



(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 201340461 A

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：102108517

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 11 日

(51)Int. Cl. : *H01Q1/48 (2006.01)* *H01Q15/02 (2006.01)*

(30)優先權：2012/08/30 美國 13/600,033

2012/03/22 美國 61/614,066

(71)申請人：美國博通公司 (美國) BROADCOM CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：亞力克司婆羅斯 尼可拉斯 G ALEXOPOULOS, NICOLAOS G. (US)

(74)代理人：莊志強

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：23 共 43 頁

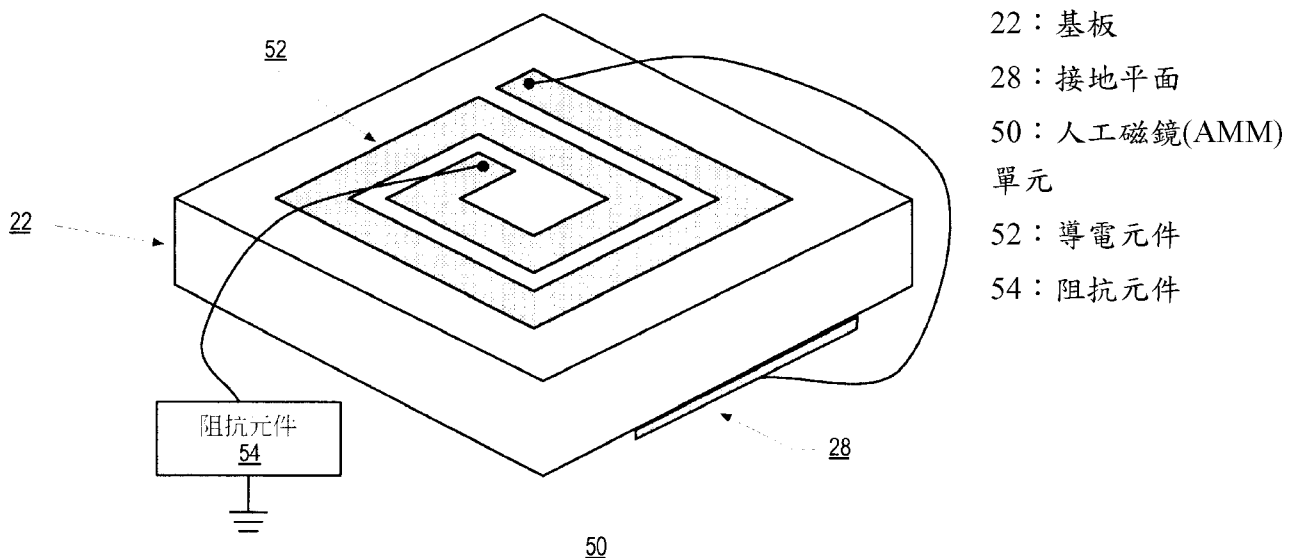
(54)名稱

人工磁鏡單元及其應用

ARTIFICIAL MAGNETIC MIRROR CELL AND APPLICATIONS THEREOF

(57)摘要

本發明公開了一種人工磁鏡單元及其應用。其中，該人工磁鏡單元包括：導電元件以及阻抗元件。該導電元件形成集總電阻-電感-電容(RLC)電路。該阻抗元件耦接至該導電元件。該阻抗元件的阻抗以及該 RLC 電路的阻抗建立所述人工磁鏡單元在所述給定頻率範圍內的電磁特性，所述電磁特性對所述人工磁導體起作用。該 AMM 單元與其他 AMM 單元共同產生具有幾何形狀的人工磁導體(AMC)，用於給定頻率範圍內的電磁訊號。





(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 201340461 A

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：102108517

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 11 日

(51)Int. Cl. : *H01Q1/48 (2006.01)* *H01Q15/02 (2006.01)*

(30)優先權：2012/08/30 美國 13/600,033

2012/03/22 美國 61/614,066

(71)申請人：美國博通公司 (美國) BROADCOM CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：亞力克司婆羅斯 尼可拉斯 G ALEXOPOULOS, NICOLAOS G. (US)

(74)代理人：莊志強

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：23 共 43 頁

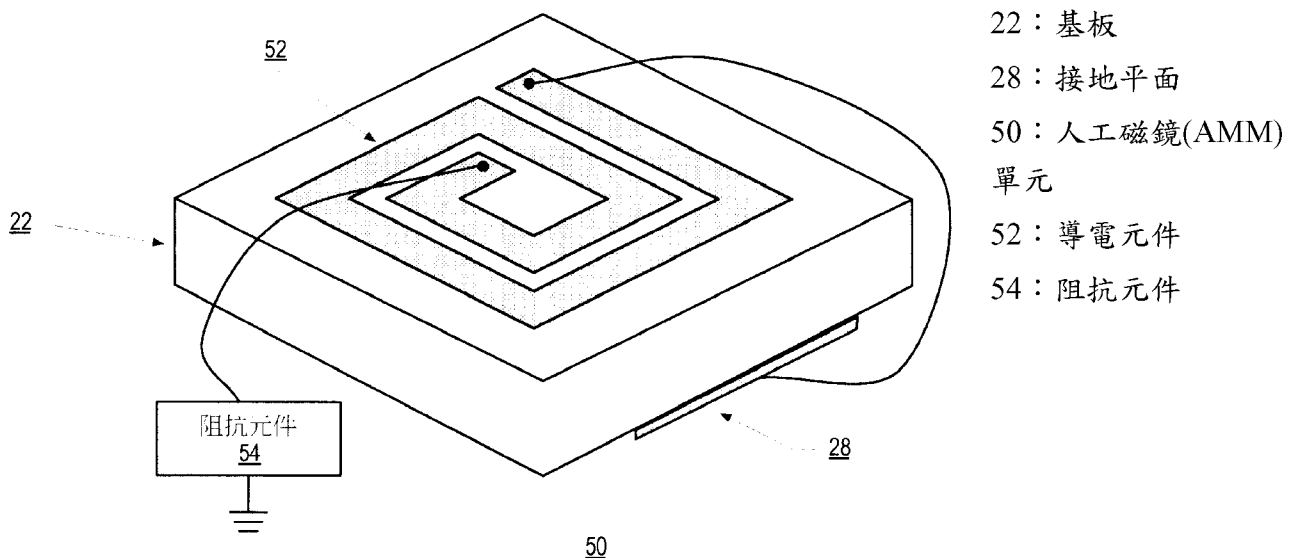
(54)名稱

人工磁鏡單元及其應用

ARTIFICIAL MAGNETIC MIRROR CELL AND APPLICATIONS THEREOF

(57)摘要

本發明公開了一種人工磁鏡單元及其應用。其中，該人工磁鏡單元包括：導電元件以及阻抗元件。該導電元件形成集總電阻-電感-電容(RLC)電路。該阻抗元件耦接至該導電元件。該阻抗元件的阻抗以及該 RLC 電路的阻抗建立所述人工磁鏡單元在所述給定頻率範圍內的電磁特性，所述電磁特性對所述人工磁導體起作用。該 AMM 單元與其他 AMM 單元共同產生具有幾何形狀的人工磁導體(AMC)，用於給定頻率範圍內的電磁訊號。



發明摘要

※ 申請案號：102108517

※ 申請日：102.3.11

※IPC 分類：H01Q 1/48 (2006.1)
H01Q 15/02 (2006.1)

【發明名稱】(中文/英文)

人工磁鏡單元及其應用

ARTIFICIAL MAGNETIC MIRROR CELL AND
APPLICATIONS THEREOF

【中文】

本發明公開了一種人工磁鏡單元及其應用。其中，該人工磁鏡單元包括：導電元件以及阻抗元件。該導電元件形成集總電阻-電感-電容（RLC）電路。該阻抗元件耦接至該導電元件。該阻抗元件的阻抗以及該 RLC 電路的阻抗建立所述人工磁鏡單元在所述給定頻率範圍內的電磁特性，所述電磁特性對所述人工磁導體起作用。該 AMM 單元與其他 AMM 單元共同產生具有幾何形狀的人工磁導體（AMC），用於給定頻率範圍內的電磁訊號。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 11。

【本代表圖之符號簡單說明】：

22	基板
28	接地平面
50	人工磁鏡（AMM）單元
52	導電元件
54	阻抗元件

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

人工磁鏡單元及其應用

ARTIFICIAL MAGNETIC MIRROR CELL AND
APPLICATIONS THEREOF

【技術領域】

本發明總體涉及電磁學，更具體地，涉及電磁電路。

【先前技術】

已知人工磁導體 (AMC) 用於在 AMC 的表面對一組頻率抑制表面波電流。因此，AMC 可用作天線的接地平面，或用作頻率選擇表面帶隙。

通過以基板的層上的給定尺寸的方形金屬層以及給定間距，能夠實現 AMC。接地平面是在基板的另一層上。各個方形金屬層耦接至接地平面使得方形金屬層、連接機構、接地平面以及基板組合，產生電阻-電感-電容 (RLC) 電路，其與方形金屬層的同一層上產生一組頻率範圍內的 AMC。

【發明內容】

(1) 一種投影人工磁鏡，包括：

多個人工磁鏡單元，共同地產生人工磁導體，所述人工磁導體針對給定頻率範圍內的電磁訊號具有與所述投影人工磁鏡的表面相距一距離的幾何形狀，其中，所述多個人工磁鏡單元的人工磁鏡單元包括：

導電元件，形成集總的電阻-電感-電容電路；以及

阻抗元件，耦接至所述導電元件，其中，所述阻抗元件的阻抗以及所述電阻-電感-電容電路的阻抗建立所述人工磁鏡單元在所述給定頻率範圍內的電磁特性，所述電磁特性對所述人工磁導體起作用。

(2) 根據(1)所述的投影人工磁鏡，其中，所述導電元件包括：

基板的表面上的線圈，其中，所述線圈的第一端耦接至地，所述線圈的第二端耦接所述阻抗元件，其中，所述線圈的形狀影響所述人工磁鏡單元的所述電磁特性。

(3) 根據(1)所述的投影人工磁鏡，還包括以下各項之一：
所述導電元件與所述阻抗元件串聯耦接；以及
所述導電元件與所述阻抗元件並聯耦接。

(4) 根據(1)所述的投影人工磁鏡，其中，所述阻抗元件包括：

可變阻抗電路。

(5) 根據(4)所述的投影人工磁鏡，其中，所述可變阻抗電路包括：

負電阻器。

(6) 根據(4)所述的投影人工磁鏡，其中，所述可變阻抗電路包括：

可變電抗器。

(7) 根據(4)所述的投影人工磁鏡，其中，所述可變阻抗電路包括：

無源元件，其中，至少一個所述無源元件可調。

(8) 一種人工磁鏡單元，包括：

導電元件，形成集總的電阻-電感-電容電路；以及

阻抗元件，耦接至所述導電元件，其中，所述阻抗元件的阻抗以及所述電阻-電感-電容電路的阻抗建立所述人工磁鏡單元在給定頻率範圍內的電磁特性。

(9) 根據(8)所述的人工磁鏡單元，其中，所述導電元件包括：

基板的表面上的線圈，其中，所述線圈的第一端耦接至地，

所述線圈的第二端耦接所述阻抗元件，其中，所述線圈的形狀影響所述人工磁鏡單元的所述電磁特性。

(10) 根據(8)所述的人工磁鏡單元，還包括以下各項之一：
所述導電元件與所述阻抗元件串聯耦接；以及
所述導電元件與所述阻抗元件並聯耦接。

(11) 根據(8)所述的人工磁鏡單元，其中，所述可變阻抗元件包括：

可變阻抗電路。

(12) 根據(11)述的人工磁鏡單元，其中，所述可變阻抗電路包括：

負電阻器。

(13) 根據(11)所述的人工磁鏡單元，其中，所述可變阻抗電路包括：

可變電抗器。

(14) 根據(11)所述的人工磁鏡單元，其中，所述可變阻抗電路包括：

無源元件，其中，至少一個所述無源元件可調。

(15) 一種人工磁鏡單元，包括：

線圈，在基板的第一層；

可變阻抗電路，耦接至線圈，其中，所述可變阻抗電路根據控制訊號來建立阻抗；以及

接地平面，在所述基板的第二層，其中，所述人工磁鏡單元在給定頻率範圍內的電磁特性是基於所述線圈的特性以及所述可變阻抗電路的阻抗。

(16) 根據(15)所述的人工磁鏡單元，其中，所述線圈包括：

同心螺旋。

(17) 根據(15)所述的人工磁鏡單元，其中，所述線圈包

括：

偏心螺旋。

(18) 根據(15)所述的人工磁鏡單元，其中，所述可變阻抗電路包括以下各項之一：

負電阻器；

可變電抗器；以及

無源元件，其中，至少一個所述無源元件可調。

(19) 根據(15)所述的人工磁鏡單元，還包括：

所述線圈的第一端耦接至所述接地平面；

所述線圈的第二端耦接至所述可變阻抗電路的第一端；以及

所述可變阻抗電路的第二端耦接至所述接地平面。

(20) 根據(15)所述的人工磁鏡單元，還包括：

所述第二表面上的所述可變阻抗電路在所述接地平面的開口內。

【圖式簡單說明】

圖 1 是根據本發明的通訊裝置的實施方式的示意框圖；

圖 2 是根據本發明的天線結構的實施方式的示意框圖；

圖 3 是根據本發明的可調投影人工磁鏡 (PAMM) 實施方式的示圖；

圖 4 是根據本發明的人工磁鏡 (AMM) 單元的實施方式的示意框圖；

圖 5 是根據本發明的人工磁鏡 (AMM) 單元的實施方式的電路示意框圖；

圖 6 是根據本發明的人工磁鏡 (AMM) 單元的另一實施方式的電路示意框圖；

圖 7 是根據本發明的人工磁鏡 (AMM) 單元的阻抗元件的實施方式的電路示意框圖；

圖 8 是根據本發明的人工磁鏡 (AMM) 單元的阻抗元件的另一實施方式

的電路示意框圖；

圖 9 是根據本發明的具有同心螺旋線圈的 AMM 單元的示例性輻射方向圖的示圖；

圖 10 是根據本發明的具有偏心螺旋線圈的 AMM 單元的示例性輻射方向圖的示圖；

圖 11 是根據本發明的具有螺旋線圈的 AMM 單元的實施方式的電路示意框圖；

圖 12 是根據本發明的投影人工磁導體（AMC）實例的示圖；

圖 13 是根據本發明的投影人工磁導體（AMC）另一實例的示圖；

圖 14 是根據本發明的投影人工磁導體（AMC）的定向調節示例的示圖；

圖 15 是根據本發明由拋物線形投影人工磁導體（AMC）產生的示例性平面波的示圖；

圖 16 是根據本發明由拋物線形投影人工磁導體（AMC）產生的另一示例性平面波的示圖；

圖 17 是根據本發明由拋物線形投影人工磁導體（AMC）產生的另一示例性平面波的示圖；

圖 18 是根據本發明的織紋表面形投影人工磁導體（AMC）實例的示圖；

圖 19 是根據本發明的天線結構的另一實施方式的示意框圖；

圖 20 是根據本發明的可調天線結構的實施方式的示意框圖；

圖 21 是根據本發明的天線結構調諧方法的實施方式的邏輯框圖；

圖 22 是根據本發明的針對天線結構調諧 AMC 距離的實例的示意框圖；以及

圖 23 是根據本發明的針對天線結構調諧 AMC 距離的另一實例的示意框圖。

【實施方式】

圖 1 是經由射頻（RF）和/或毫米波（MMW）通訊媒介進行通訊的通訊裝置 10、通訊裝置 12 的實施方式的示意框圖。各通訊裝置 10、通訊裝置 12 包括基頻處理模組 14、發射器部 16、接收器部 18 以及 RF 和/或 MMW 天線結構 20。將參照圖 2 到圖 23 中的一個或多個更詳細地描述 RF 和/或 MMW 天線結構 20。注意，通訊裝置 10、通訊裝置 12 可以是蜂窩電話、無線區域網路（WLAN）客戶端、WLAN 接入點、計算機、視頻遊戲機和/或播放器單元等。

在操作實例中，通訊裝置 10、通訊裝置 12 之一將數據（例如，語音、文本、音頻、視頻、圖形等）傳輸至另一通訊裝置。在此實例中，基頻處理模組 14 接收數據（例如，出站數據），並依照一個或多個無線通訊標準（例如，GSM、CDMA、WCDMA、HSUPA、HSDPA、WiMAX、EDGE、GPRS、IEEE802.11、藍芽、ZigBee、通用移動通訊系統（UMTS）、長期演進（LTE）、IEEE802.16、演進數據最優化（EV-DO）等）將該數據轉換成一個或多個出站符號流。這種轉換包括以下各項中的一項或多項：擾碼、打孔、編碼、交錯、星座映射、調製、擴頻、跳頻、波束成形、空時分組編碼、空頻分組編碼、頻率至時域轉換和/或數位基頻至中頻轉換。注意，基頻處理模組將出站數據轉換成用於單輸入單輸出（SISO）通訊和/或用於多輸入單輸出（MISO）通訊的單個出站符號流，並將出站數據轉換成用於單輸入多輸出（SIMO）通訊以及多輸入多輸出（MIMO）通訊的多個出站符號流。

發射器部 16 將該一個或多個出站符號流轉換成載波頻率在給定頻帶（例如，2.4 GHz、5 GHz、57 GHz 到 66 GHz 等）範圍內的一個或多個出站 RF 訊號。在實施方式中，這可以通過將該一個或多個出站符號流與本地振盪混合以產生一個或多個上轉換訊號來實現。一個或多個功率放大器和/或功率放大器驅動器對該一個或多個上轉換訊號進行放大（其可以經 RF 帶通濾波），以產生一

個或多個出站 RF 訊號。在另一實施方式中，發射器部 16 包括產生振盪的振盪器。出站符號流提供相位訊息（例如， $\pm\Delta\theta$ [相移]和/或 $\theta(t)$ [調相]），其調整振盪的相位，以產生經相位調整的 RF 訊號，該訊號作為出站 RF 訊號進行發送。在另一實施方式中，出站符號流包括幅度訊息（例如， $A(t)$ [調幅]），其用於對經相位調整的 RF 訊號的振幅進行調整從而產生出站 RF 訊號。

在又一實施方式中，發射器部 14 包括產生振盪的振盪器。該出站符號流提供頻率訊息（例如， $\pm\Delta f$ [頻移]和/或 $f(t)$ [調頻]），其調整振盪的頻率從而產生經頻率調整的 RF 訊號，該訊號作為出站 RF 訊號進行發送。在另一實施方式中，出站符號流包括幅度訊息，其用於對經頻率調整的 RF 訊號的幅度進行調整，從而產生出站 RF 訊號。在進一步的實施方式中，發射器部包括產生振盪的振盪器。出站符號流提供對振盪的幅度進行調整從而產生出站 RF 訊號的幅度訊息（例如， $\pm\Delta A$ [幅移]和/或 $A(t)$ [調幅]）。

RF 和/或 MMW 天線結構 20 接收該一個或多個出站 RF 訊號並進行發送。另一通訊裝置的 RF 和/或 MMW 天線結構 20 接收該一個或多個 RF 訊號並將其提供給接收器部 18。

接收器部 18 放大該一個或多個人站 RF 訊號，以產生一個或多個經放大的入站 RF 訊號。然後，接收器部 18 可將經放大的入站 RF 訊號的同相（I）分量和正交（Q）分量與本地振盪的同相分量和正交分量進行混合，以產生一組或多組經混合的 I 訊號以及經混合的 Q 訊號。將各個經混合的 I 訊號以及 Q 訊號進行組合，以產生一個或多個人站符號流。在此實施方式中，該一個或多個人站符號流中的每一個可以包括相位訊息（例如， $\pm\Delta\theta$ [相移]和/或 $\theta(t)$ [調相]）和/或頻率訊息（例如， $\pm\Delta f$ [頻移]和/或 $f(t)$ [調頻]）。在另一個實施方式和/或前述實施方式的更進一步示例中，入站 RF 訊號包括幅度訊息（例如， $\pm\Delta A$ [幅移]和/或 $A(t)$ [調幅]）。為了恢復幅度訊息，接收器部包括振幅檢測器（諸如包

絡檢測器、低通濾波器等)。

依照一個或多個無線通訊標準(例如,GSM、CDMA、WCDMA、HSPA、HSDPA、WiMAX、EDGE、GPRS、IEEE802.11、藍芽、ZigBee、通用移動通訊系統(UMTS)、長期演進(LTE)、IEEE802.16、演進數據最優化(EV-DO)等),基頻處理模組 14 將一個或多個人站符號流轉換成人站數據(例如,語音、文本、音頻、視頻、圖形等)。這種轉換可包括以下各項中的一項或多項:數位中頻至基頻轉換、時域至頻域轉換、空時分組解碼、空頻分組解碼、解調、擴頻解碼、跳頻解碼、波束成形解碼、星座解映射、解交錯、解碼、解打孔(depuncturing)和/或解擾碼。注意,基頻處理模組將單個人站符號流轉換成用於單輸入單輸出(SISO)通訊和/或用於多輸入單輸出(MISO)通訊的人站數據,並將多個人站符號流轉換成用於單多輸入多輸出(SIMO)和多輸入多輸出(MIMO)通訊的人站數據。

圖 2 是可在基板上實現的天線結構 20 的實施方式的示意框圖。該基板可以是集成電路(IC)的晶圓,IC 封裝基板,印刷電路板(PCB),或包括多個電介質層、金屬跡線、電路等、能夠在電介質層所支撐的一個或多個金屬層上實現的其他結構。該天線結構 20 包括基板 22 的一層 24 上的天線 30(例如,單極、偶極等)、另一層 24 上的可調投影人工磁鏡(PAMM) 26、另一層 24 上的接地平面 28、以及控制模組 32。可調 PAMM 26 包括多個人工磁鏡(AMM)單元(未示出)。

在操作實例中,控制模組 32 產生控制訊息 34,並將其提供給 PAMM 26 的一個或多個 AMM 單元。控制訊息 34 包括一個或多個控制訊號,用於調整一個或多個 AMM 單元對於給定頻帶範圍內的電磁訊號的屬性(例如,輻射方向圖、極化、增益、散射訊號相位、散射訊號幅度、增益等)或電磁屬性。例如,電磁訊號可以是在 2 GHz 頻帶內、在 60 GHz 頻帶內等的雷達訊號。作為另一

實例，該電磁訊號可以是在 900 MHz 頻帶內、1.8 MHz 頻帶內、2 GHz 頻帶內、2.4 GHz 頻帶內、5 GHz 頻帶內、29 GHz 頻帶內、60 GHz 頻帶內或一些其他頻帶的通訊訊號。

調諧一個或多個 AMM 單元是針對電磁訊號來調諧人工磁導體（AMC）的幾何形狀和/或 AMC 與可調 PAMM 表面的距離。通常，AMM 單元共同產生 AMC。通過調諧一個或多個 AMM 單元的電磁特性，可調節 AMC 的幾何形狀、定向和/或距離。例如，AMC 的幾何形狀可以是球體、局部球體、圓柱體、局部圓柱體、平面、織紋表面、凹表面或凸表面之一。

控制模組 32 可按照多種方式來確定控制訊息 34。例如，控制模組 32 測試 AMM 單元對於給定訊號的各種電磁特性配置，以確定哪個配置提供了所期望的天線響應（例如，增益、輻射方向圖、極化等）。作為另一實例，控制模組 32 使用查找表來確定將要發送或接收的訊號類型，並確定該控制訊息。作為另一實例，控制模組 32 以動態的方式工作，從而產生該控制訊息來調整 AMC 以適應電磁訊號、環境等的條件變化。

圖 3 是包括多個人工磁鏡(AMM)單元 40、或人工磁鏡(AMM)單元 40 陣列的可調投影人工磁鏡（PAMM）26 的實施方式示圖。在一個實施方式中，各 AMM 單元 40 包括導電元件（例如，基板的層上的金屬跡線），具有與其他單元中的導電元件大體上相同的形狀、大體上相同的圖案、以及大體上相同的尺寸。該形狀可以是圓形、正方形、矩形、六邊形、八邊形、橢圓形等，並且圖案可以是螺旋線圈、具有互連分支的圖案、n 階 Peano 曲線、n 階 Hilbert 曲線等。在另一實施方式中，導電元件可以是不同形狀、不同尺寸和/或不同圖案。

在 AMM 單元內，該導電元件可通過一個或多個連接器（例如，通孔）耦接至接地平面 28。可替換地，AMM 單元的導電元件可電容性地耦接至金屬背板（例如，無通孔）。雖然在此圖中未

示出，但 AMM 單元的導電元件耦接至該 AMM 單元的阻抗元件，這將參照隨後一個或多個附圖進一步討論。

AMM 單元的多個導電元件以陣列(例如，如所示的 3×5 陣列)進行佈置。該陣列可以是不同大小和形狀。例如，該陣列可以是 n 乘 n 個導電元件的正方形，其中 n 是 2 以上。作為另一實例，該陣列可以是導電元件的尺寸以及數量增加的一系列同心圓環。作為又一實例，該陣列可以是三角形狀、六邊形狀、八邊形狀等。

圖 4 是該多個 AMM 單元 40 的人工磁鏡 (AMM) 單元 50 的實施方式的示意框圖。該 AMM 單元 50 包括導電元件 52 和 (可以是固定的或可變的) 阻抗元件 54。該導電元件由導電材料 (例如，諸如銅、金、鋁等金屬) 構成，並具有形狀 (例如，螺旋線圈、具有互連分支的圖案、 n 階 Peano 曲線、 n 階 Hilbert 曲線等)，以形成集總電阻-電感-電容 (RLC) 電路。

阻抗元件 54 耦接至導電元件 52。對於給定頻率範圍內的 AMM 單元，該阻抗元件 54 的阻抗以及 RLC 電路的阻抗建立電磁特性 (例如，輻射圖案、極化、增益、散射訊號相位，散射訊號幅度、增益等)，其對 AMC 的尺寸、形狀、定向、和/或距離起作用。

圖 5 是人工磁鏡 (AMM) 單元的實施方式的電路示意框圖，其中，導電元件 52 被表示為集總 RLC 電路 56。在此實例中，阻抗元件 54 是與 RLC 電路 56 串聯耦接的可變阻抗電路。注意，在可替換實施方式中，阻抗元件 54 可以是固定阻抗的電路。

圖 6 是人工磁鏡 (AMM) 單元的實施方式的電路示意框圖，其中，導電元件 52 被表示為集總 RLC 電路 56。在此實例中，阻抗元件 54 是與 RLC 電路 56 並聯耦接的可變阻抗電路。注意，在替換例，阻抗元件 54 可以是固定阻抗的電路。

圖 7 是實現為負電阻器 (negative resistor, 負電阻器) 的 AMM 單元的可變阻抗元件 54 的實施方式的電路示意框圖。該負電阻器



包括運算放大器、一對電阻器以及無源元件阻抗電路（ Z ）（其可包括電阻器、電容器和/或電感器）。

圖 8 是 AMM 單元的可變阻抗元件 54 作為可變電抗器的另一實施方式的電路示意框圖。該可變電抗器包括電晶體和電容器。由閘電壓（ V_{gate} ）以及電晶體的連接點來驅動電晶體的閘極，並由調諧電壓（ V_{tune} ）來驅動電容器。作為可變阻抗元件 54 的可替換實施方式，可使用無源部件（例如，電阻器、電容器和/或電感器）來實現，其中，無源部件的至少之一是可調節的。

圖 9 是具有同心螺旋線圈（例如，關於中心點對稱）形狀的導電元件的 AMM 單元的示例性輻射方向圖的示圖。在存在著外部電磁場（例如，發送的 RF 和/或 MMW 訊號、反射的雷達訊號）的情況下，該線圈充當輻射方向圖垂直於其 x - y 平面的天線。這樣，在同心線圈合併至投影人工磁鏡（PAMM）時，它根據其輻射方向圖來反射電磁能量。例如，當以一入射角接收到電磁訊號時，作為 PAMM 的一部分的同心線圈將以相應的反射角（即，反射角等於入射角）來反射該訊號。

圖 10 是具有偏心螺旋線圈（例如，關於中心點不對稱）的導電元件的 AMM 單元的示例性輻射方向圖的示圖。在存在著外部電磁場（例如，發送的 RF 和/或 MMW 訊號、或反射的雷達訊號）的情況下，該偏心螺旋線圈充當輻射方向圖與垂直於其 x - y 平面相偏移的天線。偏移的角度（例如， q ）基於該螺旋線圈的不對稱量。通常，螺旋線圈不對稱越多，它的偏移角將越大。

當偏心線圈合併至投影人工磁鏡（PAMM）時，它根據其輻射方向圖來反射電磁能量。例如，當以一入射角接收到電磁訊號時，作為 PAMM 一部分的偏心線圈將以相應的反射角加上偏移角（即，等於入射角的反射角加上偏移角，其將漸近平行於 x - y 平面）來反射該訊號。通過調整 PAMM 的 AMM 單元內附接至線圈的阻抗元件的阻抗，能夠進一步地調整 PAMM 中的（同心和/或偏

心) 線圈屬性。

圖 11 是 AMM 單元 50 的實施方式的電路示意框圖，其包括在基板 22 表面上的螺旋線圈導電元件 52 (例如，同心的或偏心的)、阻抗元件 54、以及接地平面 28。該阻抗元件 54 可被實現在與導電元件同一基板層上、在接地平面開口內實現為與接地平面 28 的同一層上、或實現在基板的不同層上。

如所示，螺旋線圈導電元件 52 的第一端耦接至接地平面 28，並且螺旋線圈導電元件 52 的第二端耦接阻抗元件 54。螺旋線圈導電元件 52、接地平面 28、以及阻抗元件 54 之間的耦接可以是一條或多條金屬跡線、通孔、配線等。

圖 12 是在其表面上方距離(d)產生了投影人工磁導體(AMC) 60 的投影人工磁鏡(PAMM) 26 的實例的示圖。投影 AMC 60 的形狀基於 PAMM 26 的人工磁鏡(AMM)單元的特性，其中，該特性通過控制訊息 34 是可調的。在此實例中，投影 AMC 60 是平面。可替換地，AMC 的形狀可以是球體、局部球體、圓柱體、局部圓柱體、平面、織紋表面、凹表面或凸表面。注意，AMC 60 是具有切線磁場為零的電磁狀態的表面。還應注意，AMC 表面具有表面波和電流不能在其上傳播的頻帶範圍，使得 AMC 對該頻帶內的訊號進行鏡像。

在此實例中，電磁訊號 62 反射離開 AMC 60 產生散射場 64。如果 PAMM 26 的 AMM 單元的電磁特性改變，那麼散射場 64 改變。散射電場 64 中引起的變化對應於 AMC 60 形狀的實際變化。

圖 13 是在其表面上方的距離(d)產生了投影人工磁導體(AMC) 60 的投影人工磁鏡(PAMM) 26 的另一實例的示圖。投影 AMC 60 的形狀基於 PAMM 26 的人工磁鏡(AMM)單元的特性，其中，該特性通過控制訊息 34 是可調的。在此實例中，投影 AMC 60 是 $y=ax^2$ 的拋物線形狀。控制模組 32 產生控制訊息 34 以調諧該拋物線形狀的“ a ”項，由此改變 AMC 60 的拋物線形狀。

圖 14 是在其表面上方的距離（ d ）產生了初始投影人工磁導體（AMC）60 的投影人工磁鏡（PAMM）26 的實例示圖。初始投影 AMC 60 的形狀是拋物線形狀。通過調節 PAMM 26 的人工磁鏡（AMM）的特性，控制模組 32 可調節初始投影 AMC 60 的定向。例如，通過調諧 AMC 單元以具有如圖 9 中所示的輻射方向圖可實現初始投影 AMC 60，並通過調諧至少部分 AMC 單元以具有如圖 10 中所示的輻射方向圖可改變投影 AMC 60 的定向。

圖 15 是產生了具有拋物線形狀的投影人工磁導體（AMC）60 的投影人工磁鏡（PAMM）26 的實例示圖。對於給定的電磁訊號，拋物線的 AMC 60 導致平面波發生在與拋物線 AMC 60 的焦點相距某個距離處。注意，平面波是平面內的電磁訊號射線（例如，散射場）為同相。還應注意，控制模組 32 可產生控制訊息 34，以調諧多個 AMM 單元，以便在相對於碟形 AMC 的所期望位置形成相對於該碟形 AMC 的平面波。

圖 16 是產生了以與圖 15 相偏移的定向具有拋物線形狀的投影人工磁導體（AMC）60 的投影人工磁鏡（PAMM）26 的另一實例示圖。對於給定的電磁訊號，拋物線 AMC 60 導致平面波發生在與拋物線的 AMC60 焦點相距某個距離並與圖 15 的平面波成一定角度。注意，控制模組 32 可產生控制訊息 34 以調諧多個 AMM 單元，以便改變相對於碟形的平面波的定向，以實現訊號掃描。例如，碟形 AMC 可有效地旋轉，以模擬雷達系統的碟形天線旋轉。

圖 17 是產生了具有基於球形（例如，球體、局部球體、圓柱體、局部圓柱體等）的投影人工磁導體（AMC）60 的投影人工磁鏡（PAMM）26 的另一實例示圖。對於給定的電磁訊號，拋物線 AMC 60 導致弧形平面波發生在與 AMC 60 相距某個距離。這種 AMC 60 對於全向天線或地對地全向天線是有用的。

圖 18 是產生了具有織紋表面的投影人工磁導體（AMC）60 的投影人工磁鏡（PAMM）26 的實例示圖。該織紋表面可具有一

個或多個峰谷。

圖 19 是在其表面上方的距離（ d ）產生了投影人工磁導體（AMC）60 的投影人工磁鏡（PAMM）26 的另一實例的示意框圖。投影 AMC 60 的形狀基於 PAMM 26 的人工磁鏡（AMM）的特性，其中，該特性通過控制訊息 34 是可調的。在此實例中，投影 AMC 60 是平面。可選地，AMC 的形狀可以是球體、局部球體、圓柱體、局部圓柱體、平面、織紋表面、凹表面或凸表面。

在此實例中，天線 70（例如，偶極、單極、螺旋等）位於相對於 AMC 60 的所期望位置。如果 AMC 60 具有平面的幾何形狀，則天線 70 的期望位置可以跟平面一致。如果 AMC 60 具有拋物線的幾何形狀，則天線 70 的期望位置可以在拋物線形狀的焦點。如果 AMC 60 具有基於球形的幾何形狀，則天線 70 的期望位置可以是與基於球形形狀的表面相距的點。

圖 20 是可調天線結構的實施方式的示意框圖，包括投影人工磁鏡（PAMM）26、天線 70 以及控制模組 32。在此實例中，該 PAMM 26 產生具有 $y=ax^2$ 的拋物線形狀的初始投影人工磁導體（AMC）60。該控制模組 32 產生控制訊息 34 以調諧拋物線形狀的“ a ”項，由此改變 AMC 60 的拋物線形狀。

拋物線形狀 AMC 60 提供天線 70 的有效碟形。在此實例中，天線 70 位於拋物線形狀 AMC 60 的焦點。以此方式，使用本質上扁平的電路來實現碟形天線。

圖 21 是天線結構調諧方法的實施方式的邏輯框圖，其始於控制模組 32 將控制訊息 34 提供至 PAMM 26 的一個或多個 AMM 單元，以便 PAMM 26 產生具有局部球體形狀的碟形（例如，如圖 17 中所示）的投影 AMC 60。由於天線位於相對於局部球體形狀 AMC 60 的期望位置，該天線結構是全向天線。以此方式，將接收來自任何方向、具有大致相同訊號強度（假設是與天線相距大約相同距離的相同發射功率以及發射源（或雷達反射源））的訊號。

繼續該方法，確定是否檢測到電磁訊號，其中，電磁訊號可以是無線通訊裝置傳送或反射的雷達訊號。如果未檢測到訊號，該方法等待直到檢測到一個訊號。一旦檢測到訊號，該方法繼續，控制模組產生控制訊息，以調諧 PAMM 的一個或多個 AMM 單元，來產生圓柱形狀 AMC。在此實例中，實現了圓柱形狀的碟形天線，其極適合於雷達系統跟蹤物體運動。

該方法繼續，確定系統是否已鎖定了電磁訊號（例如，容易跟蹤它，或者它是相對靜止的）。如果不是，則該方法如所示重複。如果是，該方法繼續，控制模組產生控制訊息，以調諧 PAMM 的一個或多個 AMM 單元，來產生拋物線形狀的 AMC。在此實例中，實現了拋物線形狀的碟形天線，其極適用於衛星通訊、點對點微波鏈路等。

圖 22 是可在基板上實現的天線結構 20 的實例的示意框圖。該天線結構 20 包括基板 22 的一層 24 上的天線 30（例如，單極、偶極、螺旋狀等）、另一層 24 上的可調投影人工磁鏡（PAMM）26、另一層 24 上的接地平面 28、以及控制模組 32。可調 PAMM 26 包括多個人工磁鏡（AMM）單元。

在操作實例中，控制模組 32 產生控制訊息 34 並將其提供至 PAMM 26 的一個或多個 AMM 單元。該控制訊息 34 包括一個或多個控制訊號，用於調諧一個或多個 AMM 單元對於給定頻帶範圍內電磁訊號的屬性（例如，輻射方向圖、極化、增益、散射訊號相位、散射訊號幅度、增益等），或電磁屬性。例如，該電磁訊號可以是在 2 GHz 頻帶內、在 60 GHz 頻帶內等的雷達訊號。作為另一實例，該電磁訊號可以是在 900 MHz 頻帶內、1.8 MHz 頻帶內、2 GHz 頻帶內、2.4 GHz 頻帶內、5 GHz 頻帶內、29 GHz 頻帶內、60 GHz 頻帶內或一些其他頻帶的通訊訊號。

調諧一個或多個 AMM 單元以針對電磁訊號調整人工磁導體（AMC）與可調 PAMM 表面的距離。通常，在不同頻率，AMC

與 PAMM 26 的表面的距離不同。因此，通過調諧 PAMM 的一個或多個 AMM 單元，可以將 AMC 的距離調節至期望距離（例如，相應的基板層或多層的厚度）。

圖 23 是調諧用於天線結構的 AMC 的距離的另一實例示意框圖，其為圖 22 的繼續。在此圖中，對於給定電磁訊號的未調諧距離是天線 30 所處的層上方的距離。知曉或確定訊號頻率，控制模組 32 能夠產生控制訊息 34 以調節 AMC 的距離至所期望的距離（例如，天線 30 所處層的表面）。

如本文中可以使用到的，術語“基本上”以及“大約”提供了業內可接受的公差，用於對應的術語和/或組件之間的相關性。如此的業內可接受的公差範圍從小於百分之一到百分之五十，並對應於但不限於成分值、集成電路處理變化、溫度變化、上升時間和下降時間和/或熱噪音。組件之間的如此相關性範圍從百分之幾的差異到巨大的差異。同樣，如本文中可以使用到的，術語“可操作地耦接”，“耦接至”和/或“耦接”包括組件之間的直接耦接和/或組件之間經由居間組件（例如，組件包括但不限於：部件、元件、電路和/或模組）的間接耦接，其中，對於間接耦接，居間組件不修改訊號的訊息，但可以調節它的電流水平、電壓水平和/或功率水平。如本文中還可以使用到的，推斷連接（即，通過推斷，一個元件耦接至另一元件）包括以與“耦接至”的相同方式在兩個組件之間的直接耦接和間接耦接。如本文中甚至可以使用到的，術語“可操作地”或“可操作地耦接至”表示組件包括一個或多個電源連接、輸入端、輸出端等，當被啟動時，以實施一個或多個其對應的功能，並可進一步包括推斷耦接至一個或多個其他組件。如本文中還可進一步使用到的，術語“相關聯”包括單獨組件和/或被嵌入到其他組件內的組件的直接和/或間接耦接。如本文中可以使用到的，術語“優選地比較”，表示兩個或多個組件之間、訊號之間等的比較，提供了所期望的關係。例如，

當所期望的關係是訊號 1 具有比訊號 2 更大的幅度時，在訊號 1 的幅度大於訊號 2 的幅度，或在訊號 2 的幅度小於訊號 1 的幅度時，可實現優選的比較結果。

同樣，如本文中可以使用到的，術語“處理模組”、“處理電路”和/或“處理單元”可以是單個處理裝置或多個處理裝置。這種處理裝置可以是基於的硬編碼電路和/或可操作指令操縱訊號（模擬和/或數位）的微處理器、微控制器、數位訊號處理器、微型計算機、中央處理單元、現場可編程門陣列、可編程邏輯裝置、狀態機、邏輯電路、模擬電路、數位電路和/或任何裝置。該處理模組、模組、處理電路和/或處理單元可以是、或進一步包括：儲存器和/或集成儲存元件，其可以是單個儲存裝置、多個儲存裝置和/或另一處理模組的嵌入電路、模組的嵌入電路、處理電路的嵌入電路和/或處理單元的嵌入電路。這種儲存裝置可以是只讀儲存器、隨機存取儲存器、易失性儲存器、非易失性儲存器、靜態儲存器、動態儲存器、閃速儲存器、高速緩沖儲存器和/或儲存數位訊息的任何裝置。注意，如果處理模組、模組、處理電路和/或處理單元包括了多於一個的處理裝置，該處理裝置可集中設置（例如，經由有線和/或無線總線結構直接耦接在一起）或者可以是分散設置（例如，經由區域網路和/或廣域網的間接耦接的雲端計算）。還應注意，如果處理模組、模組、處理電路和/或處理單元通過狀態機、模擬電路、數位電路和/或邏輯電路實現其一個或多個功能，那麼，儲存了對應操作指令的儲存器和/或儲存元件可被嵌入在包括了狀態機、模擬電路、數位電路和/或邏輯電路的電路之內或之外。還要注意，儲存元件可儲存（並且處理模組、模組、處理電路和/或處理單元可執行）對應於一個或多個圖中所示的至少部分步驟和/或功能的硬編碼和/或操作指令。這種儲存裝置或儲存元件能夠包含在製品中。

借助於方法步驟，本發明已描述了以上示出的規定功能的性

能及其關係。這些功能結構塊和方法步驟的界線和順序已被本文為了便於描述而任意定義。只要適當地實施規定的功能和關係，能夠定義可選的界線和順序。任何如此的可選界線或順序因此在本發明所要求保護的範圍和精神之內。此外，這些功能結構塊的界線已經為了便於描述而任意定義。只要適當地實施某些重要的功能，能夠定義可選的界線。同樣，也可以任意定義本文中的流程圖塊，以說明某些重要的功能。就使用來說，流程圖塊的界線和順序能夠被定義，除此之外，仍實現某些重要的功能。功能結構塊以及流程圖塊的界線和序列的兩者的如此可選定義因此在本發明所要求保護的範圍和精神之內。本領域的普通技術人員也將認識到，通過分離部件、專用集成電路、執行適當軟體的處理器等或其中任何組合，能夠如所說明地實施本文中的功能結構塊、以及其它說明性方塊、模組和部件。

至少在某種程度上，就一個或多個實施方式而言，本發明也已經進行了描述。本文中使用本發明的實施方式，以說明本發明其中的方面、其中的特徵、其中的概念和/或其中的實例。實施本發明的裝置的物理實施方式、製品、機器和/或過程，可包括參照本文中所討論的一個或多個實施方式所述的一個或多個方面、特徵、概念、實例等。此外，從圖中發現，實施方式可結合相同或相似的指定功能、步驟模組等，可使用相同的或不同的參考數位，這樣，該功能、步驟、模組等，可以是相同或相似的（或不同的）功能、步驟、模組等。

雖然在以上圖中所述的電晶體示為場效應電晶體（FET），但作為本技術領域中的普通技術人員將理解，可使用任何類型的電晶體結構來實現該電晶體，包括但不限於雙極型、金屬氧化物半導體場效應電晶體（MOSFET）、N 通道電晶體、P 通道電晶體、增強型、耗盡型以及零閾值電壓（VT）電晶體。

除非對相反方面的特別聲明，本文中任何圖以數位方式所出



現的訊號去往、來自和/或部件之間，可以是模擬的或數位的、連續時間或離散時間以及單端的或差分的。例如，如果訊號路徑被示為單端路徑，它也代表差分訊號路徑。同樣，如果訊號路徑示為差分路徑，它也代表單端訊號路徑。正如在本領域中普通技術人員所公認，雖然本文中描述了一個或多個特定的體系結構，使用一個或多個未明確示出的數據總線、部件之間的直接連接和/或其他部件之間的間接耦接，同樣能夠實施其他體系結構。

在本發明的各種實施方式的描述中使用了術語“模組”。模組包括處理模組、功能塊、硬體和/或儲存器上所儲存的軟體，用於實施如本文中所描述的一個或多個功能。注意，如果該模組是通過硬體實現，該硬體可獨立操作和/或結合軟體和/或固件。如本文中所使用的，模組可包含各個可為一個或多個模組的一個或多個子模組。

雖然本文中已明確地描述了本發明的各種功能和特徵的特定組合，但這些特徵以及功能的其他組合同樣是可以的。通過特定的實施方式，本發明並不限於本文所公開的實例，並明確地結合了這些其他組合。

【符號說明】

- 10、12 通訊裝置
- 14 基頻處理模組
- 16 發射器部
- 18 接收器部
- 20 RF 和/或 MMW 天線結構
- 22 基板
- 24 另一層
- 26 可調投影人工磁鏡（PAMM）
- 28 接地平面

30、70	天線
32	控制模組
34	控制訊息
40、50	人工磁鏡（AMM）單元
52	導電元件
54	阻抗元件
56	RLC 電路
60	投影人工磁導體（AMC）
62	電磁訊號
64	散射場



申請專利範圍

1. 一種投影人工磁鏡，包括：

多個人工磁鏡單元，共同地產生人工磁導體，所述人工磁導體針對給定頻率範圍內的電磁訊號具有與所述投影人工磁鏡的表面相距一距離的幾何形狀，其中，所述多個人工磁鏡單元中的人工磁鏡單元包括：

導電元件，形成集總的電阻-電感-電容電路；以及

阻抗元件，耦接至所述導電元件，其中，所述阻抗元件的阻抗以及所述電阻-電感-電容電路的阻抗建立所述人工磁鏡單元在所述給定頻率範圍內的電磁特性，所述電磁特性對所述人工磁導體起作用。

2. 根據申請專利範圍第 1 項所述的投影人工磁鏡，其中，所述導電元件包括：

基板的表面上的線圈，其中，所述線圈的第一端耦接至地，並且所述線圈的第二端耦接所述阻抗元件，其中，所述線圈的形狀影響所述人工磁鏡單元的所述電磁特性。

3. 根據申請專利範圍第 1 項所述的投影人工磁鏡，還包括以下各項之一：

所述導電元件與所述阻抗元件串聯耦接；以及

所述導電元件與所述阻抗元件並聯耦接。

4. 根據申請專利範圍第 1 項所述的投影人工磁鏡，其中，所述阻抗元件包括：

可變阻抗電路。

5. 根據申請專利範圍第 4 項所述的投影人工磁鏡，其中，所述可變阻抗電路包括：

負電阻器。

6. 根據申請專利範圍第 4 項所述的投影人工磁鏡，其中，所述可變阻抗電路包括：

可變電抗器。

7. 根據申請專利範圍第 4 項所述的投影人工磁鏡，其中，所述可變阻抗電路包括：

無源元件，其中，至少一個所述無源元件可調。

8. 一種人工磁鏡單元，包括：

導電元件，形成集總的電阻-電感-電容電路；以及

阻抗元件，耦接至所述導電元件，其中，所述阻抗元件的阻抗以及所述電阻-電感-電容電路的阻抗建立所述人工磁鏡單元在給定頻率範圍內的電磁特性。

9. 一種人工磁鏡單元，包括：

線圈，在基板的第一層；

可變阻抗電路，耦接至線圈，其中，所述可變阻抗電路根據控制訊號來建立阻抗；以及

接地平面，在所述基板的第二層，其中，所述人工磁鏡單元在給定頻率範圍內的電磁特性是基於所述線圈的特性以及所述可變阻抗電路的阻抗。

10. 根據申請專利範圍第 9 項所述的人工磁鏡單元，其中，所述線圈包括：

同心螺旋。

圖式

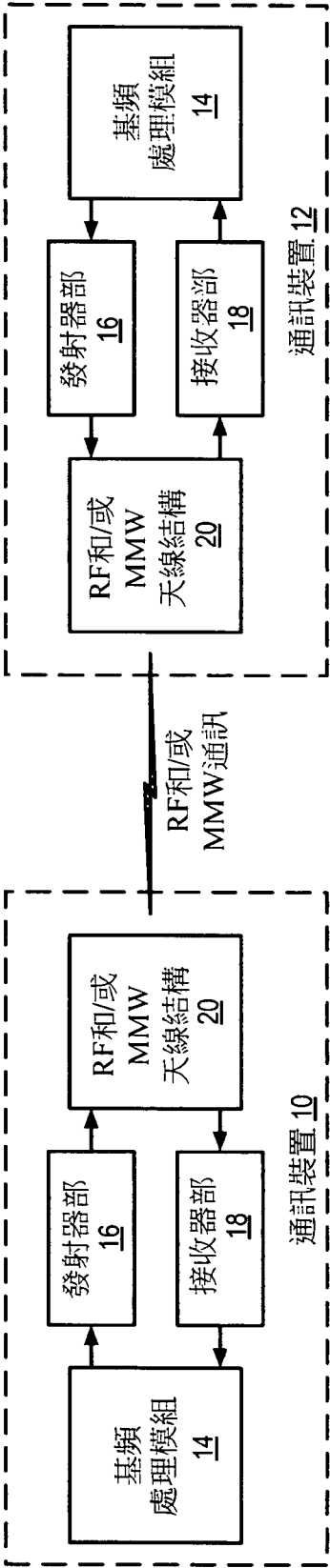


圖 1

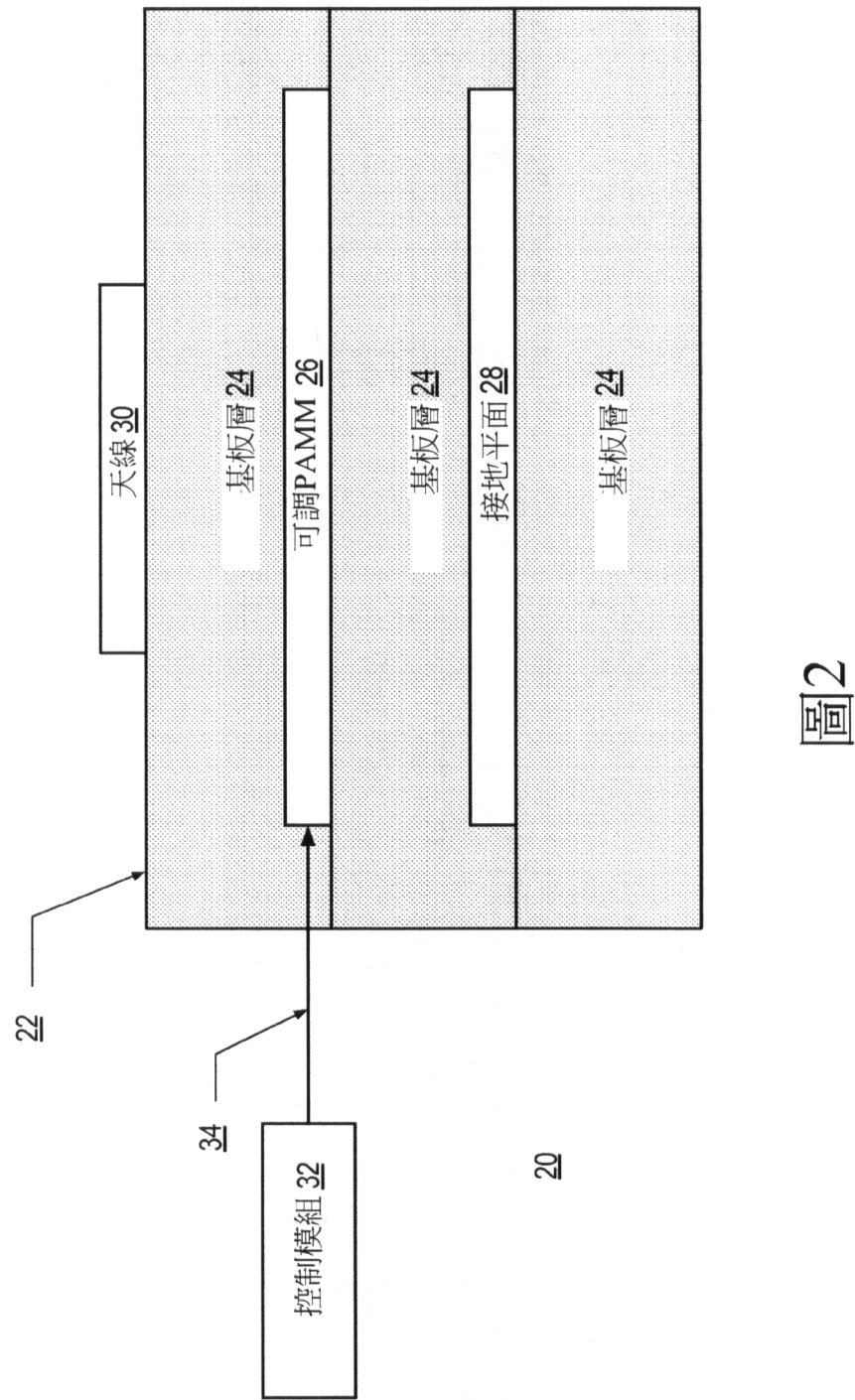
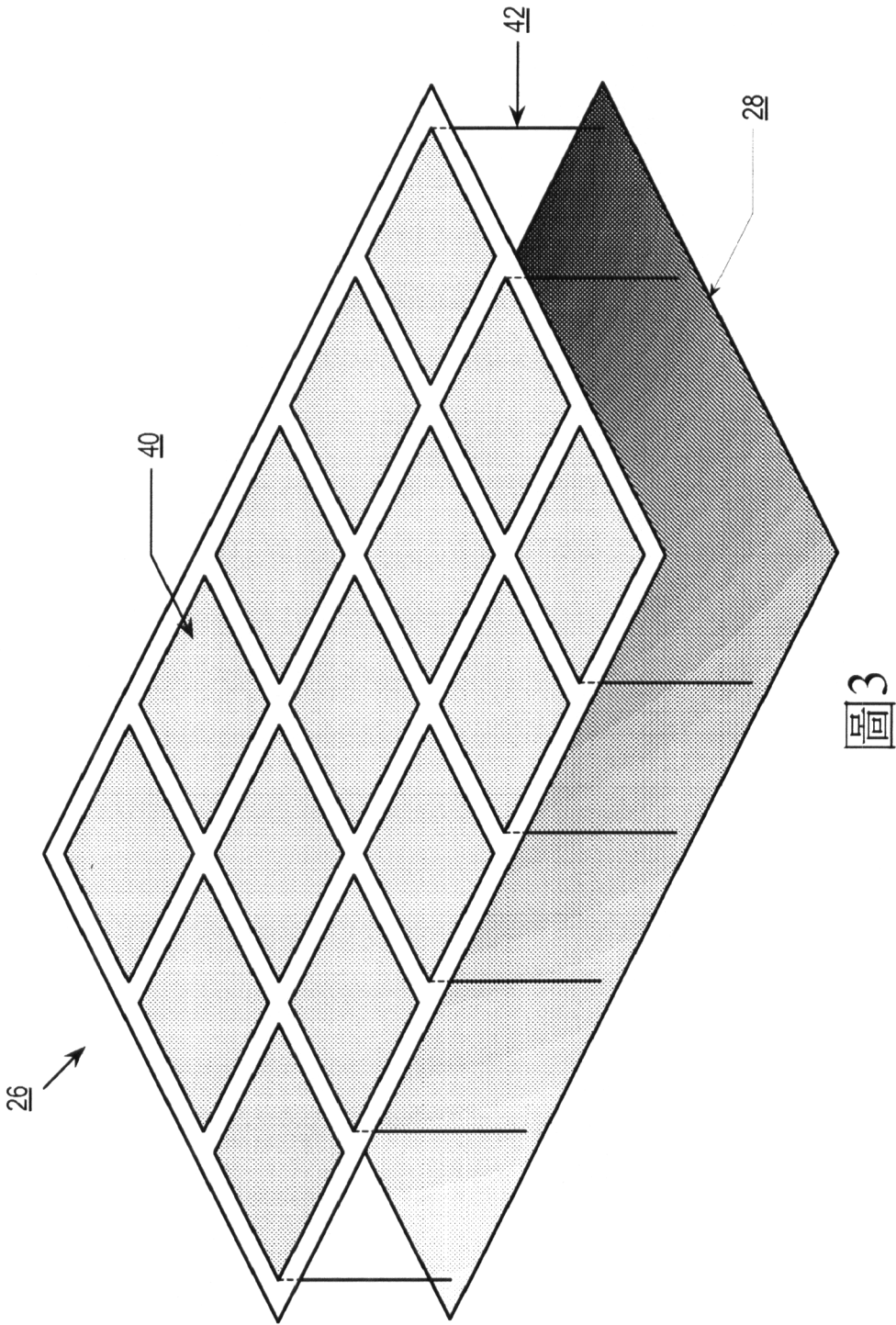


圖2



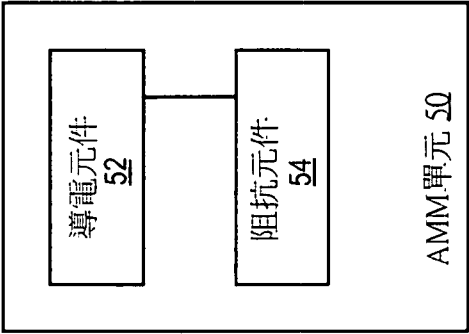


圖4

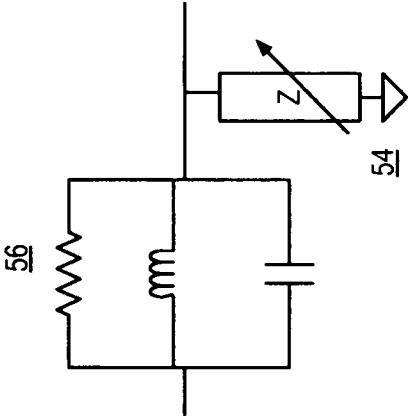


圖5

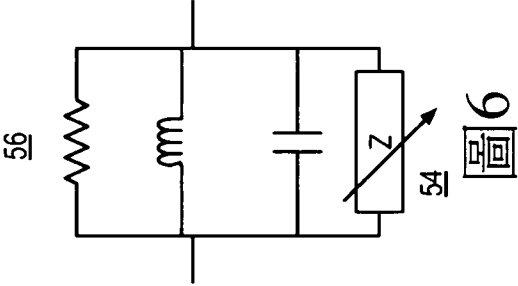


圖6

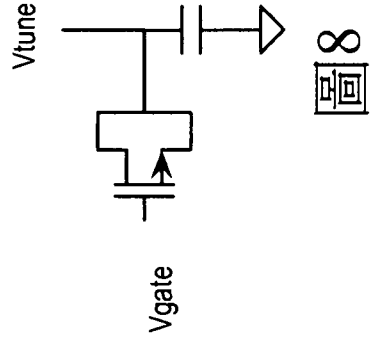


圖8

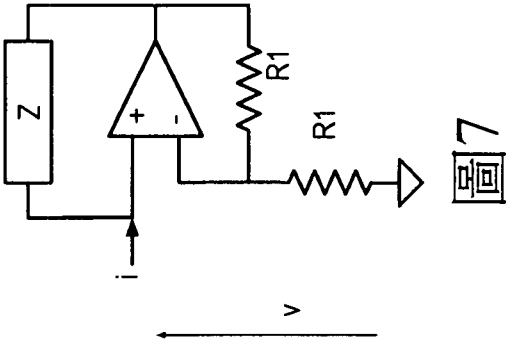


圖7

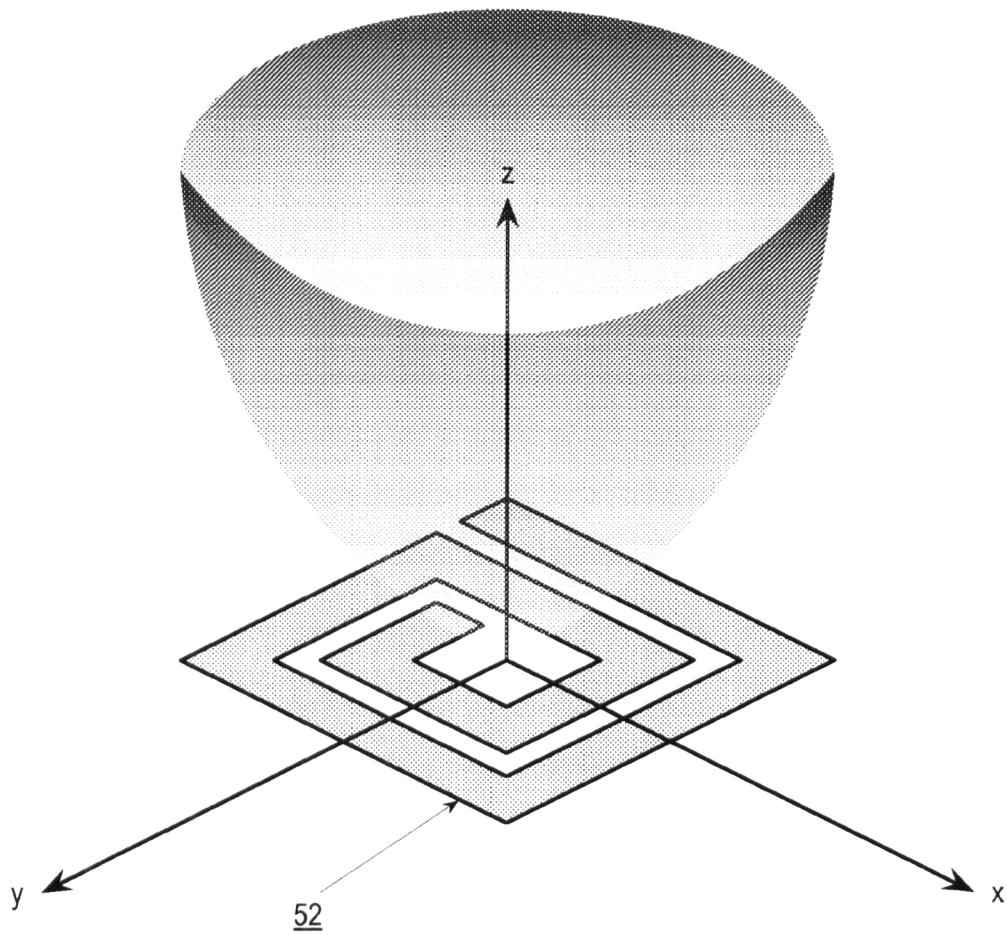


圖9

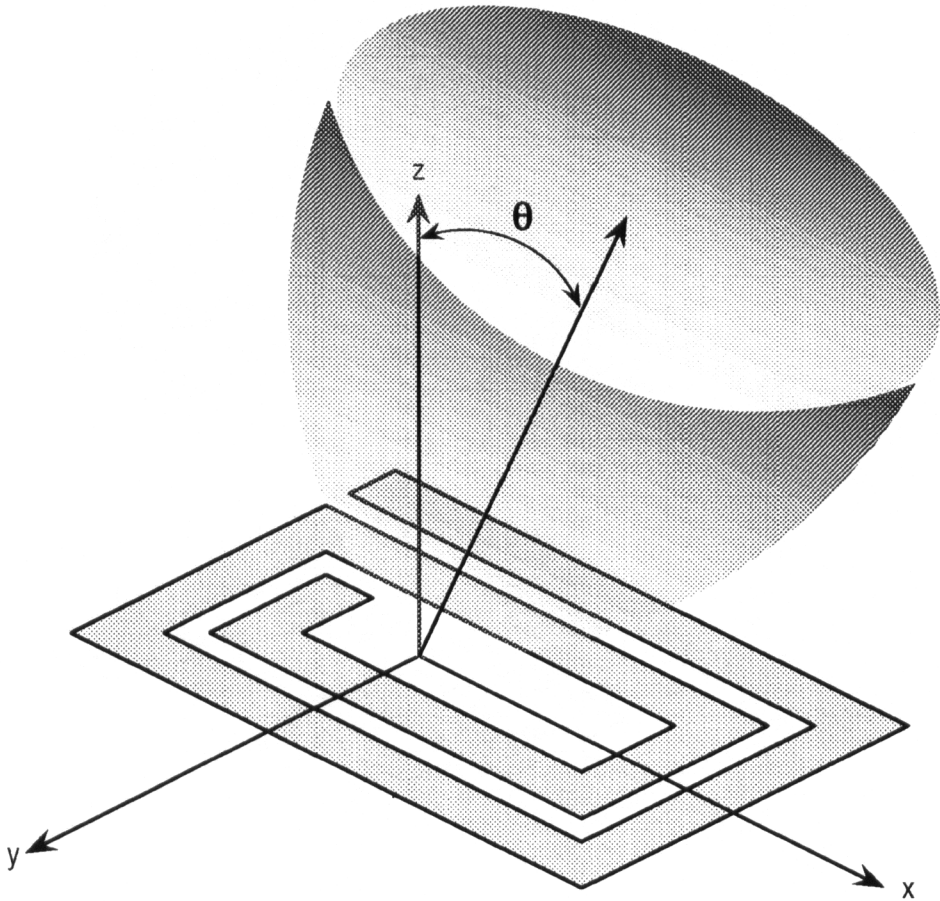


圖10

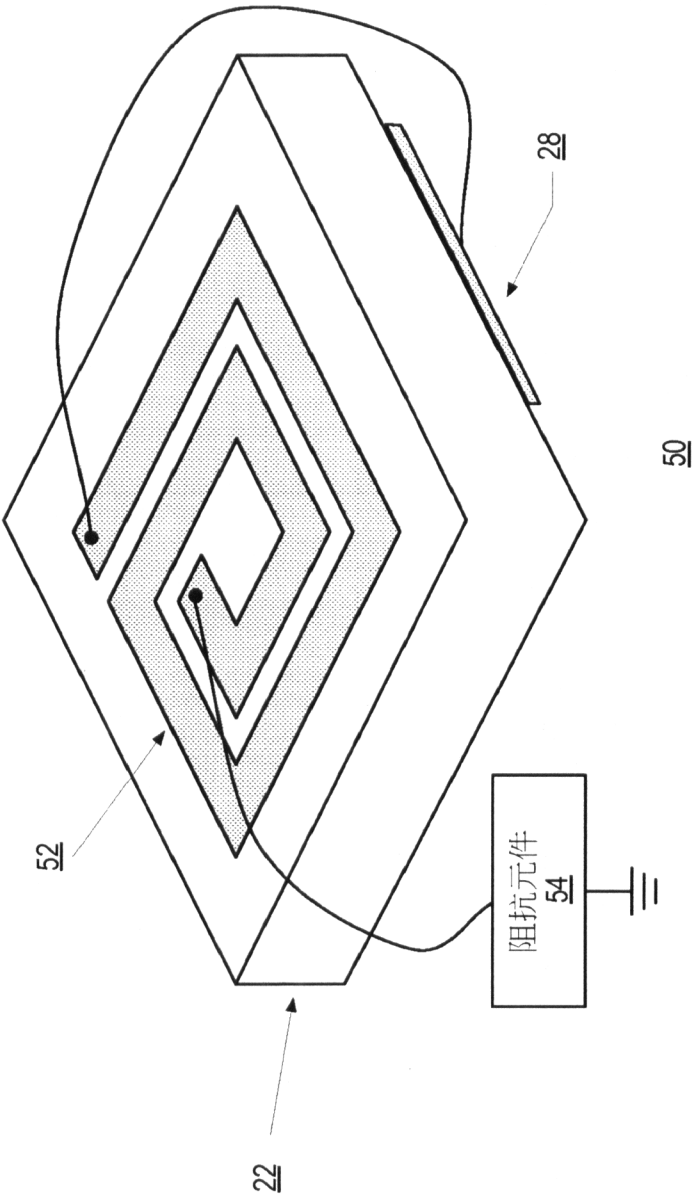


圖11

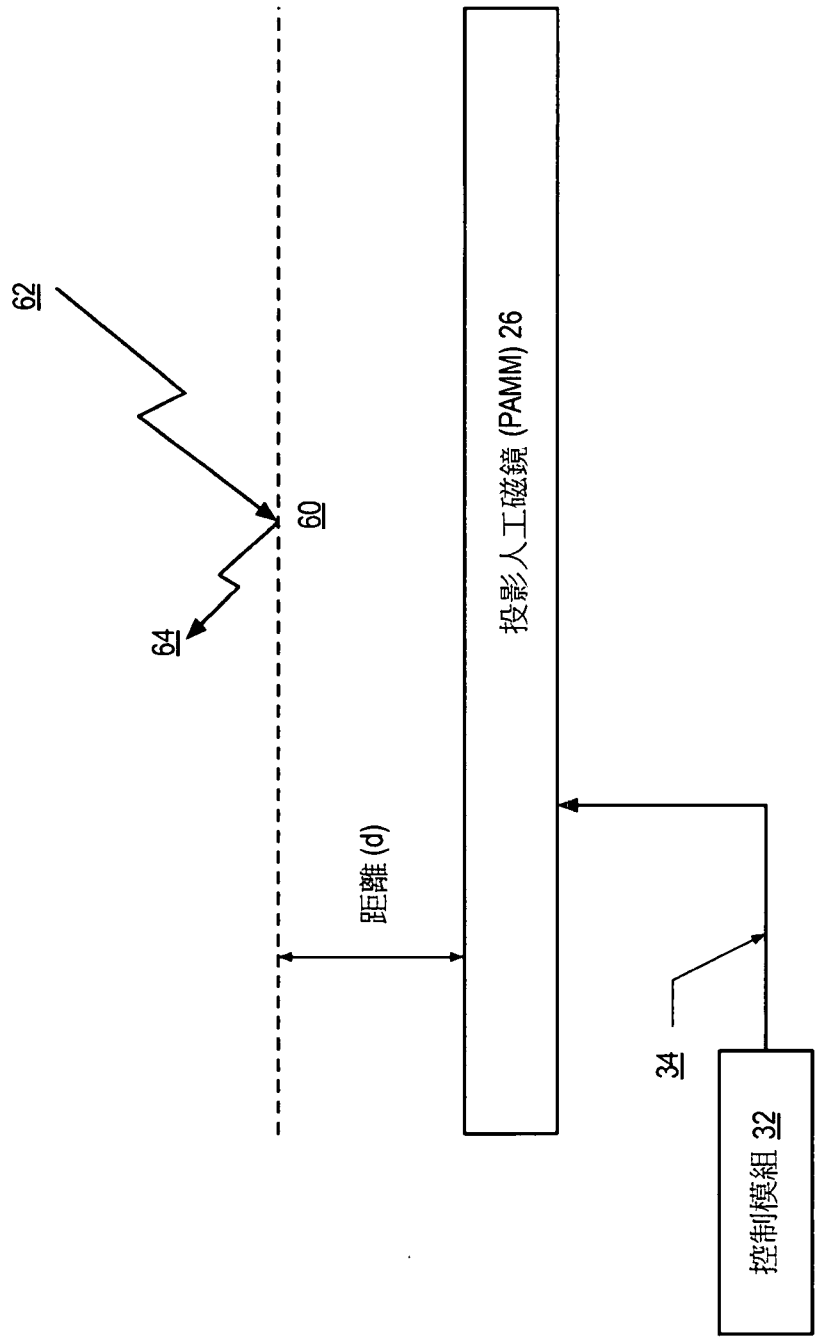


圖12

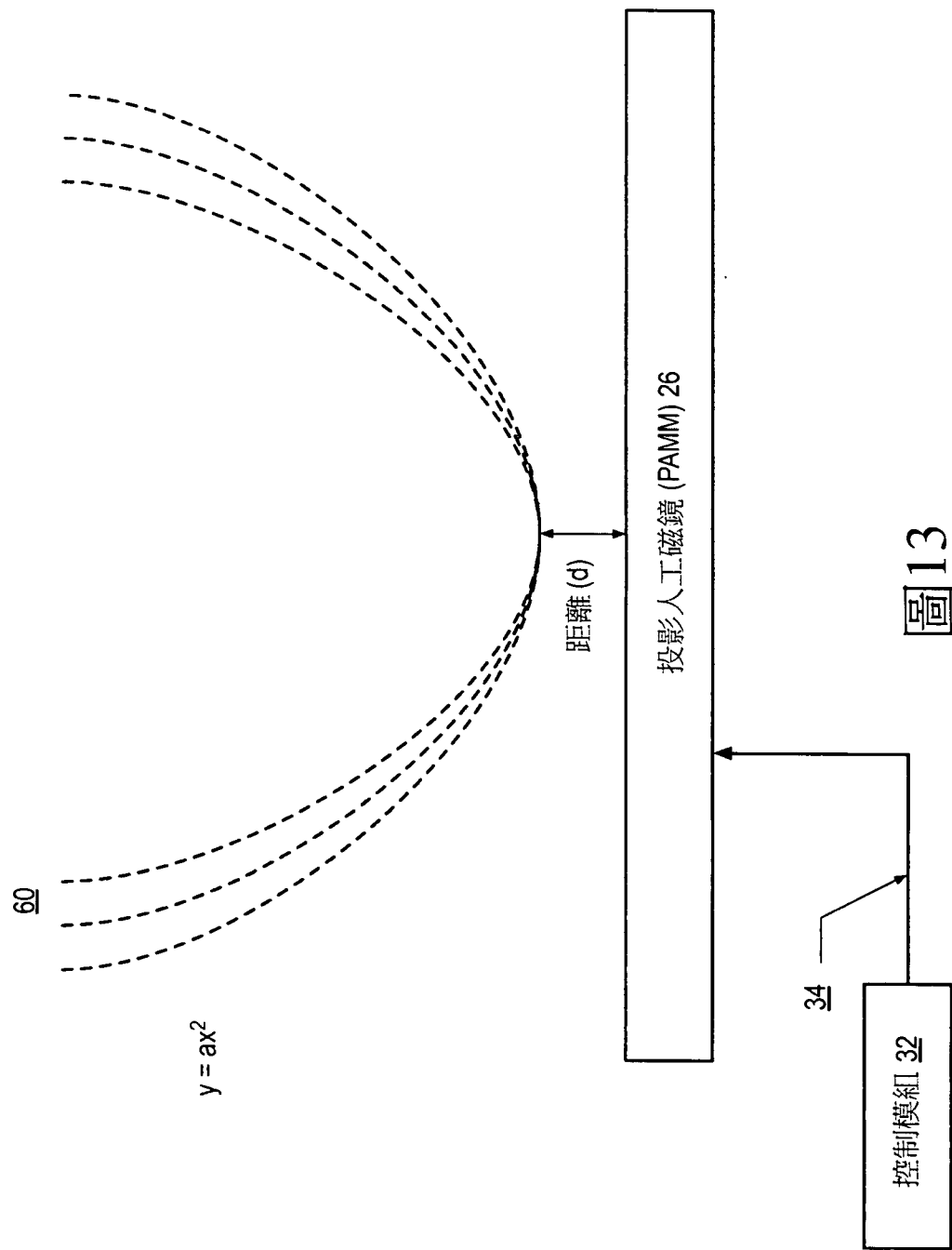


圖13

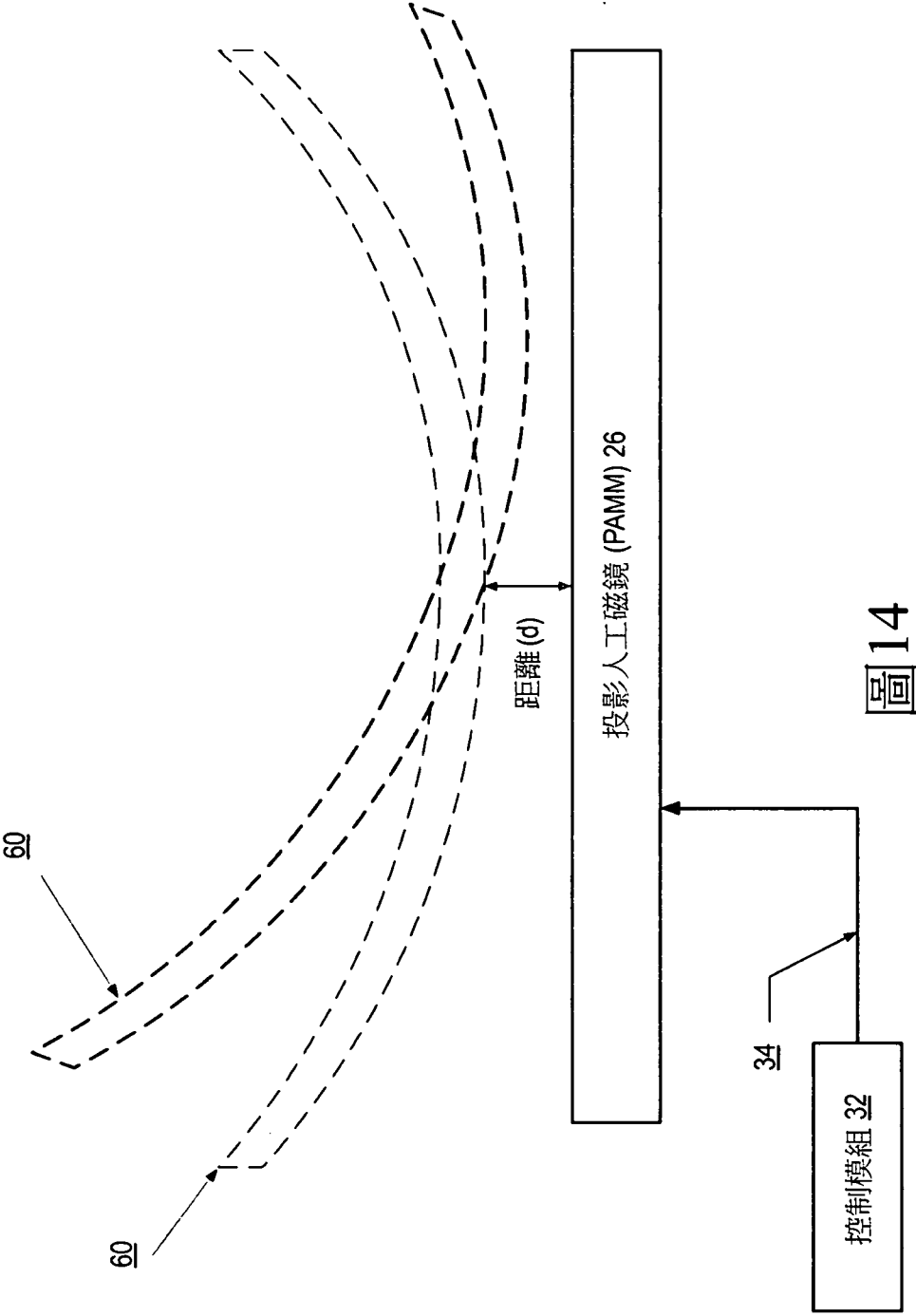
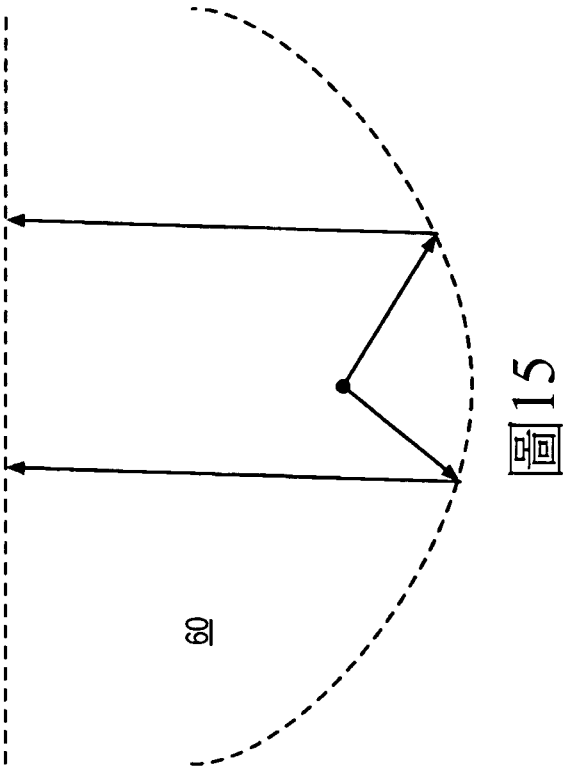
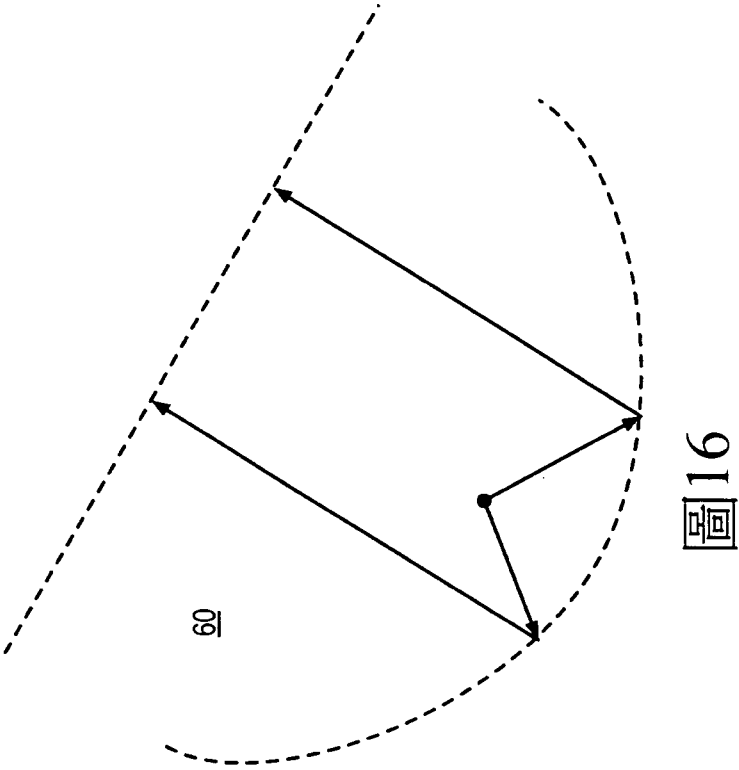


圖14



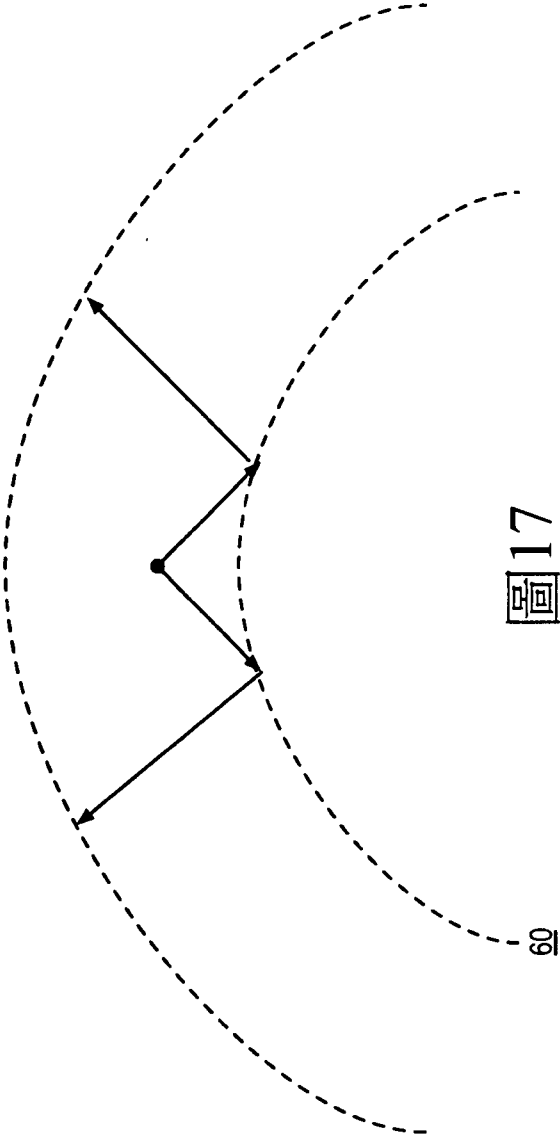


圖17

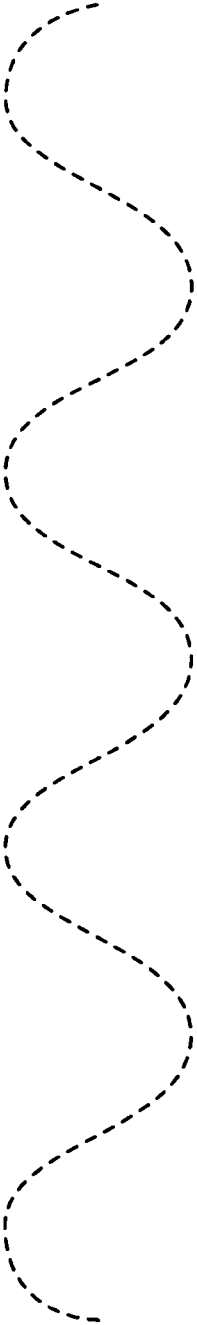


圖18

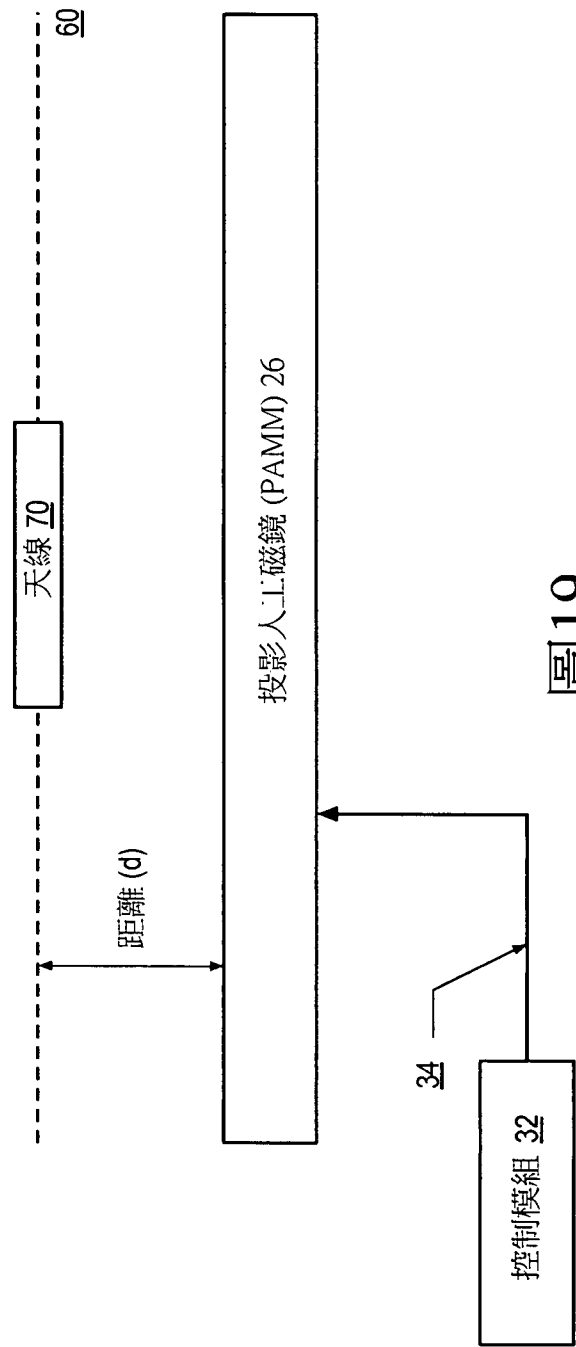


圖19

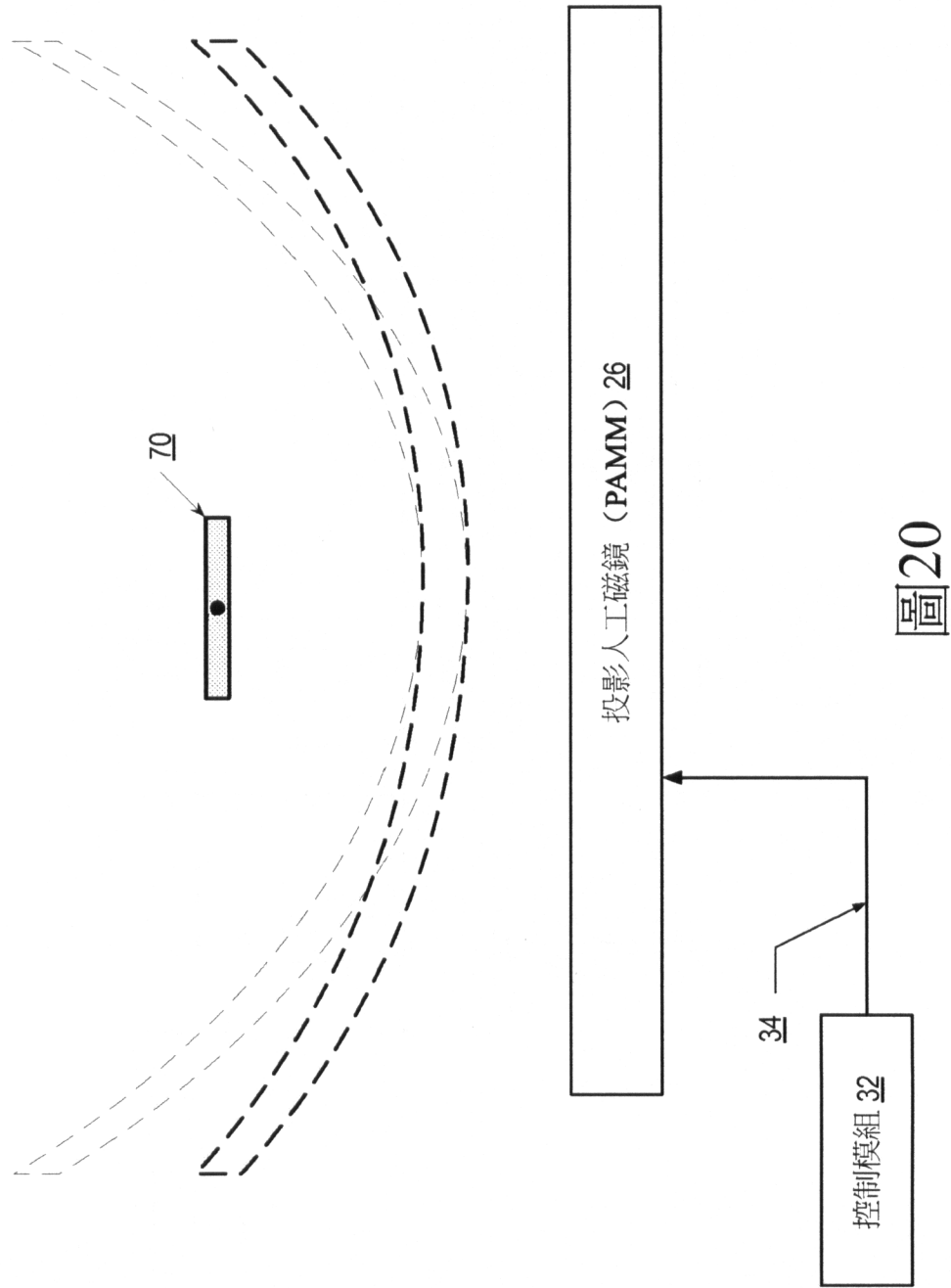


圖20

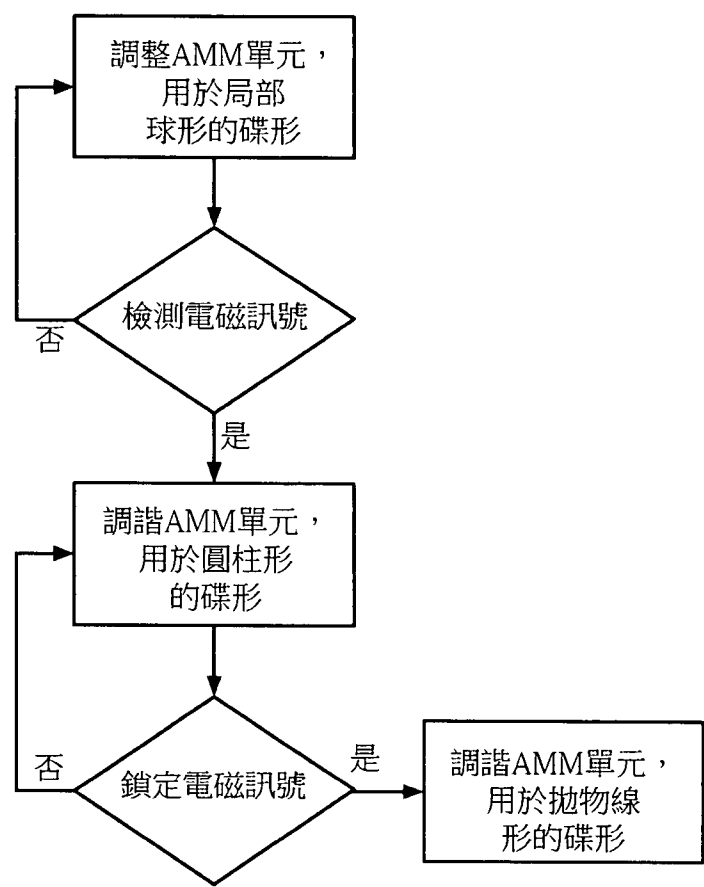


圖21

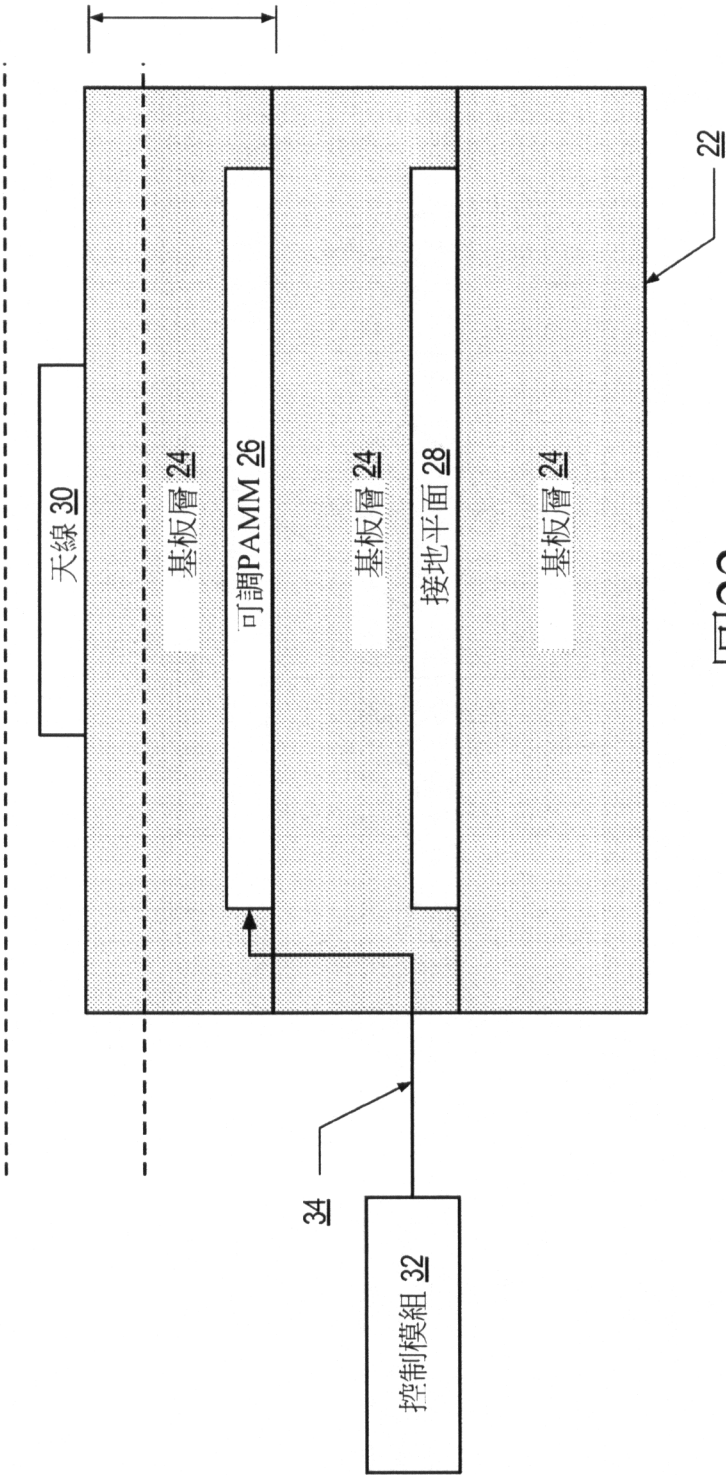


圖22

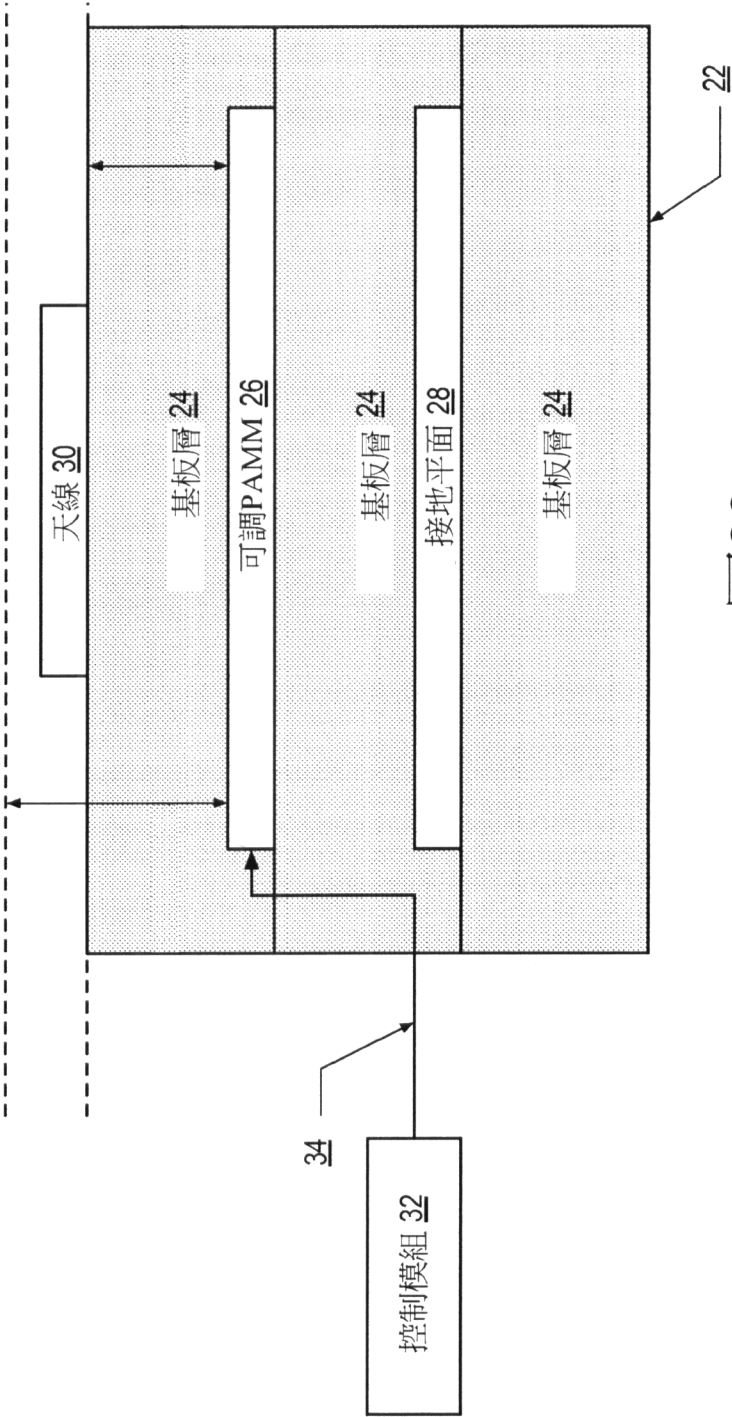


圖23