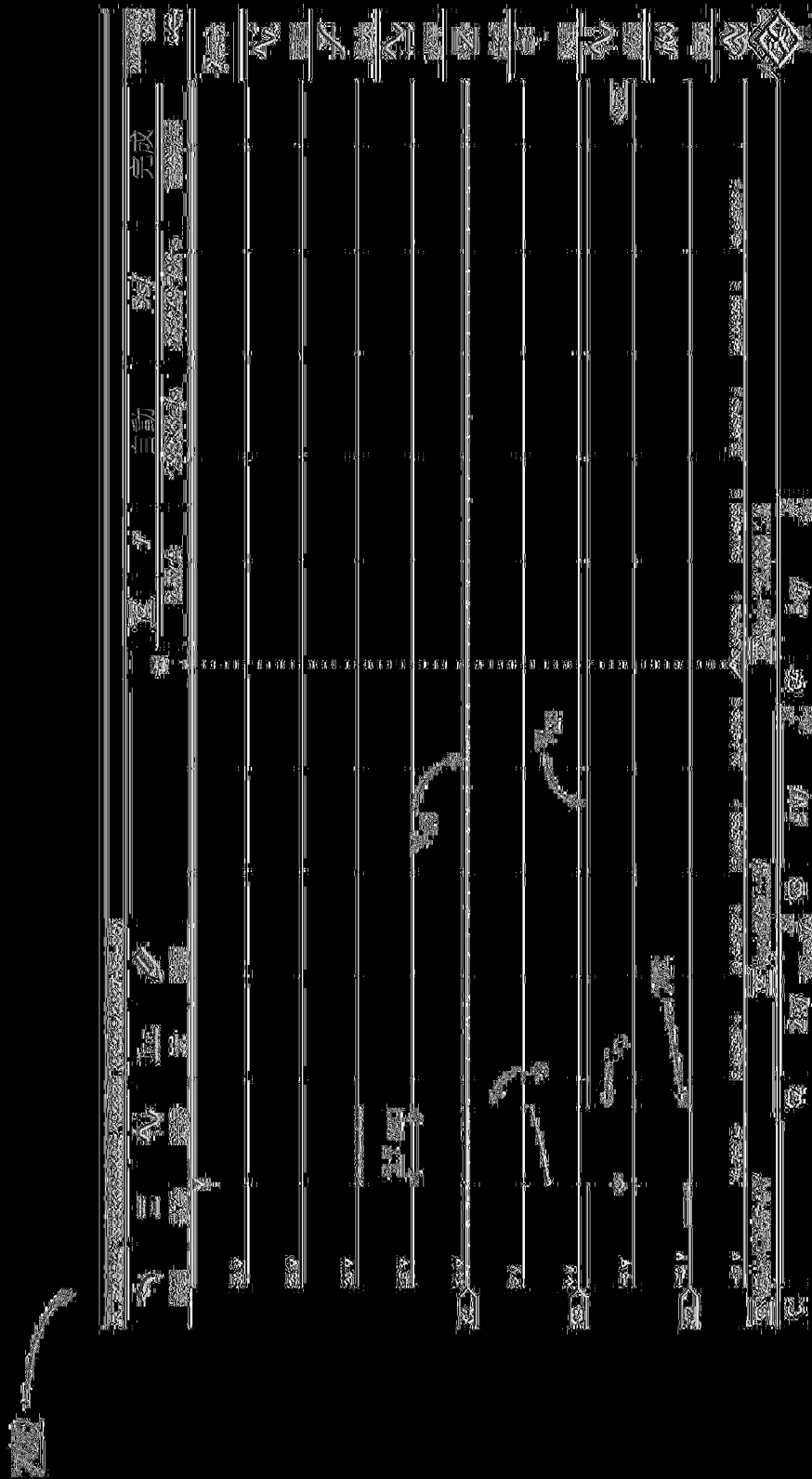




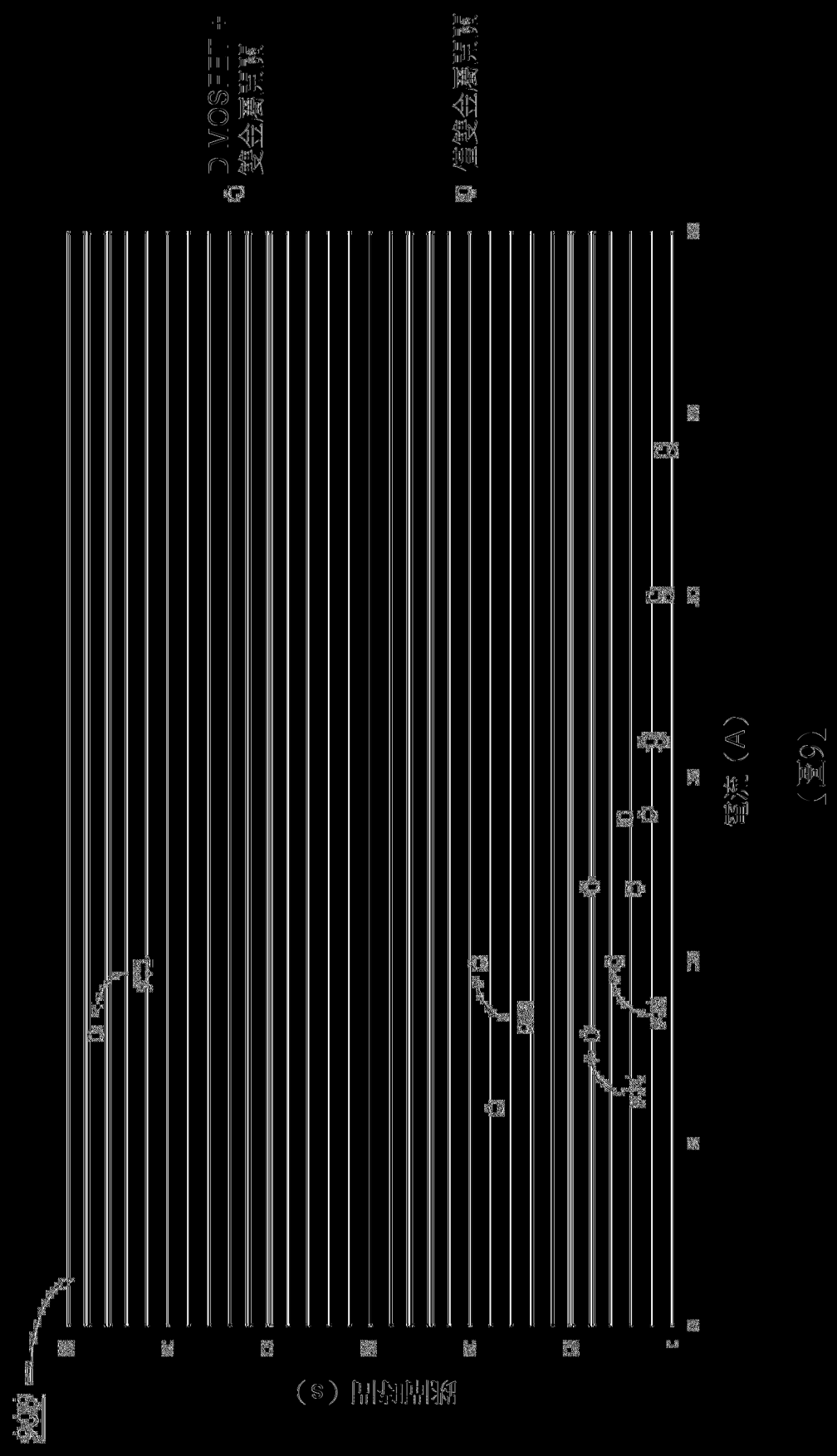
(五)

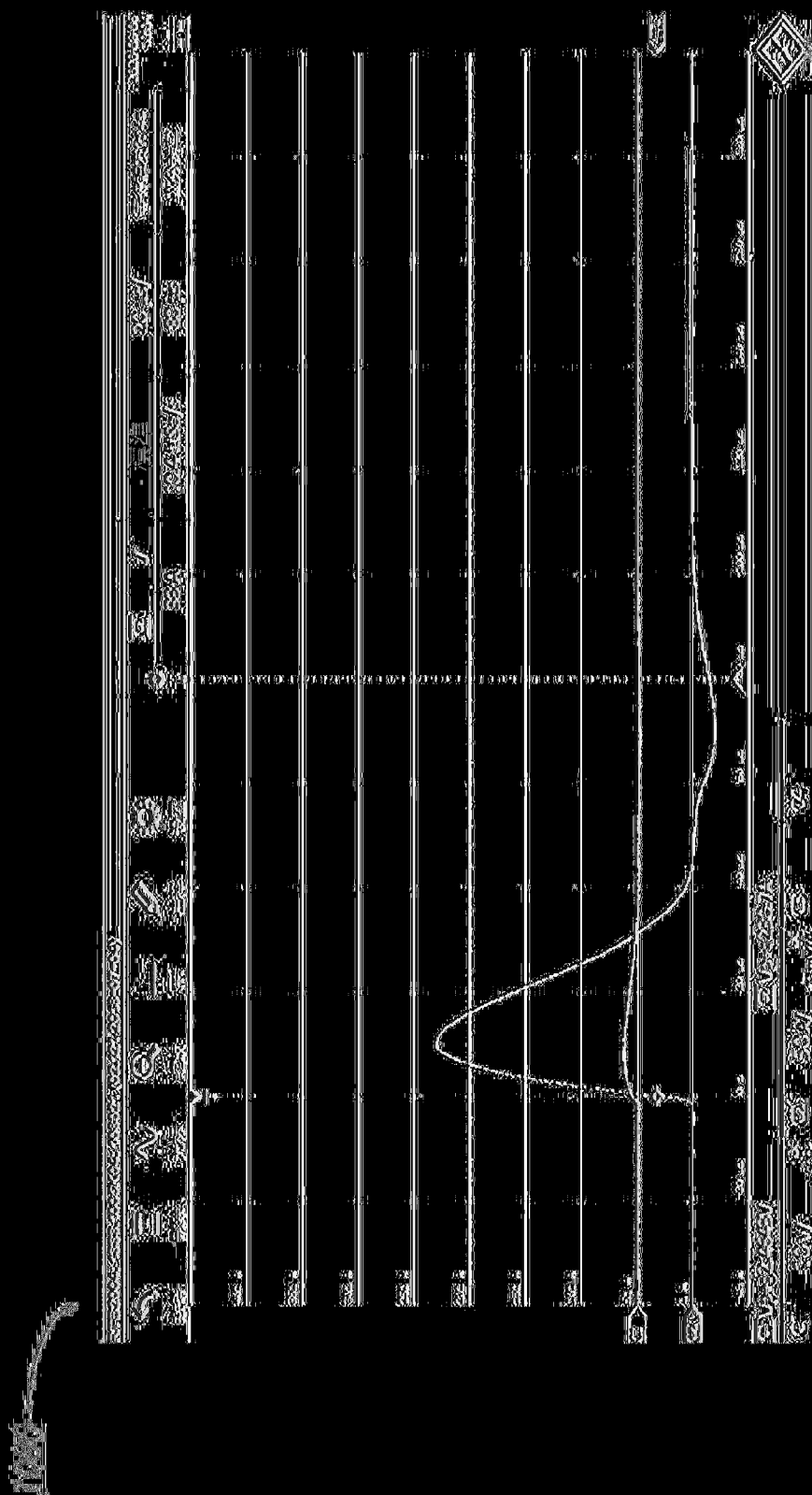


(9圖)

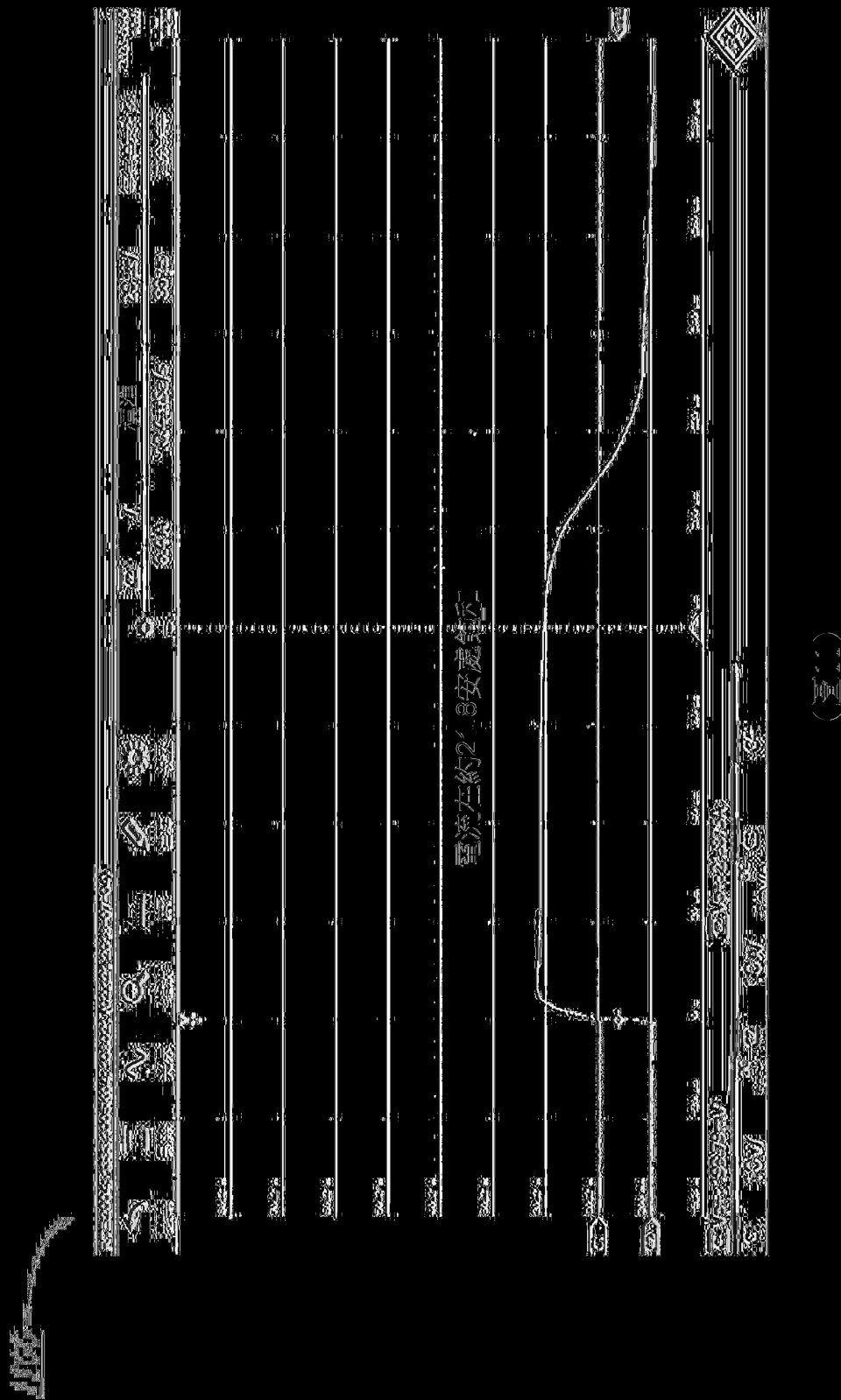


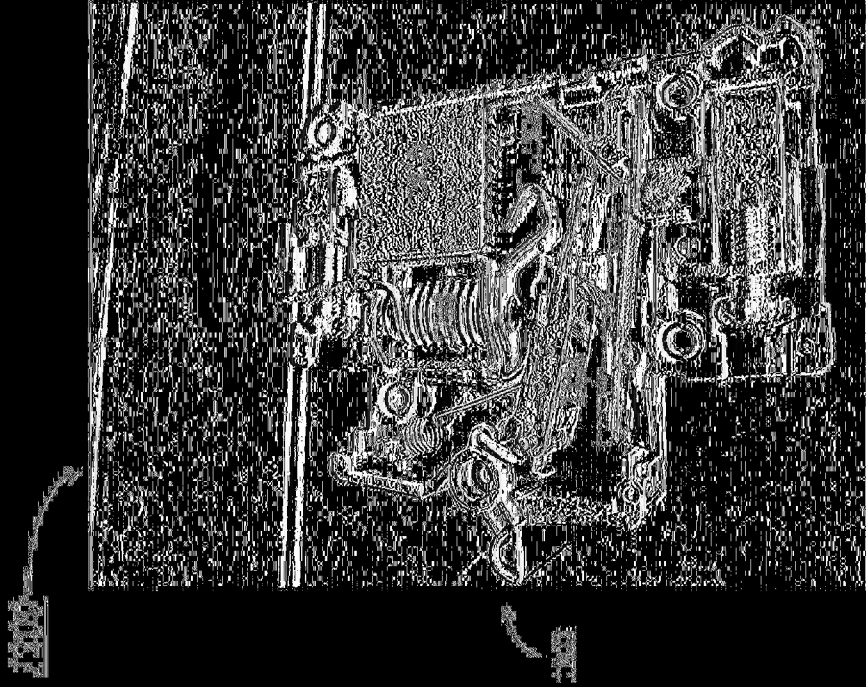
(圖 7)



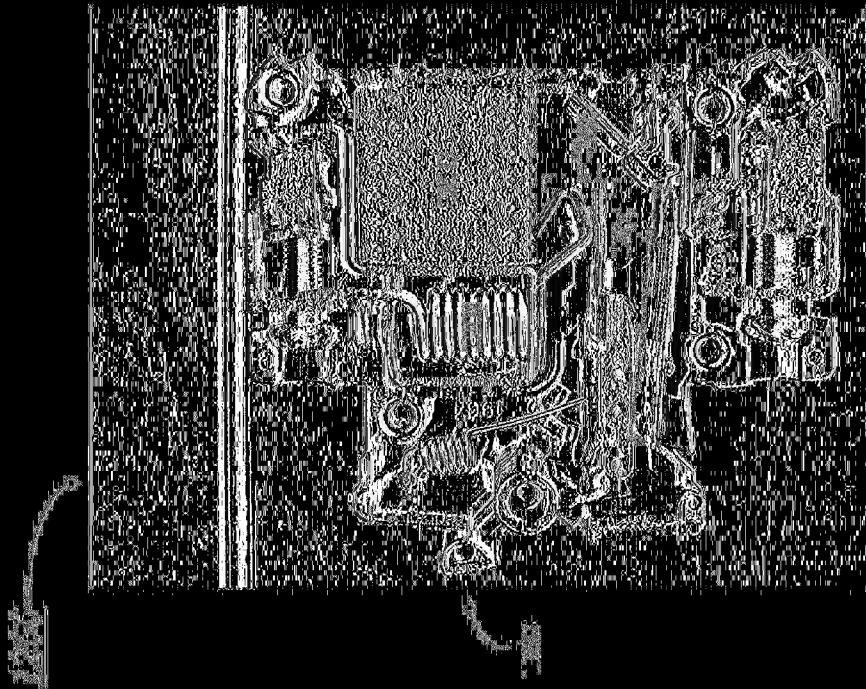


(E) (10)

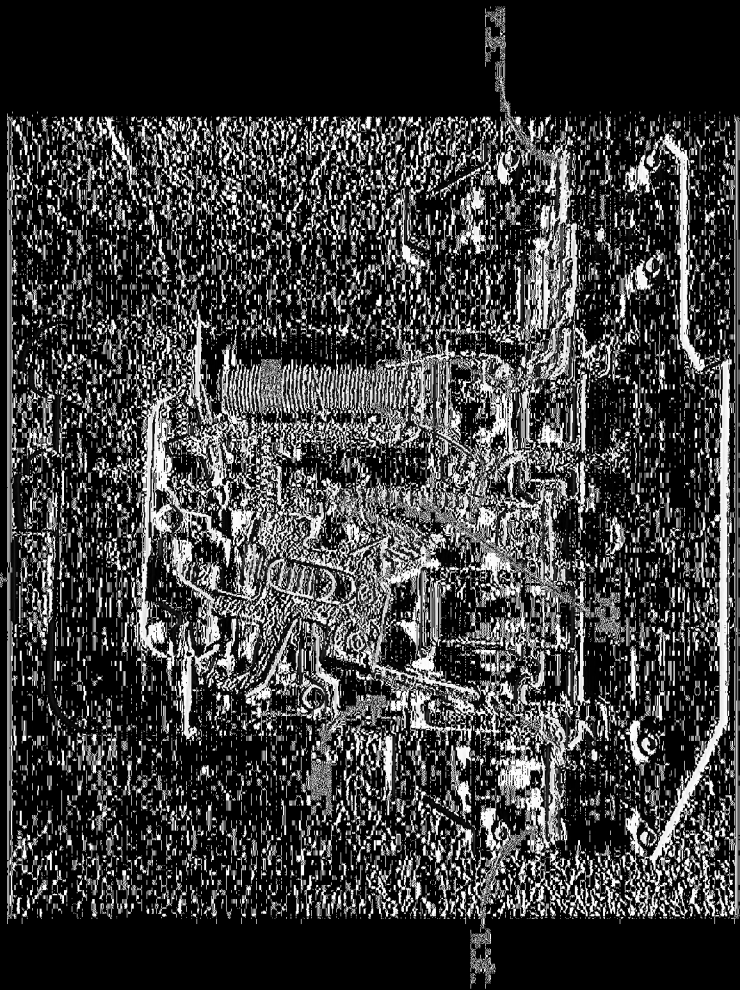




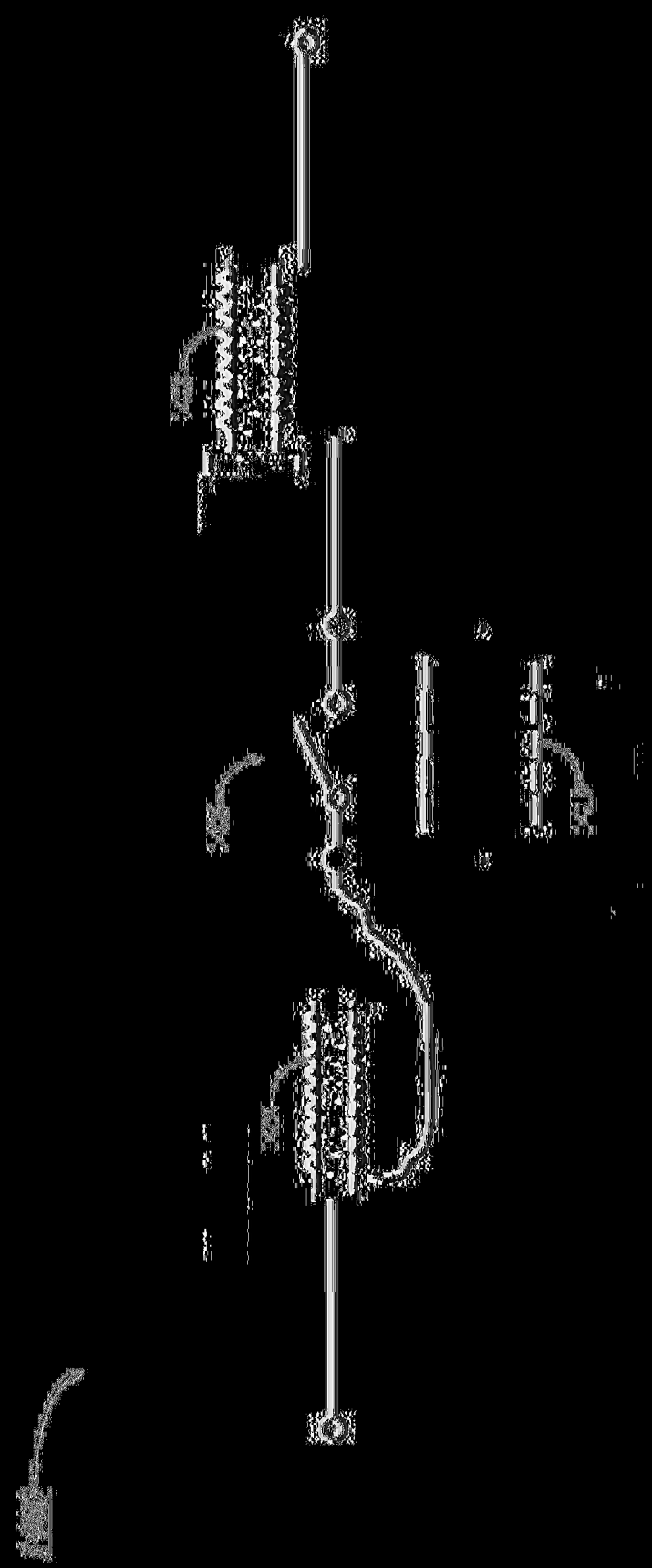
(圖23) ((先前的技術))



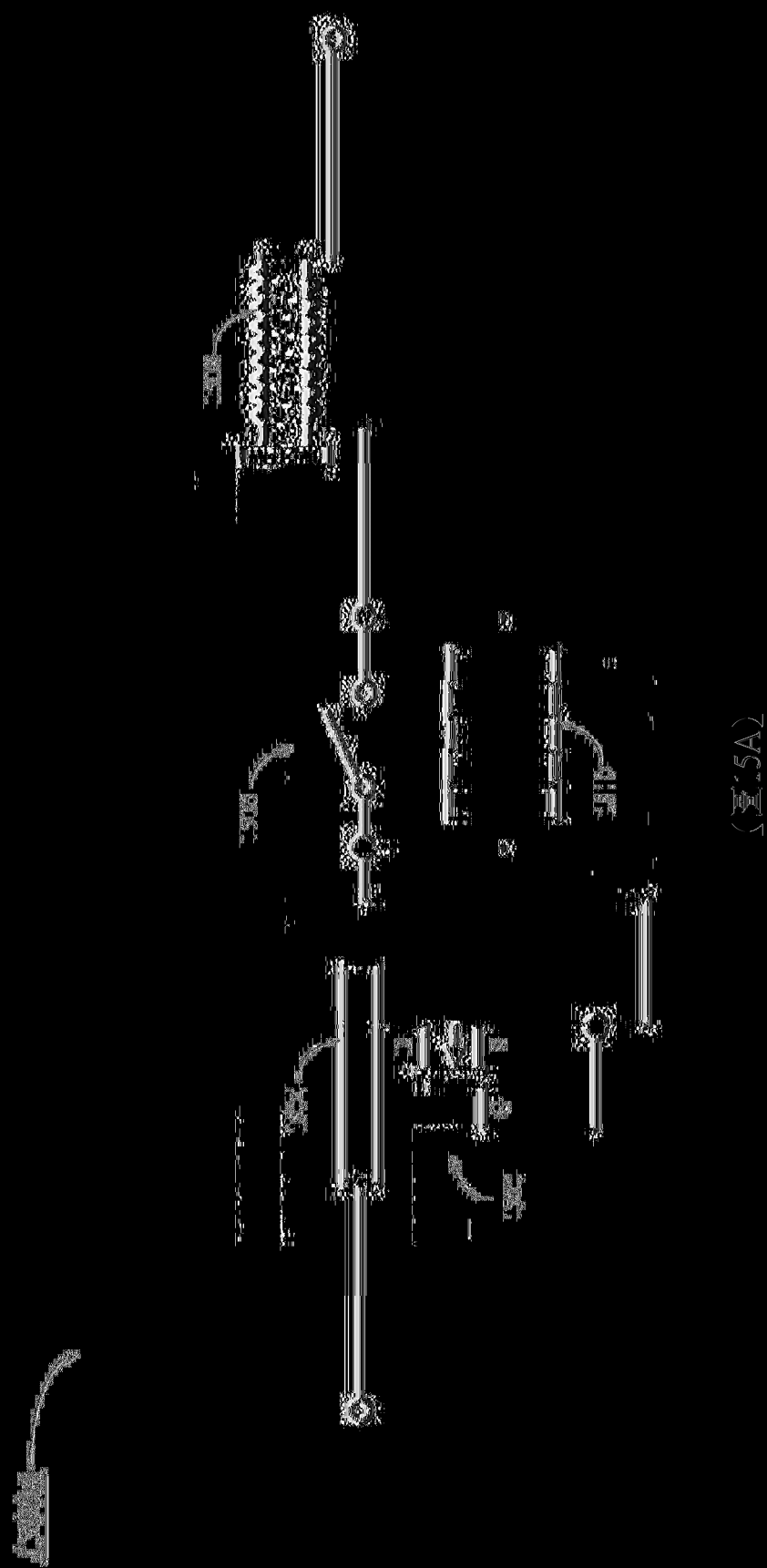
(圖23A) ((先前的技術))

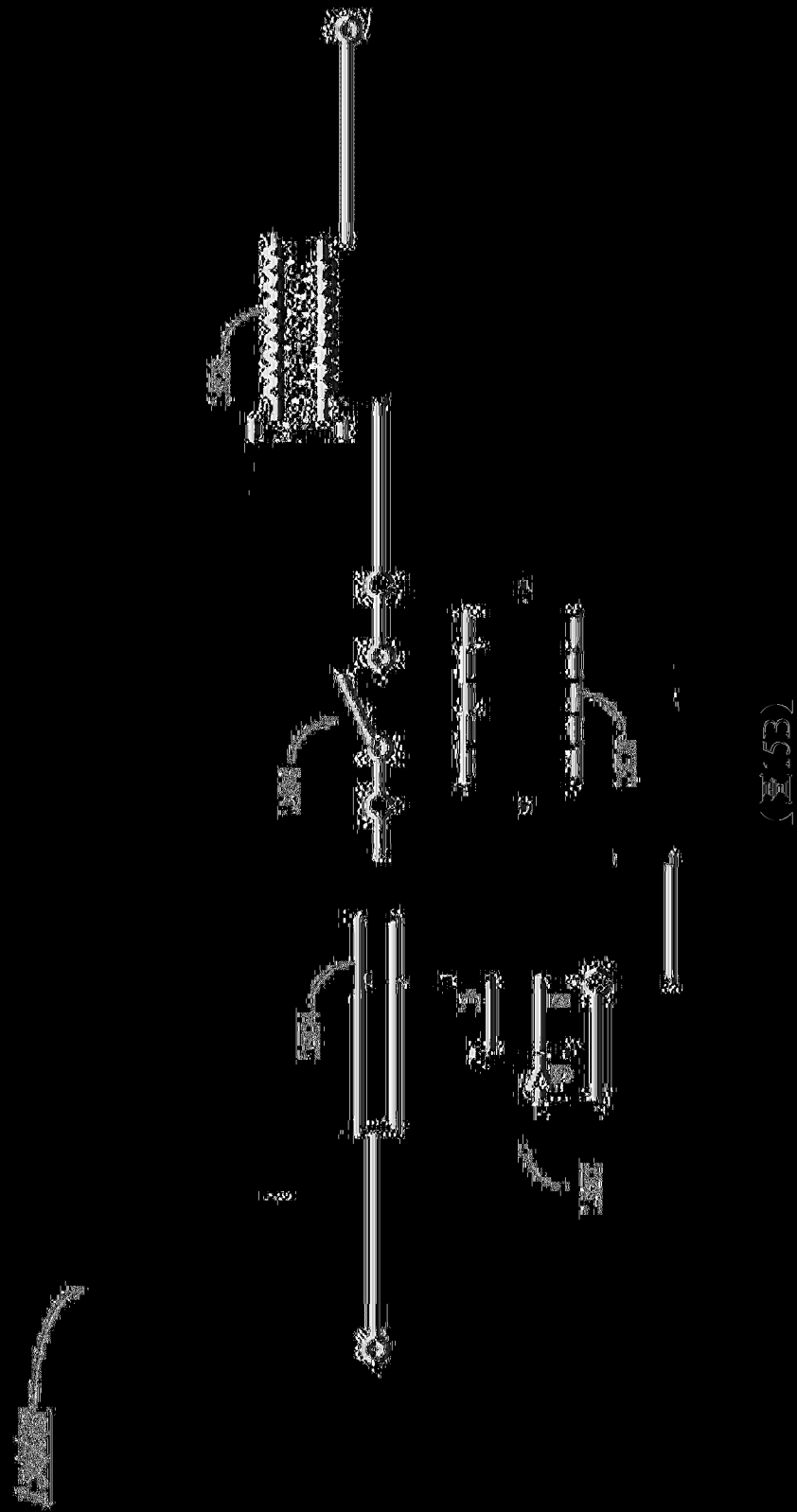


(圖13) (先前技術)

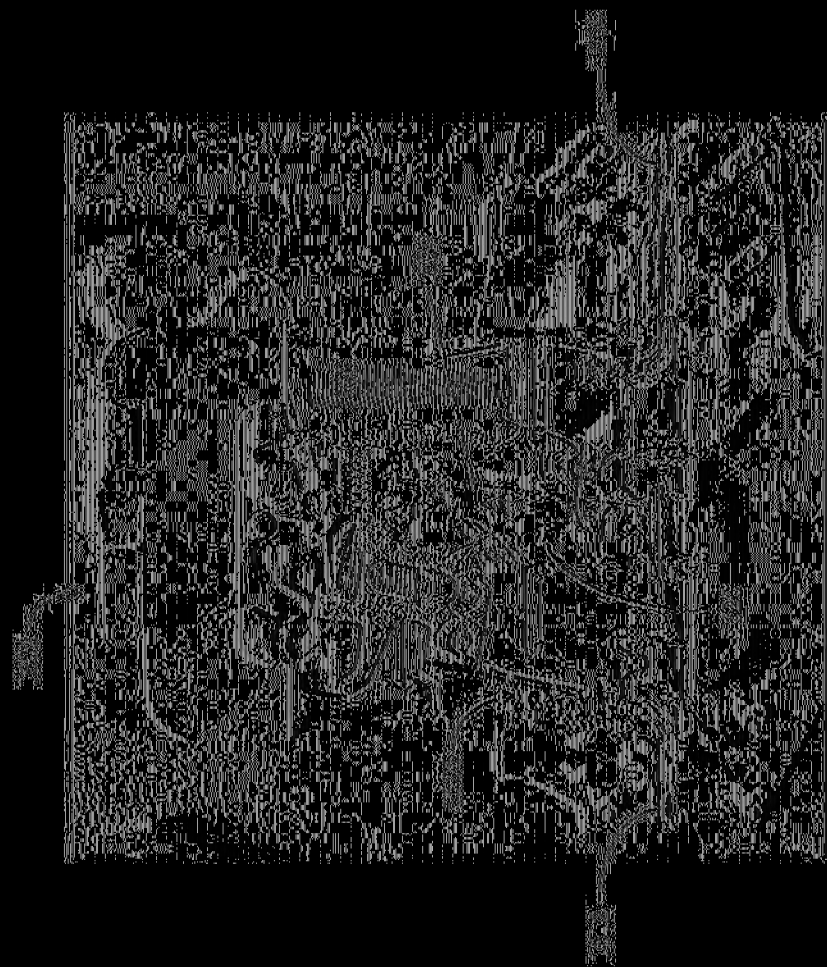


(圖4) (先前技術)





(圖 53)



(圖6)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

(8)

