



(21)申請案號：100145996

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 12 月 13 日

(51)Int. Cl. : G02B6/42 (2006.01)

(71)申請人：國立中正大學(中華民國) NATIONAL CHUNG CHENG UNIVERSITY (TW)

嘉義縣民雄鄉大學路 168 號

(72)發明人：許偉庭 HSU, WEI TING (TW)；周禮君 CHAU, LAI KWAN (TW)

(74)代理人：李國光；張仲謙

(56)參考文獻：

TW I348543

TW 201028678A

US 6408117B1

審查人員：蔡志明

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：3 共 18 頁

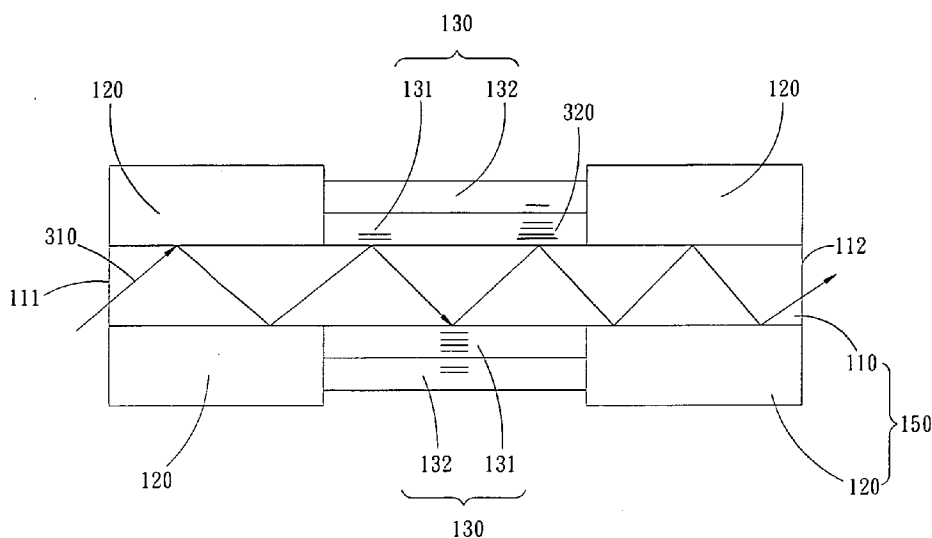
(54)名稱

光纖光柵感測器

(57)摘要

本發明係揭露一種光纖光柵感測器，至少包含光纖及具有光柵層之感測單元。其中，光纖具有感測段暴露出光纖纖核，且光纖係以全內反射之方式傳輸具有能量之光線。此外，感測單元之光柵層係以一凝膠黏著於光纖之感測段暴露出之光纖纖核上，當光線傳輸至感測段時，光線之部分能量滲透並消逝於感測單元中。其中，凝膠係光聚合溶膠凝膠。另外，感測單元更可具有奈米粒子層，此奈米粒子層位於光柵層上，且奈米粒子層具有貴金屬奈米物質。

100



100 . . . 光纖光柵感測器

110 . . . 光纖纖核

111 . . . 入射端

112 . . . 出射端

120 . . . 覆蓋層

130 . . . 感測單元

131 . . . 光柵層

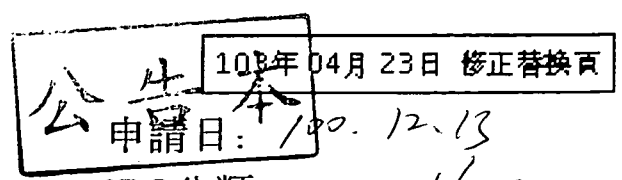
132 . . . 奈米粒子層

150 . . . 光纖

310 . . . 光線

320 . . . 漸逝波

第 1 圖



IPC分類: G02B 6/02(2006.01)

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 光纖光柵感測器**【中文】**

本發明係揭露一種光纖光柵感測器，至少包含光纖及具有光柵層之感測單元。其中，光纖具有感測段暴露出光纖纖核，且光纖係以全內反射之方式傳輸具有能量之光線。此外，感測單元之光柵層係以一凝膠黏著於光纖之感測段暴露出之光纖纖核上，當光線傳輸至感測段時，光線之部分能量滲透並消逝於感測單元中。其中，凝膠係光聚合溶膠凝膠。另外，感測單元更可具有奈米粒子層，此奈米粒子層位於光柵層上，且奈米粒子層具有貴金屬奈米物質。

【指定代表圖】：第(1)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

100：光纖光柵感測器

110：光纖纖核

111：入射端

112：出射端

120：覆蓋層

130：感測單元

131：光柵層

132：奈米粒子層

150：光纖

310：光線

320：漸逝波

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

【特徵化學式】

【發明說明書】

【中文發明名稱】 光纖光柵感測器

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種感測器，特別是有關於一種光纖光柵感測器。

【先前技術】

【0002】 習知之訊息傳遞係藉由同軸電纜傳輸訊息之轉換能量，但同軸電纜本身即容易損耗傳輸時之能量，且容易受到電磁干擾，進而產生許多不必要之雜訊。因此，近年來人們紛紛改用光纖以傳輸訊息。且光纖具有良好之傳輸特性，因此光纖感測器之應用亦日益增多。

【0003】 然而，習知之光纖感測器因成本及使用目的之考量，多製成小尺寸之光纖感測器。但是，小尺寸之光纖感測器所能容納之光膜鈦亦相對較少，換言之，亦即光訊號之強度較弱。因此，習知之光纖感測器須搭配一組高性能之光感測器方能正常運作，高性能之光感測器例如為光譜儀。此外，習知之光纖感測器之感測靈敏度與偵測解析度亦受於光纖感測器之結構而限縮。

【發明內容】

【0004】 鑑於習知技藝之各項問題，為了能夠兼顧解決之，本發明人基於多年研究開發與諸多實務經驗，提出一種光纖光柵感測器，以作為改善上述缺點之實現方式與依據。

【0005】 有鑑於上述習知技藝之問題，本發明之目的就是在提供一種光纖

光柵感測器，藉以提升感測器之感測靈敏度與偵測解析度，並藉由檢光器(photo detector)檢測光訊號之強度以取代高性能之光譜儀(spectrometer)，藉以降低感測之成本。

【0006】緣是，為達上述目的，依本發明之光纖光柵感測器至少包含光纖及具有光柵層之感測單元。其中，光纖係例如由光纖纖核以及包覆光纖纖核之覆蓋層所組成，且此光纖具有感測段暴露出光纖纖核。此外，光纖係以例如全內反射之方式傳輸具有能量之光線。詳言之，光纖之光纖纖核例如具有第一折射率，且覆蓋層例如具有第二折射率，其中，藉由第二折射率小於第一折射率，藉以使具有能量之光線得以全內反射之方式於光纖中傳輸。因此，光纖纖核之材質可例如為石英或二氧化矽，且覆蓋層之材質可例如為二氧化矽或有機高分子。另外，此光纖可例如具有入射端及出射端，使得例如由一光發射器發射之具有能量之光線例如藉由光纖之入射端進入光纖中，並例如於光纖內以全內反射之方式前進，再例如經由光纖之出射端離開光纖以進入一檢光器。

【0007】此外，本發明之光纖光柵感測器之感測單元具有光柵層，此光柵層係以一凝膠黏著於光纖之感測段中暴露出的光纖纖核上，當光線以例如全內反射之方式傳輸至感測段時，光線之部分能量會滲透並消逝於感測單元中，此滲透並消逝於感測單元中之部分能量稱為漸逝波。另外，此光柵層係例如布拉格光纖光柵，且此布拉格光纖光柵之週期係例如約小於1微米。

【0008】此外，前述之凝膠可例如係光聚合溶膠凝膠，且製作此光聚合溶膠凝膠溶液之方法可例如為：首先混合巯基3甲氧基係烷(3-mercaptopropyl trimethoxysilane, MPTMS)及鹽酸以形成第

一溶液。並且，四丁氧基鈦(Titanium(IV) n-butoxide, (Ti(OBu)₄))、甲基丙烯酸(Methacrylic acid, MAA)及丁醇以形成第二溶液。接著，加入第一溶液於第二溶液中以形成第三溶液。再於第三溶液中加入去離子水以形成第四溶液。最後，加入光聚合起始劑於第四溶液中，即可形成光聚合溶膠凝膠溶液。

【0009】 因此，本發明之一特點在於，藉由凝膠黏著光柵層於光纖纖核上，藉以形成本發明之光纖光柵感測器之光柵層，且此光柵層具有良好之感測靈敏度與偵測解析度。

【0010】 本發明之光纖光柵感測器之感測單元更可例如具有奈米粒子層，此奈米粒子層位於光柵層上。其中，奈米粒子層藉由奈米粒子層表面之自由電子雲受到漸逝波能量之激發，而產生粒子電漿共振現象，藉以增加漸逝波之能量，減少光纖內光線反射之能量，進而增加本發明之光纖光柵感測器之感測靈敏度與偵測解析度。此外，奈米粒子層之成份可例如為貴金屬奈米物質，此貴金屬奈米物質可例如為貴金屬奈米圓球、貴金屬奈米棒或貴金屬奈米殼體。而且，貴金屬奈米物質可例如為黃金、銀或白金。此外，奈米粒子層之表面可例如修飾有辨識單元，此辨識單元可例如為化學分子、抗體(antibody)、抗原(antigen)、凝集素(lectin)、激素受體(hormone receptor)、核酸(nucleic acid)或醣類。

【0011】 因此，本發明之另一特點在於，藉由感測單元中之奈米粒子層，藉以減少光纖內光線反射之能量，進而增加本發明之光纖光柵感測器之感測靈敏度與偵測解析度。

【0012】 除此之外，本發明之光纖光柵感測器更可例如包含微流體部。其

中，微流體部係例如包覆於感測段之外圍。此微流體部係用以裝置待感測之感測物。

【0013】 承上所述，本發明之光纖光柵感測器，可具有一或多個下述優點：

【0014】 (1)藉由感測單元中之光柵層與奈米粒子層，藉以增加漸逝波之能量，進而增加光纖光柵感測器之感測靈敏度。

【0015】 (2)藉由感測單元中之光柵層與奈米粒子層，藉以增加漸逝波之能量，進而增加光纖光柵感測器之偵測解析度。

【0016】 茲為使 貴審查委員對本發明之技術特徵及所達到之功效有更進一步之瞭解與認識，謹佐以較佳之實施例及配合詳細之說明如後。

【圖式簡單說明】

【0017】 第1圖 係為本發明之光纖光柵感測器之剖面示意圖；

【0018】 第2圖 係為本發明之光纖光柵感測器設有微流體部之立體示意圖；以及

【0019】 第3圖 係為使用本發明之光纖光柵感測器之系統方塊圖。

【實施方式】

【0020】 以下將參照相關圖式，說明依本發明較佳實施例之光纖光柵感測器，為使便於理解，下述實施例中之相同元件係以相同之符號標示來說明。

【0021】 請參閱第1圖至第2圖，第1圖係為本發明之光纖光柵感測器之剖面示意圖，第2圖係為本發明之光纖光柵感測器設有微流體部之

立體示意圖。如第1圖至第2圖所示，本發明之光纖光柵感測器100至少包含光纖150及具有光柵層131之感測單元130。其中，光纖150係例如由光纖纖核110及包覆光纖纖核110之覆蓋層120所組成，且光纖150具有暴露出光纖纖核110之感測段101。換言之，光纖150具有以覆蓋層120包覆光纖纖核110之覆蓋段102以及暴露出光纖纖核110之感測段101。

【0022】此外，光纖纖核110例如具有第一折射率，覆蓋層120例如具有第二折射率，藉由第二折射率小於第一折射率，藉以使光纖150得以例如全內反射之方式傳輸具有能量之光線310。其中，光纖纖核110之材質可例如為石英或二氧化矽，且覆蓋層120之材質可例如為二氧化矽或有機高分子。詳言之，光纖150例如具有入射端111及出射端112，且具有能量之光線310例如由入射端111進入光纖150中，並於光纖150之光纖纖核110中前進。若光纖纖核110中前進之光線310碰觸到覆蓋層120，會因為第二折射率小於第一折射率，且根據司乃耳定律(Snell' s Law) 使得不論光線310以任何大於臨界角之角度碰觸到覆蓋層120，光線310皆能全內反射回光纖纖核110中。其中，臨界角與第一折射率及第二折射率有關。因此，光線310得以於光纖纖核110中持續前進，直至光線310由出射端112離開光纖150。

【0023】除此之外，本發明之光纖光柵感測器100之感測單元130具有光柵層131，且此光柵層131係例如藉由一凝膠以黏著於光纖150之感測段101中所暴露出之光纖纖核110上，藉以使得當光線310以全內反射之方式傳輸至感測段101時，光線310之部分能量會滲透並消逝於感測單元130中，此滲透於感測單元130之部分能量即稱之

為漸逝波320。其中，光柵層131可例如為布拉格光纖光柵，且此布拉格光纖光柵之週期例如約小於1微米，舉例而言，此布拉格光纖光柵之週期例如約為824奈米。此外，凝膠可例如為光聚合溶膠凝膠。舉例而言，黏著之方式可例如為先製作光聚合溶膠凝膠溶液，再將翻製有光柵之矽膠膜(Polydimethylsiloxane, PDMS)藉由此光聚合溶膠凝膠溶液將矽膠膜上之光柵黏著於光纖150之感測段101中所暴露出之光纖纖核110上。

【0024】 詳言之，首先例如去除光纖150之感測段101上之覆蓋層120，藉以於感測段101上暴露出光纖纖核110。接著例如配製光聚合溶膠凝膠溶液。舉例而言，混合約375微升(μL)之巰基3甲氧基矽烷(3-mercaptopropyl trimethoxysilane, MPTMS)及約57.6微升之約0.02當量濃度之鹽酸並均勻攪拌約30分鐘以形成第一溶液，再混合約271微升之四丁氧基鈦(Titanium(IV) n-butoxide, $(\text{Ti}(\text{OBu})_4)$)、約67微升之甲基丙烯酸(Methacrylic acid, MAA)及約72微升之丁醇，並均勻攪拌約30分鐘以形成第二溶液。接著例如將第一溶液加入第二溶液中，並共同攪拌約30分鐘以形成第三溶液，再於第三溶液中加入約56.8微升之去離子水，且持續攪拌約30分鐘以形成第四溶液。最後，加入0.04克之光聚合起始劑(例如由汽巴精化公司(Ciba, Chemical Industries Basel)所製造之Irgacure 1800)於第四溶液中，並持續攪拌約2小時以形成光聚合溶膠凝膠溶液。

【0025】 待於光纖150之感測段101上暴露出光纖纖核110，以及配製完成光聚合溶膠凝膠溶液後，接著例如取出約10微升之光聚合溶膠凝膠溶液，並將此10微升之光聚合溶膠凝膠溶液塗佈於翻製有光柵

之矽膠膜之光柵上。接著，再例如將光纖150暴露出之光纖纖核110放置於矽膠膜之光柵上並例如烘烤約30分鐘，之後再例如照射紫外光約10分鐘以使光聚合溶膠凝膠溶液聚合。最後，分離光纖150及矽膠膜，並例如以約攝氏110度烘烤光纖150約12小時，即可將光柵層131黏著於光纖150之光纖纖核110上。

【0026】此外，感測單元130更可例如具有奈米粒子層132，此奈米粒子層132位於光柵層131上，用以增加本發明之光纖光柵感測器100之靈敏度。其中，奈米粒子層132之成份可例如為貴金屬奈米物質，此貴金屬奈米物質可例如為貴金屬奈米圓球、貴金屬奈米棒或貴金屬奈米殼體，且此貴金屬奈米物質可例如為黃金奈米粒子、銀奈米粒子或白金奈米粒子。此外，奈米粒子層之表面可例如修飾有辨識單元，此辨識單元可例如為化學分子、抗體(antibody)、抗原(antigen)、凝集素(lectin)、激素受體(hormone receptor)、核酸(nucleic acid)或醣類。其中，辨識單元具有選擇能力，因此，待感測之感測物中，僅有特定對應於辨識單元之物質能影響並改變奈米粒子層132吸收漸逝波320之能量。換言之，若本發明之光纖光柵感測器100之奈米粒子層132修飾有感測單元，則本發明之光纖光柵感測器100係一具有選擇性之感測器。

【0027】詳言之，當漸逝波320滲透於感測單元130時，奈米粒子層132表面之自由電子雲受到能量之激發，因而產生例如粒子電漿共振現象，增加奈米粒子層132吸收漸逝波320之能量，並提高漸逝波320之能量於光線310之能量中之比例，進而增加本發明之光纖光柵感測器100之感測靈敏度。另外，形成奈米粒子層132之方式可

例如係先合成貴金屬奈米物質，再將貴金屬奈米物質自組裝於光柵層131上。

【0028】舉例而言，首先將約1克之氯金(III)酸(HAuCl_4)加水稀釋至約1公升之氯金(III)酸溶液，並將約0.0113克之硼氫化鈉(NaBH_4)加乙醇稀釋至2毫升(mL)之硼氫化鈉溶液。接著，例如取約1.78毫升之氯金(III)酸溶液加入約8.22毫升之三氯甲烷(CHCl_3)中，藉以形成約10毫升之混合溶液。接著例如在此混合溶液中加入約0.0728克之溴化十六烷基三甲基銨(cetyltrimethylammonium bromide, CTAB)，並攪拌約10分鐘。接著再例如加入約800微升之硼氫化鈉溶液，且持續攪拌約30分鐘。接著，例如靜置此混合溶液約2小時以待此混合溶液分為上層之水溶液以及下層之貴金屬奈米物質之膠體溶液。最後再例如藉由分液漏斗以取出貴金屬奈米物質之膠體溶液。

【0029】待合成貴金屬奈米物質之膠體溶液後，可例如先將100微升之巰基3甲氧基矽烷加入甲苯稀釋至10毫升以形成巰基3甲氧基矽烷溶液。接著例如將光纖150浸泡於此巰基3甲氧基矽烷溶液約12小時，藉以使巰基3甲氧基矽烷自我組裝於光纖150之光柵層131上。接著，再例如將組裝有巰基3甲氧基矽烷之光纖150浸泡於前述之貴金屬奈米物質之膠體溶液中約12小時，藉以使貴金屬奈米物質固定於光柵層131上。最後，例如藉由以甲醇及純水沖洗光纖150，藉以去除多餘之貴金屬奈米物質，即可完成本發明之光纖光柵感測器100之奈米粒子層132之形成。

【0030】另外，本發明之光纖光柵感測器100更可例如包含微流體部140。其中，微流體部140例如包覆於光纖150之感測段101之外圍，用

以裝置待感測之感測物。

【0031】 爲了證實本發明之光纖光柵感測器100確實具有提升感測靈敏度之效果，發明人更提出實驗數據以佐證其效果，實驗數據及過程如後所示。

【0032】 請接續參與第3圖，第3圖係爲使用本發明之光纖光柵感測器之系統方塊圖。如第1圖至第3圖所示，使用本發明之光纖光柵感測器100之方法係例如首先藉由函數產生器210產生例如方波訊號傳給光發射器220，同時將此方波訊號傳給鎖相放大器250。其中，鎖相放大器250可例如用以放大特定之窄頻寬之訊號，藉以降低雜訊之干擾。接著，光發射器220例如將此方波訊號轉爲固定頻率之光線310，並將此光線310經由光纖150之入射端111偶合入本發明之光纖光柵感測器100之光纖150中，其中此光線可例如爲波長532奈米之綠光。如前述而言，此光線310係例如以全內反射之方式傳輸於光纖150中，且漸逝波320例如滲透並消逝於感測單元130中。接著，光線310經由光纖150之出射端112離開光纖150以進入檢光器240中，檢光器240再例如將接收之光線310之能量轉換爲電位訊號，並傳輸給鎖相放大器250以放大接收之電位訊號並降低雜訊之干擾。最後，再例如藉由輸出裝置260以輸出訊號之數值，其中輸出裝置260可例如爲電腦。

【0033】 其中，本發明之光纖光柵感測器100之一特點在於，習知之光纖光柵感測器需要藉由較爲精密之光譜儀，藉以量測光線310之能量變化。相較之下，本發明之光纖光柵感測器100僅需藉由較爲簡便之檢光器240搭配鎖相放大器250即可測出光線310之能量變化。

【0034】 此外，藉由前述之方法可例如依序裝置不同折射率之溶液於微流體部140，再觀察接收之光線310之強度。為便於觀察，可例如依序裝置折射率由低至高之溶液於微流體部140中。其中，即使本發明之光纖光柵感測器100之感測單元130僅具有光柵層131，當折射率提高時，接收之光線310之強度之下降趨勢係呈階梯式之下降，且偵測解析度為 1.77×10^{-4} ，感測靈敏度為0.21伏特/單位折射率。此外，當本發明之光纖光柵感測器100之感測單元130具有光柵層131及奈米粒子層132時，偵測解析度為 2.74×10^{-5} ，感測靈敏度為0.66伏特/單位折射率。相較之下，習知之感測器之感測靈敏度僅為0.04伏特/單位折射率，本發明之光纖光柵感測器100確實具有提升感測靈敏度之效果。

【0035】 以上所述僅為舉例性，而非為限制性者。任何未脫離本發明之精神與範疇，而對其進行之等效修改或變更，均應包含於後附之申請專利範圍中。

【符號說明】

【0036】 100：光纖光柵感測器

101：感測段

102：覆蓋段

110：光纖纖核

111：入射端

112：出射端

120：覆蓋層

130：感測單元
131：光柵層
132：奈米粒子層
140：微流體部
150：光纖
210：函數產生器
220：光發射器
240：檢光器
250：鎖相放大器
260：輸出裝置
310：光線
320：漸逝波

【主張利用生物材料】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】

無

【發明申請專利範圍】

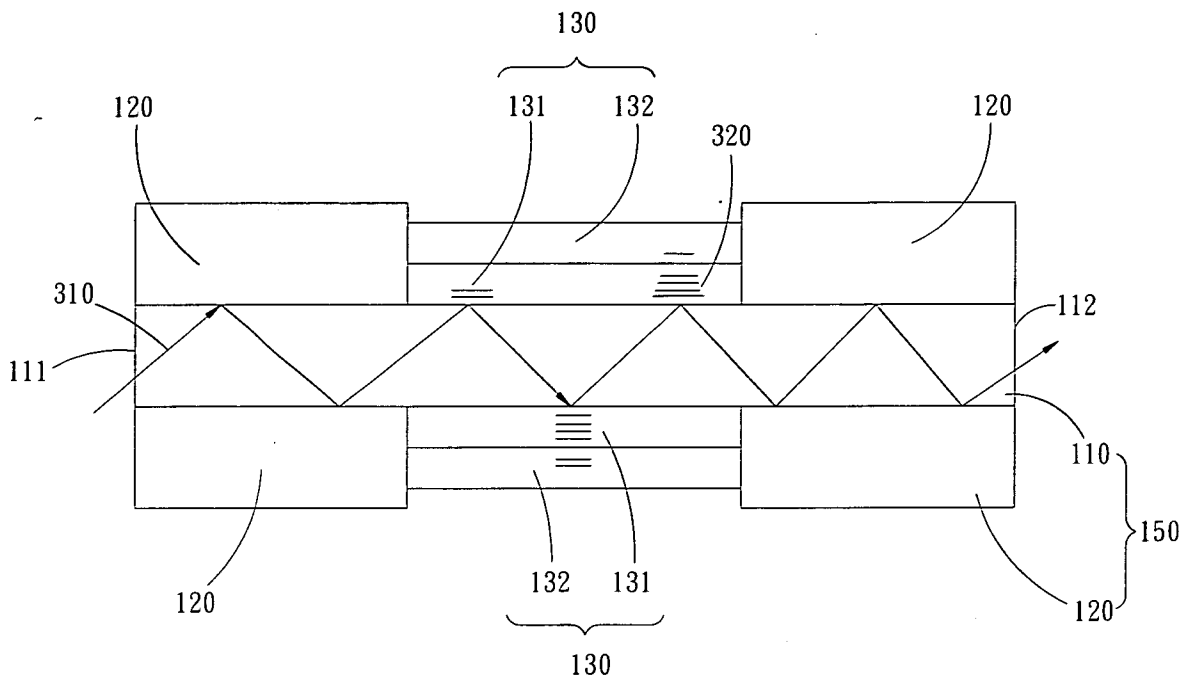
- 【第1項】 一種光纖光柵感測器，至少包含：
- 一光纖，該光纖係由一光纖纖核及包覆該光纖纖核之一覆蓋層組成，其中該光纖具有一感測段暴露出該光纖纖核，且該光纖係以一全內反射之方式傳輸具有能量之一光線；以及具有至少一光柵層之一感測單元，該感測單元之該光柵層係以一凝膠黏著於該光纖之該感測段中暴露出的該光纖纖核上，其中當該光線以該全內反射之方式傳輸至該感測段時，該光線之部分能量係滲透並消逝於該感測單元中，其中該凝膠係一光聚合溶膠凝膠。
- 【第2項】 如申請專利範圍第1項所述之一種光纖光柵感測器，其中該光纖具有一入射端及一出射端，使得由一光發射器發射之該光線藉由該入射端進入該光纖中，再經由該出射端離開該光纖以進入一檢光器。
- 【第3項】 如申請專利範圍第1項所述之一種光纖光柵感測器，其中該光聚合溶膠凝膠之製作方法包含：
- 混合巰基3甲氧基矽烷及鹽酸以形成一第一溶液；
- 混合四丁氧基鈦、甲基丙烯酸以及丁醇以形成一第二溶液；
- 混合該第一溶液以及該第二溶液以形成一第三溶液；
- 混合去離子水以及該第三溶液以形成一第四溶液；以及混合光聚合起始劑以及該第四溶液並照射紫外光以形成該光聚合溶膠凝膠。
- 【第4項】 如申請專利範圍第1項所述之一種光纖光柵感測器，其中該光柵層

係一布拉格光纖光柵，該布拉格光纖光柵之週期係小於1微米。

- 【第5項】 如申請專利範圍第1項所述之一種光纖光柵感測器，其中該感測單元更具有一奈米粒子層，該奈米粒子層位於該光柵層上，用以增加該光纖光柵感測器之靈敏度。
- 【第6項】 如申請專利範圍第5項所述之一種光纖光柵感測器，其中該奈米粒子層係具有複數個貴金屬奈米物質，該些貴金屬奈米物質為貴金屬奈米圓球、貴金屬奈米棒或貴金屬奈米殼體。
- 【第7項】 如申請專利範圍第6項所述之一種光纖光柵感測器，其中該些貴金屬奈米物質為金奈米粒子、銀奈米粒子或白金奈米粒子。
- 【第8項】 如申請專利範圍第1項所述之一種光纖光柵感測器，其中該光纖光柵之材質係石英或二氧化矽，該覆蓋層之材質係二氧化矽或有機高分子。
- 【第9項】 如申請專利範圍第1項所述之一種光纖光柵感測器，其中該光纖光柵感測器更包含一微流體部，該微流體部包覆於該感測段之外圍，該微流體部係用以裝置待感測之一感測物。

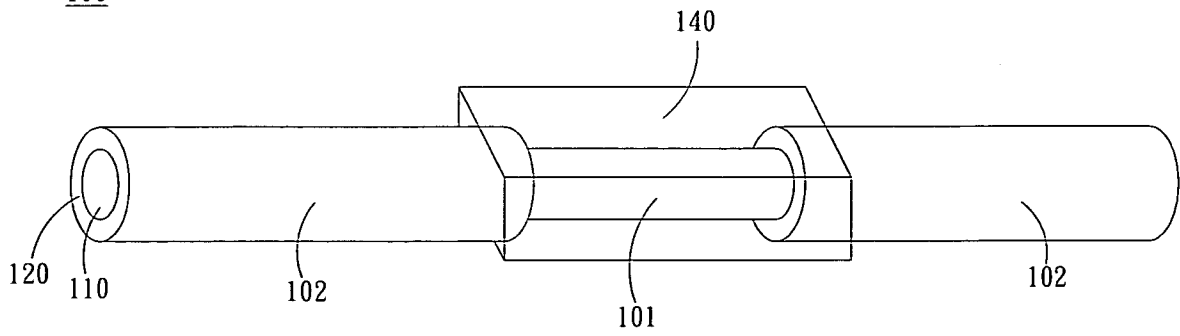
【發明圖式】

100

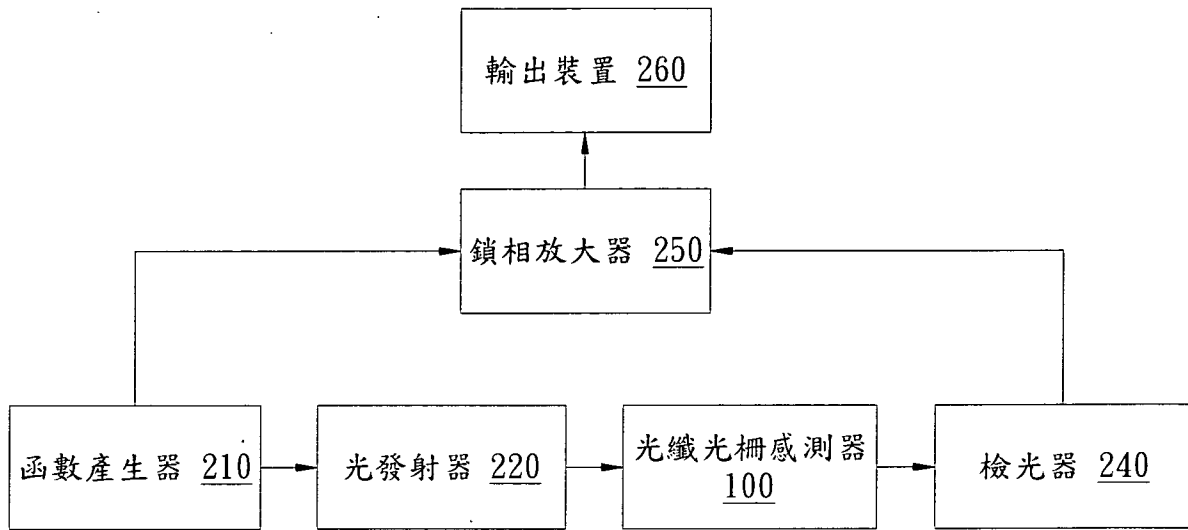


第 1 圖

100



第 2 圖



第 3 圖