



(21) 申請案號：098141903

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 08 日

(51) Int. Cl. : G02B6/10 (2006.01)

(71) 申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)  
新竹市大學路 1001 號

(72) 發明人：范士岡 FAN, SHIH KANG (TW)；簡家齊 CHIEN, CHIA CHI (TW)；盧羿彰 LU, YI WEN (TW)

(74) 代理人：林火泉

(56) 參考文獻：

TW 200743837A

TW 200844483A

US 4818052

審查人員：陳憶緣

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：15 共 0 頁

(54) 名稱

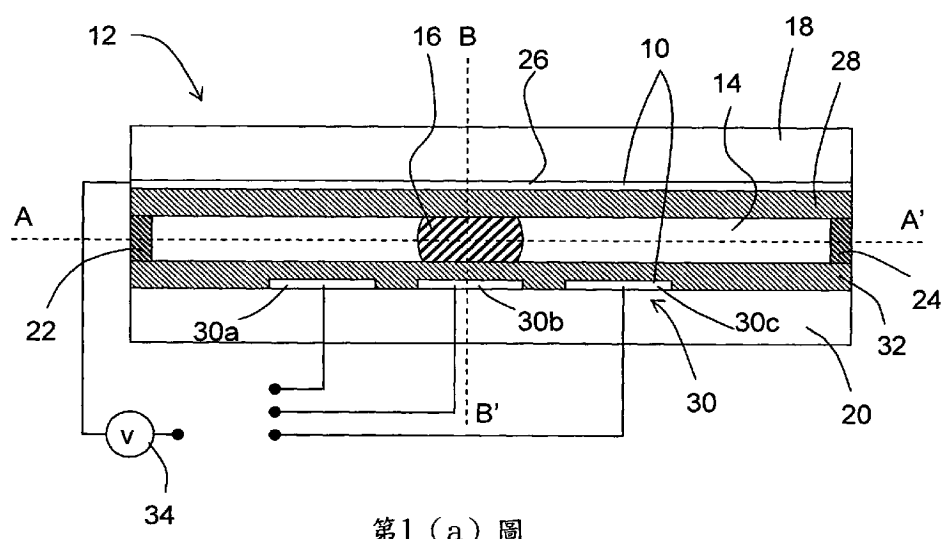
流體式光波導元件及其形成方法

A FLUIDIC OPTICAL WAVEGUIDE AND A FORMATION METHOD OF THE SAME

(57) 摘要

本發明提供一種流體式光波導元件及其形成方法，其是在包層流體中，藉由施加電場方式，驅動纖核流體於電極上。由於纖核流體是被電場所定義，所以各種二維形狀之纖核液體皆可藉由施加電壓所在的電極圖形上形成。本發明之流體式光波導元件擁有流體界面較平滑的優點，而且穩定的纖核與包層流體會消除流體流動時所產生的散射損失。

The present invention discloses a fluidic optical waveguide and a formation method of the same. A core fluid is driven by an applied electric field onto an electrode in a cladding fluid. Because the core fluid is defined by the electric field, arbitrary two dimensional shapes of the waveguide can be achieved by voltage applications on designed electrode patterns. The fluidic optical waveguide preserves the advantage of the smooth fluid - fluid interface. Besides, the stationary core and cladding fluid eliminates scattering losses caused by fluid flowing.



第1(a)圖

- 10 . . . 驅動電極
- 12 . . . 中空本體
- 14 . . . 包層流體
- 16 . . . 纖核流體
- 18 . . . 上基板
- 20 . . . 下基板
- 22 . . . 間隔壁
- 24 . . . 間隔壁
- 26 . . . 上電極
- 28 . . . 上疏水層
- 30 . . . 圖案化下電極
- 30a、30b、30c . . . 次電極
- 32 . . . 下疏水層
- 34 . . . 電壓

# 發明專利說明書

1~2頁  
 年月日 修正  
 98.12.11 補充 頁

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 98141903

※ 申請日：

※IPC 分類：G02B6/10 (2006.01)

公告本

## 一、發明名稱：(中文/英文)

流體式光波導元件及其形成方法 / A fluidic optical waveguide and a formation method of the same

## 二、中文發明摘要：

本發明提供一種流體式光波導元件及其形成方法，其是在包層流體中，藉由施加電場方式，驅動纖核流體於電極上。由於纖核流體是被電場所定義，所以各種二維形狀之纖核液體皆可藉由施加電壓所在的電極圖形上形成。本發明之流體式光波導元件擁有流體界面較平滑的優點，而且穩定的纖核與包層流體會消除流體流動時所產生的散射損失。

## 三、英文發明摘要：

The present invention discloses a fluidic optical waveguide and a formation method of the same. A core fluid is driven by an applied electric field onto an electrode in a cladding fluid. Because the core fluid is defined by the electric field, arbitrary two dimensional shapes of the waveguide can be achieved by voltage applications on designed electrode patterns. The fluidic optical waveguide preserves the advantage of the smooth fluid - fluid interface. Besides, the stationary core and cladding fluid eliminates scattering losses caused by fluid flowing.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 1 (a) ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 10 驅動電極
- 12 中空本體
- 14 包層流體
- 16 纖核流體
- 18 上基板
- 20 下基板
- 22 間隔壁
- 24 間隔壁
- 26 上電極
- 28 上疏水層
- 30 圖案化下電極
- 30a、30b、30c 次電極
- 32 下疏水層
- 34 電壓

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種光波導元件，特別是指一種流體式光波導元件及其形成方法。

### 【先前技術】

光流體學是由微流體學以及光學這兩個領域結合的，在微流道的網狀系統中，在層流的條件下，不同液體間穩定又平滑的介面對於設計光學元件而言是理想的，像是波導、透鏡以及鏡面。液體的折射率是可以調整以適合任何的應用。除此之外，可藉由更改液體的系統來輕易調配元件的光學性質，這項特徵是獨一無二的，且對具有相當功能的固態材料，像是玻璃、金屬以及半導體來說是不能達成的。

Jong-Min Lim 等人在 2008 年發表“Fluorescent liquid-core/ air-cladding waveguides towards integrated optofluidic light sources”。此文獻是利用氣壓施加於液體邊界固定波導的形狀，選定液體作為纖核層，可使得包層與纖核層間的折射率差異值夠大以至提升光傳導的效率。

Wolfe 等人在 2004 年提出“Dynamic control of liquid-core/liquid-cladding optical waveguides,”其實現了液體纖核液體包層波導在一個由聚二甲基矽氧烷 (Polydimethylsiloxane, PDMS) 製作成的元件。利用外加注射針幫浦驅動液體，在微小尺寸裡纖核液體與包層液體在低雷諾數的條件下以層流的方式流動，液體與液體的介面相較於固態光纖的介面平滑，因此能減少經由散射所造成的光損失。然而，液體的相對折射率差值在流道的一開始維持的很好，可是隨著液體的行進，包層液體以纖核液體間的橫向分子擴散越

來越明顯，降低了液體間的折射率差值。

由上述的先前技術可發現目前流體式波導系統大部分使用液體，且製作方式為元件必須製作出封閉流道提供液體流動，並且沒有元件內驅動液體的元件，而是以外加幫浦施加壓力讓液體流動，液體在微小尺寸下以層流的方式流動雖然擁有液體之間介面平滑的優點，但卻無法避免相同液體間橫向的分子擴散或是熱擴散，造成光波導系統的折射率差值減少。若是使用不同的液體形成流體式波導系統，雖然減少液體間擴散的問題，但卻有液體回收的問題。另外，若是纖核液體受到流速或壓力的影響而接觸到流道的管壁，則相對液體介面更粗糙的固體介面會讓在纖核液體內傳播的光因散射而產生更多的光損失。

有鑑於此，本發明遂針對上述習知技術之缺失，提出一種嶄新的流體式光波導元件及其形成方法，以有效克服上述之該等問題。

### 【發明內容】

本發明之主要目的在提供一種流體式光波導元件及其形成方法，其是在具有低折射率之包層流體中，藉由施加電場方式，於電極上驅動具有高折射率之纖核流體，並藉由電極圖形控制纖核液體所形成之二維形狀。

本發明之另一目的在提供一種流體式光波導元件及其形成方法，其係利用電場界定出纖核流體所形成之流道位置，具有操作簡易與快速的優點。

本發明之再一目的在提供一種流體式光波導元件及其形成方法，其無不同折射率流體擴散的疑慮，且因為屬於非流動之流體，具有不需補充流體，界面維持穩定與可降低成本的優勢。

本發明之又一目的在提供一種流體式光波導元件及其方法，其係利用

施加電場來形成流體式光波導元件，因此不需額外外加幫浦。

為達上述之目的，本發明提供一種流體式光波導元件，其包含有：一中空本體；一容設於中空本體內的包層流體；一設於包層流體內的纖核流體，其折射率高於包層流體；以及一設於中空本體上的驅動電極，其係用以驅動纖核流體。

本發明尚提供一種形成流體式光波導元件的方法，其包含有下列步驟：提供一中空本體；於中空本體內填入一第一流體與一位於第一流體周圍之第二流體，其中第一流體之折射率高於第二流體；以及施加一驅動電場，使第一流體形成一纖核流體，第二流體形成包覆於纖核流體周圍之包層流體，以構成一類體式光波導元件。

底下藉由具體實施例詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

### 【實施方式】

本發明之精神所在係是在具有低折射率之包層流體中，藉由施加電場方式，於電極上驅動具有高折射率之纖核流體，以組構成一類體式光波導元件。且流體可以包含有液體與氣體。

以下的說明，係用以使熟悉該項技藝更清楚明白如何施行本發明，但並不能因此界定本發明之權利範疇需完全依照實施例所載，任何基於本發明之精神所做的潤釋或修改，例如材料的選用等，均當仍屬本發明之範疇。

請一併參閱第 1 (a) 圖、第 1 (b) 圖與第 1 (c) 圖，其係各為利用本發明之精神所建構成之流體式光波導元件的截面結構示意圖、AA' 截面處的折射率變化示意圖與 BB' 截面處的折射率變化示意圖。如圖所示，本發明

之流體式光波導元件主要包含有一設有一驅動電極 10 的中空本體 12、一容設於中空本體 12 內的包層流體 14；以及一設於包層流體 14 內且由驅動電極 10 驅動成型的纖核流體 16，其中纖核流體 16 的折射率較包層流體 14 高，如第 1 (b) 圖所示，纖核流體 16 之折射率  $n_{16}$  明顯高於包層流體之折射率  $n_{14}$ ，以讓光可以在纖核流體中以全反射的方式傳播。

其中，纖核流體 16 的介電常數也可高於包層流體 14 之介電常數。

此設有驅動電極 10 的中空本體 12 係由一上基板 18、一下基板 20；以及二個分設於上基板 18 與下基板 20 間且位於兩側邊的間隔壁 22、24 所組成。上基板 18 與下基板 20 可以是玻璃。上基板 18 之底面形成有一上電極 26 與一上疏水層 28。下基板 20 之頂面依序形成有一圖案化下電極 30 與一下疏水層 32。上電極 26 與圖案化下電極 30 構成驅動電極 10。舉例來說，上電極 26 為接地電極，而圖案化下電極 30 是具有圖案設計，以產生不同的二維圖案驅動效果。

上述之上電極 26 也可視需求具有圖案設計。

請參閱第 1 (c) 圖，本發明之流體式光波導元件在 BB' 截面處的折射率變化，其中  $n_{18}$  是代表上基板 18 的折射率， $n_{26}$  是代表上電極 26 的折射率， $n_{28}$  是代表上疏水層 28 的折射率， $n_{16}$  是代表纖核流體 16 之折射率， $n_{32}$  是代表下疏水層 32 的折射率， $n_{20}$  是代表下基板 20 的折射率。

上疏水層 28 與下疏水層 32 之材質可以是鐵氟龍 (Teflon)。纖核流體 16 與包層流體 14 各可選自於液體或氣體，例如空氣等無害氣體。當纖核流體 16 與包層流體 14 皆為液體時，纖核流體 16 的材質可以為  $\gamma$ -丁內酯 ( $\gamma$ -butyrolactone)，簡稱為 GBL ( $n_{16}=1.442$ )，包層流體 14 可以選用黏滯度



為 20 cSt 的矽油 (Dow Corning 200<sup>®</sup> Fluid,  $n_{14} = 1.401$ )。

本發明在驅動電極 10 上施加電壓 34，在此實施例中是採交流電壓，利用產生的交流電場形成沿著圖案化電極 30 設定的形狀驅動且位於包層流體 14 中的纖核流體 16，並利用纖核流體 16 與包層流體 14 的折射率差作為流體式光波導元件。本發明利用交流電場將纖核流體形成圖案化電極所設定之圖形，在形狀固定的穩定度上優於氣壓固定的方式，再者包層流體 14 與纖核流體 16 都是流體因此具有界面平滑的優勢，可以減少散射所造成的能量損失。

此外，本發明可利用疏水層 (28、32) 作為介電層，當施加電壓時，在介電層上形成電場使流體式光波導元件成型。

本發明相較於先前技術利用幫浦驅動液體且利用液體本身擴散因素所形成之流體式光波導元件來說，本發明能夠減少液體的遲延時間，進而增加液態波導形成的效率，甚至加快光切換的速率。

使用流體所形成光波導元件的優點為材料的調變度很大，藉由改變材料便可改變光在纖核液體層中發生全內反射的最小彎曲半徑，再加上本發明只需設計驅動電極圖案即可利用電場驅動纖核流體為任何二維形狀，無論在任何方面之應用，均不需額外的外加元件設計，使得成本降低、更具方便性。

請參見第 2 圖，其係本發明之形成流體式光波導元件的方法。如圖所示，首先，如步驟 S1 所述，提供一中空本體；接續，如步驟 S2 所述，於中空本體內依序填入第一流體與位於第一流體周圍之第二流體，其中第一流體之折射率高於第二流體；以及如步驟 S3 所述，施加一驅動電場，使第

一流體形成纖核流體，第二流體形成包覆於纖核流體周圍之包層流體，以構成如第 1 (a) 圖所示之流體式光波導元件。

其中，中空本體可以如先前所述由上基板、下基板；以及二個分設於上基板與下基板間且位於兩側邊的間隔壁所組構成。而驅動電場是可由第 1 (a) 圖所示之形成於上基板底面之上電極與形成於下基板頂面之圖案化下電極經施加一交流電壓驅動所形成。

而作為纖核流體之第一流體與作為包層流體之第二流體的材料選用，以及疏水層的材料選用係如先前所述，於此不再贅述。

以下係本發明與先期技術的比較，請參表一。

表一

先前技術	本發明
流道複雜，操控麻煩	利用電場驅動形成纖核流體之流道形狀，操作簡易與快速
流道擴散，導致流道變形	無擴散疑慮
流道內流體需不斷提供，以保持液態光纖形狀完整，成本較高	非流動流體，故不需補充流體，降低成本
需外加幫浦或物件（氣壓加壓）	不需額外外加幫浦
流速不穩定，界面穩定度差	非流動性，界面維持穩定
製程較複雜，封裝麻煩	製程與封裝容易

請一併參閱第 3 (a) 圖與第 3 (b) 圖。第 3 (a) 圖係用以描述本發明形成漸縮 L 型流體式光波導元件時的圖案化下電極的圖形設計，以及雷射光源 (Nd: YAG 532nm) 與觀測器 (CCD) 相對於圖案化下電極的設置位置示意圖。第 3 (b) 圖為利用第 3 (a) 圖之圖案化下電極所驅動成型的流

體式光波導元件影像圖。而第 3 (c) 圖與第 3 (d) 圖則是為了觀察第 3 (b) 圖之流體式光波導元件在光學上表現時，於纖核流體中加入一濃度為 1 mM 的若丹明 6G 染色後利用一位於本發明之漸縮 L 型流體式光波導元件上方之 CCD (圖中未示) 所觀察到之上視影像圖與側視影像圖。此實施例中，末端彎曲的電極設計，是為了避免從流體式光波導元件輸出點量到的光訊號是直接來自於雷射光源。由圖中可發現光成功的傳輸到流體式光波導元件的輸出點。再者，從側視影像圖中可看見輸出點處光亮點的右側有一整條亮帶，那是因為螢光分子在纖核流體裡面經雷射光激發後形成螢光散射，進而可以從任何角度觀察到螢光。

請一併參閱第 4 (a) 圖與第 4 (b) 圖，其各為本發明另一種圖案化下電極的實施例示意圖；以及纖核流體經由施加電場沿著此種圖案化下電極驅動成型後的流體式波導元件影像圖。如圖所示，可發現本發明可利用螺旋狀之圖案化下電極來驅動纖核流體形成複雜的螺旋狀流體式光波導元件。

再者，因本發明之纖核流體 16 是沿著圖案化電極 30 所設定的形狀驅動，因此也可作為光學切換系統，舉例來說，請一併參閱第 1 (a) 圖、第 5 (a) 圖與第 5 (b) 圖。如第 1 (a) 圖所示，圖案化電極 30 可圖案化為次電極 30a、次電極 30b 與次電極 30c。當次電極 30a 相對其他次電極 (30b、30c) 具有較高電場時，第一流體將沿著次電極 30a 形成纖核流體 16a，因此光將沿著次電極 30a 上之纖核流體 16a 前進，如第 5 (a) 圖所示。相對的，如果次電極 30b 具有較高電場時，次電極 30b 上將形成纖核流體 16b，第 5 (b) 圖所示。而第 6 (a) 圖、第 6 (b) 圖與第 6 (c) 圖，為上述之本

發明之光學切換系統之側視影像亮點隨纖核流體成型於不同次電極上時的光波導變換情形的影像圖。

因此，本發明不僅可以藉由預設之圖案化下電極的圖案，來驅動位於包層流體中之纖核流體形成不同二維圖形，以作為流體式光波導元件，也可將圖案化電極形成數個次電極，來驅動纖核流體於不同次電極上成型，以作為光學切換系統。

唯以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，並非用來限定本發明實施之範圍。故即凡依本發明申請範圍所述之特徵及精神所為之均等變化或修飾，均應包括於本發明之申請專利範圍內。

#### 【圖式簡單說明】

第 1 (a) 圖、第 1 (b) 圖與第 1 (c) 圖，其係各為本發明之流體式光波導元件的截面結構示意圖、AA' 截面處的折射率變化示意圖與 BB' 截面處的折射率變化示意圖。

第 2 圖係本發明之形成流體式光波導元件的方法流程圖。

第 3 (a) 圖為本發明之一漸縮 L 型流體式光波導元件之架構示意圖。

第 3 (b) 圖為在第 3 (a) 圖之架構下所形成之流體式光波導元件影像圖。

第 3 (c) 圖與第 3 (d) 圖則是第 3 (b) 圖之流體式光波導元件在光學上表現時之上視影像圖與側視影像圖。

第 4 (a) 圖與第 4 (b) 圖係各為本發明另一種流體式光波導元件之電極設計的示意圖與其流體式光波導元件影像圖。

第 5 (a) 圖與第 5 (b) 圖係為本發明作為光學切換系統的示意圖。

第 6 (a) 圖與第 6 (b) 圖與第 6 (c) 圖，其係本發明之光學切換系統之側

視影像亮點隨纖核流體成型於不同次電極上時的光波導變換情形的影像圖。

**【主要元件符號說明】**

10 驅動電極

12 中空本體

14 包層流體

16 纖核流體

16a、16b 纖核流體

18 上基板

20 下基板

22 間隔壁

24 間隔壁

26 上電極

28 上疏水層

30 圖案化下電極

30a、30b、30c 次電極

32 下疏水層

34 電壓

## 七、申請專利範圍：

1. 一種流體式光波導元件，其包含有：
  - 一中空本體，其係包括一上基板、一下基板，以及二個分設於該上基板與該下基板間且位於兩側邊の間隔壁；
  - 一包層流體，其係容設於中空本體內；
  - 一纖核流體，其係設於該包層流體內，該纖核流體的折射率高於該包層流體；以及
  - 一驅動電極，其係設於該中空本體上，該驅動電極係用以驅動該纖核流體，該驅動電極包括一形成於該上基板底面之上電極與一形成於該下基板頂面之圖案化下電極，使該纖核流體在一電壓下沿著該圖案化下電極之形狀驅動且位於該包層流體中，以引導光在該纖核流體中傳播。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之流體式光波導元件，其中該上電極與該圖案化下電極之表面上各形成有一疏水層。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之流體式光波導元件，其中該上電極也具有圖案化。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之流體式光波導元件，其中該上電極與該圖案化下電極之表面上各形成有一介電層。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之流體式光波導元件，其中該圖案化下電極係形成有數個次電極，該纖核流體係沿任一該次電極所設定的形狀驅動，以作為一光學切換系統。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之流體式光波導元件，其中該纖核流體與該包層流體各可選自於液體或氣體。

7. 一種形成流體式光波導元件的方法，其包含有下列步驟：

提供一中空本體，其係包括一上基板、一下基板，以及二個分設於該上基板與該下基板間且位於兩側邊の間隔壁，該上基板底面具有一上電極以及該下基板頂面具有一圖案化下電極；

於該中空本體內填入一第一流體與一位於該第一流體周圍之第二流體，

其中該第一流體之折射率高於該第二流體；以及

施加一驅動電壓至該上電極及該圖案化下電極，使該第一流體形成一纖維核流體，該第二流體形成包覆於該纖維核流體周圍之包層流體，使該纖維核流體在該驅動電壓下沿著該圖案化下電極之形狀驅動且位於該包層流體中，以引導光在該纖維核流體中傳播而構成一光波導元件。

8. 如申請專利範圍第 7 項所述之形成流體式光波導元件的方法，其中該圖案化下電極包含有數個次電極，該交流電係選擇性施加於一該次電極，以使該纖維核流體係沿著該次電極的形狀驅動，以作為一光學切換系統。

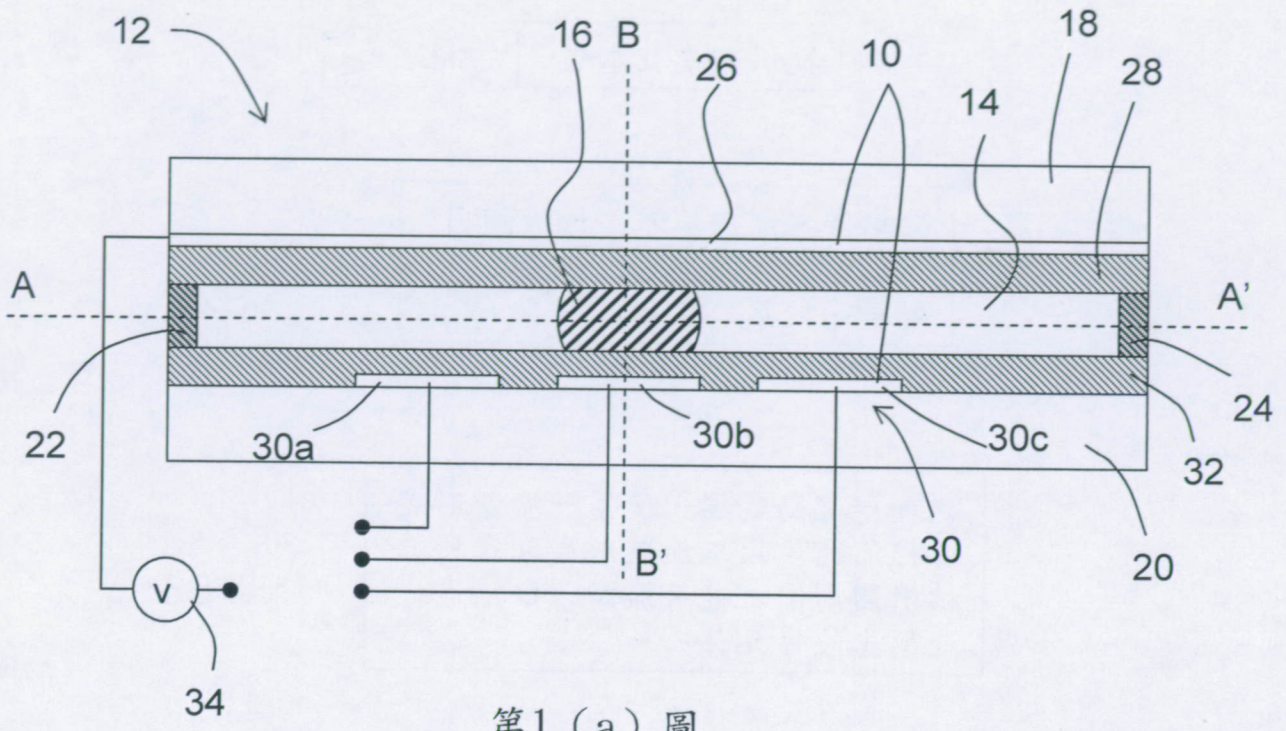
9. 如申請專利範圍第 7 項所述之形成流體式光波導元件的方法，其中該上電極與該圖案化下電極之表面上各形成有一疏水層。

10. 如申請專利範圍第 7 項所述之形成流體式光波導元件的方法，其中該上電極也具有圖案化。

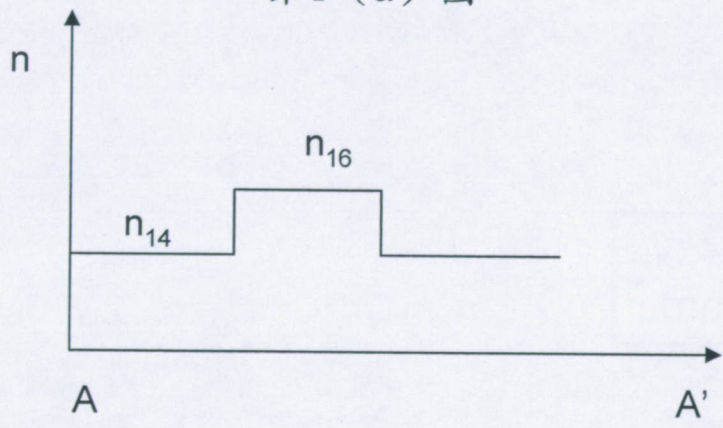
11. 如申請專利範圍第 7 項所述之形成流體式光波導元件的方法，其中該上電極與該圖案化下電極之表面上各形成有一介電層。

12. 如申請專利範圍第 7 項所述之形成流體式光波導元件的方法，其中該纖維核流體與該包層流體各可選自於液體或氣體。

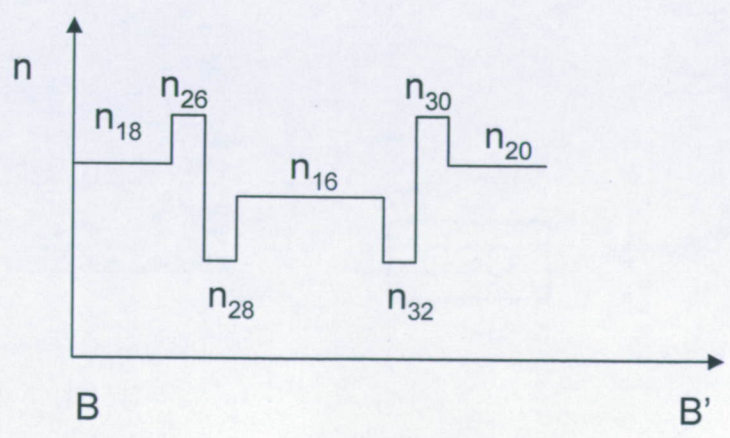
八、圖式：



第1 (a) 圖

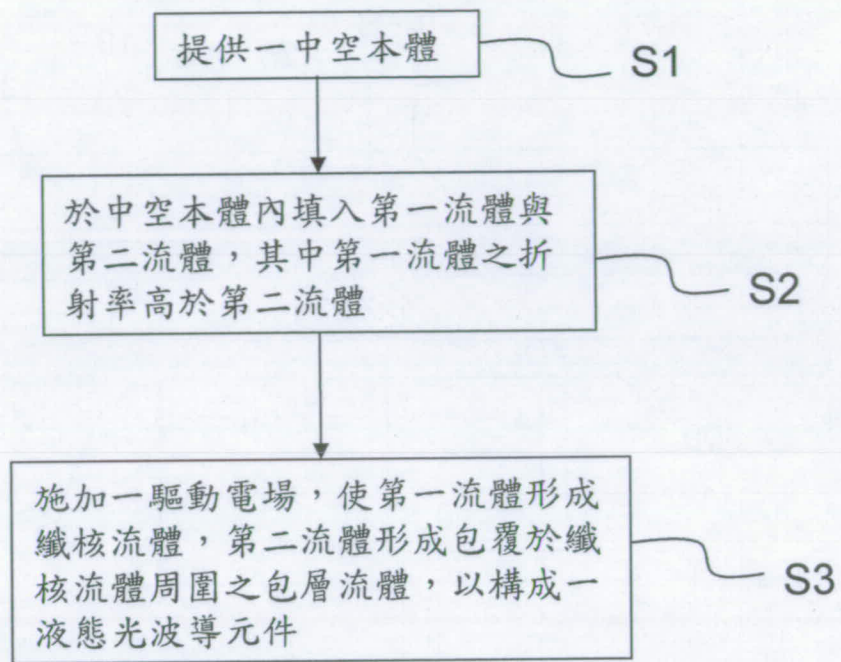


第1 (b) 圖

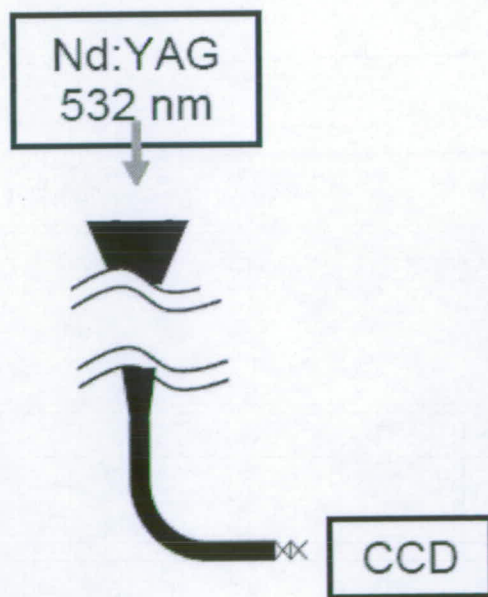


第1 (c) 圖

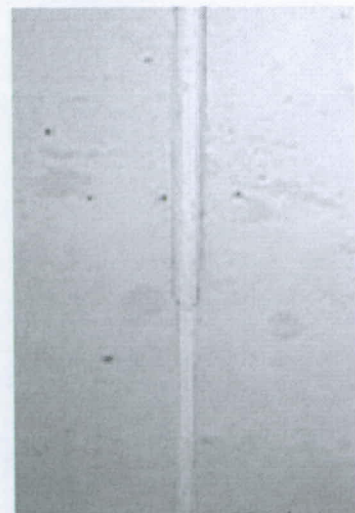




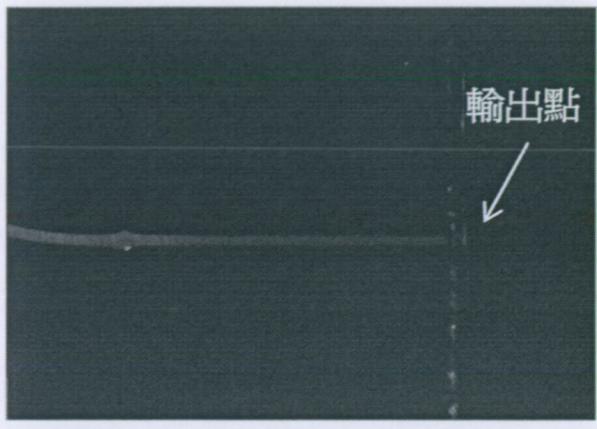
第2圖



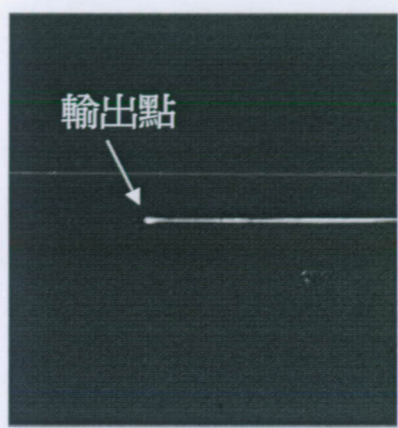
第3 (a) 圖



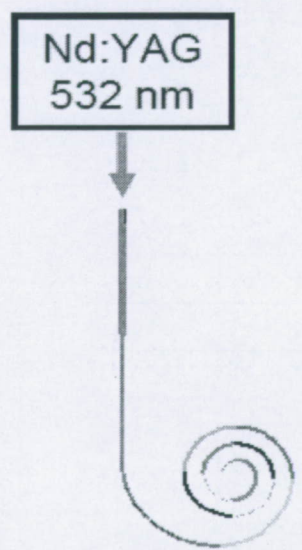
第3 (b) 圖



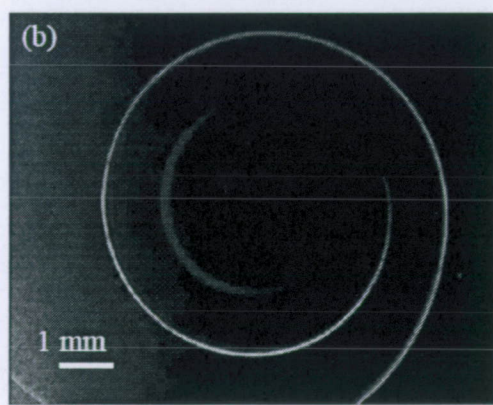
第3 (c) 圖



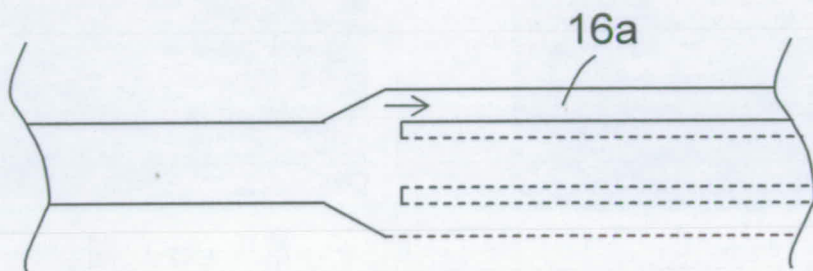
第3 (d) 圖



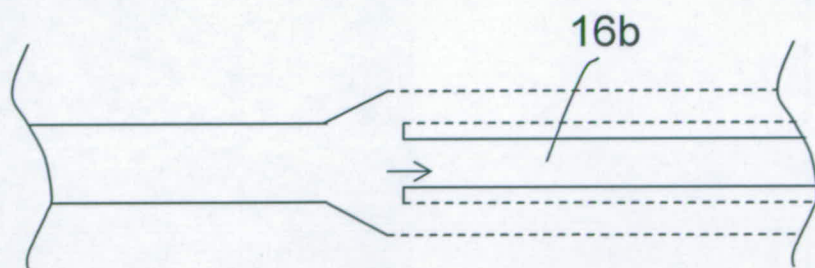
第4 (a) 圖



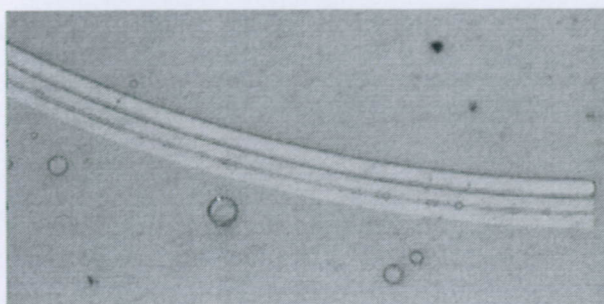
第4 (b) 圖



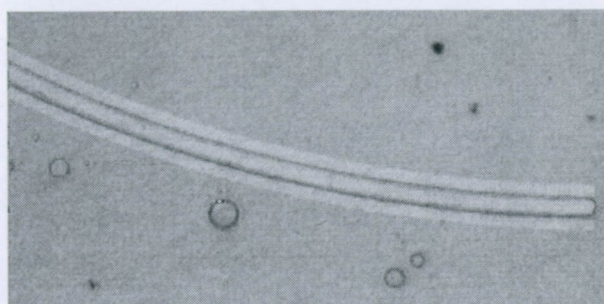
第5 (a) 圖



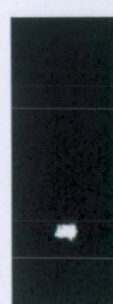
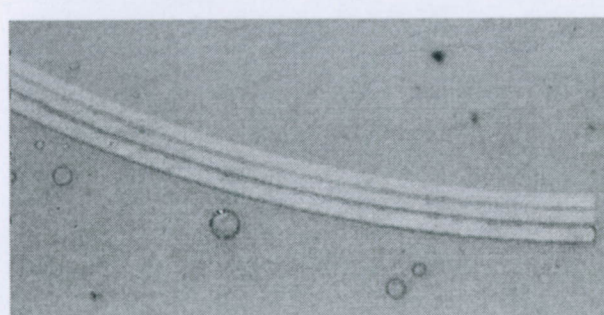
第5 (b) 圖



第6 (a) 圖



第6 (b) 圖



第6 (c) 圖