



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202016346 A

(43)公開日：中華民國 109 (2020) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：108137920

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 21 日

(51)Int. Cl.：

*C23C16/455 (2006.01)**C23C16/50 (2006.01)**C23C16/52 (2006.01)**C23C16/54 (2006.01)**C08F220/54 (2006.01)**H01J37/32 (2006.01)**B82Y40/00 (2011.01)*

(30)優先權：2018/10/24

中國大陸

201811245255.9

(71)申請人：大陸商江蘇菲沃泰納米科技有限公司 (中國大陸) JIANGSU FAVORED

NANOTECHNOLOGY CO., LTD. (CN)

中國大陸

(72)發明人：宗堅 JIAN, ZONG (CN)

(74)代理人：陳明彥

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：0 共 21 頁

(54)名稱

一種丙烯醯胺納米塗層及其製備方法

(57)摘要

本發明提供了一種丙烯醯胺納米塗層及其製備方法。丙烯醯胺納米塗層的特徵在於將基材暴露於單體蒸汽氛圍中，通過等離子體放電在基材表面發生化學反應形成保護塗層。所述單體蒸汽為汽化的單體 1 或者單體 2，或者單體 1 和單體 2 的混合物。採用本申請的方法在基材表面形成更加緻密、細膩的微凸結構，使該塗層在納米尺度下具有優良耐酸鹼腐蝕性能以及超疏水效果，接觸角可達到 150°以上。

The invention provides a acrylamide nano coating and a preparation method thereof. The acrylamide nano coating is characterized by exposing the substrate to a monomeric vapor atmosphere and chemically reacting on the surface of the substrate by plasma discharge to form a protective coating. The monomeric vapor is vaporized monomer 1 or monomer 2, or a mixture of monomer 1 and monomer 2. The method of the present application is used to form a denser and finer micro-convex structure on the surface of the substrate, so that the coating has excellent acid and alkali corrosion resistance and super-hydrophobic effect at a nanometer scale, and the contact angle can reach 150° or more.



202016346

【發明摘要】

【中文發明名稱】 一種丙烯醯胺納米塗層及其製備方法

【英文發明名稱】 A acrylamide nano coating and preparation method thereof

【中文】

本發明提供了一種丙烯醯胺納米塗層及其製備方法。丙烯醯胺納米塗層的特徵在於將基材暴露於單體蒸汽氛圍中，通過等離子體放電在基材表面發生化學反應形成保護塗層。所述單體蒸汽為汽化的單體1或者單體2，或者單體1和單體2的混合物。採用本申請的方法在基材表面形成更加緻密、細膩的微凸結構，使該塗層在納米尺度下具有優良耐酸鹼腐蝕性能以及超疏水效果，接觸角可達到150°以上。

【英文】

The invention provides a acrylamide nano coating and a preparation method thereof. The acrylamide nano coating is characterized by exposing the substrate to a monomeric vapor atmosphere and chemically reacting on the surface of the substrate by plasma discharge to form a protective coating. The monomeric vapor is vaporized monomer 1 or monomer 2, or a mixture of monomer 1 and monomer 2. The method of the present application is used to form a denser and finer micro-convex structure on the surface of the substrate, so that the coating has excellent acid and alkali

corrosion resistance and super-hydrophobic effect at a nanometer scale, and the contact angle can reach 150° or more.

【指定代表圖】 無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 一種丙烯酸醯胺納米塗層及其製備方法

【英文發明名稱】 A acrylamide nano coating and preparation method

thereof

【技術領域】

【0001】 本發明涉及等離子體化學氣相沉積技術領域，具體涉及到一種納米防護塗層及其製備方法。

【先前技術】

【0002】 眾所周知，氟碳材料中的氟原子低極化率和強電負性賦予了氟碳聚合物許多獨特的性質，如高疏水疏油性，耐化學試劑腐蝕性，優良的耐候性等，因此廣泛應用在建築塗料、紡織工業、軍工領域等領域中。雖然含氟聚合物具有很多優點，但其單體價格昂貴、且使用常規塗覆方法不易成膜。CN 106868473 A《一種梯度遞減結構防液塗層的製備方法》中利用等離子體化學氣相沉積技術，將含有丙烯酸酯結構的氟碳材料及多官能度不飽和烴類衍生物成功地沉積到基材表面，形成具有梯度遞減結構的保護塗層，擁有良好的阻隔防護性能。但經過研究發現，當單體中全氟烷基碳原子數在6以下時，疏水性明顯下降。CN 102471405 A《含有氟烷基的N-取代（甲基）丙烯酸醯胺化合物、其聚合物及其用途》中，利用含有氟烷基的N-取代（甲基丙烯酸醯胺）化合物液體塗覆在被處理樣品表面形成保護層，達到防銹、

疏水等目的，且不受PFOA和PFOA類似物使用的限制，在碳數6以下時仍能保持優良的疏水性能。但該塗覆方法獲得的塗層厚度往往達到微米級以上，浪費大量的單體，造成成本上升。

【0003】 因此，將含有氟烷基的N-取代（丙烯醯胺），通過等離子體技術，製備具有納米級厚度的塗層，既可以保證其在低氟代碳原子數情況下具有優異的疏水和防護性能，又可以避免單體的浪費。

【發明內容】

【0004】 本發明是為了克服以上缺點，提供一種丙烯醯胺納米塗層及其製備方法。本發明利用等離子體化學氣相沉積技術，將含有丙烯醯胺結構的烯烴衍生物和含氟烷基丙烯醯胺單體沉積到基材表面，在基材表面形成了一種複合結構的納米防護塗層。

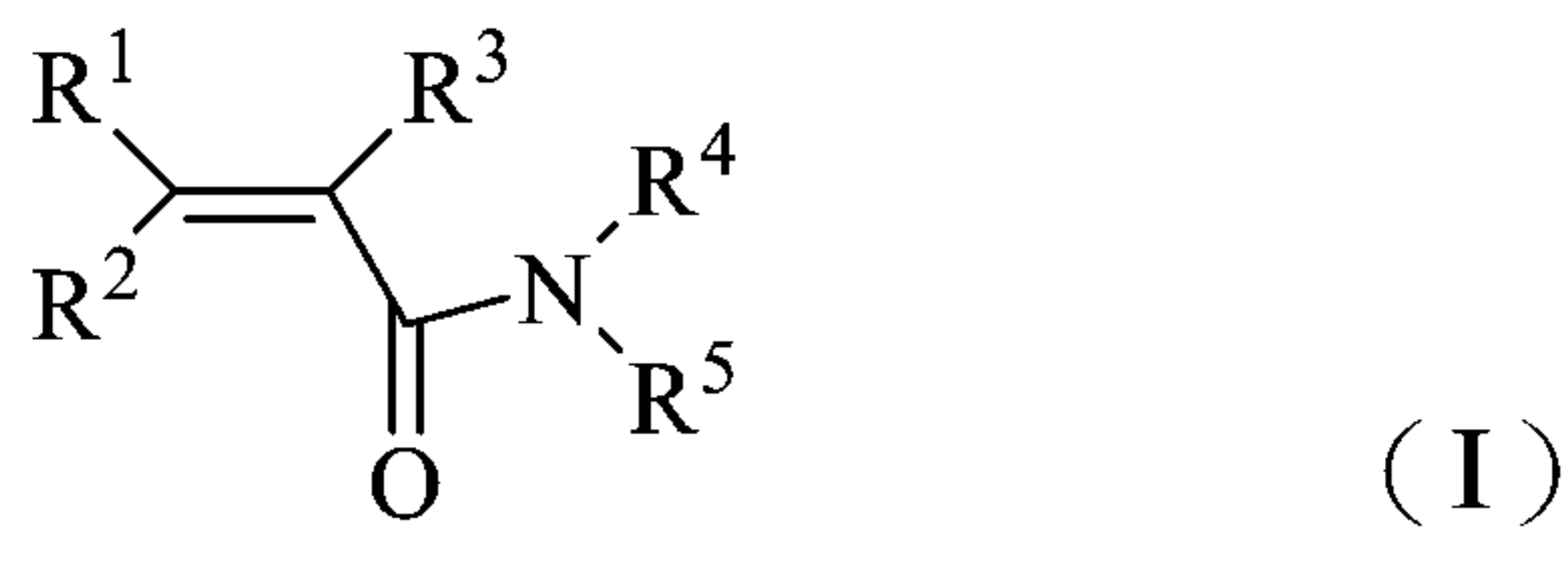
【0005】 本發明是通過以下技術方案實現的：

【0006】 一種丙烯醯胺納米塗層，其特徵在於，是將基材暴露於單體蒸汽氛圍中，通過等離子體放電在基材表面發生化學反應形成保護塗層；

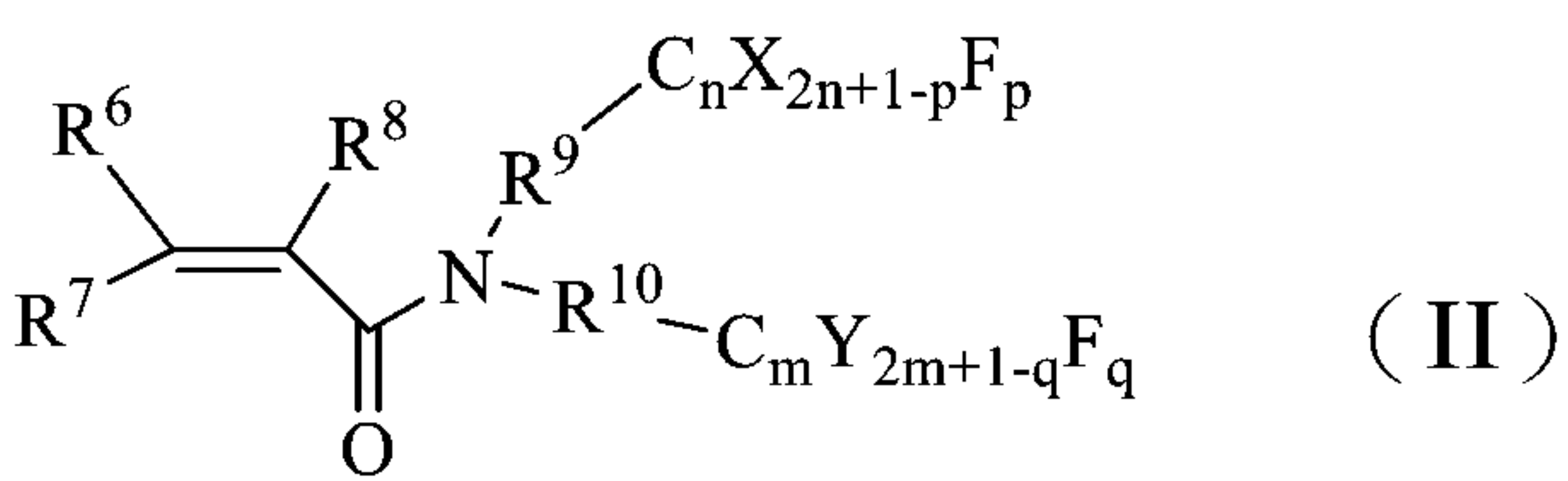
【0007】 所述單體蒸汽為汽化的單體1或者單體2，或者單體1和單體2的混合物；

【0008】 所述單體1具有如下的式(I)所示結構；所述單體2具有如下的式(II)所示結構；

【0009】 單體1：

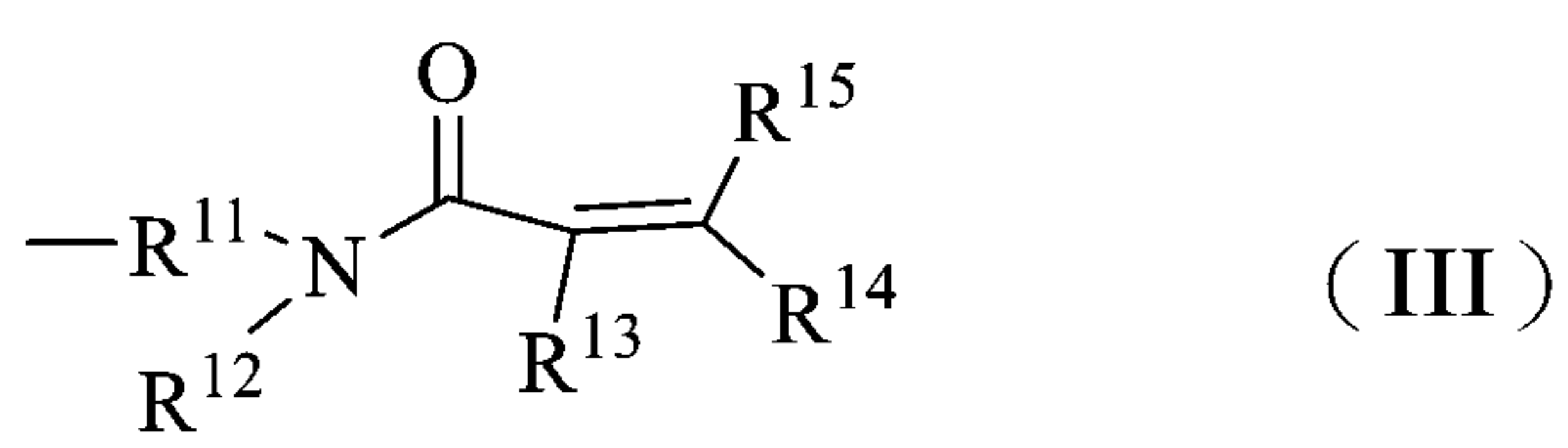


【0010】 單體2：



【0011】 其中，R¹、R²、R³、R⁶、R⁷、R⁸獨立地選自氫、烷基、芳基、鹵素、鹵代烷基、烯基或鹵代烯基，X、Y為氫或鹵素；

【0012】 R⁴、R⁵獨立地選自氫、烷基、芳基、鹵素、鹵代烷基或者具有式(III)所示結構:



【0013】 R¹¹為碳原子數1-15的直鏈或者含有支鏈烷烴亞基，R¹²、R¹³、R¹⁴、R¹⁵為獨立地選自氫、烷基、芳基、鹵素或鹵代烷基；

【0014】 R⁹、R¹⁰獨立地選自碳原子數為1-15的直鏈、含有支鏈的烷基亞基或者含有芳基亞基；或者R⁹、R¹⁰為連接的鍵；

【0015】 m、n、p、q為0-20的整數，但m、n不同時為0，p、q不同時為0。

【0016】 在本發明中， R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^6 、 R^7 、 R^8 是與不飽和雙鍵連接的基團，可以是疏水性基團，其中優選地，獨立地選自氫、烷基、芳基、鹵素、鹵代烷基、烯基或鹵代烯基； X 、 Y 是氫，或者烷基碳鏈上的取代基，可選自鹵素。

【0017】 R^4 、 R^5 是與N原子連接的基團，優選地， R^4 、 R^5 具有式(III)所示結構，因為，式(III)結構使得單體2具有雙丙烯醯胺官能團，利於單體1、單體2的之間進一步反應。

【0018】 R^{11} 是雙丙烯醯胺基團間的橋聯基團，可以為碳原子數1-15的直鏈或者含有支鏈烷烴亞基， R^{12} 、 R^{13} 、 R^{14} 、 R^{15} 是與N原子、不飽和雙鍵連接的疏水基團，可獨立地選自氫、烷基、芳基、鹵素或鹵代烷基。

【0019】 R^9 、 R^{10} 是丙烯醯胺官能團與全氟烷基之間的橋聯碳鏈段，獨立地選自碳原子數為1-15的直鏈、含有支鏈的烷基亞基或者含有芳基亞基；或者僅是連接的鍵。橋聯碳鏈是官能團與全氟烷基之間的緩衝段，可通過碳鏈的長度、結構來調整單體的穩定性和易獲得性。進一步地， R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^6 、 R^7 、 R^8 獨立地選自氫、甲基或氟基， X 、 Y 為氟。

【0020】 進一步地， R^9 、 R^{10} 是短碳鏈橋聯基團，橋聯基團碳原子數太長容易降低單體中氟原子的比例， R^9 、 R^{10} 獨立地選自碳原子數為1-5的直鏈亞烷基。

【0021】 進一步地， R^{11} 為碳原子數為3-10的直鏈烷烴亞基。單體1在常溫常壓下為液體。

【0022】 進一步地， m 、 n 為2-10的整數。單體2是常溫常壓下沸點低於400°C的含氟丙烯醯胺。

【0023】 進一步地，所述基材為金屬、光學儀器、衣服織物、電子器件或醫療器械等固體材料。

【0024】 本發明還公開了一種上述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，包括以下步驟：

【0025】 （1）將基材置於等離子體室的反應腔體內，將反應腔體內的真空度抽到0.1-1000毫托；

【0026】 （2）通入等離子體源氣體，開啟沉積用等離子體放電，將單體1和/或單體2經汽化後導入反應腔體進行化學氣相沉積反應；

【0027】 （3）關閉沉積用等離子體放電，通入潔淨的壓縮空氣或者惰性氣體恢復至常壓，打開腔體，取出基材。

【0028】 進一步地，在步驟（2）中，所述單體1和所述單體2分別通入真空腔體；

【0029】 或者，所述單體1和所述單體2同時通入所述真空腔體；

【0030】 或者，向所述真空腔體內先通入所述單體1或所述單體2，然後再同時通入所述單體1和所述單體2的混合蒸汽。

【0031】 進一步地，步驟（2）中所述等離子體源氣體為氮氣、氬氣、氮氣和氬氣中的一種或者若干種的混合物。

【0032】 進一步地，所述等離子體室的容積為1L-5000 L；

【0033】 所述等離子體源氣體流量為5-1000sccm；

【0034】 所述單體蒸汽的通入流量為1-2000 μ L/min。

【0035】 優選地，所述步驟（2）中，在通入所述等離子體源氣體後以及在所述沉積用等離子體放電之前，還包括對基材進行預處理用等離子體放電工序。

【0036】 步驟（2）中通入等離子體源氣體後，開啟預處理用等離子體放電對基材進行預處理。預處理階段的等離子體放電的功率為2-500W，持續放電時間為1-3600s。

【0037】 預處理階段結束後進入沉積階段（預處理用等離子體放電轉換為沉積用等離子體放電），兩個階段的等離子體放電方式以及參數可以相同也可以不同。

【0038】 進一步地，所述步驟（2）中，沉積用等離子體放電的功率為2-500W，持續放電時間為600-20000s。

【0039】 進一步地，所述等離子體放電（預處理用等離子體放電和/或沉積用等離子體放電）方式為射頻放電、微波放電、中頻放電、潘寧放電或電火花放電。

【0040】 進一步地，所述等離子體放電（預處理用等離子體放電和/或沉積用等離子體放電）為射頻放電，射頻放電過程中控制等離子體射頻的能量輸出方式為脈衝或連續輸出，等離子體射頻的能量輸出方式為脈衝輸出時，脈寬為 $10\mu\text{s}$ -50ms、重複頻率為20Hz-10kHz。

【0041】 進一步地，使用本申請的塗層對基材的表面進行耐化學腐蝕疏水防護處理。

【0042】 採用上述技術方案，本發明具有如下有益效果：

【0043】 相比於現有技術，本發明提供了一種丙烯醯胺納米塗層及其製備方法：

【0044】 （1）當單體的N原子上連有兩個全氟烷基，由於氟原子電負性很強，全氟烷基之間相互排斥強，聚合物表面形成更加緻密、細膩的微凸結構，可獲得超疏水結構效果，接觸角可達到 150° 以上。

【0045】 （2）當單體中N原子連接疏水結構的烷基或者含氟烷基時，即使在全氟烷基碳鏈長度小於6情況下，塗層疏水效果仍可達到 120° 以上；

【0046】 （3）利用等離子體技術製備出了納米級厚度的丙烯醯胺塗層，與採用刷塗等現有技術製備厚度達幾十微米的塗層相比，在減少了塗層原料用量條件下又達到了防護效果，降低了產品防護處理的成本。

【0047】 （4）採用本申請的方法製備出的塗層，其厚薄程度均一，不會出現塗層不同部位疏水效果不同的問題，並且形成的塗層具有優異的耐酸鹼性能。

【0048】 本申請單獨使用單體2就可以達到優異的疏水塗層效果；當單獨使用單體1且N原子所連的基團疏水性差時，所獲得的塗層疏水性能也較差。優選同時使用單體1和N原子上連有兩個全氟烷基的單體2形成疏水塗層，相對使用單獨一種單體形成的疏水塗層而言，水接觸角可提高到 150° ，達到超疏水效果。

【圖式簡單說明】

【0049】 無

【實施方式】

【0050】 實施例1

【0051】 一種丙烯醯胺納米塗層及其製備方法經過如下步驟：

【0052】 （1）將5cm×5cm的金屬鋁塊放置於100L等離子體真空反應腔體內，對反應腔體連續抽真空使真空度達到0.1毫托。

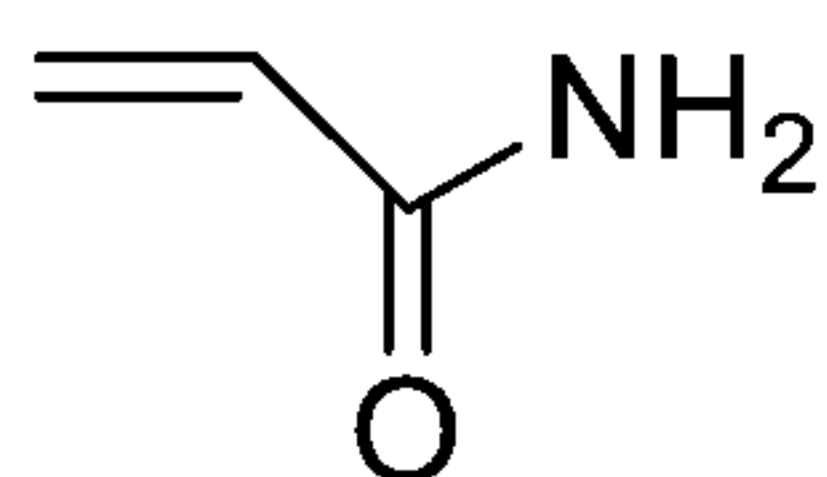
【0053】 （2）通入氮氣，流量為100sccm，開啟射頻方式的等離子體放電對金屬鋁塊進行預處理（即開啟射頻方式的預處理用等離子體放電），預處理階段放電功率為80W，持續放電100s。

【0054】 （3）接著先通入單體1a結束後，再通入單體2a，在基材表面進行化學氣相沉積製備納米塗層。塗層製備過程中兩種單體流量均為150 μ L/min，通入時間分別為600s和400s。預處理用等離子體放電調整為沉積用等離子體放電。該沉積階段腔體內等離子體的產生採用射頻放電方式，輸出方式為脈衝，脈衝寬度為2 μ s，重複頻率為1000Hz，放電功率為50W，放電時間為1000s。

【0055】 （4）塗層製備結束後，通入氮氣，使反應腔體恢復至常壓，打開腔體，取出金屬鋁塊。

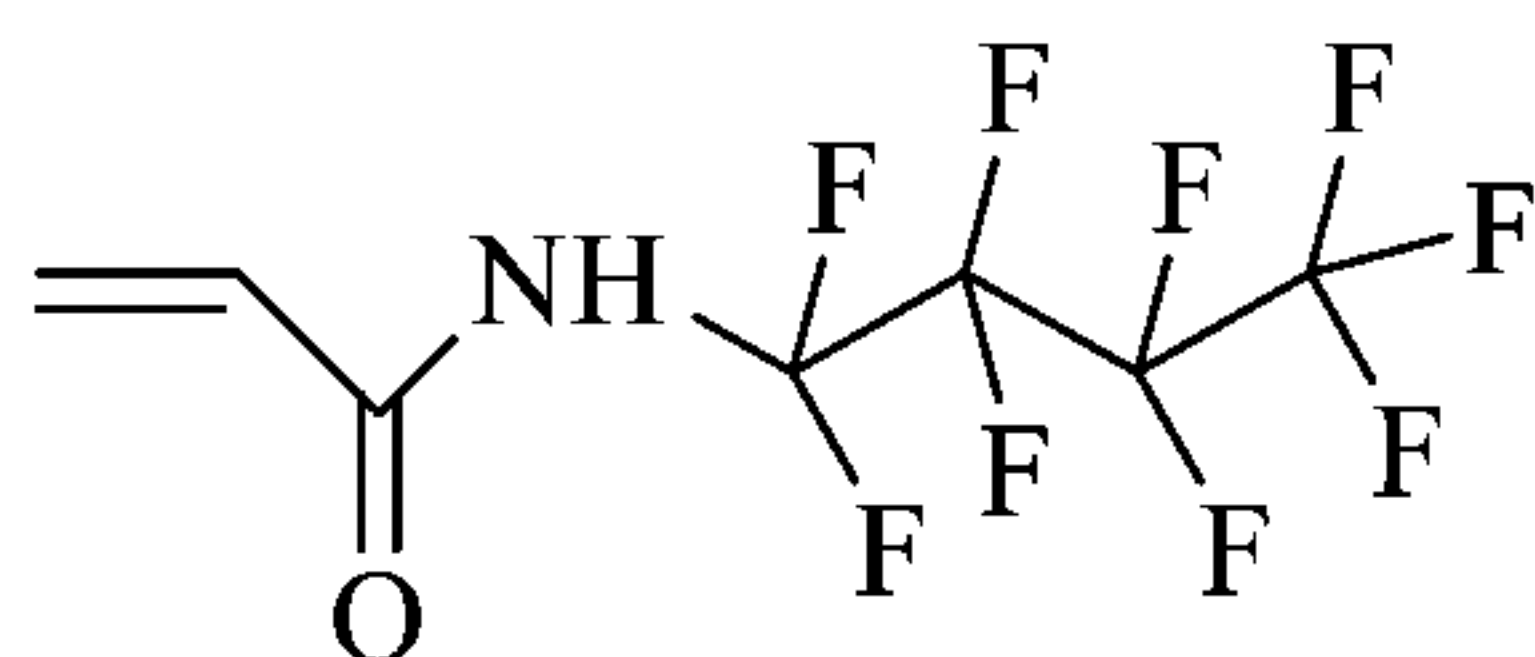
【0056】 （5）對樣品塗層防護性能進行檢測，檢測內容包括塗層厚度、疏水性（水接觸角）、耐化學腐蝕情況。

【0057】



單體1a

【0058】



單體 2a

【0059】 其中，生成預處理用等離子體放電的裝置和生成塗層的沉積用等離子體放電的裝置可以是一套，也可以為兩套獨立裝置。預處理用等離子體放電裝置（例如電極）優選地設置在反應腔體內，且圍繞基材設置，從而便於預處理後快速與塗層工藝銜接；而沉積用等離子體放電裝置可以佈設在反應腔體之外且遠離反應腔體設置，從而可選擇地或盡可能地避免塗層過程中等離子體放電對基材的消極影響。

【0060】 實施例2

【0061】 一種丙烯醯胺納米塗層及其製備方法經過如下步驟：

【0062】 （1）將電子手錶的PCB放置於1000L等離子體真空反應腔體內，對反應腔體連續抽真空使真空度達到10毫托。

【0063】 （2）通入氬氣，流量為200sccm，開啟射頻等離子體放電對電子手錶的PCB進行預處理（即開啟射頻方式的預處理用等離子體放電），預處理用等離子體放電功率為500W，持續放電100s。

【0064】 （3）通入單體1b，結束後再通入單體2b，在基材表面進行化學氣相沉積製備納米塗層。

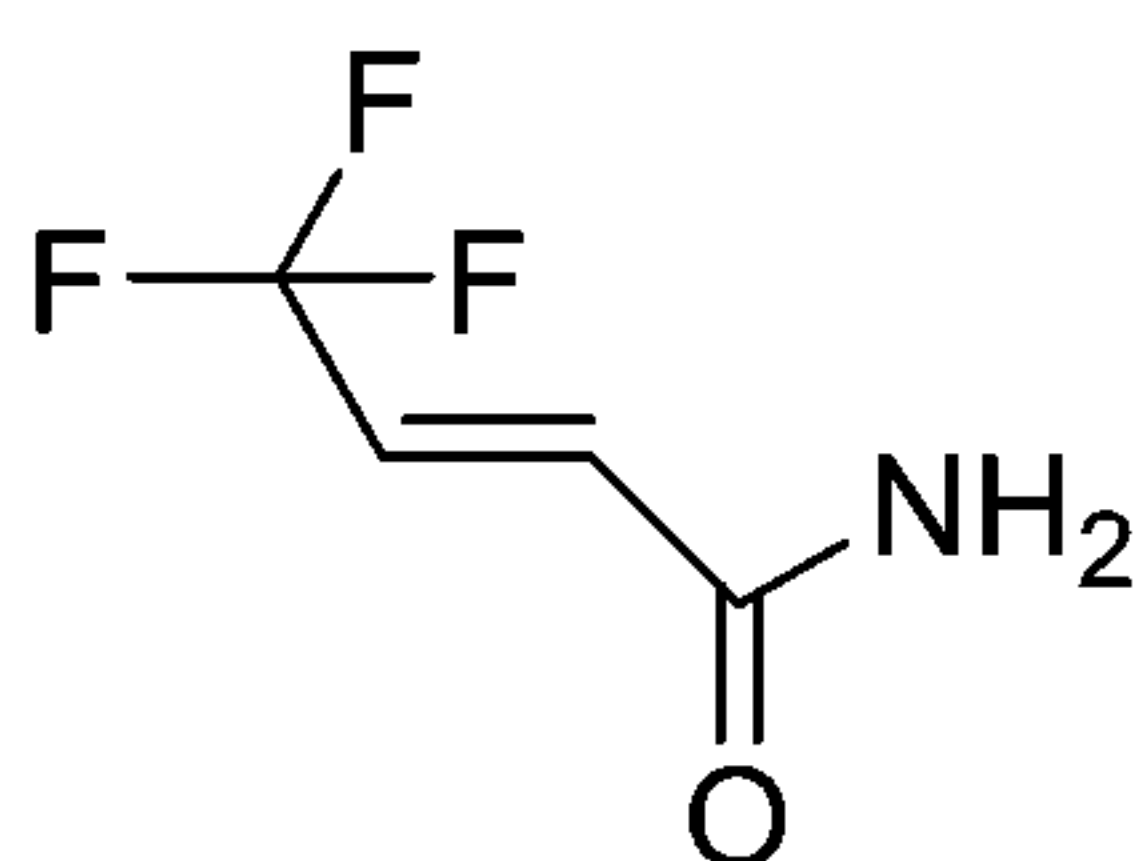
【0065】塗層製備過程中兩種單體流量均為 $150\ \mu\text{L}/\text{min}$ ，通入時間分別為1000s和1600s。預處理用等離子體放電調整為沉積用等離子體放電。

【0066】沉積階段腔體內等離子體的產生採用射頻放電方式，輸出方式為脈衝，脈衝寬度為 $10\ \mu\text{s}$ ，重複頻率為3000Hz，放電功率為90W，放電時間為2600s。

【0067】（4）塗層製備結束後，通入氮氣，使反應腔體恢復至常壓，打開腔體，取出PCB板。

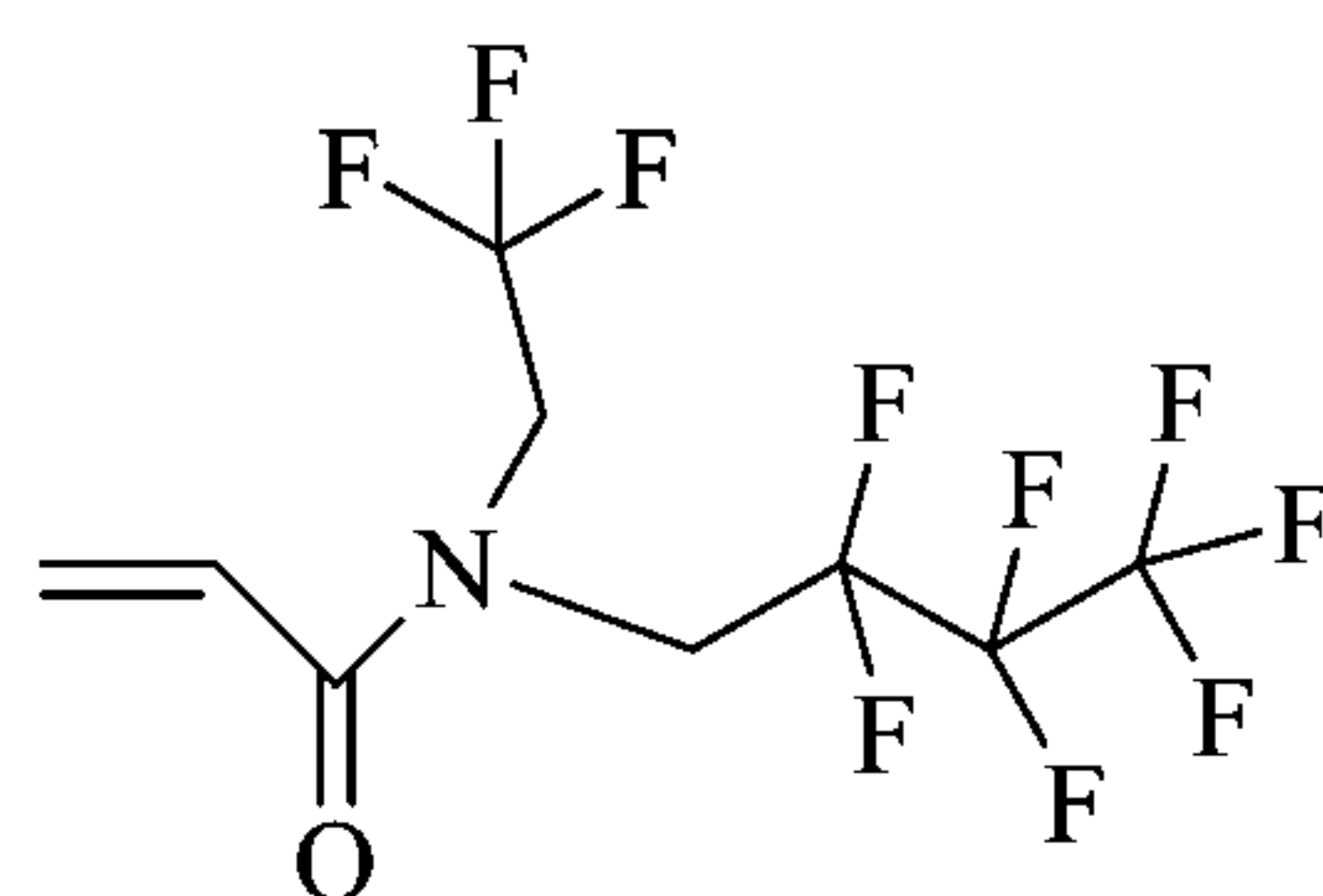
【0068】（5）對樣品塗層防護性能進行檢測，檢測內容包括塗層厚度、疏水性（水接觸角）、耐化學腐蝕情況。

【0069】



單體1b

【0070】



單體 2b

【0071】 實施例3

【0072】 一種丙烯酸醯胺納米塗層及其製備方法經過如下步驟：

【0073】（1）將鎂合金放置於4000L等離子體真空反應腔體內，對反應腔體連續抽真空使真空度達到100 毫托。

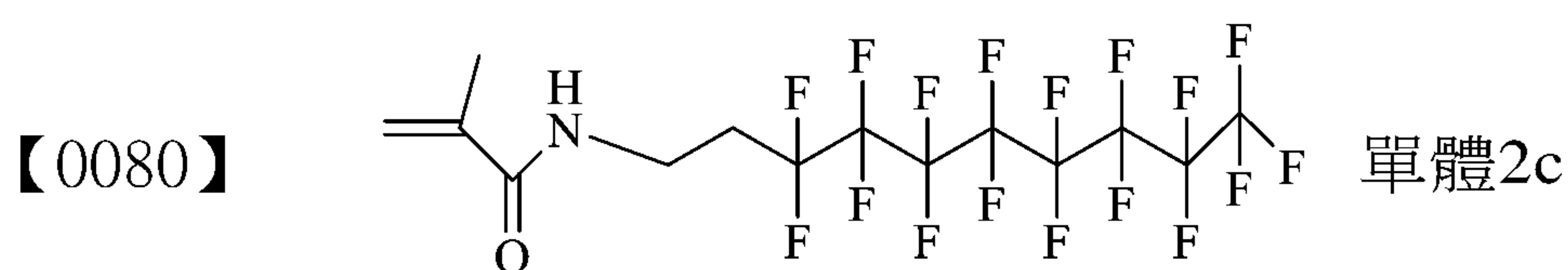
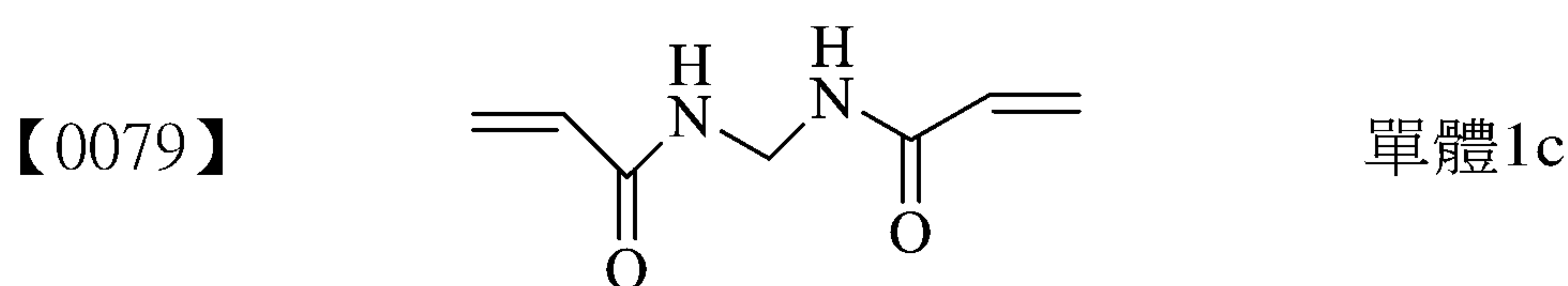
【0074】（2）通入氬氣，流量為200sccm，開啟射頻等離子體放電對鎂合金基材進行預處理（即開啟射頻方式的預處理用等離子體放電），預處理階段放電功率為150W，持續放電100s。

【0075】（3）同時通入單體1c和單體2c，在基材表面進行化學氣相沉積製備納米塗層。塗層製備過程中兩種單體流量均為 $170\mu\text{L}/\text{min}$ ，通入時間分別為 1800s 。預處理用等離子體放電調整為沉積用等離子體放電。

【0076】 沉積階段腔體內等離子體的產生採用射頻放電方式，輸出方式為脈衝，脈衝寬度為 $5\mu\text{s}$ ，重複頻率為 2000Hz ，放電功率為 170W ，放電時間為 3600s 。

【0077】（4）塗層製備結束後，通入氫氣，使反應腔體恢復至常壓，打開腔體，取出鎂合金。

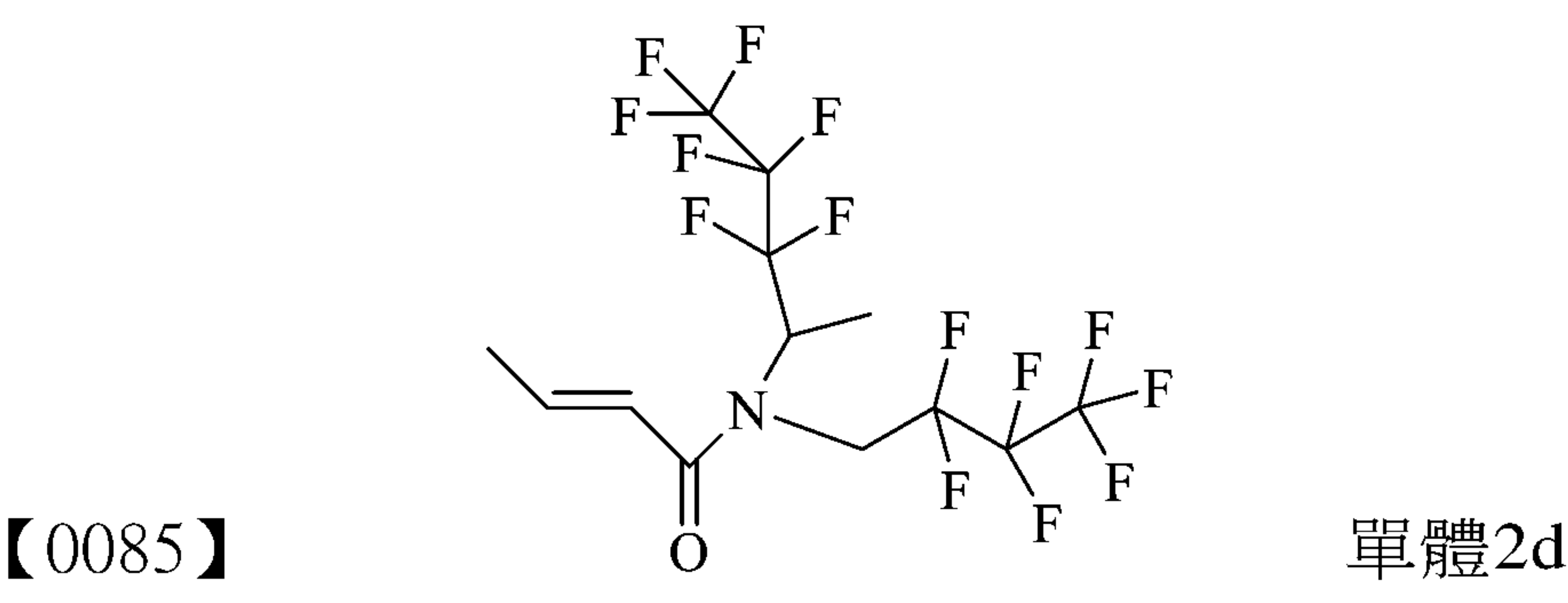
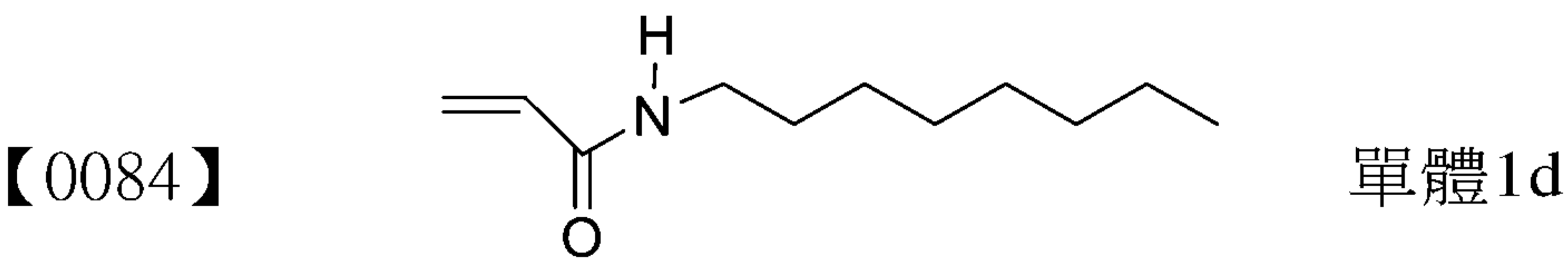
【0078】（5）對樣品塗層防護性能進行檢測，檢測內容包括塗層厚度、疏水性（水接觸角）、耐化學腐蝕情況。



【0081】 實施例4

【0082】 本實施例與實施例1基本相同，不同之處在於：

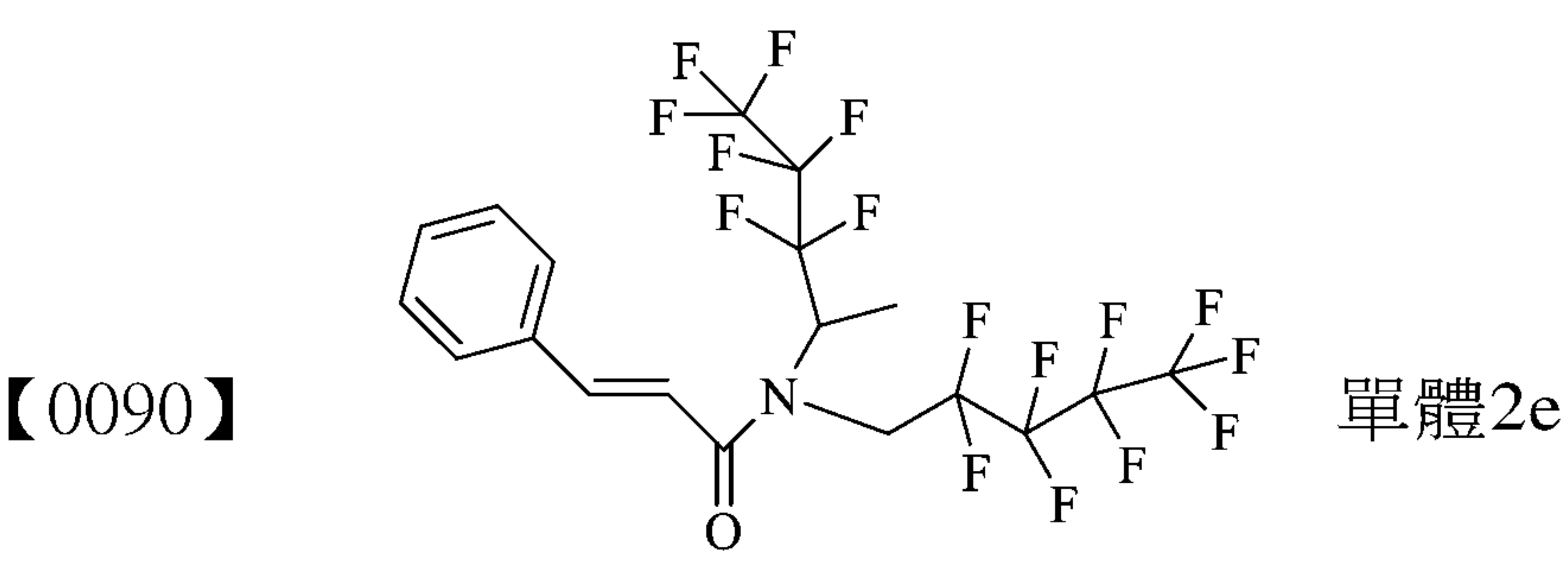
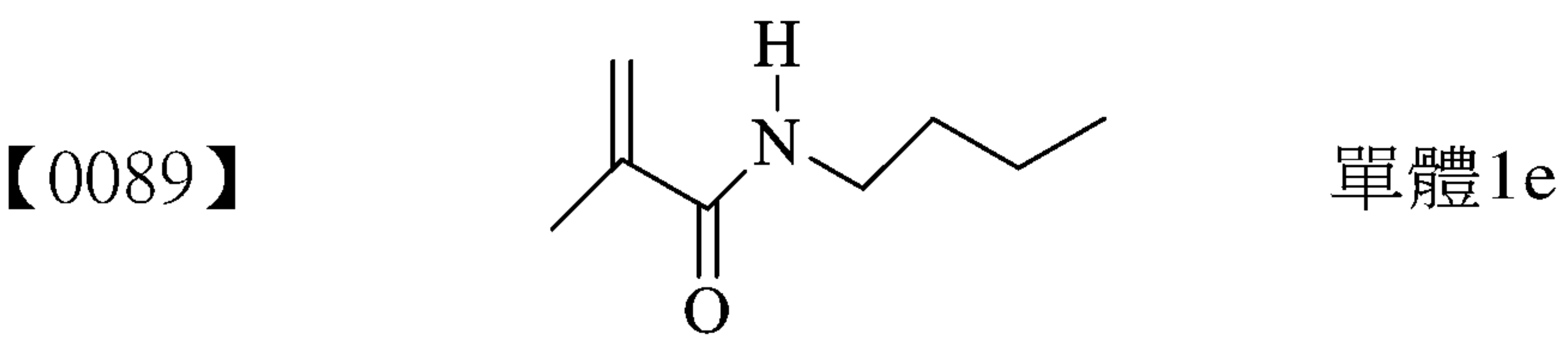
【0083】 將單體1a改為單體1d,單體2a改為單體2d，將步驟（3）通入時間分別更換為1600s和1800s，放電時間更換為3400s。其餘參數相同。



【0086】 實施例5

【0087】 本實施例與實施例2相比基本相同，不同之處在於：

【0088】 將單體1a改為單體1e，單體2a改為單體2e。將步驟（3）通入時間分別更換為1600s和2100s，放電時間更換為3700s。其餘參數相同。



【0091】 實施例6

【0092】 與實施例1相比，將沉積階段脈衝寬度設置為 $500\ \mu\text{s}$ ，其餘參數相同。

【0093】 實施例7

【0094】 與實施例2相比，將沉積階段重複頻率設置為 $300\ \text{Hz}$ ，其餘參數相同。

【0095】 實施例8

【0096】 與實施例3相比，步驟（2）預處理階段放電功率設為 300w ，其餘參數相同。

【0097】 實施例9

【0098】 與實施例1相比，只通入單體1a，通入時間為 1000s ，其餘參數相同。

【0099】 實施例10

【0100】 與實施例1相比，只通入單體1b，通入時間為 1000s ，其餘參數相同。

【0101】 實施例11

【0102】 與實施例2相比，只通入單體2b，通入時間為 2600s ，其餘參數相同。

【0103】 實施例12

【0104】 與實施例2相比，將單體1b換成1e,單體2b換成2e，其餘參數相同。

【0105】 實施例13

【0106】 與實施例2相比，將基材PCB板更換為汽車後視鏡，其他參數相同。

【0107】 實施例14

【0108】 與實施例2相比，將基材PCB板更換為布料，其他參數相同。

【0109】 實施例15

【0110】 與實施例2相比，將基材PCB板更換為音箱透音網，其他參數相同。

【0111】 上述各實施例施鍍後的基材，進行塗層厚度、水接觸角、耐酸耐鹼測試。

【0112】 納米塗層厚度，使用美國FilmetricsF20-UV-薄膜厚度測量儀進行檢測。

【0113】 納米塗層水接觸角，根據GB/T 30447-2013標準進行測試。

【0114】 耐酸、耐鹼銹蝕，參照GB1763-79(89)漆膜耐化學試劑性測定法標準進行測試。

【0115】 表 1

塗層性能				
實施例	塗層厚度 (nm)	水接觸角 (°)	耐酸（5%醋酸， 銹蝕時間 h）	耐鹼（5%氫氧化 鈉，銹蝕時間 h）
1	120	121	180	120
2	209	151	200	198

3	250	123	170	174
4	325	156	215	228
5	557	159	196	210
6	130	127	190	134
7	215	161	206	209
8	267	126	165	171
9	102	78	130	110
10	95	123	167	103
11	150	151	168	181
12	216	167	201	207
13	215	153	-	-
14	208	157	-	-
15	203	163	-	-

【0116】 注：實施例13、14、15由於均為非金屬，不做耐酸、耐鹼測試。

【0117】 採用本發明製備得到納米塗層，塗層厚度非常薄，屬納米尺度；製備過程中不使用有機溶劑、固化劑等污染物；選擇合適的單體製備納米複合塗層可獲得超疏水效果。最後應說明的是：以上各實施例僅用以說明本發明的技術方案，而非對其限制；儘管參照前述各實施例對本發明進行了詳細的說明，本領域的普通技術人員應當理解：其依然可以對前述各實施例所記載的技術方案進行修改，或者對其中部分或者全部技術特徵進行等同替換；而這些修改或者替換，並不使相應技術方案的本質脫離本發明各實施例技術方案的範圍。

【符號說明】

【0118】 無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種丙烯醯胺納米塗層，其特徵在於，將基材暴露於單體蒸汽氛圍中，通過等離子體放電在基材表面發生化學反應形成保護塗層；

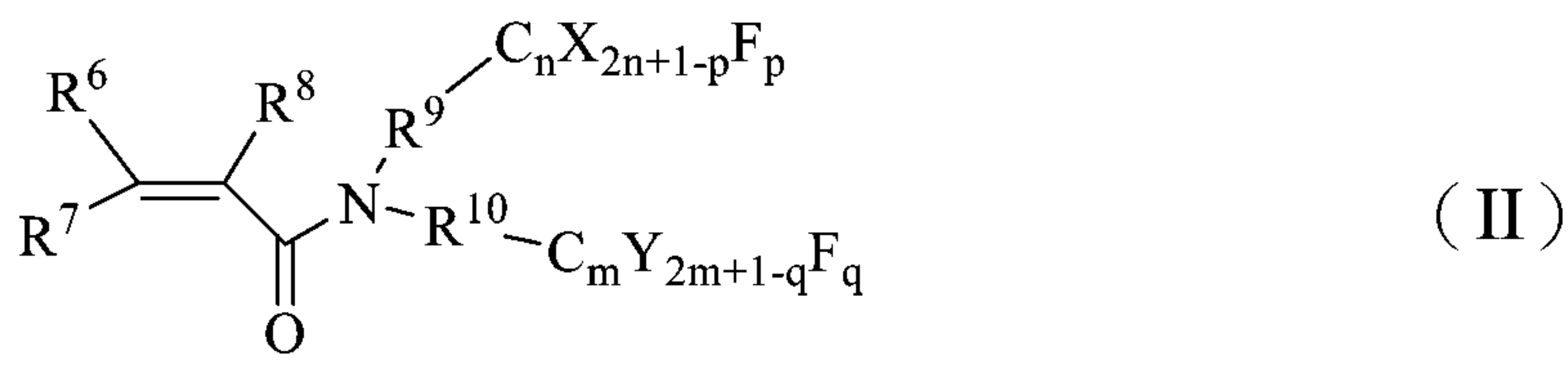
所述單體蒸汽為汽化的單體 1 或者單體 2，或者單體 1 和單體 2 的混合物；

所述單體 1 具有如下的式(I)所示結構；所述單體 2 具有如下的式(II)所示結構；

單體 1：



單體 2：



其中，R¹、R²、R³、R⁶、R⁷、R⁸獨立地選自氫、烷基、芳基、鹵素、鹵代烷基、烯基或鹵代烯基，X、Y 為氫或鹵素；

R⁴、R⁵獨立地選自氫、烷基、芳基、鹵素、鹵代烷基或者具有式(III)所示結構:



R^{11} 為碳原子數 1-15 的直鏈或者含有支鏈烷烴亞基， R^{12} 、 R^{13} 、 R^{14} 、 R^{15} 為獨立地選自氫、烷基、芳基、鹵素或鹵代烷基；

R^9 、 R^{10} 獨立地選自碳原子數為 1-15 的直鏈、含有支鏈的烷基亞基或者含有芳基亞基；或者 R^9 、 R^{10} 為連接的鍵；

m 、 n 、 p 、 q 為 0-20 的整數，但 m 、 n 不同時為 0， p 、 q 不同時為 0。

【第2項】 根據申請專利範圍第 1 項所述的丙烯醯胺納米塗層，其特徵在於， R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^6 、 R^7 、 R^8 獨立地選自氫、甲基或氟基， X 、 Y 為氟。

【第3項】 根據申請專利範圍第 1 項所述的丙烯醯胺納米塗層，其特徵在於， R^9 、 R^{10} 獨立地選自碳原子數為 1-5 的直鏈亞烷基。

【第4項】 根據申請專利範圍第 1 項所述的丙烯醯胺納米塗層，其特徵在於， R^{11} 為碳原子數為 3-10 的直鏈烷烴亞基。

【第5項】 根據申請專利範圍第 1 項所述的丙烯醯胺納米塗層，其特徵在於， m 、 n 為 2-10 的整數。

【第6項】 根據申請專利範圍第 1 項所述丙烯醯胺納米塗層，其特徵在於，所述基材為金屬、光學儀器、衣服織物、電子器件或醫療器械。

【第7項】 一種申請專利範圍第 1 項至第 6 項中任一項所述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，包括以下步驟：

(1) 將基材置於等離子體室的反應腔體內，將反應腔體內的真空度抽到 0.1-1000 毫托；

(2) 通入等離子體源氣體，開啟沉積用等離子體放電，將單體 1 和/或單體 2 經汽化後導入反應腔體進行化學氣相沉積反應；

(3) 關閉沉積用等離子體放電，通入潔淨的壓縮空氣或者惰性氣體恢復至常壓，打開腔體，取出基材。

【第8項】 根據申請專利範圍第 7 項所述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，步驟(2)中所述單體 1 和所述單體 2 分別通入真空腔體；

或者，所述單體 1 和所述單體 2 同時通入所述真空腔體；

或者，向所述真空腔體內先通入所述單體 1 或所述單體 2，然後再同時通入所述單體 1 和所述單體 2 的混合蒸汽。

【第9項】 根據申請專利範圍第 7 項所述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，步驟(2)中所述等離子體源氣體為氮氣、氬氣、氮氣和氬氣中的一種或者若干種的混合物。

【第10項】 根據申請專利範圍第 7 項所述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，所述等離子體室的容積為 1L-5000 L；

所述等離子體源氣體流量為 5-1000sccm；

所述單體蒸汽的通入流量為 1-2000 μ L/min。

【第11項】 根據申請專利範圍第 7 項所述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，所述步驟(2)中，在通入所述等離子體源氣體後以及在所述沉積用等離子體放電之前，還包括對基材進行預處理用等離子體放電工序。

【第12項】 根據申請專利範圍第 11 項所述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，所述預處理用等離子體放電的功率為 2-500W，持續放電時間為 1-3600s。

【第13項】 根據申請專利範圍第 7 項所述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，所述步驟（2）中，所述沉積用等離子體放電的功率為 2-500W，持續放電時間為 600-20000s。

【第14項】 根據申請專利範圍第 7 項或第 11 項所述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，所述等離子體放電方式為射頻放電、微波放電、中頻放電、潘寧放電或電火花放電。

【第15項】 根據申請專利範圍第 7 項或第 11 項所述丙烯醯胺納米塗層的製備方法，其特徵在於，所述等離子體放電方式為射頻放電，射頻放電過程中控制等離子體射頻的能量輸出方式為脈衝或連續輸出，等離子體射頻的能量輸出方式為脈衝輸出時，脈寬為 $10\mu\text{s}$ -50ms、重複頻率為 20Hz-10kHz。