



(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 I681536 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：105141312

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 12 月 14 日

(51)Int. Cl. : **H01L27/06 (2006.01)****H01L27/08 (2006.01)****H04B1/50 (2006.01)**

(30)優先權：2016/01/11 美國

62/277,451

2016/05/10 美國

15/151,285

(71)申請人：美商高通公司 (美國) QUALCOMM INCORPORATED (US)

美國

(72)發明人：古 錫昆 GU, SHIQUN (US)；左誠杰 ZUO, CHENGJIE (CN)；法奈里 史蒂夫

FANELLI, STEVE (US)；葛 湯瑪士 GEE, THOMAS (US)；宋勇奎 SONG,

YOUNG KYU (KR)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201537720A

US 2008/0020488A1

US 2015/0049982A1

US 2016/0294366A1

審查人員：呂俊賢

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：9 共 50 頁

(54)名稱

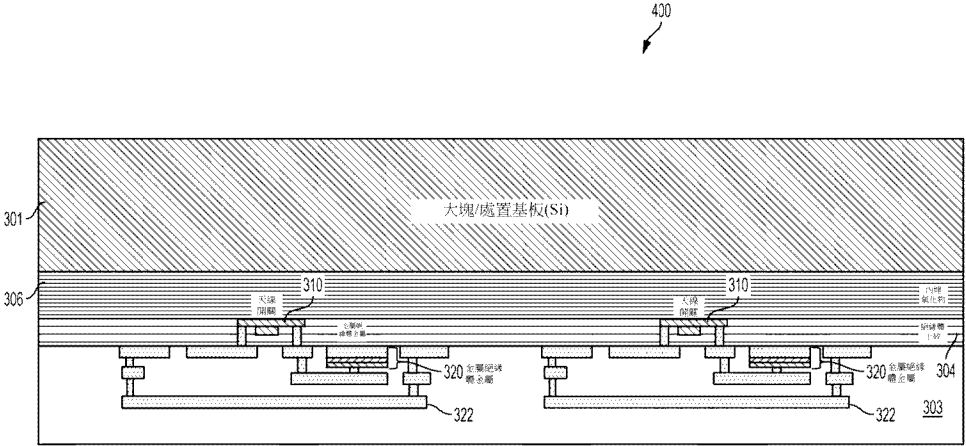
天線開關及雙工器之整體整合

(57)摘要

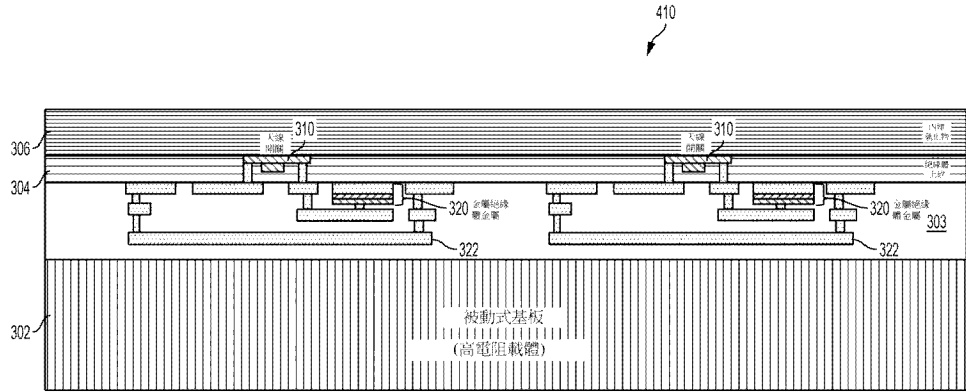
一種整合式射頻(RF)電路結構可包括一電阻性基板材料及一開關。該開關可配置於由該電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中。該整合式 RF 電路結構亦可包括耦接至該 SOI 層之一隔離層。該整合式 RF 電路結構可進一步包括由電感器及電容器組成之一濾波器。該濾波器可配置於該整合式 RF 電路結構之一表面上，該表面與該電阻性基板材料對置。另外，該開關可配置於該隔離層之一第一表面上。

An integrated radio frequency (RF) circuit structure may include a resistive substrate material and a switch. The switch may be arranged in a silicon on insulator (SOI) layer supported by the resistive substrate material. The integrated RF circuit structure may also include an isolation layer coupled to the SOI layer. The integrated RF circuit structure may further include a filter, composed of inductors and capacitors. The filter may be arranged on a surface of the integrated RF circuit structure, opposite the resistive substrate material. In addition, the switch may be arranged on a first surface of the isolation layer.

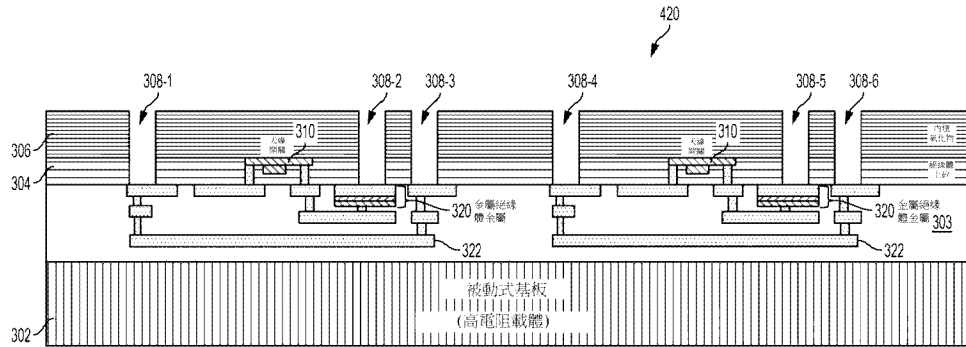
指定代表圖：



【圖4A】



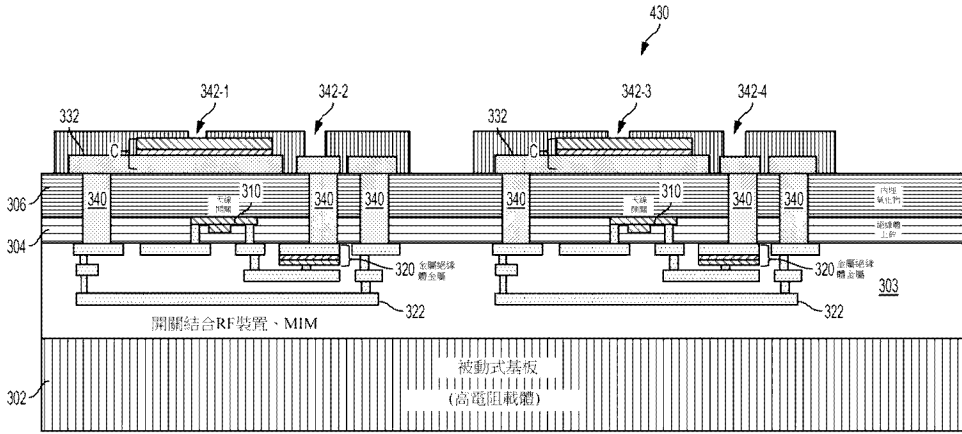
【圖4B】



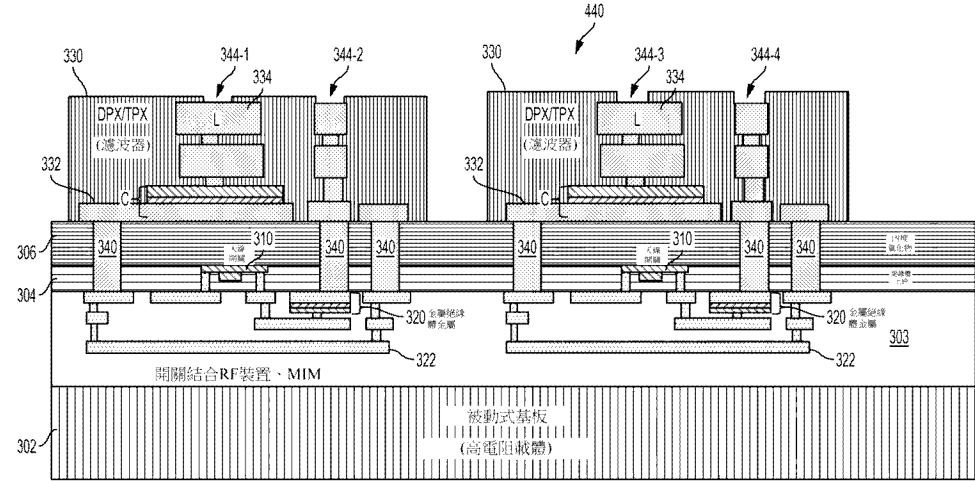
【圖4C】

符號簡單說明：

- 301 . . . 處置基板
- 302 . . . 被動式基板
- 303 . . . 介電層
- 304 . . . 絕緣體上矽層
- 306 . . . 隔離層
- 308-1 . . . 第一開口
- 308-2 . . . 第一開口
- 308-3 . . . 第一開口
- 308-4 . . . 第一開口
- 308-5 . . . 第一開口
- 308-6 . . . 第一開口
- 310 . . . 天線開關
- 320 . . . MIM 電容器
- 322 . . . 籠結構
- 330 . . . 雙工器/濾波器
- 332 . . . MIM 電容器
- 334 . . . 電感器
- 340 . . . 導通孔
- 342-1 . . . 第二開口
- 342-2 . . . 第二開口
- 342-3 . . . 第二開口
- 342-4 . . . 第二開口
- 344-1 . . . 第三開口
- 344-2 . . . 第三開口
- 344-3 . . . 第三開口
- 344-4 . . . 第三開口
- 350 . . . 導電凸塊
- 400 . . . 第一製造階段
- 410 . . . 第二製造階段
- 420 . . . 第二製造階段

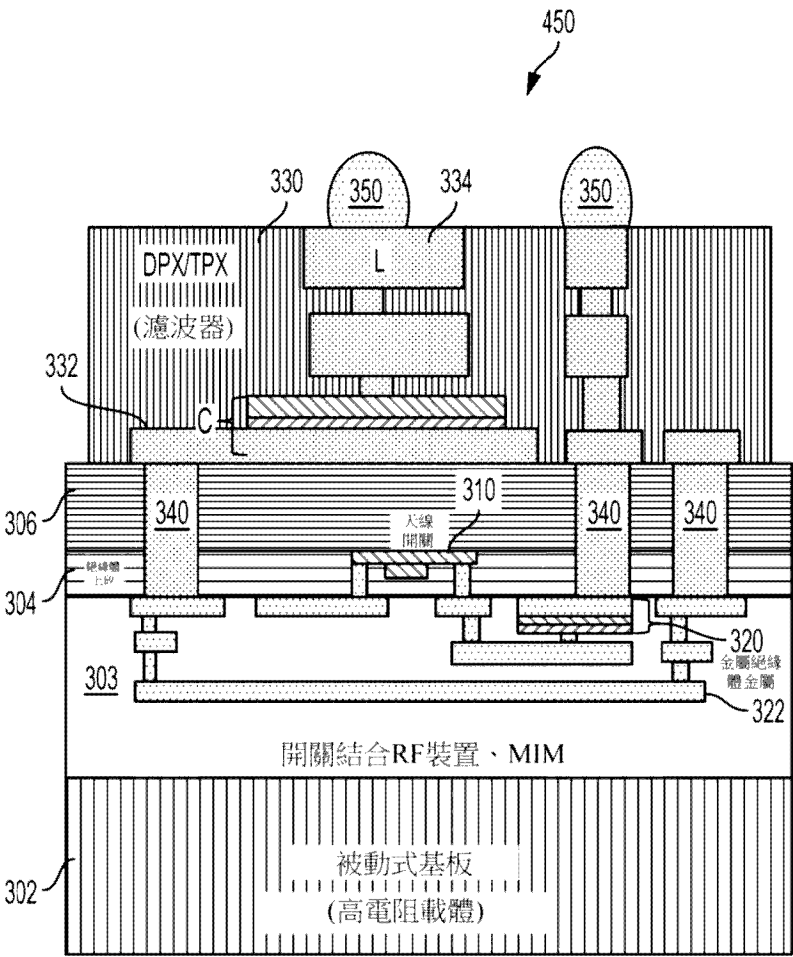


【圖4D】



【圖4E】

- 430 . . . 第四製造階段
- 440 . . . 第五製造階段
- 450 . . . 最終製造階段



【圖4F】



## 公告本

申請日: 105年12月14日

I681536

## 【發明摘要】

IPC分類: **H01L 27/06** (2006.01)  
**H01L 27/08** (2006.01)  
**H04B 1/50** (2006.01)

## 【中文發明名稱】

天線開關及雙工器之整體整合

## 【英文發明名稱】

MONOLITHIC INTEGRATION OF ANTENNA SWITCH AND  
DIPLEXER

## 【中文】

一種整合式射頻(RF)電路結構可包括一電阻性基板材料及一開關。該開關可配置於由該電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中。該整合式RF電路結構亦可包括耦接至該SOI層之一隔離層。該整合式RF電路結構可進一步包括由電感器及電容器組成之一濾波器。該濾波器可配置於該整合式RF電路結構之一表面上，該表面與該電阻性基板材料對置。另外，該開關可配置於該隔離層之一第一表面上。

## 【英文】

An integrated radio frequency (RF) circuit structure may include a resistive substrate material and a switch. The switch may be arranged in a silicon on insulator (SOI) layer supported by the resistive substrate material. The integrated RF circuit structure may also include an isolation layer coupled to the SOI layer. The integrated RF circuit structure may further include a filter, composed of inductors and capacitors. The filter may be arranged on a surface of the integrated RF circuit structure, opposite the resistive substrate material. In addition, the switch may be arranged on a first surface of the isolation layer.

【指定代表圖】

圖4

【代表圖之符號簡單說明】

|       |         |
|-------|---------|
| 301   | 處置基板    |
| 302   | 被動式基板   |
| 303   | 介電層     |
| 304   | 絕緣體上矽層  |
| 306   | 隔離層     |
| 308-1 | 第一開口    |
| 308-2 | 第一開口    |
| 308-3 | 第一開口    |
| 308-4 | 第一開口    |
| 308-5 | 第一開口    |
| 308-6 | 第一開口    |
| 310   | 天線開關    |
| 320   | MIM電容器  |
| 322   | 籠結構     |
| 330   | 雙工器/濾波器 |
| 332   | MIM電容器  |
| 334   | 電感器     |
| 340   | 導通孔     |
| 342-1 | 第二開口    |
| 342-2 | 第二開口    |

|       |        |
|-------|--------|
| 342-3 | 第二開口   |
| 342-4 | 第二開口   |
| 344-1 | 第三開口   |
| 344-2 | 第三開口   |
| 344-3 | 第三開口   |
| 344-4 | 第三開口   |
| 350   | 導電凸塊   |
| 400   | 第一製造階段 |
| 410   | 第二製造階段 |
| 420   | 第三製造階段 |
| 430   | 第四製造階段 |
| 440   | 第五製造階段 |
| 450   | 最終製造階段 |

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

天線開關及雙工器之整體整合

### 【英文發明名稱】

MONOLITHIC INTEGRATION OF ANTENNA SWITCH AND  
DIPLEXER

### 【技術領域】

本發明大體上係關於積體電路(IC)。更具體言之，本發明係關於天線開關及雙工器之整體整合。

### 【先前技術】

對於無線通信，雙工器可幫助處理載波聚合系統中所攜載之信號。在載波聚合系統中，信號以高頻帶及低頻帶頻率兩者來傳達。在晶片組中，通常將雙工器插入於天線與調諧器(或射頻(RF)開關)之間以保證高效能。通常，雙工器設計包括電感器及電容器。雙工器可藉由使用具有高品質(Q)因數之電感器及電容器來獲得高效能。亦可藉由減少組件之間的電磁耦合來實現高效能雙工器，電磁耦合之減少可經由組件之幾何形狀及方向之配置來達成。可藉由在某些頻率下量測插入損耗及斥拒(rejection)(例如，以分貝(dB)表達之量)來量化雙工器效能。

雙工器製造程序可與標準半導體製程(諸如用於製造電壓受控電容器(變容器)、開關陣列電容器或其他相似電容器之程序)相容。在單個基板上製造雙工器設計之組件可為有益的。單個基板上之製造亦可能夠實現經由多種不同參數調諧之可調諧雙工器。

以有效及有成本效益之方式製造高效能雙工器存在問題。增大雙工

器中之電感器及電容器之Q因數亦為一問題。減少雙工器中之各種組件之間的電磁耦合、同時減小雙工器之大小且最大化低成本使用資源將有益處。

### 【發明內容】

一種整合式射頻(RF)電路結構可包括一電阻性基板材料及一開關。該開關可配置於由該電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中。該整合式RF電路結構亦可包括耦接至該SOI層之一隔離層。該整合式RF電路結構可進一步包括由電感器及電容器組成之一濾波器。該濾波器可配置於該整合式RF電路結構之一表面上，該表面與該電阻性基板材料對置。另外，該開關可配置於該隔離層之一第一表面上。

一種建構一整合式射頻(RF)電路結構之方法可包括在由一電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中製造一開關。該方法亦可包括製造一濾波器，其由電感器及電容器組成、由該開關支撐。該方法可進一步包括製造一導通孔，其經由一介電材料將該濾波器與該開關耦接。

一種整合式射頻(RF)電路結構可包括一電阻性基板材料及用於開關的構件。該開關構件可配置於由該電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中。該整合式RF電路結構亦可包括耦接至該SOI層之一隔離層。該整合式RF電路結構可進一步包括由電感器及電容器組成之一濾波器。該濾波器可配置於該整合式RF電路結構之一表面上，該表面與該電阻性基板材料對置。另外，該開關構件可配置於該隔離層之一第一表面上。

一種射頻(RF)前端模組可包括一整合式射頻(RF)電路結構。該整合式RF電路結構可包括一電阻性基板材料及一開關。該開關可配置於由該電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中。該整合式RF電路結構亦

可包括耦接至該SOI層之一隔離層。該整合式RF電路結構可進一步包括由電感器及電容器組成之一濾波器。該濾波器可配置於該整合式RF電路結構之一表面上，該表面與該電阻性基板材料對置。另外，該開關可配置於該隔離層之一第一表面上。該RF前端模組亦可包括耦接至該開關之一輸出的一天線。

此已經相當寬泛地概述了本發明之特徵及技術優點，以便可較佳理解下文之詳細描述。下文將描述本發明之額外特徵及優點。熟習此項技術者應瞭解，本發明可易於用作修改或設計其他結構以供實現本發明之相同目的之依據。熟習此項技術者亦應意識到，此等等效構造並不脫離如在所附申請專利範圍中所闡述的本發明之教示。在結合隨附圖式考慮時，自以下描述將較佳理解咸信為本發明之特徵的關於其組織及操作方法兩者之新穎特性以及其他對象及優點。然而，應明確地理解，諸圖中之每一者僅出於說明及描述之目的而提供，且並非意圖作為本發明之限制的界定。

#### 【圖式簡單說明】

為較全面地理解本發明，現結合隨附圖式參考以下描述。

圖1A為根據本發明之一態樣的採用雙工器之射頻(RF)前端(RFFE)模組的示意圖。

圖1B為根據本發明之態樣的採用雙工器以供晶片組提供載波聚合之射頻(RF)前端(RFFE)模組的示意圖。

圖2A為根據本發明之一態樣的雙工器設計之圖。

圖2B為根據本發明之一態樣的射頻(RF)前端模組之圖。

圖3說明根據本發明之一態樣的整合式射頻(RF)電路結構。

圖4A至圖4F說明根據本發明之態樣的圖3之整合式射頻(RF)電路結

構的製造。

圖5說明根據本發明之其他態樣的整合式射頻(RF)電路結構。

圖6A至圖6D說明根據本發明之態樣的圖5之整合式射頻(RF)電路結構的製造。

圖7為說明根據本發明之態樣的建構整合式射頻(RF)電路結構之方法的程序流程圖。

圖8為展示可有利地採用本發明之一組態的例示性無線通信系統之方塊圖。

圖9為說明根據一個組態的用於半導體組件之電路、佈局及邏輯設計之設計工作站的方塊圖。

#### 【實施方式】

#### 相關申請案之交叉參考

本申請案根據35 U.S.C. § 119 (e)主張2016年1月11日申請之標題為「天線開關及雙工器之整體整合(MONOLITHIC INTEGRATION OF ANTENNA SWITCH AND DIPLEXER)」的美國臨時專利申請案第62/277,451號之權益，該臨時專利申請案之揭示內容明確地以全文引用之方式併入本文中。

以下結合隨附圖式所闡述之詳細描述意欲作為對各種組態之描述，且並不意欲表示可實踐本文中所描述之概念的僅有組態。出於提供對各種概念之透徹理解之目的，詳細描述包括特定細節。然而，熟習此項技術者將顯而易見，可在無此等特定細節之情況下實踐此等概念。在一些情況下，熟知結構及組件係以方塊圖形式展示，以便避免混淆此等概念。如本文中所描述，術語「及/或」之使用意欲表示「包括性或」，且術語「或」

之使用意欲表示「互斥或」。

歸因於成本及功率消耗考量，行動射頻(RF)晶片設計(例如，行動RF收發器)已遷移至深亞微米製程節點。行動RF收發器之設計複雜度由於所添加之用以支援通信增強(諸如載波聚合)的電路功能而進一步複雜化。行動RF收發器之其他設計挑戰包括類比/RF效能考量，包括失配、雜訊及其他效能考量。此等行動RF收發器之設計包括使用被動裝置(例如)來抑制諧振及/或執行濾波、旁通及耦合。

現代半導體晶片產品之成功製造涉及材料與所採用程序之間的相互作用。特定言之，後段製程(back-end-of-line；BEOL)程序中用於半導體製造之導電材料鍍層的形成為程序流程中之愈加具有挑戰性的部分。就保持小的形態尺寸而言，此點尤其正確。保持小的形態尺寸之相同挑戰亦適用於被動玻璃上(passive on glass；POG)技術，在該技術中，諸如電感器及電容器之高效能組件建置於亦可具有極低損失之高度絕緣基板上。

被動玻璃上裝置涉及高效能電感器及電容器組件，該等組件具有多種優於其他技術的優點，諸如表面黏著技術或多層陶瓷晶片。此等優點包括在大小上較緊湊及具有較小製造變化。被動玻璃上裝置亦涉及符合嚴格的低插入損耗及低功率消耗規範之較高品質(Q)因數值。諸如電感器之裝置可藉由被動玻璃上技術實施為3D結構。3D貫通基板電感器或其他3D裝置亦可能歸因於其3D實施而經受數個設計約束。

電感器為用於根據電感值而將能量暫時儲存於電線線圈內之磁場中之電裝置的實例。此電感值提供電壓對經過電感器之電流變化之比的量測。當流經電感器之電流改變時，能量暫時儲存在線圈中之磁場中。除電感器之磁場儲存能力之外，電感器亦通常用於交流(AC)電子裝備中，諸

如無線電裝備。舉例而言，行動RF收發器之設計包括使用具有經改良電感密度、同時減少高頻率下之磁損耗的電感器。

本發明之各種態樣提供用於整合式RF電路結構中之天線開關及雙工器/濾波器之整體整合的技術。用於整合式RF電路構之半導體製造的程序流程可包括前段製程(FEOL)程序、中段製程(MOL)程序及後段製程(BEOL)程序。應理解，術語「層」包括薄膜，且除非另外說明，否則不解釋為指示垂直或水平厚度。如本文中所描述，術語「基板」可指經切割晶圓之基板或可指未經切割之晶圓之基板。類似地，術語晶片與晶粒可互換地使用，除非此互換不可信。

本發明之態樣描述用於高品質(Q)因數RF應用的整合式RF電路結構中之天線開關及雙工器/濾波器之整體整合。在一個配置中，一種整合式RF電路結構包括配置於由一電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中的一開關。該整合式RF電路結構進一步包括由電感器及電容器組成、由該開關支撐之一濾波器。在本發明之一個態樣中，該電阻性材料為一處置基板(handle substrate)，該處置基板包括直接在該處置基板上且支撐該SOI層之一隔離層(例如，一內埋氧化物(BOX)層)。在此配置中，該濾波器直接堆疊於由該SOI層支撐之一介電層上且貫通該介電層耦接至該開關。在本發明之另一態樣中，該開關及該濾波器配置於該隔離層之對置表面上。在此配置中，該SOI層由一高電阻載體晶圓支撐，該高電阻載體晶圓由玻璃、藍寶石、富含阱(trap rich)之高電阻矽或其他相似材料組成。

圖1A為根據本發明之一態樣的採用雙工器200之射頻(RF)前端(RFFE)模組100的示意圖。RF前端模組100包括功率放大器102、雙工機/濾波器104及射頻(RF)開關模組106。功率放大器102將信號放大至某一功

率位準以供傳輸。雙工機/濾波器104根據多種不同參數(包括頻率、插入損耗、斥拒或其他相似參數)對輸入/輸出信號進行濾波。另外，RF開關模組106可選擇輸入信號中之某些部分以傳遞至RF前端模組100之其餘部分。

RF前端模組100亦包括調諧器電路112 (例如，第一調諧器電路112A及第二調諧器電路112B)、雙工器200、電容器116、電感器118、接地端子115及天線114。調諧器電路112 (例如，第一調諧器電路112A及第二調諧器電路112B)包括諸如調諧器、攜帶型資料輸入終端(PDET)及整理(house keeping)類比至數位轉換器(HKADC)的組件。調諧器電路112可針對天線114執行阻抗調諧(例如，電壓駐波比(VSWR)最佳化)。RF前端模組100亦包括耦接至無線收發器(WTR) 120之被動組合器108。被動組合器108組合來自第一調諧器電路112A及第二調諧器電路112B的所偵測到之電力。無線收發器120處理來自被動組合器108之資訊，且將此資訊提供至數據機130 (例如，行動台數據機(MSM))。數據機130將數位信號提供至應用程式處理器(AP) 140。

如圖1A中所展示，雙工器200處於調諧器電路112之調諧器組件與電容器116、電感器118及天線114之間。雙工器200可置放於天線114與調諧器電路112之間以提供自RF前端模組100至包括無線收發器120、數據機130及應用程式處理器140之晶片組的高系統效能。雙工器200亦對高頻帶頻率及低頻帶頻率兩者執行頻域多工。在雙工器200對輸入信號執行其頻率多工功能之後，雙工器200之輸出被饋送至包括電容器116及電感器118的可選LC (電感器/電容器)網路。該LC網路可在需要時針對天線114提供外加阻抗匹配組件。接著，藉由天線114傳輸或接收具有特定頻率之信

號。雖然展示了單個電容器及電感器，但亦涵蓋多個組件。

圖1B為根據本發明之一態樣的便於晶片組160提供載波聚合的包括第一雙工器200-1之WiFi模組170及包括第二雙工器200-2之RF前端模組150的示意圖。WiFi模組170包括以通信方式將天線192耦接至無線區域網路模組(例如，WLAN模組172)之第一雙工器200-1。RF前端模組150包括經由雙工機180以通信方式將天線194耦接至無線收發器(WTR) 120之第二雙工器200-2。無線收發器120及WiFi模組170之WLAN模組172耦接至數據機 (MSM，例如，基頻數據機) 130，該數據機由電源供應器152經由電力管理積體電路(PMIC) 156供電。晶片組160亦包括電容器162及164以及電感器166以提供信號完整性。PMIC 156、數據機130、無線收發器120及WLAN模組172各自包括電容器(例如，158、132、122及174)，且根據時鐘154操作。晶片組160中之各種電感器及電容器組件的幾何形狀及配置可減少該等組件之間的電磁耦合。

圖2A為根據本發明之一態樣的雙工器200之圖。雙工器200包括高頻帶(HB)輸入埠212、低頻帶(LB)輸入埠214及天線216。雙工器200之高頻帶路徑包括高頻帶天線開關210-1。雙工器200之低頻帶路徑包括低頻帶天線開關210-2。包括RF前端模組之無線裝置可使用天線開關210及雙工器200來實現用於該無線裝置之RF輸入及RF輸出的廣泛範圍頻帶。另外，天線216可為多輸入多輸出(MIMO)天線。多輸入多輸出天線將廣泛用於無線裝置之RF前端以支援諸如載波聚合之特徵。

圖2B為根據本發明之一態樣的RF前端模組250之圖。RF前端模組250包括天線開關(ASW) 210及雙工器200 (或三工器)以實現圖2A中所指出之廣泛範圍頻帶。另外，RF前端模組250包括由基板202支撐之濾波器

230、RF開關220及功率放大器218。濾波器230可包括各種LC濾波器，其使電感器(L)及電容器(C)沿著基板202配置以形成雙工器、三工器、低通濾波器、貝楞(balun)濾波器及/或陷波濾波器以阻止RF前端模組250中之高階諧波。

在此配置中，雙工器200實施為系統板201 (例如，印刷電路板(PCB)或封裝基板)上之表面黏著裝置(SMD)。相比之下，天線開關210實施於由RF前端模組250之系統板201支撐的基板202上。另外，濾波器230之各種LC濾波器亦實施為RF前端模組250之基板202上的表面黏著裝置。雖然展示為濾波器230，但該等LC濾波器包括使用抓放技術配置於整個基板中之低通濾波器及/或陷波濾波器以阻止RF前端模組250中之高階諧波。

令人遺憾地，在系統板201上配置各種LC濾波器(例如，使用SMD附接)消耗寶貴的RF前端實際面積。另外，使用SMD附接實施濾波器230之LC濾波器涉及提供各種LC濾波器之單獨表面黏著連接的額外成本。此外，必需複雜基板設計來保證系統板201上之雙工器200與基板202上之天線開關210之間的電連接。亦即，使用SMD附接實施系統板201上之雙工器200涉及提供單獨連接至基板202上之天線開關210的額外成本。

本發明之各種態樣提供用於經由晶圓級程序將雙工器/濾波器及天線開關整合於RF前端封裝上之技術。本發明之態樣涉及用於高Q因數RF應用的濾波器/雙工器與天線開關之3D整合。在一個配置中，描述絕緣體上矽(SOI)實施，其中天線開關製造於SOI層中。此配置包括將一雙工器整體建置於一天線開關上以節省製造雙工器封裝之成本。在此配置中，LC濾波器及/或雙工器製造於SOI層上之隔離層上，且SOI層由玻璃基板上之介電層支撐，如圖3中所展示。

天線開關可由提供天線開關與雙工器之間的隔離之籠結構(例如，法拉弟籠(Faraday cage))包圍。該籠可配置於介電層303內以提供組件之間的連接而極少或沒有失配。或者，該整合式RF電路結構之較低效能實施包括支撐一隔離層(例如，內埋氧化物(BOX))、一SOI層及一介電層的大塊半導體封裝。在此配置中，開關直接製造於隔離層之表面上，且SOI層直接由介電層支撐。另外，雙工器/濾波器形成於由SOI層支撐之介電層上，如圖5中所展示。

圖3說明根據本發明之一態樣的整合式射頻(RF)電路結構300。整合式RF電路結構300經由晶圓級程序將雙工器/濾波器330及天線開關(ASW)310整合於RF前端封裝上。特定言之，該等組件實施於被動式基板302中(或上)。如本文中所描述，術語「被動式基板」可指經切割晶圓或面板之基板，或可指未經切割之晶圓/面板的基板。在一個配置中，被動式基板由玻璃、空氣、石英、藍寶石、高電阻率矽或其他相似被動材料組成。被動式基板可為無核心基板。

整合式RF電路結構300涉及用於高Q因數RF應用的雙工器/濾波器330與天線開關310之3D整合。在一個配置中，描述絕緣體上矽(SOI)實施，其中天線開關310製造於SOI層304中。此配置包括將雙工器/濾波器330(包括電容器332及電感器334)整體建置於天線開關310上以節省製造雙工器封裝之成本。

在此配置中，雙工器/濾波器330製造於SOI層304上之隔離層306(例如，內埋氧化物(BOX)層)上，且SOI層由被動式基板302上之介電層303支撐。天線開關310可由籠結構322包圍，該籠結構提供天線開關310與雙工器/濾波器330之間的隔離，同時提供該等組件之間的連接而極少或沒有失

配。一襯墊可接觸開關(例如，天線開關)，且一互連件(例如，籠結構322之互連件)可經由該襯墊耦接至濾波器(例如，雙工器/濾波器330)。金屬絕緣體金屬(MIM)電容器320可耦接至天線開關310。另外，導電凸塊350及導通孔340能夠實現整合式RF電路結構300在RF前端模組中之整合，例如，如圖1A或圖1B中所展示。可如圖4A至圖4F中所展示來製造整合式RF電路結構300。

圖4A展示根據本發明之態樣的圖3之整合式RF電路結構300的第一製造階段400。代表性地，該SOI實施包括隔離層306 (BOX)在處置基板301 (例如，大塊晶圓)上之形成。隔離層306支撐絕緣體上矽(SOI)層304及介電層303。如圖3中所展示，絕緣體上矽層304包括天線開關310 (ASW)，其在與處置基板301對置的隔離層306之第一表面上。另外，天線開關310耦接至MIM電容器320且由介電層303內之籠結構322包圍。

圖4B展示根據本發明之態樣的圖3之整合式RF電路結構300的第二製造階段410。代表性地，被動式基板302附接至絕緣體上矽層304上之介電層303。一旦附接，即將處置基板301自隔離層306 (BOX)移除以曝露隔離層306之第二表面，從而實現雙工器/濾波器330之形成，如圖4C至圖4E中所展示。

圖4C展示根據本發明之態樣的圖3之整合式RF電路結構300的第三製造階段420。代表性地，第一開口308 (308-1、308-2、308-3、308-4、308-5及308-6)形成於隔離層306及絕緣體上矽層304中。第一開口308曝露介電層303內的籠結構322之互連件以及MIM電容器320之板。

圖4D展示根據本發明之態樣的圖3之整合式RF電路結構300的第四製造階段430。代表性地，隔離層306及絕緣體上矽層304中之第一開口308

填充有第一導電材料以形成導通孔340。另外，雙工器/濾波器330之MIM電容器332形成於隔離層306之第二表面上。在此配置中，例如雙工器/濾波器330之介電層(例如，聚醯亞胺)中之第二開口342 (342-1、342-2、342-3及342-4)形成以曝露MIM電容器332之一板。

圖4E展示根據本發明之態樣的圖3之整合式RF電路結構300的第五製造階段440。代表性地，介電層中之第二開口342填充有第二導電材料以形成耦接至MIM電容器332之電感器334。另外，雙工器/濾波器330之介電層中之第三開口344 (344-1、344-2、344-3及344-4)形成以曝露電感器334。

圖4F展示根據本發明之態樣的圖3之整合式RF電路結構300的最終製造階段450。代表性地，雙工器/濾波器330之介電層中之第三開口344填充有導電材料以形成耦接至電感器334之導電凸塊350 (例如，球狀柵格陣列)。另外，整合式RF電路結構300經切割以提供整合式RF電路晶粒以實現RF前端模組內之整合，例如，如圖1A或圖1B中所展示。

圖5說明根據本發明之另一態樣的整合式RF電路結構500。整合式RF電路結構500亦經由晶圓級程序將雙工器/濾波器530及天線開關(ASW) 510整合於RF前端封裝上。然而，此配置可提供一較低效能實施，其包括支撐隔離層504 (例如，內埋氧化物(BOX))、介電層503及在介電層503上之SOI層506的處置半導體封裝(例如，大塊基板)。在此配置中，天線開關510製造於隔離層504上且由SOI層503包圍。另外，雙工器/濾波器530形成於由SOI層506支撐之介電層503上。金屬絕緣體金屬(MIM)電容器520可耦接至天線開關510。另外，導電凸塊550能夠實現整合式RF電路結構500在RF前端模組中之整合，例如，如圖1A或圖1B中所展示。可如圖6A

至圖6D中所展示來製造整合式RF電路結構500。

圖6A展示根據本發明之態樣的圖5之整合式RF電路結構500的第一製造階段600。代表性地，處置基板502支撐隔離層504 (BOX)。另外，絕緣體上矽層506配置於隔離層504之一表面上且支撐介電層503。SOI層503包括在隔離層504之表面上且耦接至介電層503中之MIM電容器520的天線開關510。在此配置中，第一開口508 (508-1、508-2、508-3、508-4、508-4及508-6)形成於介電層503中。第一開口508曝露天線開關510之一互連件或多個互連件以及MIM電容器520之板。

圖6B展示根據本發明之態樣的圖5之整合式RF電路結構500的第二製造階段610。代表性地，介電層503中之第一開口508填充有導電材料以形成導通孔540。另外，雙工器/濾波器530之MIM電容器532形成於介電層503之表面上。在此配置中，例如雙工器/濾波器530之介電層(例如，聚醯亞胺)中之第二開口542 (542-1、542-2、542-3及542-4)形成以曝露MIM電容器532之板。

圖6C展示根據本發明之態樣的圖5之整合式RF電路結構500的第三製造階段620。代表性地，介電層中之第二開口542填充有導電材料以形成耦接至MIM電容器532之電感器534。另外，雙工器/濾波器530之介電層中之第三開口544 (544-1、544-2、544-3及544-4)形成以曝露電感器534。

圖6D展示根據本發明之態樣的圖5之整合式RF電路結構500的最終製造階段630。代表性地，雙工器/濾波器530之介電層中之第三開口544填充有導電材料以形成耦接至電感器534之導電凸塊550 (例如，球狀柵格陣列)。另外，整合式RF電路結構500經切割以提供整合式RF電路晶粒以實

現RF前端模組內之整合，例如，如圖1A或圖1B中所展示。

圖7為說明根據本發明之一態樣的建構整合式射頻(RF)電路結構之方法700的程序流程圖。在區塊702中，於由電阻性基板材料支撐之絕緣體上矽(SOI)層中製造開關。舉例而言，如圖4A中所展示，於絕緣體上矽(SOI)層304中製造天線開關(ASW) 310。在此配置中，天線開關310配置於隔離層306 (例如，內埋氧化物(BOX)層)之第一表面上。另外，處置基板301支撐隔離層306、絕緣體上矽層304及介電層303。或者，如圖6A中所展示，天線開關製造於隔離層504 (BOX)之第一表面上，其中該隔離層之對置表面由處置基板502支撐。

再次參看圖7，在區塊704中，於開關上製造包括電感器及電容器之濾波器。舉例而言，如圖4D中所展示，電容器332形成於隔離層306之對置表面上。在圖4E中，電感器334形成且耦接至電容器332以形成雙工器/濾波器330。或者，如圖6C中所展示，電容器532形成於絕緣體上矽層506之一表面上，該表面與隔離層504上之介電層503之一表面對置。在圖6D中，電感器534形成且耦接至電容器532以形成雙工器/濾波器530。

在圖7之區塊706中，製造導通孔以經由介電材料來耦接濾波器與開關。如圖4C中所展示，介電層303中之互連件經由第一開口308曝露。在圖4D中，第一開口308填充有導電材料以形成延伸穿過隔離層306之導通孔340，該等導通孔耦接天線開關310與電容器332。或者，在圖6A中，介電層503之互連件經由第一開口508曝露。在圖6B中，第一開口508填充有導電材料以形成導通孔540，該等導通孔耦接天線開關510與電容器532。

根據本發明之另一態樣，描述了使用絕緣體上矽技術及高電阻晶圓技術兩者的整合式RF電路結構。該整合式RF電路結構包括用於開關一天

線的構件，其配置於絕緣體上矽(SOI)層中且由電阻性基板材料支撐。該整合式RF電路結構亦包括由電感器及電容器組成且由該開關構件支撐之濾波器。該開關構件可為圖3及圖5中所展示之天線開關(ASW) 310/510。在另一態樣中，上述構件可為經組態以執行上述構件所敘述之功能的任何模組或任何設備。

多輸入多輸出天線將廣泛用於無線裝置之射頻(RF)前端。RF前端通常使用天線開關(ASW)及雙工器來實現RF輸入及輸出之廣泛範圍頻帶。另外，包括電感器(L)及電容器(C)之LC濾波器亦用於RF前端中以供形成低通及/或陷波濾波器以阻止RF前端中之高階諧波。習知地，雙工器實施為在系統板(例如，印刷電路板(PCB)或封裝基板)上之表面黏著裝置(SMD)。相比之下，LC濾波器實施為由系統板支撐之RF前端基板上的表面黏著裝置。RF前端基板通常包括功率放大器、RF開關、濾波器(例如，LC濾波器)及天線開關。

令人遺憾地，沿著RF前端基板實施各種LC濾波器(例如，使用SMD附接)消耗寶貴的RF前端實際面積。另外，使用SMD附接實施LC濾波器及/或雙工器涉及提供用於LC濾波器及/或雙工器之單獨表面黏著連接的額外成本。此外，必需複雜基板設計來保證系統板上之雙工器與RF前端基板上之天線開關之間的電連接。亦即，使用SMD附接在系統板上實施雙工器涉及提供單獨連接至RF前端基板上之天線開關的額外成本。

本發明之各種態樣提供用於經由晶圓級程序將雙工器/濾波器及天線開關整合於RF前端封裝上之技術。本發明之態樣涉及用於高Q因數RF應用的LC濾波器/雙工器與天線開關之3D整合。在一個配置中，描述了絕緣體上矽(SOI)實施，其中天線開關製造於SOI層中。此配置包括將一雙工

器整體建置於一天線開關上以節省製造雙工器封裝之成本。在此配置中，LC濾波器及/或雙工器製造於由SOI層支撐之隔離層上，且SOI由被動式基板支撐。天線開關可由介電層中之籠結構包圍，該籠結構提供天線開關與雙工器之間的隔離，且提供該等組件之間的連接而極少或沒有失配。或者，較低效能實施包括支撐隔離層(例如，內埋氧化物(BOX))、SOI層及由該SOI層支撐之介電層的大塊半導體封裝。在此配置中，開關製造於該隔離層上且由該SOI層包圍。另外，該雙工器形成於由該SOI層支撐之該介電層上。

圖8為展示可有利地採用本發明之一態樣的例示性無線通信系統800之方塊圖。出於說明之目的，圖8展示三個遠端單元820、830及850以及兩個基地台840。應認識到，無線通信系統可具有更多遠端單元及基地台。遠端單元820、830及850包括IC裝置825A、825C及825B，該等裝置包括所揭示之RF裝置。應認識到，其他裝置亦可包括所揭示之RF裝置，諸如基地台、開關裝置及網路裝備。圖8展示自基地台840至遠端單元820、830及850之前向鏈路信號880，以及自遠端單元820、830及850至基地台840之反向鏈路信號890。

在圖8中，遠端單元820展示為行動電話，遠端單元830展示為攜帶型電腦，且遠端單元850展示為無線區域迴路系統中之固定位置遠端單元。舉例而言，遠端單元可為行動電話、手持型個人通信系統(PCS)單元、諸如個人數位助理(PDA)之攜帶型資料單元、具備GPS功能之裝置、導航裝置、機上盒、音樂播放器、視訊播放器、娛樂單元、諸如儀錶讀取裝備之固定位置資料單元，或儲存或擷取資料或電腦指令之其他通信裝置，或其組合。雖然圖8說明根據本發明之態樣的遠端單元，但本發明不限於此等

例示性說明單元。本發明之態樣可適合地用於包括所揭示RF裝置的諸多裝置中。

圖9為說明用於半導體組件(諸如上文所揭示之RF裝置)之電路、佈局及邏輯設計之設計工作站的方塊圖。設計工作站900包括含有作業系統軟體、支援檔案及諸如Cadence或OrCAD之設計軟體的硬碟901。設計工作站900亦包括顯示器902以促進電路910或半導體組件912 (諸如RF裝置)之設計。提供儲存媒體904以供有形地儲存電路設計910或半導體組件912。電路設計910或半導體組件912可以諸如GDSII或GERBER之檔案格式儲存於儲存媒體904上。儲存媒體904可為CD-ROM、DVD、硬碟、快閃記憶體或其他適當裝置。此外，設計工作站900包括用於接受來自儲存媒體904之輸入或將輸出寫入至該儲存媒體的驅動設備903。

記錄於儲存媒體904上之資料可指定邏輯電路組態、用於光微影遮罩之圖案資料，或用於串列寫入工具(諸如電子束微影)之遮罩圖案資料。該資料可進一步包括邏輯驗證資料，諸如與邏輯模擬相關聯之時序圖或網電路。於儲存媒體904上提供資料藉由減少用於設計半導體晶圓之程序的數目而促進電路設計910或半導體組件912之設計。

對於韌體及/或軟體實施，可藉由執行本文中所描述之功能的模組(例如，程序、函式等)來實施該等方法。可使用有形地體現指令之機器可讀媒體來實施本文中所描述之方法。舉例而言，軟體程式碼可儲存於記憶體中且由處理器單元執行。記憶體可實施於處理器單元內或處理器單元外部。如本文中所使用，術語「記憶體」係指長期、短期、揮發性、非揮發性或其他記憶體類型，且不限於特定類型之記憶體或特定數目之記憶體、或上面儲存有記憶體之媒體之類型。

若在韌體及/或軟體中實施，則該等功能可作為一或多個指令或程式碼儲存於電腦可讀媒體上。實例包括編碼有資料結構之電腦可讀媒體及編碼有電腦程式之電腦可讀媒體。電腦可讀媒體包括實體電腦儲存媒體。儲存媒體可為可由電腦存取之可用媒體。作為實例而非限制，此等電腦可讀媒體可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光碟儲存裝置、磁碟儲存裝置或其他磁性儲存裝置，或可用於儲存呈指令或資料結構形式之所要程序碼且可由電腦存取的其他媒體；如本文中所使用，磁碟及光碟包括緊密光碟(CD)、雷射光碟、光學光碟、數位多功能光碟(DVD)、軟性磁碟及藍光光碟，其中磁碟通常以磁性方式再現資料，而光碟藉由雷射以光學方式再現資料。以上各者之組合亦應包括於電腦可讀媒體之範疇內。

除儲存在電腦可讀媒體上之外，亦可將指令及/或資料提供為在包括於通信設備中之傳輸媒體上的信號。舉例而言，通信裝備可包括具有指示指令及資料之信號的收發器。該等指令及資料經組態以使一或多個處理器實施申請專利範圍中所概述之功能。

雖然已詳細描述了本發明及其優點，但應理解，在不脫離如由所附申請專利範圍所界定之本發明之技術的情況下，可在本文中進行各種改變、替代及變更。舉例而言，相對於基板或電子裝置使用諸如「上方」及「下方」之關係術語。當然，若基板或電子裝置顛倒，則上方變成下方，且反之亦然。另外，若側向定向，則上方及下方可能指基板或電子裝置之側面。此外，本申請案之範疇並不意欲限於說明書中所描述之程序、機器、製造方法、物質組成、構件、方法及步驟之特定組態。如熟習此項技術者將易於自本發明瞭解，可根據本發明而利用執行與本文中所描述之對應組態大體上相同之功能或達成大體上相同之結果的當前存在或稍後待開

發之程序、機器、製造方法、物質組成、構件、方法或步驟。因此，所附申請專利範圍意欲在其範疇中包括此等程序、機器、製造方法、物質組成、構件、方法或步驟。

【符號說明】

|      |                  |
|------|------------------|
| 100  | 射頻(RF)前端(RFFE)模組 |
| 102  | 功率放大器            |
| 104  | 雙工機/濾波器          |
| 106  | 射頻(RF)開關模組       |
| 108  | 被動組合器            |
| 112  | 調諧器電路            |
| 112A | 第一調諧器電路          |
| 112B | 第二調諧器電路          |
| 114  | 天線               |
| 115  | 接地端子             |
| 116  | 電容器              |
| 118  | 電感器              |
| 120  | 無線收發器            |
| 122  | 電容器              |
| 130  | 數據機              |
| 132  | 電容器              |
| 140  | 應用程式處理器(AP)      |
| 150  | RF前端模組           |
| 152  | 電源供應器            |

|       |                |
|-------|----------------|
| 154   | 時鐘             |
| 156   | 電力管理積體電路(PMIC) |
| 158   | 電容器            |
| 160   | 晶片組            |
| 162   | 電容器            |
| 164   | 電容器            |
| 166   | 電感器            |
| 170   | WiFi模組         |
| 172   | WLAN模組         |
| 174   | 電容器            |
| 180   | 雙工機            |
| 192   | 天線             |
| 194   | 天線             |
| 200   | 雙工器            |
| 200-1 | 第一雙工器          |
| 200-2 | 第二雙工器          |
| 201   | 系統板            |
| 202   | 基板             |
| 210   | 天線開關           |
| 210-1 | 高頻帶天線開關        |
| 210-2 | 低頻帶天線開關        |
| 212   | 高頻帶(HB)輸入埠     |
| 214   | 低頻帶(LB)輸入埠     |

|       |         |
|-------|---------|
| 216   | 天線      |
| 218   | 功率放大器   |
| 220   | RF開關    |
| 230   | 濾波器     |
| 250   | RF前端模組  |
| 301   | 處置基板    |
| 302   | 被動式基板   |
| 303   | 介電層     |
| 304   | 絕緣體上矽層  |
| 306   | 隔離層     |
| 308-1 | 第一開口    |
| 308-2 | 第一開口    |
| 308-3 | 第一開口    |
| 308-4 | 第一開口    |
| 308-5 | 第一開口    |
| 308-6 | 第一開口    |
| 310   | 天線開關    |
| 320   | MIM電容器  |
| 322   | 籠結構     |
| 330   | 雙工器/濾波器 |
| 332   | MIM電容器  |
| 334   | 電感器     |
| 340   | 導通孔     |

|       |           |
|-------|-----------|
| 342-1 | 第二開口      |
| 342-2 | 第二開口      |
| 342-3 | 第二開口      |
| 342-4 | 第二開口      |
| 344-1 | 第三開口      |
| 344-2 | 第三開口      |
| 344-3 | 第三開口      |
| 344-4 | 第三開口      |
| 350   | 導電凸塊      |
| 400   | 第一製造階段    |
| 410   | 第二製造階段    |
| 420   | 第三製造階段    |
| 430   | 第四製造階段    |
| 440   | 第五製造階段    |
| 450   | 最終製造階段    |
| 500   | 整合式RF電路結構 |
| 502   | 處置基板      |
| 503   | 介電層       |
| 504   | 隔離層       |
| 506   | SOI層      |
| 508-1 | 第一開口      |
| 508-2 | 第一開口      |
| 508-3 | 第一開口      |

|       |         |
|-------|---------|
| 508-4 | 第一開口    |
| 508-5 | 第一開口    |
| 508-6 | 第一開口    |
| 510   | 天線開關    |
| 520   | MIM電容器  |
| 530   | 雙工器/濾波器 |
| 532   | MIM電容器  |
| 534   | 電感器     |
| 540   | 導通孔     |
| 542-1 | 第二開口    |
| 542-2 | 第二開口    |
| 542-3 | 第二開口    |
| 542-4 | 第二開口    |
| 544-1 | 第三開口    |
| 544-2 | 第三開口    |
| 544-3 | 第三開口    |
| 544-4 | 第三開口    |
| 550   | 導電凸塊    |
| 600   | 第一製造階段  |
| 610   | 第二製造階段  |
| 620   | 第三製造階段  |
| 630   | 最終製造階段  |
| 700   | 方法      |

|      |         |
|------|---------|
| 702  | 區塊      |
| 704  | 區塊      |
| 706  | 區塊      |
| 800  | 無線通信系統  |
| 820  | 遠端單元    |
| 825A | IC裝置    |
| 825B | IC裝置    |
| 825C | IC裝置    |
| 830  | 遠端單元    |
| 840  | 基地台     |
| 850  | 遠端單元    |
| 880  | 前向鏈路信號  |
| 890  | 反向鏈路信號  |
| 900  | 設計工作站   |
| 901  | 硬碟      |
| 902  | 顯示器     |
| 903  | 驅動設備    |
| 904  | 儲存媒體    |
| 910  | 電路設計/電路 |
| 912  | 半導體組件   |

## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種整合式射頻(RF)電路結構，其包含：

一電阻性基板材料；

一RF天線開關，其處於由該電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中；

一內埋氧化物(BOX)層，其直接耦接至該SOI層；及

一濾波器，其包含電感器及電容器、配置於該整合式RF電路結構之一表面上，該表面與該電阻性基板材料對置，其中該RF天線開關直接在面對該該電阻性基板材料之該BOX層之一第一表面上，及該濾波器直接在與該BOX層之該第一表面對置的一第二表面上且遠離直接支撐該BOX層之該第一表面的該SOI層。

### 【第2項】

如請求項1之整合式RF電路結構，其中該濾波器包含一雙工器、一三工器、低通濾波器、貝楞濾波器及/或陷波濾波器，前述各者配置在與該BOX層之該第一表面對置之該第二表面上。

### 【第3項】

如請求項1之整合式RF電路結構，其進一步包含導通孔，該等導通孔將該BOX層之該第二表面上的該RF天線開關耦接至與該第一表面對置之該第二表面上的該濾波器且貫通該BOX層。

### 【第4項】

如請求項1之整合式RF電路結構，其進一步包含接觸該RF天線開關之一襯墊，及經由該襯墊耦接至該濾波器之一互連件。

**【第5項】**

如請求項1之整合式RF電路結構，其中該SOI層直接由一介電層支撐且該電阻性基板材料在該介電層上。

**【第6項】**

如請求項1之整合式RF電路結構，其進一步包含處於一介電層中的包圍該RF天線開關之一法拉弟籠。

**【第7項】**

如請求項1之整合式RF電路結構，其進一步包含耦接至該SOI層中之該RF天線開關之一金屬絕緣體金屬(MIM)電容器，該MIM電容器配置於支撐該SOI層之一介電層中。

**【第8項】**

如請求項1之整合式RF電路結構，其整合至一RF前端模組中，該RF前端模組併入至以下各者中之至少一者中：一音樂播放器、一視訊播放器、一娛樂單元、一導航裝置、一通信裝置、一個人數位助理(PDA)、一固定位置資料單元、一行動電話及一攜帶型電腦。

**【第9項】**

一種整合式射頻(RF)電路結構，其包含：

一電阻性基板材料；

用於切換一RF天線之構件，該RF天線配置於由該電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中；

一內埋氧化物(BOX)層，其直接耦接至該SOI層；及

一濾波器，其包含電感器及電容器、配置於該整合式RF電路結構之一表面上，該表面與該電阻性基板材料對置，其中該RF天線切換構件直

接在面對該該電阻性基板材料之該BOX層之一第一表面上，及該濾波器直接在與該BOX層之該第一表面對置的一第二表面上且遠離直接支撐該BOX層之該第一表面的該SOI層。

**【第10項】**

如請求項9之整合式RF電路結構，其中該濾波器包含一雙工器、一三工器、低通濾波器、貝楞濾波器及/或陷波濾波器，前述各者配置在與該BOX層之該第一表面對置之該第二表面上。

**【第11項】**

如請求項9之整合式RF電路結構，其進一步包含導通孔，該等導通孔將該BOX層之該第一表面上的該RF天線切換構件耦接至與該第一表面對置之該第二表面上的該濾波器且貫通該BOX層。

**【第12項】**

如請求項9之整合式RF電路結構，其進一步包含：

一襯墊，其接觸該RF天線切換構件；及

一互連件，其經由該襯墊耦接至該濾波器。

**【第13項】**

如請求項9之整合式RF電路結構，其中該SOI層直接由一介電層支撐且該電阻性基板材料在該介電層上。

**【第14項】**

如請求項9之整合式RF電路結構，其進一步包含在一介電層中包圍該RF天線切換構件之一籠結構。

**【第15項】**

如請求項9之整合式RF電路結構，其進一步包含耦接至該RF天線切

換構件之一金屬絕緣體金屬(MIM)電容器，該MIM電容器配置於支撐該SOI層之一介電層中。

**【第16項】**

如請求項9之整合式RF電路結構，其整合至一RF前端模組中，該RF前端模組併入至以下各者中之至少一者中：一音樂播放器、一視訊播放器、一娛樂單元、一導航裝置、一通信裝置、一個人數位助理(PDA)、一固定位置資料單元、一行動電話及一攜帶型電腦。

**【第17項】**

一種射頻(RF)前端模組，其包含：

一整合式射頻(RF)電路結構，其包含由一電阻性基板材料支撐之一絕緣體上矽(SOI)層中之一RF天線開關、耦接至該SOI層之一內埋氧化物(BOX)層及一濾波器，該濾波器包含電感器及電容器、配置於該整合式RF電路結構之一表面上，該表面與該電阻性基板材料對置，其中該RF天線開關直接在面對該電阻性基板材料之該BOX層之一第一表面上，及該濾波器直接在與該BOX層之該第一表面對置的一第二表面上且遠離直接支撐該BOX層之該第一表面的該SOI層；及

一天線，其耦接至該RF天線開關之一輸出。

**【第18項】**

如請求項17之RF前端模組，其進一步包含導通孔，該等導通孔將該BOX層之該第一表面上的該RF天線開關耦接至與該第一表面對置之該第二表面上的該濾波器且貫通該BOX層。

**【第19項】**

如請求項17之RF前端模組，其中該SOI層直接由一介電層支撐。

**【第20項】**

如請求項17之RF前端模組，其併入至以下各者中之至少一者中：一音樂播放器、一視訊播放器、一娛樂單元、一導航裝置、一通信裝置、一個人數位助理(PDA)、一固定位置資料單元、一行動電話及一攜帶型電腦。