



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I782500 B

(45) 公告日：中華民國 111 (2022) 年 11 月 01 日

(21) 申請案號：110114720

(22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 04 月 23 日

(51) Int. Cl. : **H04R1/10 (2006.01)****H04R5/033 (2006.01)****H01Q1/22 (2006.01)**

(71) 申請人：美律實業股份有限公司 (中華民國) MERRY ELECTRONICS CO., LTD. (TW)

臺中市工業區 23 路 22 號

(72) 發明人：簡瑞賢 CHIEN, JUI-HSIEN (TW)

(74) 代理人：葉璟宗；詹東穎；劉亞君

(56) 參考文獻：

CN 109921189A

CN 111029725A

CN 112911454A

審查人員：范美華

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：5 共 23 頁

(54) 名稱

耳機模組

(57) 摘要

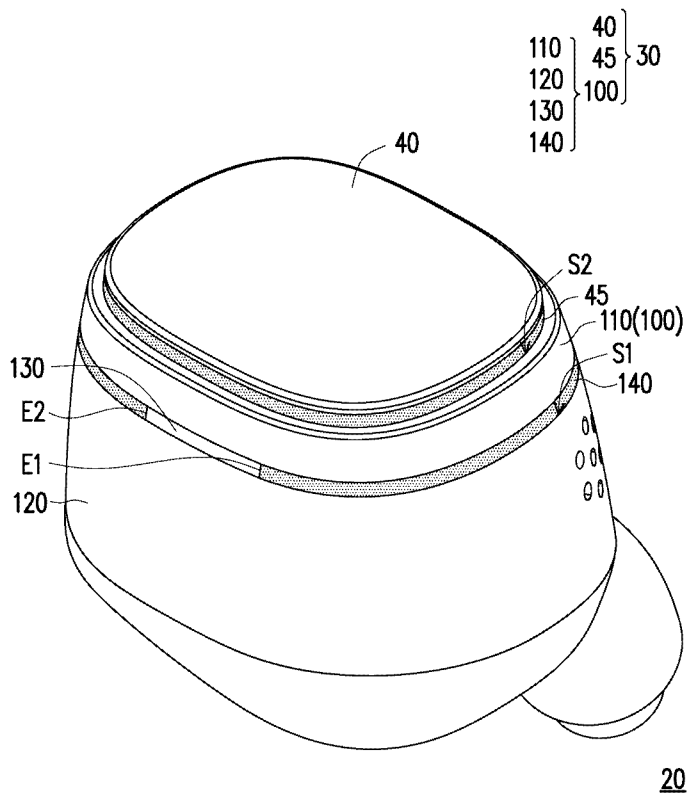
一種耳機模組，包括一天線結構。天線結構包括一第一輻射體、一第二輻射體、一導通件及一第一絕緣件。第一輻射體包括一饋入端。第二輻射體包括一接地端，第一輻射體與第二輻射體之間具有一第一槽縫。導通件連接第一輻射體與第二輻射體。第一絕緣件設置於第一槽縫內。第一輻射體、第二輻射體、導通件及第一絕緣件共同作為耳機模組的一外殼的至少一部分。

An earphone module includes an antenna structure. The antenna structure includes a first radiator, a second radiator, a conductive member and a first insulating member. The first radiator includes a feeding end. The second radiator includes a ground end, and a first slot is formed between the first radiator and the second radiator. The conductive member is connected to the first radiator and the second radiator. The first insulating member is disposed in the first slot. The first radiator, the second radiator, the conductive member and the first insulating member collectively serve as at least a part of a shell of the earphone module.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- E1:第一末端
- E2:第二末端
- S1:第一槽縫
- S2:第二槽縫
- 20:耳機模組
- 30:外殼
- 40:觸控面板
- 45:第二絕緣件
- 100:天線結構
- 110:第一輻射體
- 120:第二輻射體
- 130:導通件
- 140:第一絕緣件



【圖1】



I782500

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】耳機模組

【英文發明名稱】EARPHONE MODULE

【中文】一種耳機模組，包括一天線結構。天線結構包括一第一輻射體、一第二輻射體、一導通件及一第一絕緣件。第一輻射體包括一饋入端。第二輻射體包括一接地端，第一輻射體與第二輻射體之間具有一第一槽縫。導通件連接第一輻射體與第二輻射體。第一絕緣件設置於第一槽縫內。第一輻射體、第二輻射體、導通件及第一絕緣件共同作為耳機模組的一外殼的至少一部分。

【英文】An earphone module includes an antenna structure. The antenna structure includes a first radiator, a second radiator, a conductive member and a first insulating member. The first radiator includes a feeding end. The second radiator includes a ground end, and a first slot is formed between the first radiator and the second radiator. The conductive member is connected to the first radiator and the second radiator. The first insulating member is disposed in the first slot. The first radiator, the second radiator, the conductive member and the first insulating member collectively serve as at least a part of a shell of the earphone module.

【指定代表圖】圖1。

## 【代表圖之符號簡單說明】

E1:第一末端

E2:第二末端

S1:第一槽縫

S2:第二槽縫

20:耳機模組

30:外殼

40:觸控面板

45:第二絕緣件

100:天線結構

110:第一輻射體

120:第二輻射體

130:導通件

140:第一絕緣件

## 【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 耳機模組

【英文發明名稱】 EARPHONE MODULE

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種耳機模組，且特別是有關於一種具有天線的耳機模組。

【先前技術】

【0002】 一般藍牙耳機的天線採用電天線架構，天線設置在外殼之內。因電天線架構為末端開路，該處的電流小且電場強，易受人體電介質造成頻帶偏移，進而影響天線效率。

【發明內容】

【0003】 本發明提供一種耳機模組，其利用耳機模組的外殼形成磁天線架構，因其不易受人體影響其諧振模態，而具有較佳的天線效率。

【0004】 本發明的一種耳機模組，包括一天線結構。天線結構包括一第一輻射體、一第二輻射體、一導通件及一第一絕緣件。第一輻射體包括一饋入端。第二輻射體包括一接地端，第一輻射體與第二輻射體之間具有一第一槽縫。導通件連接第一輻射體與第二輻射體。第一絕緣件設置於第一槽縫內。第一輻射體、第二輻

射體、導通件及第一絕緣件共同作為耳機模組的一外殼的至少一部分。

**【0005】** 在本發明的一實施例中，上述的耳機模組更包括一觸控面板及一第二絕緣件。觸控面板設置於第一輻射體旁，且與第一輻射體之間具有一第二槽縫。第二絕緣件設置於第二槽縫內，其中第一輻射體、第二輻射體、導通件、第一絕緣件、觸控面板及第二絕緣件共同作為耳機模組的外殼。

**【0006】** 在本發明的一實施例中，上述的觸控面板與第一輻射體位於不同平面。

**【0007】** 在本發明的一實施例中，上述的耳機模組更包括一第一電路板，設置在外殼內，包括位於相對兩表面的一第一天線彈腳及一第二天線彈腳，第一天線彈腳抵接於第一輻射體的饋入端，且第二天線彈腳抵接於第二輻射體的接地端。

**【0008】** 在本發明的一實施例中，上述的第一電路板包括鄰近於第一天線彈腳與第二天線彈腳的一邊緣，邊緣與外殼之間存在一間隙。

**【0009】** 在本發明的一實施例中，上述的第一電路板對齊於第一槽縫。

**【0010】** 在本發明的一實施例中，上述的耳機模組更包括一第二電路板及一連接排線。第二電路板設置在外殼內且設置於第一電路板的一側。連接排線連接第一電路板與第二電路板，以使第一電路板電性連接於第二電路板，且導通件對應連接排線設置。

【0011】 在本發明的一實施例中，上述的導通件的寬度大於等於連接排線的寬度。

【0012】 在本發明的一實施例中，上述的天線結構耦合出一頻段，第一槽縫的長度為頻段的  $2/3$  倍波長。

【0013】 在本發明的一實施例中，上述的第一槽縫包括一第一末端與一第二末端，導通件位於第一末端與第二末端之間，第一槽縫在靠近饋入端處與第一末端的一第一距離大於第一槽縫在靠近饋入端處與第二末端的一第二距離。

【0014】 在本發明的一實施例中，上述的第一距離用以耦合出一頻段，且第二距離用以調整頻段的阻抗匹配。

【0015】 在本發明的一實施例中，上述的第一距離大於等於第二距離的 3 倍。

【0016】 在本發明的一實施例中，當耳機模組被放置於人耳內時，饋入端靠近人耳的對耳輪而遠離耳垂。

【0017】 基於上述，本發明的耳機模組的第一輻射體、第二輻射體、導通件及第一絕緣件共同作為耳機模組的外殼的至少一部分。第一輻射體包括饋入端，第二輻射體包括接地端。導通件連接第一輻射體與第二輻射體。第一輻射體與第二輻射體之間具有第一槽縫，以隔開彼此。第一絕緣件設置於第一槽縫內，以使得外觀完整。藉由上述設計，本發明的耳機模組具有磁天線形式的天線結構，不易受人體影響其諧振模態，而具有較佳的天線效率。

**【圖式簡單說明】****【0018】**

圖 1 是依照本發明的一實施例的一種耳機模組的外觀示意圖。

圖 2 是圖 1 的耳機模組的透視示意圖。

圖 3 是圖 1 的耳機模組的第一電路板、第二電路板及連接排線的透視示意圖。

圖 4 是將圖 1 的耳機模組放入人耳內的示意圖。

圖 5 是圖 1 的耳機模組的頻率-效率的關係圖。

**【實施方式】**

**【0019】** 圖 1 是依照本發明的一實施例的一種耳機模組的外觀示意圖。請參閱圖 1，本實施例的耳機模組 20 包括一天線結構 100。天線結構 100 包括一第一輻射體 110、一第二輻射體 120、一導通件 130 及一第一絕緣件 140。在本實施例中，天線結構 100 的第一輻射體 110、第二輻射體 120、導通件 130 及第一絕緣件 140 共同作為耳機模組 20 的一外殼 30 的至少一部分。

**【0020】** 具體地說，在本實施例中，第二輻射體 120 為接地輻射體。由圖 1 可見，第二輻射體 120 作為耳機模組 20 的大部分外殼 30。第一輻射體 110 為主輻射體，且位於第二輻射體 120 的一側(圖 1 的上側)。第一輻射體 110 與第二輻射體 120 之間具有一第一槽縫 S1，而使第一輻射體 110 與第二輻射體 120 隔開於彼此。第一

槽縫 S1 的寬度約為 0.5 公厘至 1.2 公厘之間，但不以此為限制。

【0021】 第一絕緣件 140 設置於第一槽縫 S1 內，以維持外觀的完整且可用以保持第一輻射體 110 與第二輻射體 120 之間的距離。

第一槽縫 S1 包括一第一末端 E1 與一第二末端 E2。導通件 130 位於第一末端 E1 與第二末端 E2 之間，且連接第一輻射體 110 與第二輻射體 120。

【0022】 在本實施例中，天線結構 100 為電場耦合於第一槽縫 S1 的磁天線架構(槽縫天線)，第一槽縫 S1 的長度為天線結構 100 耦合出一頻段的 2/3 倍波長。天線結構 100 所耦合出的一頻段例如為 2.4GHz 的藍牙頻段，但頻段不以此為限制。

【0023】 此外，在本實施例中，第一輻射體 110、第二輻射體 120 及導通件 130 以金屬為例，第一絕緣件 140 以塑膠為例。第一輻射體 110、第二輻射體 120、導通件 130 及第一絕緣件 140 可以透過射出成型的方式製作，而成為一體。當然，第一輻射體 110、第二輻射體 120、導通件 130 及第一絕緣件 140 的材料與製作方式不以此為限制。

【0024】 習知設置於外殼內的電天線架構，因電天線為末端開路，該處的電流小且電場強，易受人體電介質造成頻帶偏移。並且，在具有電天線架構的耳機模組中，主機板在沿著天線路徑處需設置天線淨空區，使得主機板上的空間不能完整地被電路佈局所運用。

【0025】 相較於習知的電天線架構，本實施例的天線結構 100 為

電場耦合於第一槽縫 S1 的磁天線架構(槽縫天線)，不易受人體影響其諧振模態，而具有較佳的天線效率。此外，由於本實施例的天線結構 100 為磁天線架構，本實施例的耳機模組 20 不需要在電路板(圖 2 的第一電路板 50)或主機板上設置天線淨空區，而可充分利用電路板或主機板上的空間。

【0026】 此外，如圖 1 所示，在本實施例中，耳機模組 20 為觸控式耳機模組，耳機模組 20 更包括一觸控面板 40 及一第二絕緣件 45。觸控面板 40 設置於第一輻射體 110 旁(圖 1 的上側)，且與第一輻射體 110 之間具有一第二槽縫 S2，以隔開觸控面板 40 與第一輻射體 110。第一輻射體 110 位於觸控面板 40 與第二輻射體 120 之間。

【0027】 第二絕緣件 45 設置於第二槽縫 S2 內，以維持外觀完整。第二槽縫 S2 的寬度約為 1 公厘至 2 公厘之間，但不以此為限制。在本實施例中，第一槽縫 S1 的寬度等於第二槽縫 S2 的寬度，但在其他實施例中，第一槽縫 S1 的寬度也可以不等於第二槽縫 S2 的寬度，例如第一槽縫 S1 的寬度可以是大大於或小於第二槽縫 S2 的寬度。

【0028】 在習知的電天線中，天線需與觸控面板間隔較大的距離，以減少天線與觸控面板之間的電氣耦合。觸控面板的面積會被縮減，以避免觸控面板(例如在邊緣部位)與天線之間太靠近。本實施例的耳機模組 20 由於是採用磁天線的架構，耳機模組 20 的觸控面板 40 不需離第一輻射體 110 的上緣太遠，而可採用大面積

的觸控面板 40。

【0029】此外，在本實施例的耳機模組 20 中，觸控面板 40 與第一輻射體 110 可選擇地位於不同平面。具體地說，在圖 1 中，觸控面板 40 呈水平，第一輻射體 110 則往上下方向延伸。這樣觸控面板 40 與第一輻射體 110 位於不同平面的設計可降低彼此影響，進一步避免觸控訊號或是天線訊號相互干擾。

【0030】由圖 1 可見，在本實施例中，第一輻射體 110、第二輻射體 120、導通件 130、第一絕緣件 140、觸控面板 40 及第二絕緣件 45 共同作為耳機模組 20 的外殼 30。當然，在其他實施例中，耳機模組也可以不具有觸控面板 40 及第二絕緣件 45，在這樣的耳機模組中，圖 1 的觸控面板 40 及第二絕緣件 45 所在位置的區域可被第一輻射體 110 或是其他的絕緣件取代，耳機模組的形式不以圖 1 為限制。

【0031】圖 2 是圖 1 的耳機模組的透視示意圖。圖 3 是圖 1 的耳機模組的第一電路板、第二電路板及連接排線的透視示意圖。請參閱圖 2 與圖 3，耳機模組 20 更包括一第一電路板 50，設置在外殼 30 內。第一電路板 50 包括位於相對上下兩表面的一第一天線彈腳 52 及一第二天線彈腳 54。第一輻射體 110 包括一饋入端 112，第二輻射體 120 包括一接地端 122。由圖 3 可見，第一天線彈腳 52 抵接於第一輻射體 110 的饋入端 112，且第二天線彈腳 54 抵接於第二輻射體 120 的接地端 122。

【0032】此外，耳機模組 20 更包括一第二電路板 60 及一連接排

線 65。第二電路板 60 設置在外殼 30 內且設置於第一電路板 50 的一側(例如是圖 3 的下側)。連接排線 65 連接第一電路板 50 與第二電路板 60，以使第一電路板 50 電性連接於第二電路板 60。

【0033】 由圖 3 可見，在本實施例中，第一電路板 50 對齊於第一槽縫 S1，這樣的設計可使得天線訊號的整體響應較佳。此外，由於第一電路板 50 對齊於第一槽縫 S1，第一電路板 50 的上表面到第一輻射體 110 的距離相近於第一電路板 50 的下表面到第二輻射體 120 的距離。因此，第一天線彈腳 52 及第二天線彈腳 54 可選用兼容的元件來抵接第一輻射體 110 與第二輻射體 120，而增加製造的方便性。

【0034】 在其他實施例中，若第一電路板 50 不對齊於第一槽縫 S1，例如第一電路板 50 比第一槽縫 S1 來得低，則位於上方的第一天線彈腳 52 需要選用高度較大的元件，才能確保第一天線彈腳 52 能夠抵接到第一輻射體 110。也就是說，在此狀況下，第一天線彈腳 52 及第二天線彈腳 54 可能需要選用不同的工料來製作。

【0035】 另外，由圖 2 與圖 3 可見，在本實施例中，導通件 130 對應連接排線 65 設置。也就是說，導通件 130 設置在靠近連接排線 65 的位置。由於連接排線 65 可能會影響到第一槽縫 S1 處的電場，將導通件 130 設置在靠近連接排線 65 的位置可降低連接排線 65 影響到第一槽縫 S1 處的電場的機率，避免影響到天線訊號。

【0036】 此外，在本實施例中，導通件 130 的寬度 W1 大於等於連接排線 65 的寬度 W2。導通件 130 作為電氣隔離之用，降低連

接排線 65 影響第一槽縫 S1 處的電場的機率，實務上可有效延展阻抗頻寬，並且提升藍牙操作頻帶的天線效率。

【0037】此外，如圖 2 所示，在本實施例中，第一電路板 50 包括鄰近於第一天線彈腳 52 與第二天線彈腳 54 的一邊緣(圖 2 的第一電路板 50 在左上側的邊緣)，邊緣與外殼 30 之間存在一間隙 I，以避免第一電路板 50 與第一輻射體 110 之間以及第一電路板 50 與第二輻射體 120 之間過於靠近，而影響天線訊號傳輸。間隙 I 的寬度約介於 0.3 公厘至 1 公厘之間，但不以此為限制。

【0038】另外，在本實施例中，第一槽縫 S1 在靠近饋入端 112 處與第一末端 E1 的一第一距離 D1 大於第一槽縫 S1 在靠近饋入端 112 處與第二末端 E2 的一第二距離 D2。

【0039】具體地說，第一槽縫 S1 可區分為兩部分，其中一個部分是由饋入端 112 向圖 2 的右側順時針繞過約 3/4 圈的第一槽縫 S1 到第一末端 E1，另一個部分是由饋入端 112 向圖 2 的左側逆時針繞過約 1/4 圈的第一槽縫 S1 到第二末端 E2。第一距離 D1 約大於等於第二距離 D2 的 3 倍。在本實施例中，第一距離 D1 的長度介於 38 公厘至 42 公厘之間，例如為 40 公厘適於耦合出具良好輻射效率的 2.25GHz~2.6GHz 操作頻段，可滿足磁天線架構中諧振路徑的需求，並完整含括藍牙操作頻段(2.4GHz~2.484GHz)。第二距離用以調整此頻段的阻抗匹配。

【0040】總體來說，在本實施例中，耳機模組 20 的天線結構 100 透過下列的方式較佳地耦合出 2.4GHz 的訊號。第一，第一槽縫

S1 的長度控制在頻率 2.4GHz 的 2/3 倍波長。第二，饋入端 112 的位置被良好地選擇，而使第一距離與第二距離具有適當的長度，以在能夠耦合出 2.4GHz 的前提下，具有較佳的阻抗匹配。第三，選用相對介電常數介於 2.7 至 3.0 之間的第一絕緣件 140。

**【0041】** 第一絕緣件 140 的相對介電常數越高，天線訊號的頻段會往低頻方向移動。第一絕緣件 140 的相對介電常數越低，天線訊號的頻段會往高頻方向移動。第一絕緣件 140 的相對介電常數介於 2.7 至 3.0 之間可較佳地符合 2.4GHz 的頻段。經由上述設計，耳機模組 20 的天線結構 100 可具有良好的輻射表現。

**【0042】** 圖 4 是將圖 1 的耳機模組放入人耳內的示意圖。要說明的是，在圖 4 中，耳機模組 20 以透視表示，以清楚表示出饋入端 112 與第一槽縫 S1 的第一末端 E1 與第二末端 E2 之間的相對位置。請參閱圖 4，人耳 10 包括位在耳道的孔洞(被塞入耳機模組 20 的部位)上方的對耳輪 11、位在耳道的孔洞的下方的耳垂 12、以及位在耳道的孔洞與臉頰之間的耳屏 13。

**【0043】** 由於耳機模組 20 會與電子裝置(未繪示，例如是手機或平板電腦)之間存在藍牙連線，以手機來說，手機可能會被使用者拿持或是放在口袋內。耳機模組 20 與電子裝置之間的藍牙連線會被人體阻隔。在本實施例中，當耳機模組 20 被放置於人耳 10 內時，饋入端 112 會靠近人耳 10 的對耳輪 11 而遠離耳垂 12。這樣的設計可使得耳機模組 20 與電子裝置之間的藍牙連線具有良好的跨體(跨越人體)表現。

【0044】 具體地說，天線諧振路徑從靠近對耳輪 11 處的饋入端 112 沿第一距離 D1 所繞的路徑，沿途經過人耳 10 靠近耳屏 13、耳垂 12 的部位，最後到第一槽縫 S1 的第一末端 E1。這樣的天線諧振路徑與耳骨的相對距離較遠，佩戴時可減少天線訊號被耳骨吸收的機率，以降低人耳對天線訊號的影響。再者，因磁天線架構的電流分佈受到物質的邊界條件限制，可降低實務上因人而異的佩戴狀況所造成的頻率偏移，有助於優化佩戴時的輻射性能。此外，饋入端 112 靠近人耳 10 的對耳輪 11 的設計還可使得天線輻射的方向朝向圖 4 的右下方(朝向手機位置的方向)，而提升跨體表現。

【0045】 圖 5 是圖 1 的耳機模組的頻率-效率的關係圖。請參閱圖 5，在本實施例中，當耳機模組 20 的天線結構 100 佩戴於人耳時，在 2.4GHz 至 2.484GHz 頻段的輻射效率大於-8.0dB，經匹配電路優化後的天線效率大於-8.5dB，具有良好的表現。

【0046】 綜上所述，本發明的耳機模組的第一輻射體、第二輻射體、導通件及第一絕緣件共同作為耳機模組的外殼的至少一部分。第一輻射體包括饋入端，第二輻射體包括接地端。導通件連接第一輻射體與第二輻射體。第一輻射體與第二輻射體之間具有第一槽縫，以隔開彼此。第一絕緣件設置於第一槽縫內，以使得外觀完整。藉由上述設計，本發明的耳機模組具有磁天線形式的天線結構，不易受人體影響其諧振模態，而具有較佳的天線效率，也不需要電路板或主機板上設置天線淨空區來提升天線效能，而可充分利用電路板或主機板上的空間。

## 【符號說明】

### 【0047】

D1、D2:距離

E1:第一末端

E2:第二末端

I:間隙

S1:第一槽縫

S2:第二槽縫

10:人耳

11:對耳輪

12:耳垂

13:耳屏

20:耳機模組

30:外殼

40:觸控面板

45:第二絕緣件

50:第一電路板

52:第一天線彈腳

54:第二天線彈腳

60:第二電路板

65:連接排線

100:天線結構

110:第一輻射體

112:饋入端

120:第二輻射體

122:接地端

130:導通件

140:第一絕緣件

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種耳機模組，包括：

一天線結構，包括：

一第一輻射體，包括一饋入端；

一第二輻射體，包括一接地端，該第一輻射體與該第二輻射體之間具有一第一槽縫；

一導通件，連接該第一輻射體與該第二輻射體；以及

一第一絕緣件，設置於該第一槽縫內，其中

該第一輻射體、該第二輻射體、該導通件及該第一絕緣件共同作為該耳機模組的一外殼的至少一部分，其中該第一槽縫包括一第一末端與一第二末端，該導通件位於該第一末端與該第二末端之間，該第一槽縫在靠近該饋入端處與該第一末端的一第一距離大於該第一槽縫在靠近該饋入端處與該第二末端的一第二距離，該第一距離用以耦合出一頻段，且該第二距離用以調整該頻段的阻抗匹配。

【請求項2】 如請求項1所述的耳機模組，更包括：

一觸控面板，設置於該第一輻射體旁，且與該第一輻射體之間具有一第二槽縫；以及

一第二絕緣件，設置於該第二槽縫內，其中該第一輻射體、該第二輻射體、該導通件、該第一絕緣件、該觸控面板及該第二絕緣件共同作為該耳機模組的該外殼。

【請求項3】 如請求項2所述的耳機模組，其中該觸控面板與該第一輻射體位於不同平面。

【請求項4】 如請求項1所述的耳機模組，更包括：

一第一電路板，設置在該外殼內，包括位於相對兩表面的一第一天線彈腳及一第二天線彈腳，該第一天線彈腳抵接於該第一輻射體的該饋入端，且該第二天線彈腳抵接於該第二輻射體的該接地端。

【請求項5】 如請求項4所述的耳機模組，其中該第一電路板包括鄰近於該第一天線彈腳與該第二天線彈腳的一邊緣，該邊緣與該外殼之間存在一間隙。

【請求項6】 如請求項4所述的耳機模組，其中該第一電路板對齊於該第一槽縫。

【請求項7】 如請求項4所述的耳機模組，更包括：

一第二電路板，設置在該外殼內且設置於該第一電路板的一側；以及

一連接排線，連接該第一電路板與該第二電路板，以使該第一電路板電性連接於該第二電路板，且該導通件對應該連接排線設置。

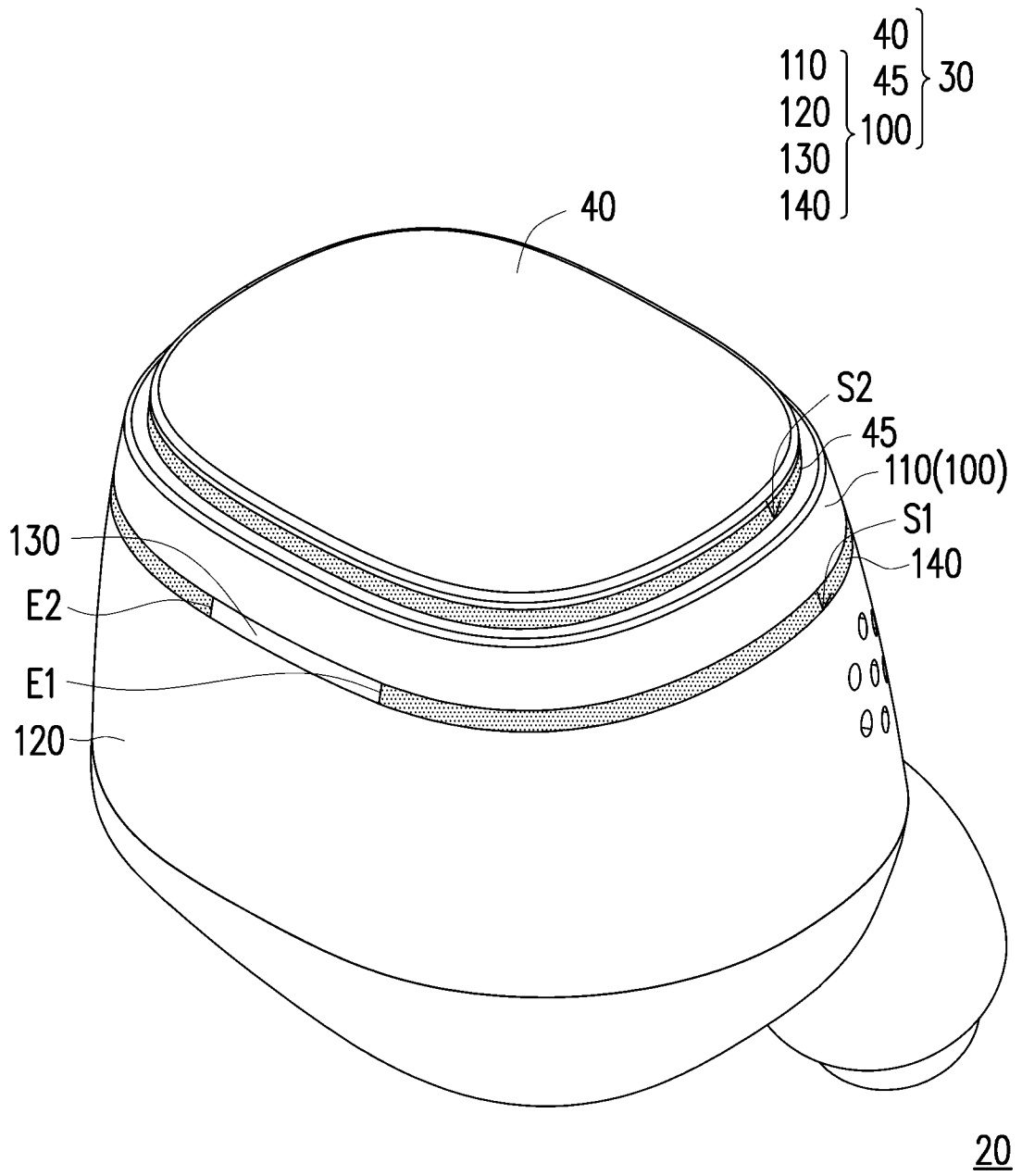
【請求項8】 如請求項7所述的耳機模組，其中該導通件的寬度大於等於該連接排線的寬度。

【請求項9】 如請求項1所述的耳機模組，其中該天線結構耦合出一頻段，該第一槽縫的長度為該頻段的2/3倍波長。

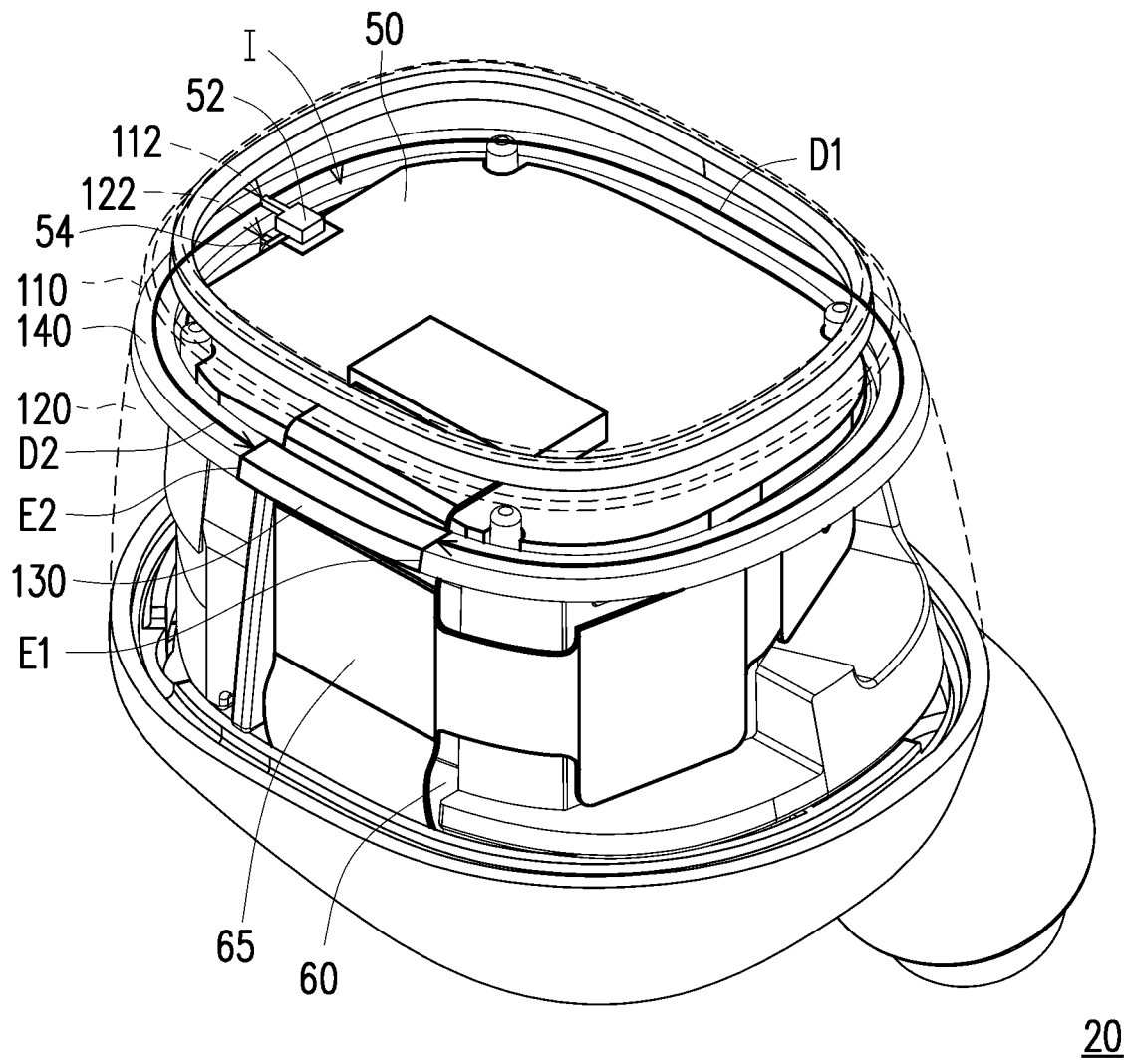
【請求項10】 如請求項1所述的耳機模組，其中該第一距離大於等於該第二距離的3倍。

【請求項11】 如請求項1所述的耳機模組，其中當該耳機模組被放置於人耳內時，該饋入端靠近該人耳的對耳輪而遠離耳垂。

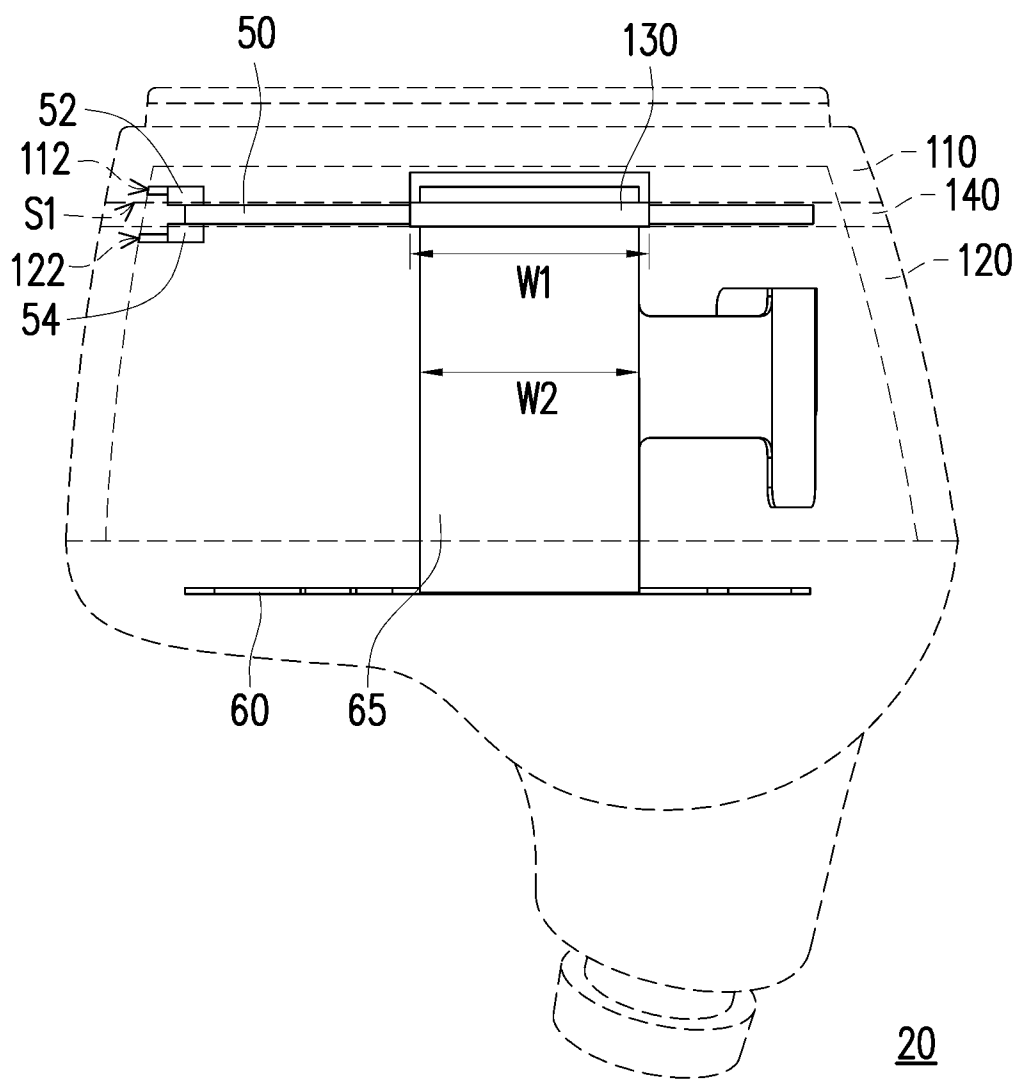
【發明圖式】



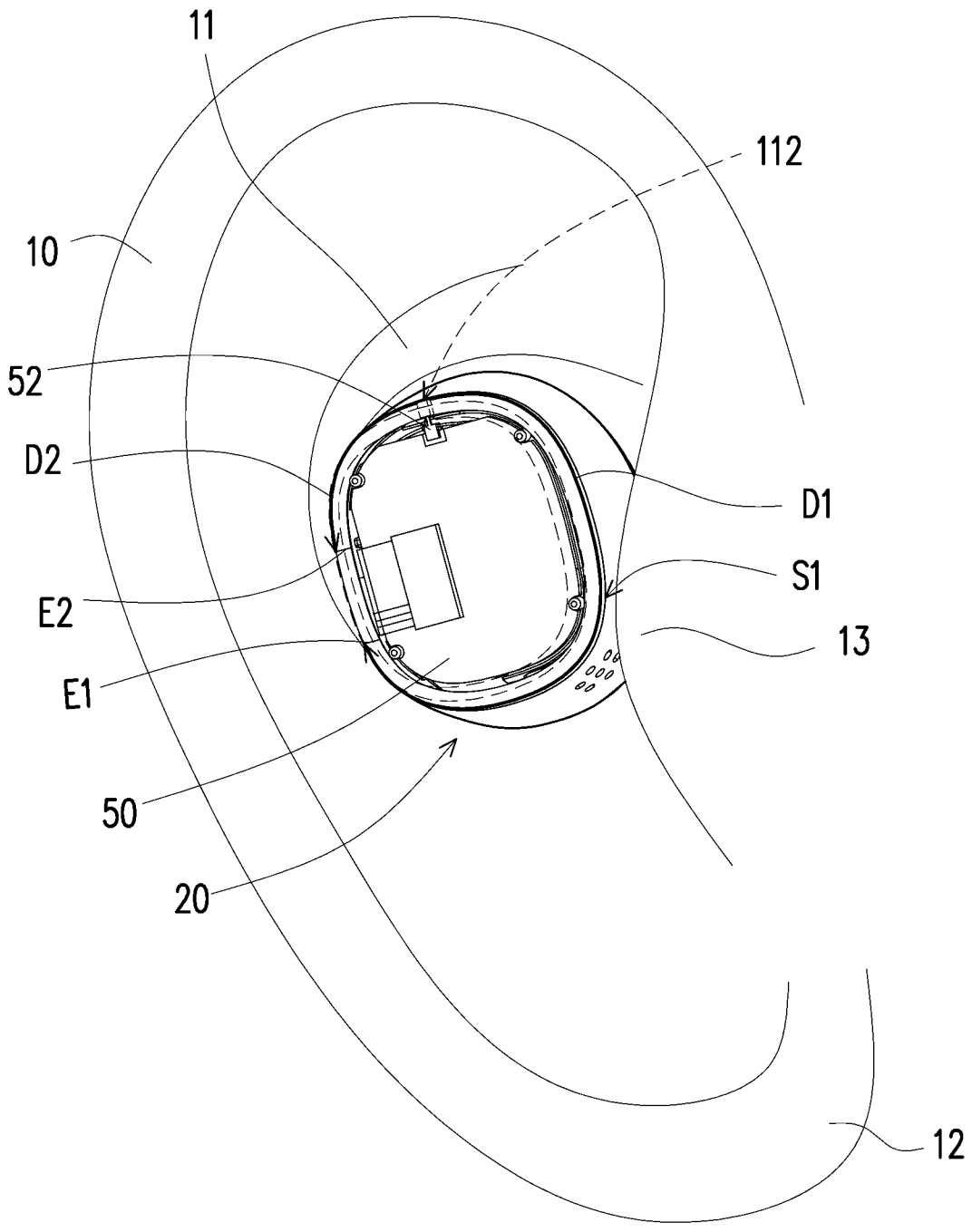
【圖1】



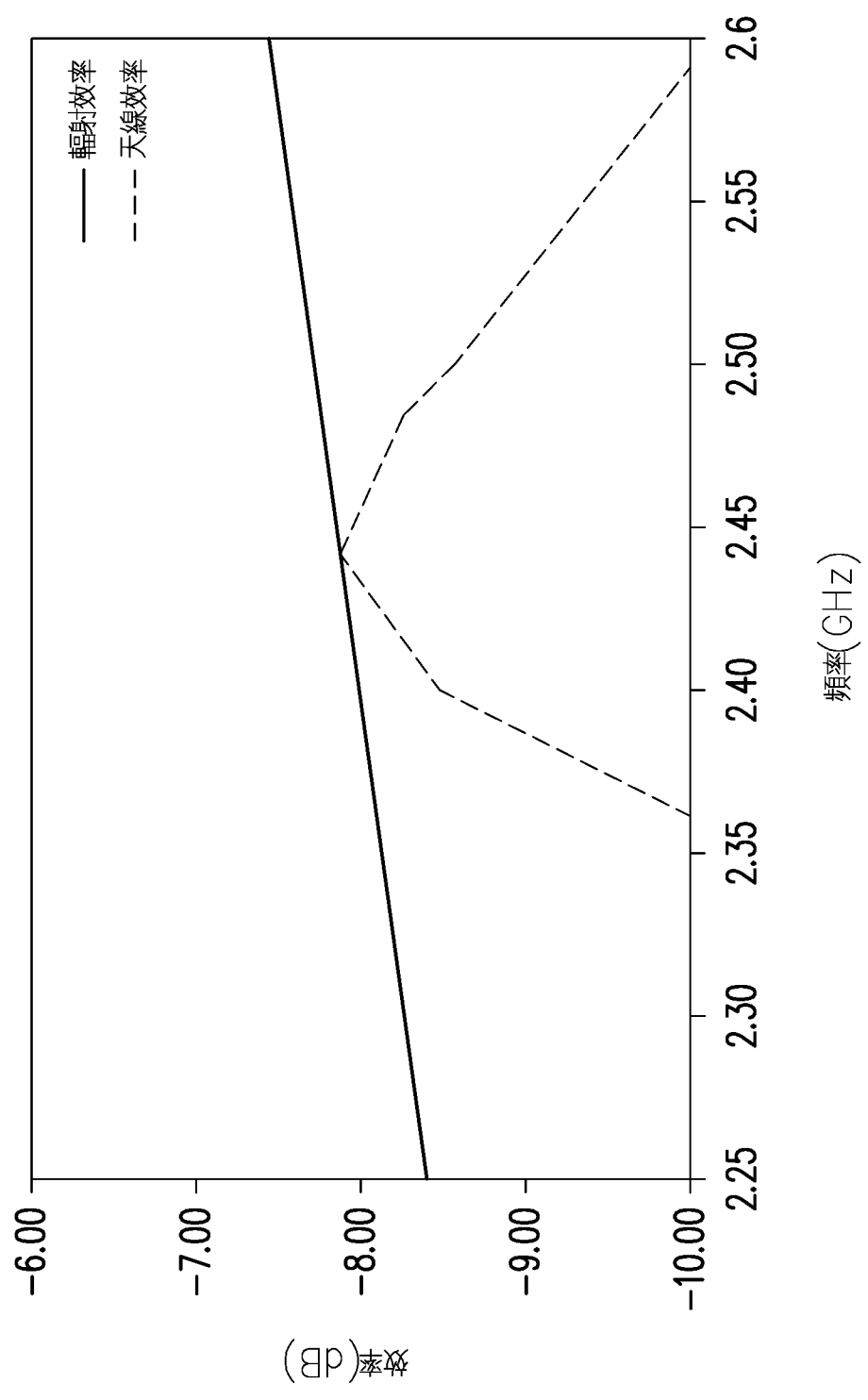
【圖2】



【圖3】



【圖4】



【圖5】