

【11】證書號數：I465031**【45】公告日：**中華民國 103 (2014) 年 12 月 11 日**【51】Int. Cl.：** *H03B15/00 (2006.01)* *H01F10/32 (2006.01)*

發明

全 10 頁

【54】名稱：奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列及其製造方法與操作方法
MAGNETIC DIPOLAR COUPLING ARRAY OF SPIN TORQUE NANO-OSCILLATOR, MANUFACTURING METHOD AND OPERATING METHOD**【21】申請案號：**101118717**【22】申請日：**中華民國 101 (2012) 年 05 月 25 日**【11】公開編號：**201349734**【43】公開日期：**中華民國 102 (2013) 年 12 月 01 日**【72】發明人：**吳仲卿 (TW) WU, JONGCHING ; 陳浩軒 (TW) CHEN, HAOHSUAN ; 張瑞航 (TW) CHANG, JUIHANG ; 李彥琦 (TW) LEE, YENCHI ; 洪連輝 (TW) HORNG, LIENHUI ; 張慶瑞 (TW) CHANG, CHINGRAY**【71】申請人：**國立彰化師範大學

NATIONAL CHANGHUA UNIVERSITY OF EDUCATION

彰化縣彰化市進德路 1 號

【74】代理人：蔡坤財 ; 李世章**【56】參考文獻：**

US 2011/0280340A1

Consolo, G.; Puliafito, V., "Analytical and Micromagnetic Study of Nonlinear Amplitude Modulation in Spintronic Modulators," *Magnetics, IEEE Transactions on*, vol.46, no.6, pp.2063,2066, June 2010.Villard, P.; Ebels, U.; Houssameddine, Dimitri; Katine, J.; Mauri, D.; Delaet, B.; Vincent, P.; Cyrille, M.-C.; Viala, B.; Michel, J.-P.; Prouvee, J.; Badets, F., "A GHz Spintronic-Based RF Oscillator," *Solid-State Circuits, IEEE Journal of*, vol.45, no.1, pp.214,223, Jan. 2010.Prokopenko, O.; Bankowski, E.; Meitzler, T.; Tiberkevich, V.; Slavin, A., "Spin-Torque Nano-Oscillator as a Microwave Signal Source," *Magnetics Letters, IEEE*, vol.2, no., pp. 3000104,3000104, 2011.Amin, N.; Haiwen Xi; Tang, M.X., "Analysis of Electromagnetic Fields Generated by a Spin-Torque Oscillator," *Magnetics, IEEE Transactions on*, vol.45, no.10, pp.4183,4186, Oct. 2009.Slavin, Andrei; Tiberkevich, Vasil, "Nonlinear Auto-Oscillator Theory of Microwave Generation by Spin-Polarized Current," *Magnetics, IEEE Transactions on*, vol.45, no.4, pp.1875,1918, April 2009.

審查人員：鄭凱旭

[57]申請專利範圍

(2)

1. 一種奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列的製造方法，其包含：形成複數個奈米自旋力矩震盪器單元，各該奈米自旋力矩震盪器單元包含：形成一底層電極；形成一釘紮層於該底層電極上，其中該釘紮層具有垂直磁異向性而使該釘紮層之磁化單元方向垂直於該釘紮層平面；形成一自由層於該釘紮層上，其中該自由層之最小邊長遠大於該自由層之厚度而使該自由層具有水平磁異向性進而使該自由層之磁化單元方向平行於該自由層平面；形成一參考層於該自由層上；及形成一頂層電極於該參考層上；以及將該複數個奈米自旋力矩震盪器單元其中之一奈米自旋力矩震盪器單元之該頂層電極與另一奈米自旋力矩震盪器單元之該底層電極依序連接而形成一串聯陣列。
2. 如請求項 1 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列的製造方法，其中各該相鄰兩奈米自旋力矩震盪器單元之參考層具有反平行方向之磁化單元。
3. 如請求項 1 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列的製造方法，其中該奈米自旋力矩震盪器單元之該釘紮層及該自由層材質為鐵磁性材料。
4. 如請求項 1 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列的製造方法，其中該奈米自旋力矩震盪器單元之該參考層材質為反鐵磁性材料。
5. 一種以請求項 1 所述之製造方法製造而成之奈米自旋力矩震盪器磁偶極串聯陣列，其包含：複數個奈米自旋力矩震盪器單元，其中各該奈米自旋力矩震盪器單元包含：一底層電極；一釘紮層，形成於該底層電極上；一自由層，形成於該釘紮層上；一參考層，形成於該自由層上；及一頂層電極，形成於該參考層上；以及該複數個奈米自旋力矩震盪器單元其中之一奈米自旋力矩震盪器單元之該頂層電極與另一奈米自旋力矩震盪器單元之該底層電極依序連接而形成一串聯陣列。
6. 如請求項 5 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極串聯陣列，其中各該奈米自旋力矩震盪器單元之該釘紮層與該自由層之間及該自由層與該參考層之間具有一非磁性介面層。
7. 如請求項 6 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極串聯陣列，其中該非磁性介面層為一金屬導電層。
8. 如請求項 6 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極串聯陣列，其中該非磁性介面層為一絕緣穿隧層。
9. 一種如請求項 5 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極串聯陣列的操作方法，其包含：輸入一直流電流，該直流電流方向為由各該奈米自旋力矩震盪器單元之該釘紮層流向該自由層；該直流電流通過該釘紮層後，傳導電子產生自旋極化；該自旋極化電子通過該自由層時，基於自旋角動量轉移效應，產生一自旋力矩並作用於該自由層之該磁化單元上；在該自由層平面上之該磁化單元受此自旋力矩影響而由起始之平行於該自由層平面方向開始產生環繞著該自由層平面垂直軸之連續穩定之陀螺磁震盪並產生一震盪訊號；以及各該相鄰兩奈米自旋力矩震盪器單元透過磁偶極交互作用產生同步而使各該自旋力矩震盪器單元產生之震盪訊號放大。
10. 如請求項 9 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極串聯陣列的操作方法，其中各該相鄰兩奈米自旋力矩震盪器單元之該自由層之間須保持一定距離以使訊號能同步放大且不會影響單一個奈米自旋力矩震盪器單元。
11. 一種奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列的製造方法，其包含：形成一第一陣列單元，其包含：形成一第一底層電極；形成一第一參考層於該第一底層電極上；形成一第一自由層及一第二自由層，其中該第一自由層及該第二自由層平行設置於該第一參考層之同一平面上且彼此間具有一間隙；形成一第一釘紮層及一第二釘紮層，其中該第一釘紮層設於該第一自由層上，該第二釘紮層設於該第二自由層上；形成一第一反鐵磁層，設於該第二釘紮層上；形成一第一頂層電極於該第一反鐵磁層上；形成一第二陣列單元，其包含：形成一第二底層電極；形成一第二參考層於該第二底層電極上；形成一第三自由

(3)

層及一第四自由層，其中該第三自由層及該第四自由層平行設置於該第二參考層之同一平面上且彼此間具有一間隙；形成一第三釘紮層及一第四釘紮層，其中該第三釘紮層設於該第三自由層上，該第四釘紮層設於該第四自由層上；形成一第二反鐵磁層，設於該第四釘紮層上；及形成一第二頂層電極於該第二反鐵磁層上；以及將該第一陣列單元與該第二陣列單元間隔平行排列形成一並聯陣列，其中該第一陣列單元與該第二陣列單元間具有一間隙。

12. 如請求項 11 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列的製造方法，其中該第一釘紮層之磁化單元與該第二釘紮層之磁化單元方向為反平行。
13. 如請求項 11 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列的製造方法，其中該第三釘紮層之磁化單元與該第四釘紮層之磁化單元方向為反平行。
14. 如請求項 11 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列的製造方法，其中於該第一自由層與該第二自由層間之間隙、該第三自由層與該第四自由層間之間隙及該第一陣列單元與該第二陣列單元間之間隙填入非導體化合物以為隔離之用。
15. 如請求項 11 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極耦合陣列的製造方法，其中該第一釘紮層、該第一自由層、該第二釘紮層、該第二自由層、該第三釘紮層、該第三自由層、該第四釘紮層及該第四自由層材質為鐵磁性材料。
16. 一種以請求項 11 所述之製造方法製造而成之奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列，其包含：一第一陣列單元，其包含：一第一底層電極；一第一參考層設於該第一底層電極上；一第一自由層及一第二自由層，其中該第一自由層及該第二自由層平行設置於該參考層之同一平面上且彼此間具有一間隙；一第一釘紮層及一第二釘紮層，其中該第一釘紮層設於該第一自由層上，該第二釘紮層設於該第二自由層上；一第一反鐵磁層，設於該第二釘紮層上；一第一頂層電極於該第一反鐵磁層上；一第二陣列單元，其包含：一第二底層電極；一第二參考層於該第二底層電極上；一第三自由層及一第四自由層，其中該第三自由層及該第四自由層平行設置於該第二參考層之同一平面上且彼此間具有一間隙；一第三釘紮層及一第四釘紮層，其中該第三釘紮層設於該第三自由層上，該第四釘紮層設於該第四自由層上；一第二反鐵磁層，設於該第四釘紮層上；及一第二頂層電極於該第二反鐵磁層上；以及該第一陣列單元與該第二陣列單元間隔平行排列形成一並聯陣列組，其中該第一陣列單元與該第二陣列單元間具有一間隙。
17. 如請求項 16 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列，其中該第一參考層與該第一自由層之間、該第一自由層與該第一釘紮層之間、該第一參考層與該第二自由層之間及該第二自由層與該第二釘紮層之間皆有一非磁性介面層。
18. 如請求項 16 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列，其中該第二參考層與該第三自由層之間、該第三自由層與該第三釘紮層之間、該第二參考層與該第四自由層之間及該第四自由層與該第四釘紮層之間皆有一非磁性介面層。
19. 如請求項 17 或請求項 18 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列，其中該非磁性介面層為一金屬導電層。
20. 如請求項 17 或請求項 18 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列，其中該非磁性介面層為一絕緣穿隧層。
21. 如請求項 16 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列，其中該第一參考層更包含一第一鐵磁層、一非磁性介面層、一第二鐵磁層及一第三反鐵磁層。
22. 如請求項 16 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列，其中該第二參考層更包含一第三鐵磁層、一非磁性介面層、一第四鐵磁層及一第四反鐵磁層。
23. 一種如請求項 16 所述之奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列的操作方法，其包含：將該第一陣列單元之該第一頂層電極與該第二陣列單元之該第二底層電極連接，並將該第二

(4)

陣列單元之該第二頂層電極與該第一陣列單元之該第一底層電極連接而形成一串聯迴路。輸入一直流電流，該直流電流方向不論對該第一陣列單元或是該第二陣列單元而言，皆為由該釘紮層流向該自由層；先以該第一陣列單元說明之，透過該第一釘紮層及該第二釘紮層，使該直流電流之傳導電子產生自旋極化；該自旋極化電子基於自旋角動量轉移效應，產生一自旋力矩並作用於該第一自由層之該磁化單元及該第二自由層之該磁化單元上；在該第一自由層平面之該磁化單元及該第二自由層平面上之該磁化單元受此自旋力矩影響而由起始之平行於該第一自由層平面方向及該第二自由層平面方向開始產生環繞著該第一自由層平面垂直軸及該第二自由層平面垂直軸之連續穩定之陀螺磁震盪並各自產生一震盪訊號；透過該第一反鐵磁層的影響使位於該第一陣列單元之該第二釘紮層之磁化單元方向與該第一釘紮層之該磁化單元方向反平行，進而使得該第一自由層之該磁化單元與該第二自由層之該磁化單元產生反向之震盪而使該第一自由層與該第二自由層透過磁偶極交互作用產生同步而使震盪訊號放大；以及該第二陣列單元操作方法同於該第一陣列單元，並透過該第一陣列單元與該第二陣列單元並聯而使該第一陣列單元與該第二陣列單元產生磁偶極交互作用進而使各自產生之震盪訊號能更放大。

圖式簡單說明

為讓本發明之上述和其他目的、特徵、優點與實施例能更明顯易懂，所附圖式之說明如下：第 1 圖為一基本奈米自旋力矩震盪器單元的結構圖。

第 2 圖為單一奈米自旋力矩震盪器單元操作方法示意圖。

第 3 圖為本發明之奈米自旋力矩震盪器磁偶極串聯陣列示意圖。

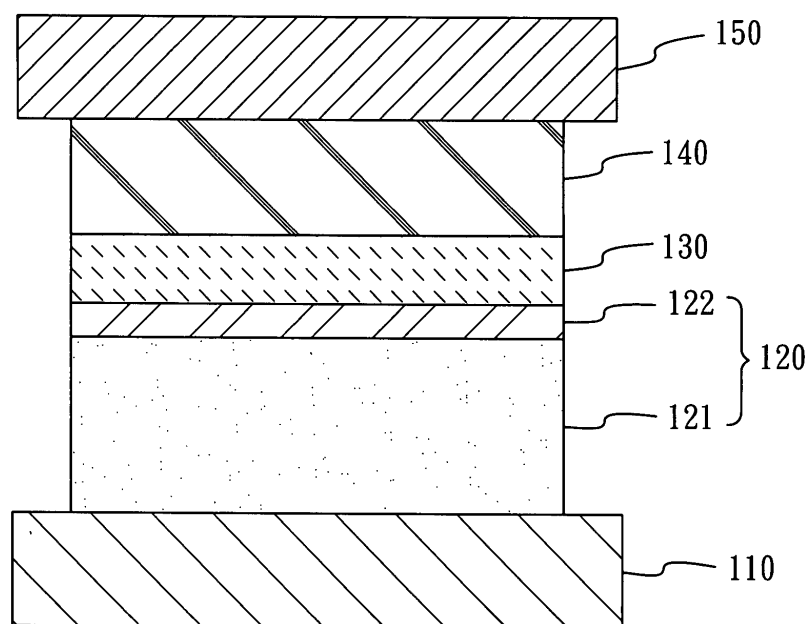
第 4 圖為本發明之奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列示意圖。

第 5 圖為奈米自旋力矩震盪器磁偶極串聯陣列操作方法示意圖。

第 6 圖為奈米自旋力矩震盪器磁偶極並聯陣列操作方法示意圖。

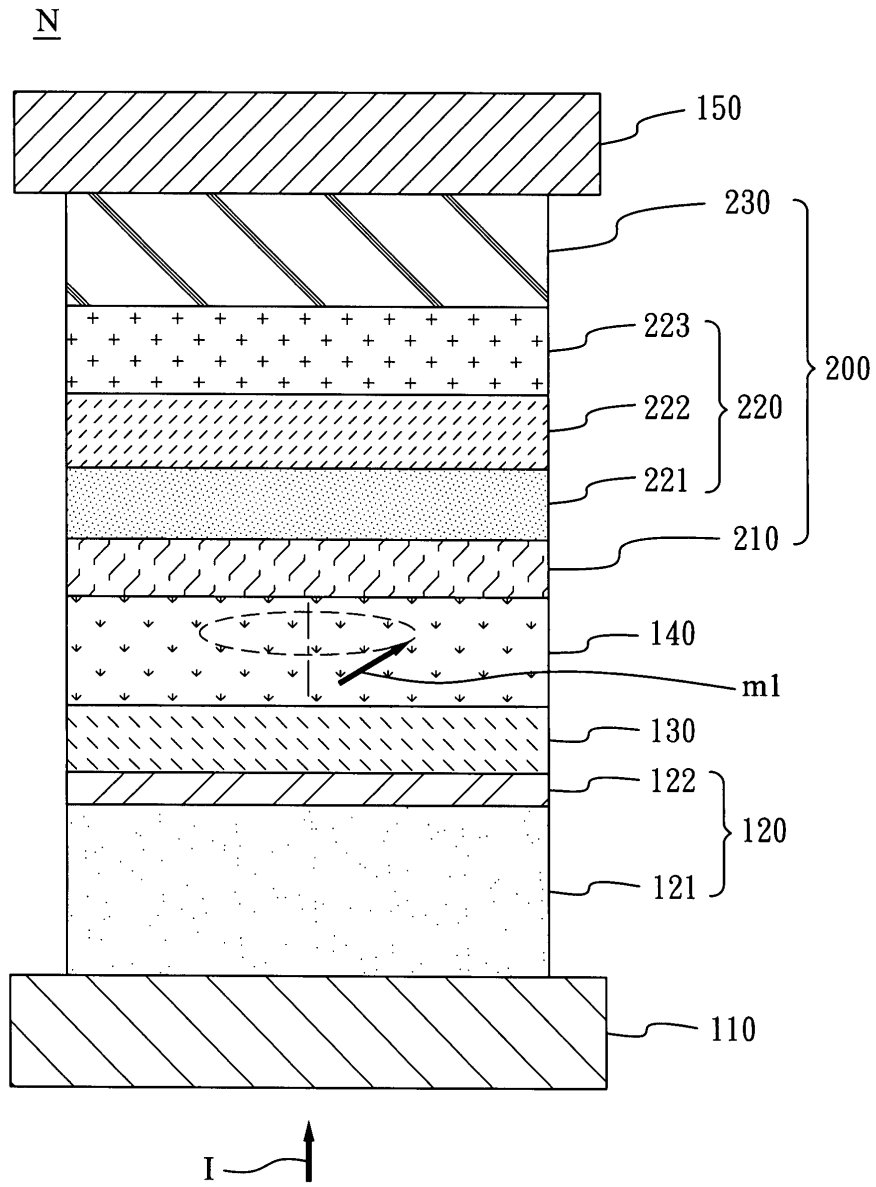
(5)

100



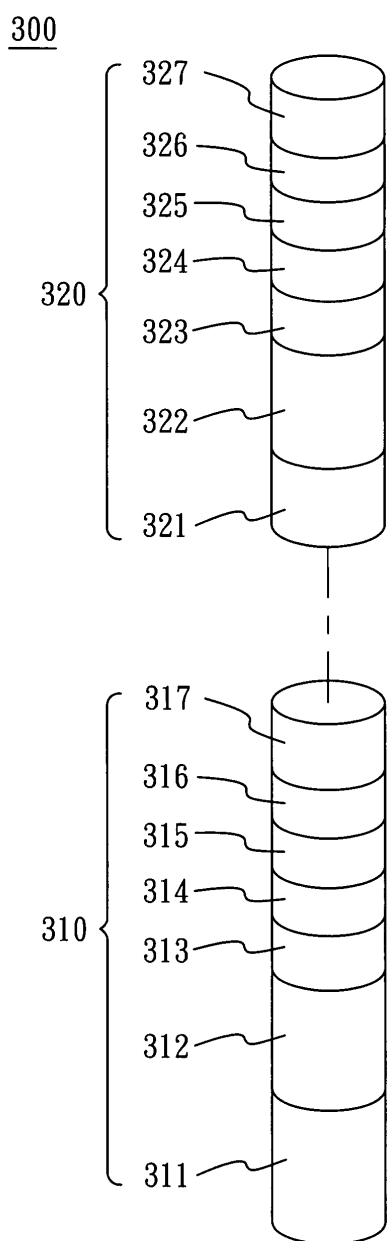
第 1 圖

(6)



第 2 圖

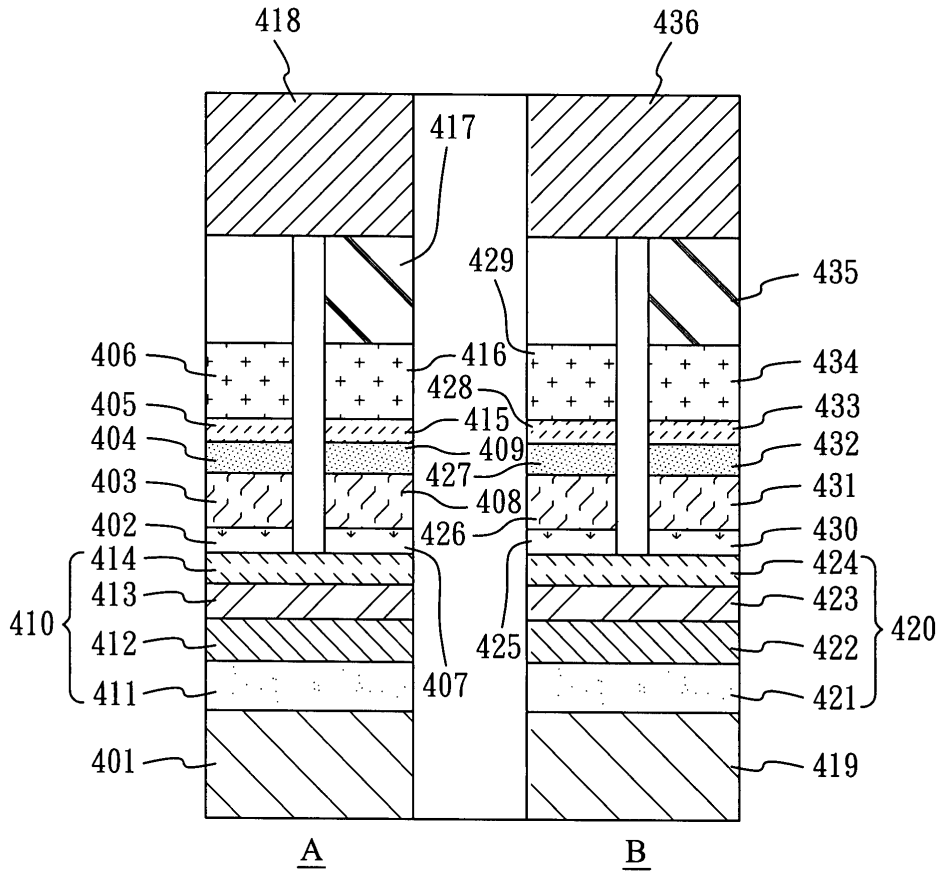
(7)



第 3 圖

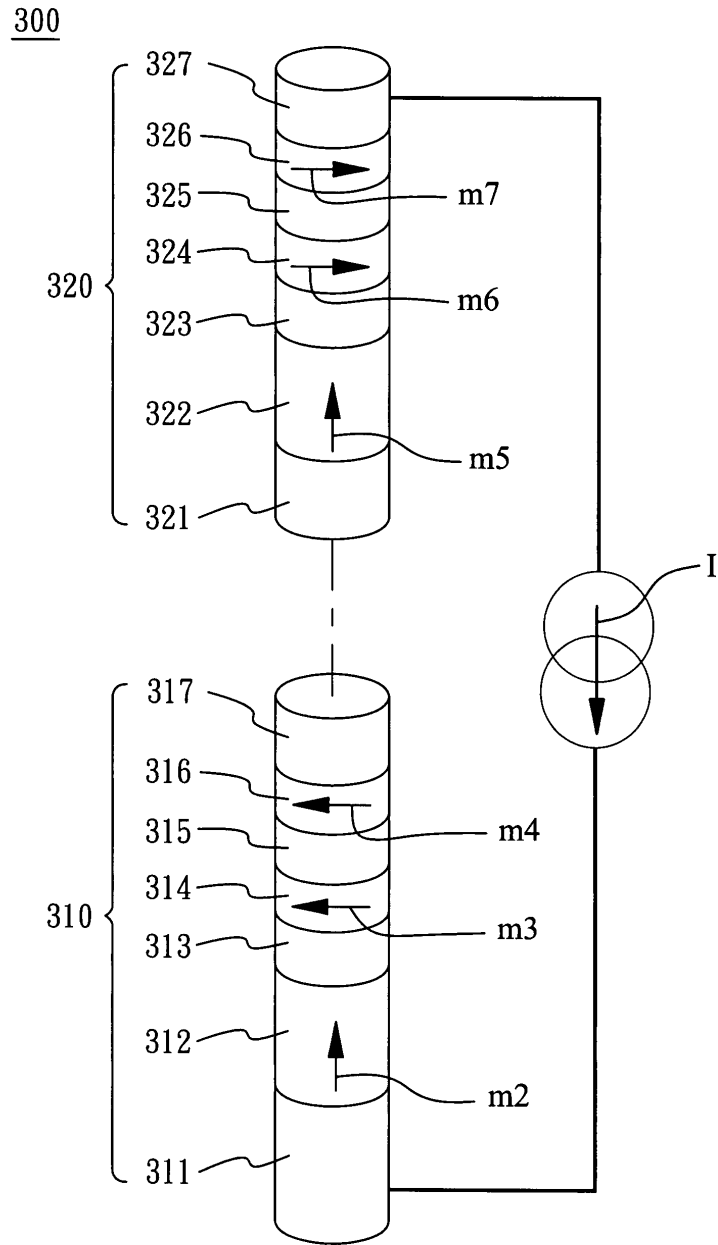
(8)

400

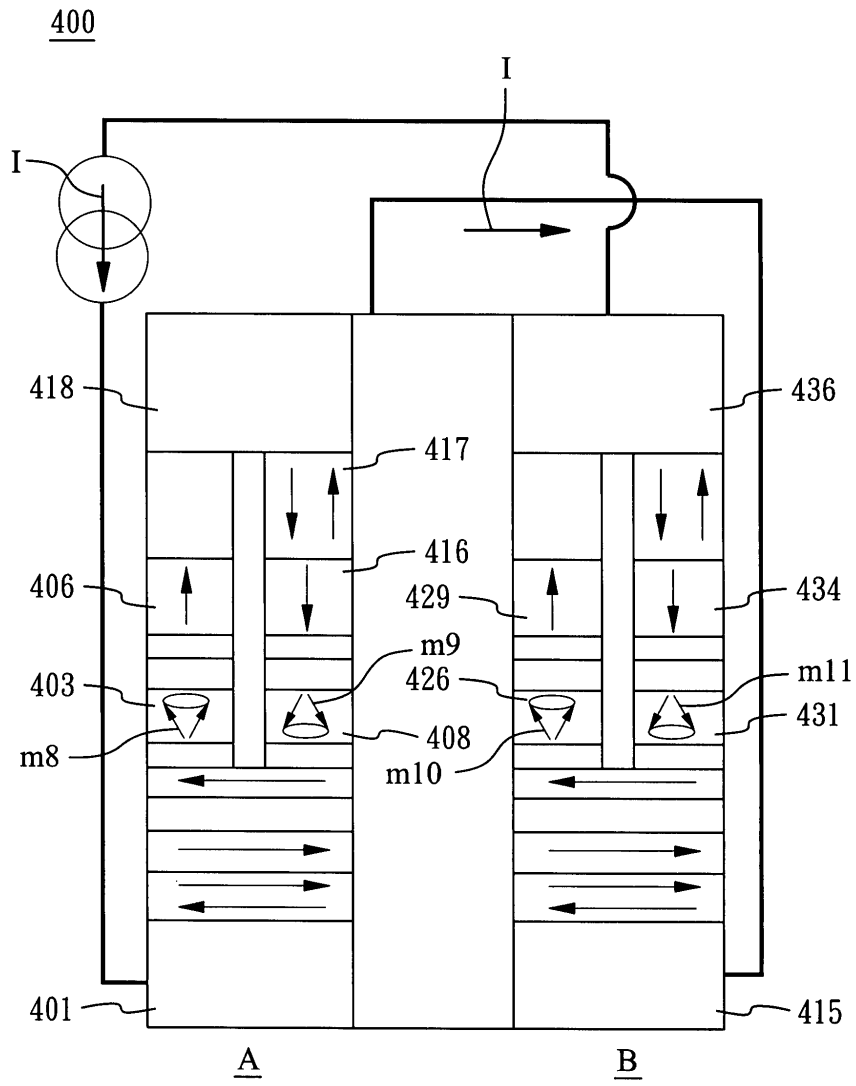


第 4 圖

(9)



第 5 圖



第 6 圖