(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 201417632 A
(43)公開日： 中華民國 103 (2014) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：102132477 (22)申請日： 中華民國 102 (2013) 年 09 月 09 日
(51)Int. Cl.： *H05H1/46 (2006.01)*
(30)優先權：2012/09/19 美國 61/702,919
2013/03/14 美國 13/826,089
(71)申請人：艾普傑特公司 (美國) APJET, INC. (US)
美國
(72)發明人：克爾尼魯斯 凱瑞E CORNELIUS, CARRIE E. (US)；羅琪 葛瑞高瑞A ROCHE, GREGORY A. (US)；泰尼爾 大衛W TYNER, DAVID W. (US)
(74)代理人：陳長文
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：58 項 圖式數：8 共 41 頁

(54)名稱

大氣壓力電漿處理裝置及方法

ATMOSPHERIC-PRESSURE PLASMA PROCESSING APPARATUS AND METHOD

(57)摘要

本發明揭示一種電漿處理裝置，其包含：功率電極，其具有狹長平坦表面；接地電極，其具有與該等功率電極之狹長平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離而形成電漿區域之狹長平坦表面。將射頻(RF)功率提供至該至少一功率電極，功率電極及接地電極兩者可經冷卻，且使一電漿氣體在大氣壓力下流動通過該等電漿區域；藉以在該等電漿區域中形成一電漿。可移動將要處理之材料至緊密靠近來自該等電漿區域之電漿氣體之垂直於氣流且垂直於狹長電極尺寸之排離端，藉以在電漿中產生之受激物種排離該等電漿區域且不受阻地撞擊於該材料上。

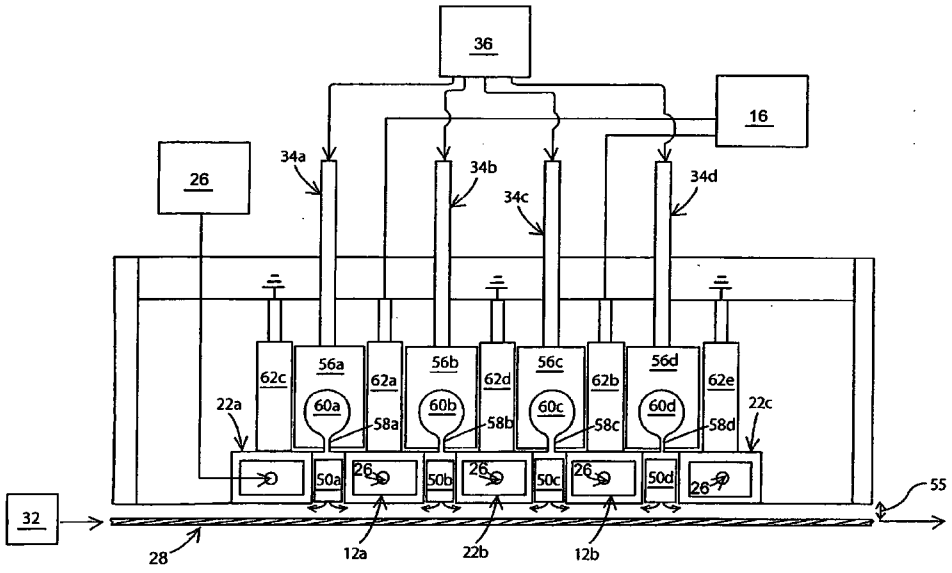


圖3

12a：射頻(RF)電極部分
12b：射頻(RF)電極部分
16：射頻(RF)匹配網路/射頻(RF)電源
22a：接地電極
22b：接地電極
22c：接地電極
26：冷卻器
28：材料/工件/基板
32：移動裝置
34a：氣體進口管
34b：氣體進口管
34c：氣體進口管

34d：氣體進口管

36：歧管/氣體源

50a：電漿容積/區域

50b：電漿容積/區域

50c：電漿容積/區域

50d：電漿容積/區域

55：電極之放電區域

56a：氣體注射組塊

56b：氣體注射組塊

56c：氣體注射組塊

56d：氣體注射組塊

58a：氣體排離噴嘴

58b：氣體排離噴嘴

58c：氣體排離噴嘴

58d：氣體排離噴嘴

60a：氣體進口通道

60b：氣體進口通道

60c：氣體進口通道

60d：氣體進口通道

62a：支柱

62b：支柱

62c：支柱

62d：支柱

62e：支柱

(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 201417632 A
(43)公開日： 中華民國 103 (2014) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：102132477 (22)申請日： 中華民國 102 (2013) 年 09 月 09 日
(51)Int. Cl.： *H05H1/46 (2006.01)*
(30)優先權：2012/09/19 美國 61/702,919
2013/03/14 美國 13/826,089
(71)申請人：艾普傑特公司 (美國) APJET, INC. (US)
美國
(72)發明人：克爾尼魯斯 凱瑞E CORNELIUS, CARRIE E. (US)；羅琪 葛瑞高瑞A ROCHE, GREGORY A. (US)；泰尼爾 大衛W TYNER, DAVID W. (US)
(74)代理人：陳長文
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：58 項 圖式數：8 共 41 頁

(54)名稱

大氣壓力電漿處理裝置及方法

ATMOSPHERIC-PRESSURE PLASMA PROCESSING APPARATUS AND METHOD

(57)摘要

本發明揭示一種電漿處理裝置，其包含：功率電極，其具有狹長平坦表面；接地電極，其具有與該等功率電極之狹長平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離而形成電漿區域之狹長平坦表面。將射頻(RF)功率提供至該至少一功率電極，功率電極及接地電極兩者可經冷卻，且使一電漿氣體在大氣壓力下流動通過該等電漿區域；藉以在該等電漿區域中形成一電漿。可移動將要處理之材料至緊密靠近來自該等電漿區域之電漿氣體之垂直於氣流且垂直於狹長電極尺寸之排離端，藉以在電漿中產生之受激物種排離該等電漿區域且不受阻地撞擊於該材料上。

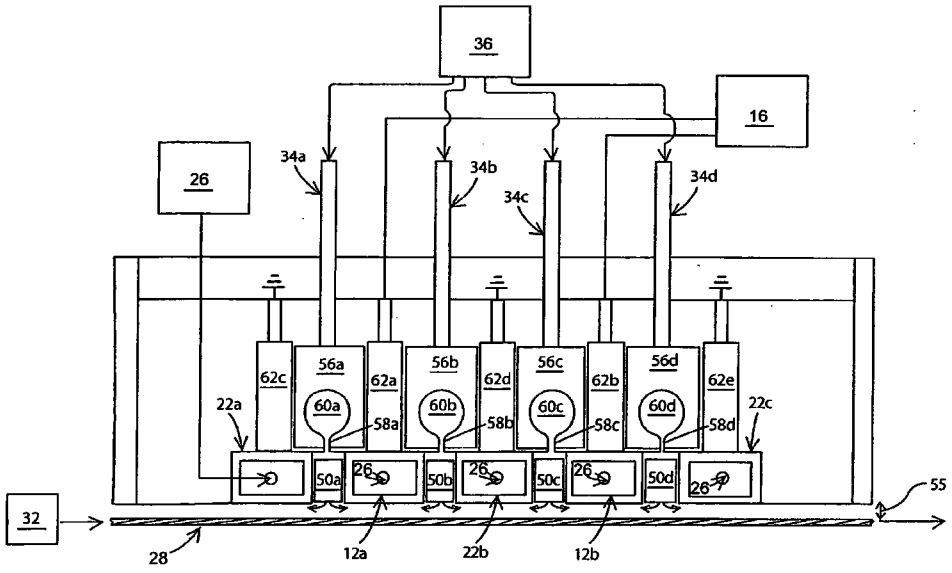


圖3

12a：射頻(RF)電極部分
12b：射頻(RF)電極部分
16：射頻(RF)匹配網路/射頻(RF)電源
22a：接地電極
22b：接地電極
22c：接地電極
26：冷卻器
28：材料/工件/基板
32：移動裝置
34a：氣體進口管
34b：氣體進口管
34c：氣體進口管

201417632

# 發明摘要

※ 申請案號：102132479

※ 申請日：102.9.9　　※IPC 分類：H05H 1/46 2006.01

【發明名稱】

大氣壓力電漿處理裝置及方法

ATMOSPHERIC-PRESSURE PLASMA PROCESSING APPARATUS AND METHOD

【中文】

本發明揭示一種電漿處理裝置，其包含：功率電極，其具有狹長平坦表面；接地電極，其具有與該等功率電極之狹長平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離而形成電漿區域之狹長平坦表面。將射頻(RF)功率提供至該至少一功率電極，功率電極及接地電極兩者可經冷卻，且使一電漿氣體在大氣壓力下流動通過該等電漿區域；藉以在該等電漿區域中形成一電漿。可移動將要處理之材料至緊密靠近來自該等電漿區域之電漿氣體之垂直於氣流且垂直於狹長電極尺寸之排離端，藉以在電漿中產生之受激物種排離該等電漿區域且不受阻地撞擊於該材料上。

【英文】

A plasma processing apparatus including powered electrodes having elongated planar surfaces; grounded electrodes having elongated planar surfaces parallel to and coextensive with the elongated surfaces of the powered electrodes, and spaced-apart a chosen distance therefrom, forming plasma regions, is described. RF power is provided to the at least one powered electrode, both powered and grounded electrodes may be cooled, and a plasma gas is flowed through the plasma regions at atmospheric pressure; whereby a plasma is formed in the plasma regions. The material to be processed may be moved into close proximity to the exit of the plasma gas from the plasma regions perpendicular to the gas flow, and perpendicular to the elongated electrode dimensions, whereby excited species generated in the plasma exit the plasma regions and impinge unimpeded onto the material.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（3）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

| | |
|---|---|
| 12a | 射頻(RF)電極部分 |
| 12b | 射頻(RF)電極部分 |
| 16 | 射頻(RF)匹配網路/射頻(RF)電源 |
| 22a | 接地電極 |
| 22b | 接地電極 |
| 22c | 接地電極 |
| 26 | 冷卻器 |
| 28 | 材料/工件/基板 |
| 32 | 移動裝置 |
| 34a | 氣體進口管 |
| 34b | 氣體進口管 |
| 34c | 氣體進口管 |
| 34d | 氣體進口管 |
| 36 | 歧管/氣體源 |
| 50a | 電漿容積/區域 |
| 50b | 電漿容積/區域 |
| 50c | 電漿容積/區域 |
| 50d | 電漿容積/區域 |
| 55 | 電極之放電區域 |
| 56a | 氣體注射組塊 |
| 56b | 氣體注射組塊 |
| 56c | 氣體注射組塊 |
| 56d | 氣體注射組塊 |

| | |
|---|---|
| 58a | 氣體排離噴嘴 |
| 58b | 氣體排離噴嘴 |
| 58c | 氣體排離噴嘴 |
| 58d | 氣體排離噴嘴 |
| 60a | 氣體進口通道 |
| 60b | 氣體進口通道 |
| 60c | 氣體進口通道 |
| 60d | 氣體進口通道 |
| 62a | 支柱 |
| 62b | 支柱 |
| 62c | 支柱 |
| 62d | 支柱 |
| 62e | 支柱 |

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

# 發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

**【發明名稱】**

大氣壓力電漿處理裝置及方法

ATMOSPHERIC-PRESSURE PLASMA PROCESSING APPARATUS AND METHOD

**相關申請案交叉參考**

本申請案主張2012年9月19日申請之美國臨時專利申請案第61/702,919號關於「大氣壓力電漿處理裝置及方法」之權利，該案所揭示及教示之全文內容明確以引用方式併入本文中。

**【技術領域】**

本發明大體上係關於用於材料之電漿處理之裝置及方法，尤其係關於能產生具有可使用一冷卻系統控制之一中性氣體溫度之一穩定放電之一大氣壓力電漿處理裝置，用於產生包含有效用於大面積電漿處理之介穩態氣體及自由基物種之活性化學物種，藉以電漿之活性化學成分或活性物理成分排離放電電極區域且不受阻地撞擊至自放電區域外部安置之一基板上，且同時不會使基板曝露至電漿之電影響。

**【先前技術】**

已妥善制定用於材料表面之處理、改質及蝕刻之電離氣體(電漿)之使用。基於真空之電漿及在大氣壓力或近大氣壓力下操作之電漿之兩者已用於材料(自保鮮膜至不織物材料及紡織物)之表面改質，電漿用以提供在電漿內部自電漿內之駐存電子及電漿之中性氣體或其他氣體成分之間之交互作用形成之活性化學物種之一豐富來源。通常，負責表面處理程序之活性物種具有較短壽命，使得基板必須放置在電漿內部(「原位」處理)。因此，基板及至少一穩定「前驅物」氣體共同

位於與電漿接觸之一程序室內，電漿激發頻率範圍從直流電(DC)頻率至微波頻率，使得藉由電漿產生之短壽命之活性化學物種能夠在衰變機制(諸如再結合、中和或放射性發射)可去活化或抑制希望之表面處理反應前與基板反應。

除基於真空之電漿外，存在在大氣壓力下或近大氣壓力下操作之多種電漿。其中包含：介電障壁放電(DBD)，其具有放置在功率電極及接地電極(在設計中可係平面或環形)之一或兩者上之一介電膜或覆蓋；電暈放電，其通常涉及一線狀或銳利尖頭電極；微中空放電，其由形成射頻或接地電極且與一反電極共同使用以產生一電漿之一系列密集中空管組成；一「順流(flow-through)」設計，其由平行放置的屏蔽電極組成且其中藉由使氣體通過兩個或多個屏蔽電極而產生一電漿；電漿噴射，其中高氣體分率之氦氣與2 MHz至100 MHz範圍內之電功率及一緊密的電極間隙共同使用以形成一無弧、非熱電漿；及一電漿「火炬」，其使用在兩個介入電極之間特意形成之一弧光以產生用於諸如燒結、陶瓷形成及焚化等應用之極高溫度。

用於產生一電漿之大氣壓力氣體之使用提供用於處理大或高容積基板(諸如塑膠、紡織物、不織物、地毯及其他諸如機翼及機身、船隻、地板材料、商用結構之大型撓性或非撓性物體)之一極簡化方式。使用基於真空之電漿處理此等基板將係複雜且過分昂貴。在大氣壓力下或近大氣壓力下操作電漿之當前最先進技術亦限制用於處理此等重要商用性基板之電漿之使用。

各種大氣壓力電漿中，介電障壁放電(DBD)係使用最廣泛，且其特徵爲使用位於該等電極之一或兩者上之一介電膜或覆蓋以阻止原本將在該等電極之間形成之持續弧光之形成。當一弧光形成時，介電質表面上之累積電荷淬滅弧光(通常在電極之其他處再形成)。若基板可完全覆蓋所曝露電極，基板本身可用作介電覆蓋。在一些情形中，將

高氣體分率(>50%)之氮氣添加至程序氣體以幫助放電均勻化。DBD具有在電極之間具有一較大間隙之優勢，使得一厚基板可隨時放置在該等電極之一者上。然而，因爲電功率必須傳導通過介電覆蓋，故一DBD放電可達成之功率密度係受限制。因爲電漿中之低功率密度亦導致負責材料處理之活性化學物種之一較慢產生率，所以低功率密度通常產生較慢處理。因爲多數電絕緣體亦用作熱絕緣體，所以電極上之介電覆蓋亦抑制熱量移除。由於此原因，一DBD內部之氣體溫度在延長之電漿操作期間常達到100℃至200℃之高。

大氣壓力電漿噴射(APPJ)使用由>95%氮氣組成之一程序氣體混合物、在1 MHz與100 MHz之間之電能及位於兩個導電電極之間之一窄間隙以達成一穩定、無發弧電漿。電極在設計上可係平面及平行或環形，但必須具有位於射頻及接地電極之間之一均勻間隙。已發現使用氮氣體混合物及範圍在0.5 mm與2.5 mm之間之一電極間隙以在使用適當高頻率以供能至該等電極時輔助阻止發弧。氣流可係沿用於環形設計之電極之縱軸線或沿用於平行板設計之平面軸線。因爲無需介電覆蓋且因爲固體金屬電極之使用允許內部水冷卻以有效移除來自電漿中之該等氣體之熱量，故此設計超越其他大氣壓力放電之優勢係可產生具有合適於快速處理之高功率密度之一大面積放電之能力及有效冷卻中性氣體溫度之能力。

已在一清潔程序中使用一環形APPJ放電裝置，其中氣體經由該等未經冷卻電極之一者中之一系列穿孔在射頻及接地電極之間流動。

已有報告記述使用主要由流動通過用作電極(一射頻功率電極及另一接地電極)之兩個金屬屏蔽之氦進給氣體組成之氣流之一順流電極設計。在平行的屏蔽電極之間之間隙(其大體上具有與APPJ放電之電極間間隙相同的間距)中形成放電。因爲活性化學物種必須躍遷在電漿中的建立點及可位於離最近穿孔電極幾毫米處之基板之間之距

離，所以需要通過一較大開放式區域之高氣流率。進一步而言，尤其若使用高射頻功率，則該等金屬屏蔽不可經水冷卻，導致一較高中性氣體溫度(>150℃)，因爲熱量移除係受限於與外殼接觸之點處之傳導性及氣體排離電漿時之氣體熱容量。

**【發明內容】**

因此，本發明之實施例之一目標係提供有效用於產生一大面積、溫控、穩定電漿放電之大氣壓力電漿處理裝置，其中在電漿中產生之活性物種排離該電漿放電且不受阻地撞擊至安置在該電漿放電外部但與其緊密靠近之將要處理之一材料上。

本發明之實施例之另一目標係提供用於產生活性化學物種之大氣壓力電漿產生裝置，其中電漿電極經冷卻，藉此產生可控制之一中性氣體溫度。

本發明之實施例之又另一目標係提供有效用於產生包含介穩態氣體、離子物種及活性物理成分之活性化學物種之大氣壓力電漿產生裝置。

本發明之額外目標、優勢及新穎特徵將在以下描述中部分提出，且將爲熟習此項技術者在檢驗以下描述後而部分理解或藉由實踐本發明而習得。本發明之目標及優勢可利用隨附申請專利範圍中特別指出之工具及組合而實現或獲得。

爲達成前述內容及其他目標且根據如本文所體現及概括描述之本發明之目的，本發明之大氣壓力電漿處理裝置包含：具有一選定高度及至少一具有一選定長度之第一狹長平坦表面之至少一第一導電電極；具有與第一平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離以藉此形成至少一電漿區域之至少一第二狹長平坦表面之至少一接地第二導電電極；與至少一第一電極電連接之一RF電源；用於將至少一第一電極及至少一第二電極冷卻之具有一選定溫度之一冷卻劑源；

一電漿氣體源；及用於使電漿氣體經由至少一第一平坦表面之一長尺寸及至少一第二平坦表面之一對應長尺寸流動通過至少一電漿區域且排離至少一電漿區域之一氣體歧管；藉以在至少一電漿區域中形成一電漿。

在本發明之另一態樣中且根據本發明之目標及目的，本發明之用於一材料之大氣壓力電漿處理之裝置包含：具有一選定高度及至少一具有一選定長度之第一狹長平坦表面之至少一第一導電電極；具有與第一平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離以藉此形成至少一電漿區域之至少一第二狹長平坦表面之至少一接地第二導電電極；與至少一第一電極電連接之一RF電源；用於將至少一第一電極及至少一第二電極冷卻之具有一選定溫度之一冷卻劑源；一電漿氣體源；及用於使電漿氣體經由至少一第一平坦表面之一長尺寸及至少一第二平坦表面之一對應長尺寸流動通過至少一電漿區域且排離至少一電漿區域之一氣體歧管；藉以在至少一電漿區域中形成一電漿；及用於將與至少一第一平坦表面及至少一第二平坦表面之長尺寸(與其相距一第二選定距離)垂直且與電漿氣流垂直之材料移出電漿區域之構件。

在本發明之又另一態樣中及根據本發明之目標及目的，本發明之用於大氣壓力電漿處理之方法包含：使一電漿氣體在由以下定義之一區域之間流動：具有一選定高度及具有至少一具有一選定長度之第一狹長平坦表面之至少一第一導電電極，及具有與第一平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離之至少一第二狹長平坦表面之至少一接地第二導電電極，電漿氣體藉以經由至少一第一平坦表面之一長尺寸及至少一第二平坦表面之一對應長尺寸排離該區域；將RF功率自RF電源施加至至少一第一電極，藉以形成至少一電漿；且將至少一第一電極及至少一第二電極冷卻至一選定溫度。

在本發明之又另一態樣中及根據本發明之目標及目的，本發明之用於一材料之大氣壓力電漿放電處理之方法包含：使一電漿氣體在由以下定義之一區域之間流動：具有至少一第一狹長平坦表面之至少一導電第一電極，及具有與第一平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離之至少一第二狹長平坦表面之至少一接地第二導電電極，電漿氣體藉以經由至少一第一平坦表面之一長尺寸及至少一第二平坦表面之一對應長尺寸排離該區域；將RF功率自RF電源施加至至少一第一電極，藉以形成至少一電漿；將至少一第一電極及至少一第二電極冷卻至一選定溫度；及將與至少一第一平坦表面及至少一第二平坦表面之長尺寸(與其相距一第二選定距離)垂直且與電漿氣流垂直之材料移出電漿區域。

本發明之優點及優勢包含(但不限於)由於一未受阻之路徑及在電漿中形成之受激物種至正被處理之材料之一最小距離而產生之更快的電漿處理速度。更低中性氣體溫度及將要處理之材料遠離電漿之電影響之位置允許處理熱敏性基板及採用熱敏性程序。

**【圖式簡單說明】**

併入本說明書且形成本說明書之一部分之附圖繪示本發明之實施例且與其描述一起用以解釋本發明之原理。在圖式中：

圖1係一先前技術之電漿處理裝置之一側視示意圖，其繪示具有液體冷卻通道之一RF電極，及具有一凹入氣體分佈管之至少一氣體進口管口，複數個管狀接地電極經調適用於液體冷卻，在RF電極與管狀接地電極之間產生的一電漿在該複數個管狀接地電極周圍通過，且將要處理之材料安置在接近接地電極之電漿外部。

圖2係本發明之裝置之一廣義實施例之一側視示意圖，其繪示在交替之RF功率電極表面與平行相對之接地平面電極表面之間形成之受供應有電漿氣體之複數個矩形電漿容積，電漿區域經定向垂直於將

要處理之材料使得從中受激之物種無阻礙地且在可最小化之一選定距離處撞擊至將要處理之材料上。

圖3係本發明之圖2中展示之實施例之一更詳細側視示意圖，其繪示具有用於控制輸送電漿氣體通過電極之間之電漿容積之噴嘴氣體排離端之模組化氣體注射組塊、用於支撐水冷卻電極之支柱及用於功率電極之一RF電源。

圖4係本發明之圖3之氣體組塊之一實施例之一透視示意圖，其繪示一多孔管，從多孔管中建立通過其末端的流動，氣體在行進通過延伸氣體組塊長度之一噴嘴氣體排離端之前沿管長度均勻排離管以達成均勻氣流。

圖5係本發明之圖4中所繪示之氣體組塊之一側視示意圖。

圖6係本發明之圖3中展示之水冷卻接地電極或水冷卻RF功率電極之一透視示意圖，其繪示水冷卻管及代表性支撐支柱。

圖7係作爲織物之程序氣體劑量(公升/平方碼)之函數之聚酯府綢織物之電漿處理有效性之一圖表。

圖8係作爲電極高度(0.25英寸、0.5英寸、1英寸)之函數之達成美國紡織化學協會測試法22噴霧測試(AATCC TM 22 Spray test)之100分所需之功率(以瓦特爲單位)之一圖表。

**【實施方式】**

圖1係一先前技術(2009年8月13日公開之美國專利申請公開案第2009/0200948號)之電漿處理裝置之一側視示意圖，其繪示電漿處理裝置10，其展示RF電極12(具有液體冷卻導管14a、14b)藉由與電極12電連接之RF電源及RF匹配網路16供能，藉以維持RF電極12及使用具有選定直徑(橢圓形管之長軸)25之平行、接地、中空環形或橢圓形管24a至24d而構造之平面接地電極22之間之第一選定間距20。在一頻率範圍約1 MHz與約100 MHz之間供應電能，RF匹配網路用以調整裝置

中與50歐姆之一負載偏差。冷卻器26將液體冷卻劑供應至經調適用於液體冷卻之冷卻導管14a、14b及中空管24a至24d。將要處理之材料28安置在靠近接地電極22之電漿外部且與接地電極22維持間隔分開第二選定間距30。材料28可在處理期間使用一合適移動裝置32移動。藉由氣體供應及歧管36供應之至少一氣體進口管34將合適氣體混合物提供至至少一氣體分佈管38(每個氣體分佈管38有至少一氣體進口管34)以維持跨氣體分佈管38之大約恆定氣壓。氣體分佈管38具有沿其長度間隔分開且面對接地電極22之孔，使得氣體經由從RF電極12之底部表面41敞開之漸縮通道40出現。漸縮通道40穩固固持氣體分佈管38a至38c於適當位置且自表面41凹陷。射頻電極12展示爲分隔成兩部分12a及12b，使得可隨時對該等通道14a、14b及40進行加工且可安裝氣體分佈管38，且用於放電裝置10操作期間所需之清潔及維護。氣流之方向係通過接地管24a至24d之間之開口。在電漿產生程序中採用流動氣體且用以將在間距20中於RF電極及接地電極之間之電漿放電中產生之活性成分從電漿中攜載通過接地電極22之管24a至24d之間之窄間距44a至44d並攜載至工件28上。

本發明者對先前技術發明之模型化及電漿觀測展示出，在rf電極12之表面41及電極22之接地管24a至24d之表面48a至48d之間形成最稠密電漿，氣流受阻且必須橫越該等接地管之直徑，且因此僅少數活化物種到達基板28。本發明者減少環形管24a至24d之直徑且增加其間之間距，結果使得活化物種之通量增加(因觀測到基板處理速度增加)。本發明者期望藉由以下方式改進裝置處理速度：藉由增加電漿密度增加活化物種之通量以增加活性物種之數目，藉由消除作爲實體障礙之接地管電極24a至24d以改進活性物種之流動，且使基板28更靠近電漿源，使得更多數目個活性物種可在其衰變及變得不活性之前不受阻地到達基板。

簡單地說，本發明之電漿處理裝置之一實施例包含具有至少一第一狹長平坦表面之至少一第一電極；具有與該第一平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離以藉此形成至少一電漿區域之至少一第二狹長平坦表面之至少一接地第二電極；一RF電源(在約100 kHz至100 MHz之間的頻率係有效頻率)；用於將來自RF電源之RF耦合至該至少一第一電極之一RF匹配電路；用於將該第一電極及該第二電極冷卻之具有一選定溫度之一冷卻劑源；一電漿氣體源；用於使電漿氣體流動通過該至少一電漿區域且排離與該至少一第一平坦表面及該至少一第二平坦表面之一狹長尺寸垂直之該至少一電漿區域之氣體歧管；藉以在該至少一電漿區域中形成一大氣壓力電漿。將要處理之材料可安置在與該至少一電漿區域之電漿氣體排離端之可最小化之一選定距離處，且可垂直於該氣流及垂直於該等狹長尺寸而移動。

該電漿處理裝置在大氣壓力下操作且產生一大面積、非熱能、穩定放電，其功率密度介於約5 W/cm$^3$與大約50 W/cm$^3$之間(更具體而言，於使用氦氣/氮氣混合物時高達約25 W/cm$^3$且於使用氦氣/氧氣混合物時高達約50 W/cm$^3$)且中性氣體溫度可使用用於該等電極之一冷卻系統控制。應注意，在該等電漿電極上使用介電塗層將顯著減少此功率密度，且電子設備控制了劇烈發弧。此外，因爲正被處理之織物或其他基板係在電漿放電之外部，所以發弧不會損害此等材料。因此，對於本發明之實施例，不需要介電塗層。通常，進入該等電漿區域之選定氣體溫度可約20℃，而排離該等電漿區域之中性氣體溫度可<70℃。在下文中，術語「大氣壓力」意指在約500托爾與約1000托爾之間之壓力。電漿之活性化學物種或活性物理物種先排離電漿放電然後撞擊在安置於放電外部之一基板上，藉此允許基板表面處理，同時不會使基板曝露於該等電極之間之電場。高功率密度、該等電漿源與該等基板之間之最小距離、較低操作電漿溫度及將要處理之材料放置

在電漿外部允許加快處理速度及處理最多基板。

本發明之電漿源可用於(作爲實例)聚合作用(自由基誘導或透過基於脫氫的聚合作用)、表面清潔及改質、蝕刻、黏附力增進及殺菌。如下文將更詳細描述，視基板及所要塗層化學性質而定，將少量氮氣或氧氣或其他氣體或其混合物添加至一稀有氣體(作爲一實例，諸如氦氣)或稀有氣體之一混合物，輔助在電漿中建立較長壽命之活性物種，其可用於材料之表面活化或位於電漿外部之單體之聚合作用。排離電漿之活性化學或物理物種在此等於電漿中產生之物種藉由碰撞而去活化之前衝擊基板，藉此對工件產生化學及/或物理改變而不會使工件曝露至該等電極之間之電場。

現將詳細參考附圖中所繪示之本發明之實施例、實例。在該等圖中，相似結構將使用相同參考字元識別。應瞭解提出該等圖之目的係描述本發明之特定實施例且不意欲將本發明限制於此。現轉至圖2，展示本發明之裝置之一廣泛實施例之一側視示意圖，其繪示分別在交替之RF功率電極表面52a至52d與平行相對之接地平面電極表面54a至54d之間形成之複數個矩形電漿容積或區域50a至50d，受供應有來自源及歧管36、經引導至氣體進口管34a至34d中、且接著進入氣體分佈管38a至38d之電漿氣體，如下文將更詳細討論。電漿區域50a至50d經定向垂直於將要處理之材料28，且可使材料任意接近排離電極之放電區域55(可在0 mm與約5 mm之間)之受激電漿氣體。因此，受激物種不受阻地撞擊至來自任意接近範圍之材料。射頻電極12a及12b藉由可包含阻抗匹配電路之RF源16供能，且接地電極22a至22c具有垂直於所繪示之側視圖之狹長之尺寸。如下文將更詳細描述，一選定數目個電漿區域50a至50d可包含在一模組中，該等電漿區域可在藉由其所要功能決定之氣體組成物、流率或所施加RF功率密度(由於不同放電阻抗，視需要具有合適RF功率匹配)上相同或不同。

圖3係本發明之圖2中所展示之本發明之模組化五個電極實施例之一更詳細側視示意圖，其繪示：模組化氣體注射組塊56a至56d(展示用於五個電極模組之四個模組化氣體注射組塊)，其具有藉由氣體進口通道60a至60d(取代本發明之圖2之氣體進口管38a至38d)進給之狹長氣體排離噴嘴58a至58d，進口通道60a至60d用於輸送電漿氣體通過位於RF電極12a及12b及接地電極22a至22c之間之電漿容積50a至50d，RF電極12a及12b及接地電極22a至22c分別藉由用於支撐藉由液體冷卻器26冷卻之該等電極之支柱62a、62b及62c至62e固持；及RF電源16，其可包含用於提供RF能量至該等功率電極之RF匹配電路。可期望其他用於冷卻該等電極之方法。電極及氣體注射組塊模組可安放且支撐在由熱塑性塑膠(作爲實例，諸如聚醚醯亞胺(Ultem)或聚醚酮(PEEK))製造之一塑膠組塊中。氣體排離氣體注射組塊56a-56d之氣體噴嘴58a至58d(寬度可在約0.2 mm與大約4 mm之間，下文實例中使用具有約1.6 mm之寬度)進入電漿區域50a至50d。電極長度、寬度、間隙間距及電極數目係根據將要處理之材料而選定。舉例而言，用於測試樣品之AATCC TM 22防水性之一典型紡織物原型裝置將係三個電極(1/4"平方x10"長之電極，其間間距1.8 mm)及兩個電漿區域。用於工業規模紡織物處理之一裝置之一實例可具有五個電極(1/4"平方x72"長之電極，其間間距2 mm)及四個電漿區域。

分別在圖2中交替之RF功率電極表面52a至52d與平行相對之接地平面電極表面54a至54d之間形成之典型電極間距可在約0.2 mm與大約4.0 mm之間，更通常而言，在約1.5與約2.5 mm之間。電極可由中空、正方形或矩形不鏽鋼、鋁、銅或黃銅管或其他金屬導體製造以允許水冷卻。全部電極自其末端約1"之邊緣經去角以阻止發弧及邊緣效應。如實例中將描述，在13.56 MHz下檢驗具有約1/4英寸與約1英寸之間之高度之半英寸寬之電極。當四個電漿區域之僅兩者被供能，且

程序氣流經調整以具有在四個電漿區域模組中使用之相同總流量(公升/分鐘)時，處理結果與用於四個電漿區域模組之處理結果相同(達成AATCC TM 22防水性噴霧測試100分之速度)。因此，在相同總氦氣流量及一半RF功率下，可發現兩個電漿區域產生相同處理特性，藉此提供顯著裝置成本減少。進一步而言，如將在下文之實例中繪示，已發現程序處理量受可用氦氣流率限制。已發現圖3之裝置中的兩個操作電漿區域對於相同基板化學性質在每施加功率處理速度(YPM/kW)上比圖1(先前技術)之裝置改進約18倍。此改進起因於：(1)由於電極高度變小使電漿容積變小，因而減少RF功率需求；(2)由於電漿槽數目變小且同時保持總電漿氣體流量恆定，因而減少RF功率需求；及(3)自電漿放電至基板之距離可任意變小之事實。

圖4係本發明之圖3之氣體注射組塊56之一實施例之一透視示意圖，其繪示多孔管64，透過該多孔管建立從氣體源36通過氣體進口管34i及34ii及末端組塊66a及66b的流動，氣體在行進通過氣體排離噴嘴58之前沿管64長度均勻地排離管64。氣體注射組塊56經展示爲分離爲方便裝配的兩個部分56i及56ii，以分解圖展示合適氣體密封及機械裝配組件。組合時，部分56i及56ii形成噴嘴58。多孔管64可包含鐵氟龍(Teflon；即聚四氟乙烯)、陶瓷及金屬管。本發明之實施例使用具有在約18%與大約73%之間之多孔率之商業可購得鐵氟龍管。可選擇超過此範圍之多孔率之管以對一給定氣流/氣壓提供一所要氣體輸送均勻度。較低多孔率管具有較高背壓，因此傾向於較均勻；然而，其允許較少之電漿氣體流動而最終將限制基板處理速度。

如上所陳述，典型電漿氣體可包含氦氣或其他稀有氣體或其混合物，及諸如氮氣或氧氣(舉例而言)之少量添加物。基板可使用一選定組成物處理，該組成物可在存在排離電漿之物種之情況下反應，且如下文將討論，一單體物種可藉由此等物種聚合且黏著至基板。

圖5係本發明之圖4中所繪示之氣體組塊之一側視示意圖。已展示氣體注射組塊56阻止氣體注射噴嘴58上方之「寄生電漿」形成。

圖6係本發明之圖3中所展示之水冷卻接地電極22或水冷卻RF功率電極12之一透視示意圖，其繪示水(或其他冷卻劑)進口管68(經供應有來自冷卻器26之冷卻劑)、出口冷卻管70(其可返回至冷卻器26或廢棄)、及代表性支撐支柱62i至62iii。

既已大體上描述本發明，以下實例提供進一步細節：

實例1

在以下實例1中，描述本發明之圖3中所繪示之本發明之實施例之使用，其中兩個被供能電漿區域(13.56 MHz)用於處理織物。無疑地，諸多基板可藉由本裝置之實施例處理。舉例而言，藉由自由基之作用而聚合之一單體(諸如丙烯酸酯)藉由噴塗施加至織物。作爲實例，單體可具有合適於將包含防水性、吸水性、抗菌作用、阻燃性之所要性質增加至織物的各種官能基。在施加至織物後，將經處理部分移動至電漿區域50a至50d之鄰近處，使得從電漿區域50a至50d中受激之物種撞擊至經處理部分上。當經處理織物曝露至電漿生成物時，單體被固化，藉此形成黏著至織物之一聚合材料。作爲一實例，經聚合之2-(全氟己基)乙基丙烯酸酯(通常稱爲C6)之烴部分相互鍵結且鍵結至織物，而氟化鏈則背對織物且防油及防水。

當使用圖1(先前技術)之裝置處理C6塗佈的多府綢(聚酯)織物時，氮氣之添加展示對於聚合沒有任何改進之處。然而，使用圖3之裝置，當將少量氮氣(體積百分比0.1%至1.5%)添加至氦氣電漿氣體時，觀察到防水、防酒精及防油之一改進。氮氣便宜、無需特殊處理且不耗費程序。與先前技術相比，採用本裝置時，電漿穩定性及程序結果亦不受濕度影響。相似地，當將氧氣添加至氦氣電漿氣體(體積百分比0.25%至0.31%)時，觀察到織物之表面變化，而當將氧氣添加

至圖1之裝置時，觀察不到此等變化。氧氣添加物使得多府綢呈現如藉由吸水性及接觸角測試所判定的更多親水性。

圖7係作爲織物之電漿氣體(氦氣加少量的氮氣)劑量(公升/平方碼)之函數之多府綢織物之電漿處理有效性之一圖表。每平方碼織物大約90 L電漿程序氣體得出100分之噴霧測試結果。織物與電極之間之間距係2 mm。

實例2

當使電漿氣體曝露至來自電極之充分電場時，產生活性物種。所調查之電極高度範圍從1英寸至1/4英寸。較薄的電極具有較小的電漿容積，且因此需要較少RF功率以維持在一恆定功率密度下之電漿；因此，可節省RF功率且使用更小功率產生器。因爲程序結果保持相同，故觀察到在YPM/kW度量上的改進。圖8係作爲電極高度(0.25英寸、0.5英寸、1英寸)之函數之在13.56 MHz下針對未染色聚酯府綢使用AATCC TM 22防水性噴霧測試達成100分所需之功率(以瓦特爲單位)之一圖表。織物速度係5 Yd/min，程序氣體劑量係90 L/Yd$^2$之氦氣/氮氣氣體摻合物，在4個電漿區域(5個電極)之各者中之功率密度係16 W/cm$^3$，管之多孔率係53%，電極長度係12英寸，電極間隙係2 mm且電極至織物之間距係0.5 mm。本發明者預期更小電極高度(例如1/8英寸)將對一給定處理速度進一步減少RF功率需求。

本發明之前述描述已針對繪示及描述之目的而提出且不意欲詳盡或限制本發明於所揭示之精確形式，且顯然地，可根據以上教示做出諸多修改及變動。所選擇及描述的實施例係爲了對本發明之原理及其實際應用作出最佳解釋，藉此使得熟習此項技術者能在各種實施例中且以合適用於所設想特定用途之各種修改對本發明最佳作出利用。意欲藉由隨附申請專利範圍定義本發明之範疇。

**【符號說明】**

| | |
|---|---|
| 10 | 電漿處理裝置/放電裝置 |
| 12 | 射頻(RF)電極 |
| 12a | 射頻(RF)電極部分/射頻電極 |
| 12b | 射頻(RF)電極部分/射頻電極 |
| 14a | 冷卻導管 |
| 14b | 冷卻導管 |
| 16 | 射頻(RF)電源及RF匹配網路/射頻(RF)電源 |
| 20 | 第一選定間距 |
| 22 | 接地電極 |
| 22a | 接地電極 |
| 22b | 接地電極 |
| 22c | 接地電極 |
| 24a | 平行、接地、中空環形或橢圓形管/接地管 |
| 24b | 平行、接地、中空環形或橢圓形管/接地管 |
| 24c | 平行、接地、中空環形或橢圓形管/接地管 |
| 24d | 平行、接地、中空環形或橢圓形管/接地管 |
| 25 | 選定直徑 |
| 26 | 冷卻器 |
| 28 | 材料/工件/基板 |
| 30 | 第二選定間距 |
| 32 | 移動裝置 |
| 34 | 氣體進口管 |
| 34a | 氣體進口管 |
| 34b | 氣體進口管 |
| 34c | 氣體進口管 |
| 34d | 氣體進口管 |

| | |
|---|---|
| 34i | 氣體進口管 |
| 34ii | 氣體進口管 |
| 36 | 歧管/氣體源 |
| 38 | 氣體分佈管 |
| 38a | 氣體分佈管 |
| 38b | 氣體分佈管 |
| 38c | 氣體分佈管 |
| 38d | 氣體分佈管 |
| 40 | 通道 |
| 41 | 底部表面 |
| 44a | 間距 |
| 44b | 間距 |
| 44c | 間距 |
| 44d | 間距 |
| 48a | 接地管表面 |
| 48b | 接地管表面 |
| 48c | 接地管表面 |
| 48d | 接地管表面 |
| 50a | 電漿容積/區域 |
| 50b | 電漿容積/區域 |
| 50c | 電漿容積/區域 |
| 50d | 電漿容積/區域 |
| 52a | 射頻(RF)功率電極表面 |
| 52b | 射頻(RF)功率電極表面 |
| 52c | 射頻(RF)功率電極表面 |
| 52d | 射頻(RF)功率電極表面 |

| | |
|---|---|
| 54a | 平面電極表面 |
| 54b | 平面電極表面 |
| 54c | 平面電極表面 |
| 54d | 平面電極表面 |
| 55 | 電極之放電區域 |
| 56 | 氣體注射組塊 |
| 56a | 氣體注射組塊 |
| 56b | 氣體注射組塊 |
| 56c | 氣體注射組塊 |
| 56d | 氣體注射組塊 |
| 56i | 氣體注射組塊部分 |
| 56ii | 氣體注射組塊部分 |
| 58 | 氣體排離噴嘴 |
| 58a | 氣體排離噴嘴 |
| 58b | 氣體排離噴嘴 |
| 58c | 氣體排離噴嘴 |
| 58d | 氣體排離噴嘴 |
| 60 | 氣體進口通道 |
| 60a | 氣體進口通道 |
| 60b | 氣體進口通道 |
| 60c | 氣體進口通道 |
| 60d | 氣體進口通道 |
| 62a | 支柱 |
| 62b | 支柱 |
| 62c | 支柱 |
| 62d | 支柱 |

| | |
|---|---|
| 62e | 支柱 |
| 62i | 代表性支柱 |
| 62ii | 代表性支柱 |
| 62iii | 代表性支柱 |
| 64 | 多孔管 |
| 66a | 末端區 |
| 66b | 末端區 |
| 68 | 進口管 |
| 70 | 出口冷卻管 |

# 申請專利範圍

1. 一種大氣壓力電漿處理裝置，其包括：具有一選定高度及至少一具有一選定長度之第一狹長平坦表面之至少一第一導電電極；具有與該第一平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離以藉此形成至少一電漿區域之至少一第二狹長平坦表面之至少一接地第二導電電極；與該至少一第一電極電連接之一RF電源；用於將該至少一第一電極及該至少一第二電極冷卻之具有一選定溫度之一冷卻劑源；一電漿氣體源；及用於使電漿氣體經由該至少一第一平坦表面之一長尺寸及該至少一第二平坦表面之一對應長尺寸流動通過該至少一電漿區域且排離該至少一電漿區域之一氣體歧管；藉以在該至少一電漿區域中形成一電漿。

2. 如請求項1之裝置，其中該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者包括一中空部分、至該中空部分之一流體進口及自該中空部分之一流體出口，藉以引導該冷卻劑進入該流體進口、通過該中空部分及通過該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者之該出口。

3. 如請求項2之裝置，其中該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者包括一中空正方形或矩形金屬導體。

4. 如請求項1之裝置，其中電漿氣體經由該至少一第一平坦表面之一長尺寸及該至少一第二平坦表面之一對應長尺寸流入該至少一電漿區域，其與該電漿氣體經由該至少一第一平坦表面之該長尺寸及該至少一第二平坦表面之該對應長尺寸排離該至少一電漿區域之該至少一電漿區域相對。

5. 如請求項1之裝置，其中選中該選定高度使得藉由該RF電源而供

應至該電漿之功率最小化。

6. 如請求項1之裝置，其中該選定高度係在約3 mm與約25 mm之間。

7. 如請求項5之裝置，其中該選定距離係在約0.2 mm與約4 mm之間。

8. 如請求項1之裝置，其進一步包括至少一非導電、狹長氣體組塊，其具有：在其中與該氣體歧管流體連通之一狹長室；及一噴嘴，其具有在約0.2 mm與約4 mm之間之一寬度及該至少一第一狹長平坦表面及該至少一第二狹長平坦表面之一長度且安置於其間、與該室流體連通。

9. 如請求項8之裝置，其中該至少一氣體組塊進一步包括安置在該氣體組塊之該狹長室內與該氣體歧管流體連通以用於均勻供應氣體至該噴嘴之一多孔管。

10. 如請求項9之裝置，其中該多孔管包括一鐵氟龍管。

11. 如請求項1之裝置，其中該RF電源包括用於將RF提供至該至少一RF電極之RF阻抗匹配電路。

12. 如請求項1之裝置，其中該RF包括在約100 kHz與100 MHz之間之頻率。

13. 如請求項1之裝置，其中該選定溫度係約20℃。

14. 如請求項1之裝置，其中排離該電漿之氣體具有<70℃之一溫度。

15. 一種用於一材料之大氣壓力電漿處理之裝置，其包括：具有一選定高度及至少一具有一選定長度之第一狹長平坦表面之至少一第一導電電極；具有與該第一平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離以藉此形成至少一電漿區域之至少一第二狹長平坦表面之至少一接地第二導電電極；與該至少一第一



S

電極電連接之一RF電源；用於將該至少一第一電極及該至少一第二電極冷卻之具有一選定溫度之一冷卻劑源；一電漿氣體源；及用於使電漿氣體經由該至少一第一平坦表面及該至少一第二平坦表面之一長尺寸流動通過該至少一電漿區域且排離該至少一電漿區域之一氣體歧管；藉以在該至少一電漿區域形成一電漿；及用於將與該至少一第一平坦表面之長尺寸及該至少一第二平坦表面之對應長尺寸(與其相距一第二選定距離)垂直且與電漿氣流垂直之該材料移出該電漿區域之構件。

16. 如請求項15之裝置，其中該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者包括一中空部分、至該中空部分之一流體進口及自該中空部分之一流體出口，藉以引導該冷卻劑進入該流體進口、通過該中空部分及通過該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者之該出口。

17. 如請求項15之裝置，其中該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者包括一中空正方形或矩形金屬導體。

18. 如請求項15之裝置，其中電漿氣體經由該至少一第一平坦表面之一長尺寸及該至少一第二平坦表面之一對應長尺寸流入該至少一電漿區域，其與該電漿氣體經由該至少一第一平坦表面之該長尺寸及該至少一第二平坦表面之該對應長尺寸排離該至少一電漿區域之該至少一電漿區域相對。

19. 如請求項15之裝置，其中選中該選定高度使得藉由該RF電源而供應至該電漿之功率最小化。

20. 如請求項15之裝置，其中該選定高度係在約3 mm與約25 mm之間。

21. 如請求項19之裝置，其中該第一選定距離係在約0.2 mm與約4 mm之間。

22. 如請求項15之裝置，其進一步包括至少一非導電、狹長氣體組塊，其具有：在其中與該氣體歧管流體連通之一狹長室；及一噴嘴，其具有一選定寬度及該至少一第一狹長平坦表面及該至少一第二狹長平坦表面之一長度且安置於其間、與該室流體連通。

23. 如請求項22之裝置，其中該至少一氣體組塊進一步包括安置在該氣體組塊之該狹長室內與該氣體歧管流體連通以用於均勻供應氣體至該噴嘴之一多孔管。

24. 如請求項23之裝置，其中該多孔管包括一鐵氟龍管。

25. 如請求項15之裝置，其中該RF電源包括用於將RF提供至該至少一RF電極之RF阻抗匹配電路。

26. 如請求項15之裝置，其中該RF包括在約100 kHz與100 MHz之間之頻率。

27. 如請求項15之裝置，其中該選定溫度係約20℃。

28. 如請求項15之裝置，其中排離該電漿之氣體具有<70℃之一溫度。

29. 如請求項15之裝置，其中該第二選定距離係在約0 mm與約5 mm之間。

30. 一種用於大氣壓力電漿處理之方法，其包括：使一電漿氣體在由以下定義之一區域之間流動：具有一選定高度及至少一具有一選定長度之第一狹長平坦表面之至少一第一導電電極，及具有與該第一平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離之至少一第二狹長平坦表面之至少一接地第二導電電極，該電漿氣體藉以經由該至少一第一平坦表面之一長尺寸及該至少一第二平坦表面之一對應長尺寸排離該區域；將RF功率自一RF電源施加至該至少一第一電極，藉以形成至少一電漿；且將該

至少一第一電極及該至少一第二電極冷卻至一選定溫度。

31. 如請求項30之方法，其中該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者包括一中空部分、至該中空部分之一流體進口及自該中空部分之一流體出口，藉以引導該冷卻劑進入該流體進口、通過該中空部分及通過該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者之該出口。

32. 如請求項30之方法，其中該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者包括一中空正方形或矩形金屬導體。

33. 如請求項30之方法，其中該RF電源包括用於將RF提供至該至少一RF電極之RF阻抗匹配電路。

34. 如請求項30之方法，其中電漿氣體經由該至少一第一平坦表面之一長尺寸及該至少一第二平坦表面之一對應長尺寸流入該至少一電漿區域，其與該電漿氣體經由該至少一第一平坦表面之該長尺寸及該至少一第二平坦表面之該對應長尺寸排離該至少一電漿區域之該至少一電漿區域相對。

35. 如請求項30之方法，其中選中該選定高度使得藉由該RF電源而供應至該電漿之功率最小化。

36. 如請求項35之方法，其中該選定高度係在約3 mm與約25 mm之間。

37. 如請求項30之方法，其中該選定距離係在約0.2 mm與約4 mm之間。

38. 如請求項30之方法，其中使一電漿氣體流動之該步驟係使用至少一非導電、狹長氣體組塊而達成，該至少一非導電、狹長氣體組塊具有：在其中與一氣體歧管流體連通之一狹長室；及與該室流體連通之一噴嘴，其具有一選定寬度及該至少一第一狹長平坦表面及該至少一第二狹長平坦表面之一長度且安置於其

間。

39. 如請求項38之方法，其中該至少一氣體組塊進一步包括安置在該氣體組塊之該狹長室內與該氣體歧管流體連通以用於均勻供應氣體至該噴嘴之一多孔管。

40. 如請求項39之方法，其中該多孔管包括一鐵氟龍管。

41. 如請求項30之方法，其中該RF包括在約100 kHz與100 MHz之間之頻率。

42. 如請求項30之方法，其中該選定溫度係約20℃。

43. 如請求項30之方法，其中排離該電漿之氣體具有<70℃之一溫度。

44. 一種用於一材料之大氣壓力電漿放電處理之方法，其包括：使一電漿氣體在由以下定義之一區域之間流動：具有至少一第一狹長平坦表面之至少一導電第一電極，及具有與該第一平坦表面平行且同廣衍的且與其間隔分開一選定距離之至少一第二狹長平坦表面之至少一接地第二導電電極，該電漿氣體藉以經由至少一第一平坦表面之一長尺寸及至少一第二平坦表面之一對應長尺寸排離該區域；將RF功率自一RF電源施加至該至少一第一電極，藉以形成至少一電漿；將該至少一第一電極及該至少一第二電極冷卻至一選定溫度；及將與該至少一第一平坦表面及該至少一第二平坦表面之長尺寸(與其相距一第二選定距離)垂直且與電漿氣流垂直之該材料移出該電漿區域。

45. 如請求項44之方法，其中該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者包括一中空部分、至該中空部分之一流體進口及該中空部分之一流體出口，藉以引導該冷卻劑進入流體進口、通過該中空部分及通過該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者之該出口。



S

46. 如請求項44之方法，其中該至少一第一電極及該至少一第二電極之各者包括一中空正方形或矩形金屬導體。

47. 如請求項44之方法，其中該RF電源包括用於將RF提供至該至少一RF電極之RF阻抗匹配電路。

48. 如請求項44之方法，其中電漿氣體經由該至少一第一平坦表面之一長尺寸及該至少一第二平坦表面之一對應長尺寸流入該至少一電漿區域，其與該電漿氣體經由該至少一第一平坦表面之該長尺寸及該至少一第二平坦表面之該對應長尺寸排離該至少一電漿區域之該至少一電漿區域相對。

49. 如請求項44之方法，其中選中該選定高度使得藉由該RF電源而供應至該電漿之功率最小化。

50. 如請求項49之方法，其中該選定高度係在約3 mm與約25 mm之間。

51. 如請求項44之方法，其中該第一選定距離係在約0.2 mm與約4 mm之間。

52. 如請求項44之方法，其中使一電漿氣體流動之該步驟係使用至少一非導電、狹長氣體組塊而達成，該至少一非導電、狹長氣體組塊具有：與一氣體歧管流體連通之一狹長室；與該室流體連通之一噴嘴，其具有一選定寬度及該至少一第一狹長平坦表面及該至少一第二狹長平坦表面之一長度且安置於其間。

53. 如請求項52之方法，其中該至少一氣體組塊進一步包括安置在該氣體組塊之該狹長室內與該氣體歧管流體連通以用於均勻供應氣體至該噴嘴之一多孔管。

54. 如請求項53之方法，其中該多孔管包括一鐵氟龍管。

55. 如請求項44之方法，其中該RF包括在約100 kHz與100 MHz之間之頻率。

56. 如請求項44之方法，其中該選定溫度係約20℃。

57. 如請求項44之方法，其中排離該電漿之氣體具有<70℃之一溫度。

58. 如請求項44之方法，其中該第二選擇距離係在約0 mm至約5 mm之間。

# 圖式

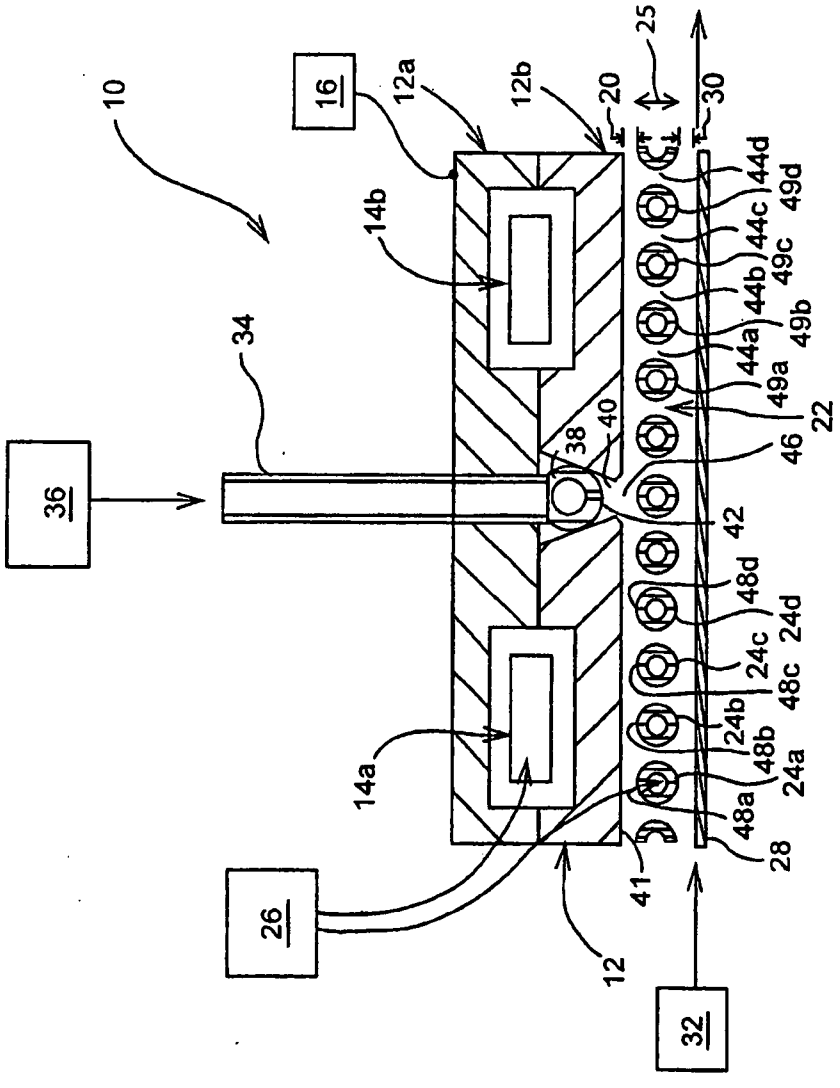

10
16
12a
12b
20
25
30
14b
34
36
38
40
22
46
42
44a
44b
44c
44d
49a
49b
49c
49d
48a
48b
48c
48d
24b
24c
24d
14a
26
41
28
12
32

圖1

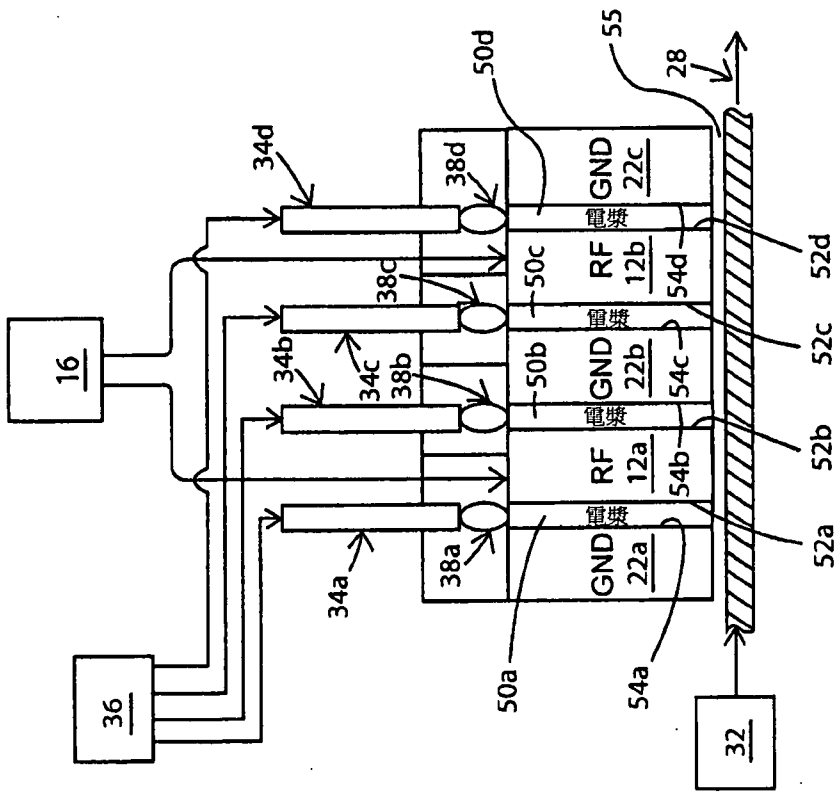

16
36
32
34a
34b
34c
34d
38a
38b
38c
38d
50a
50b
50c
50d
54a
54b
54c
54d
55
28
52a
52b
52c
52d
GND 22a
RF 12a
GND 22b
RF 12b
GND 22c
電漿

圖2

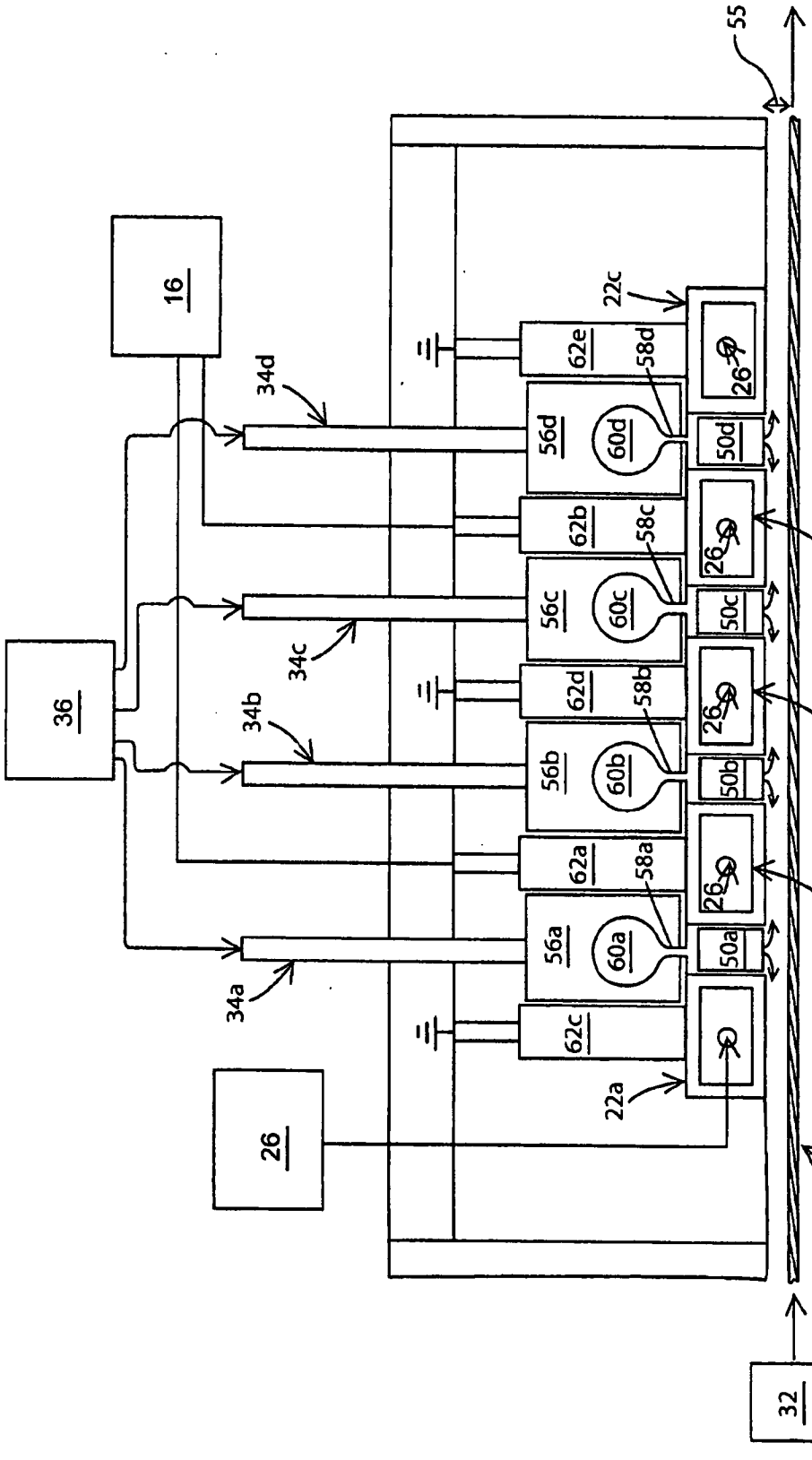

55
16
34d
22c
62e
58d
56d
60d
50d
26
62b
58c
56c
60c
50c
12b
34c
36
62d
58b
34b
56b
60b
50b
22b
62a
58a
56a
60a
50a
12a
34a
62c
22a
26
28
32

圖3

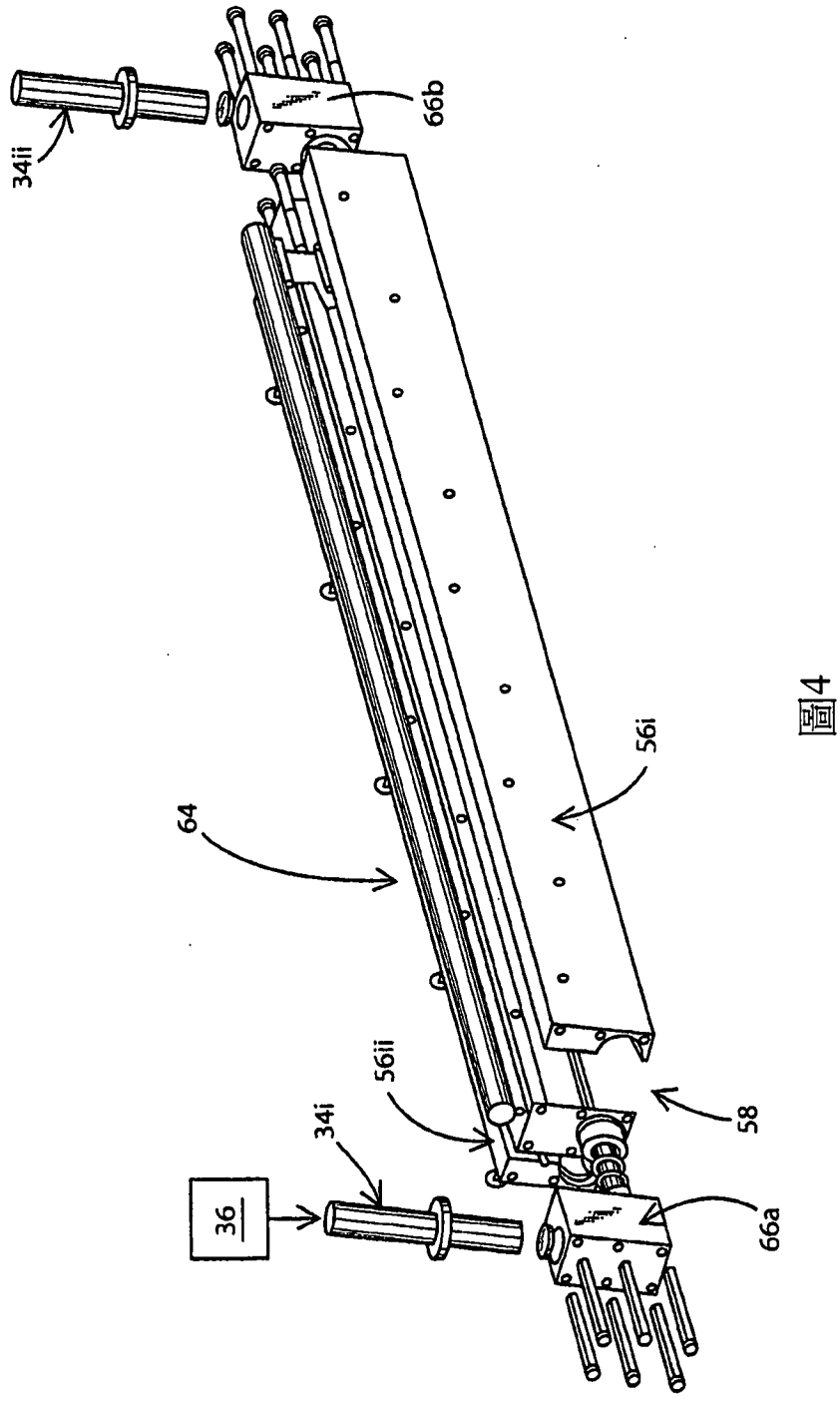



圖4

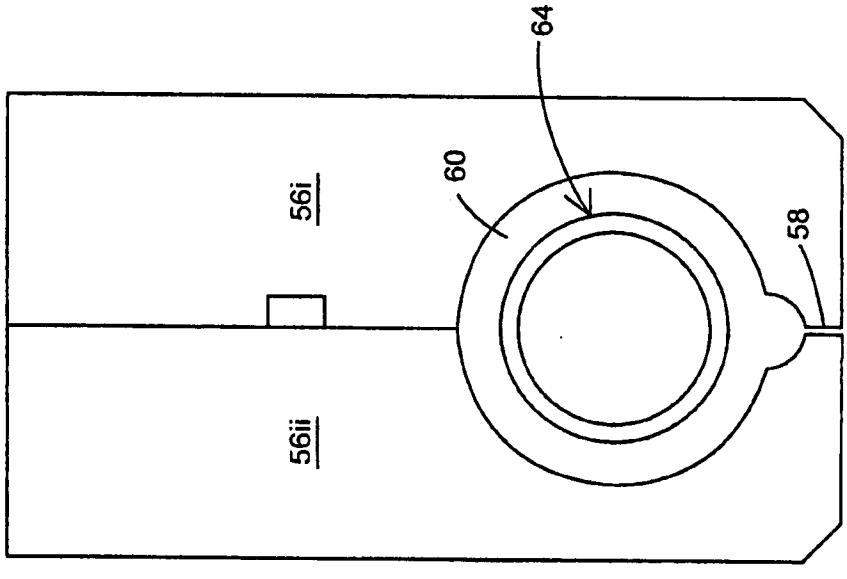



圖5

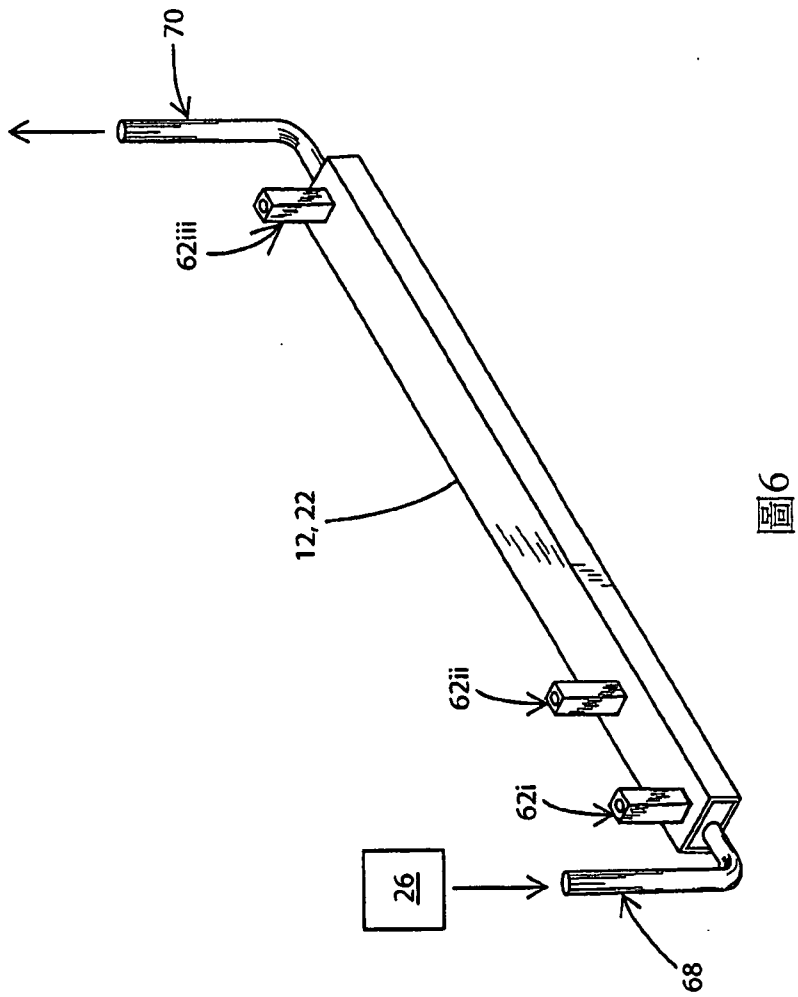



圖6

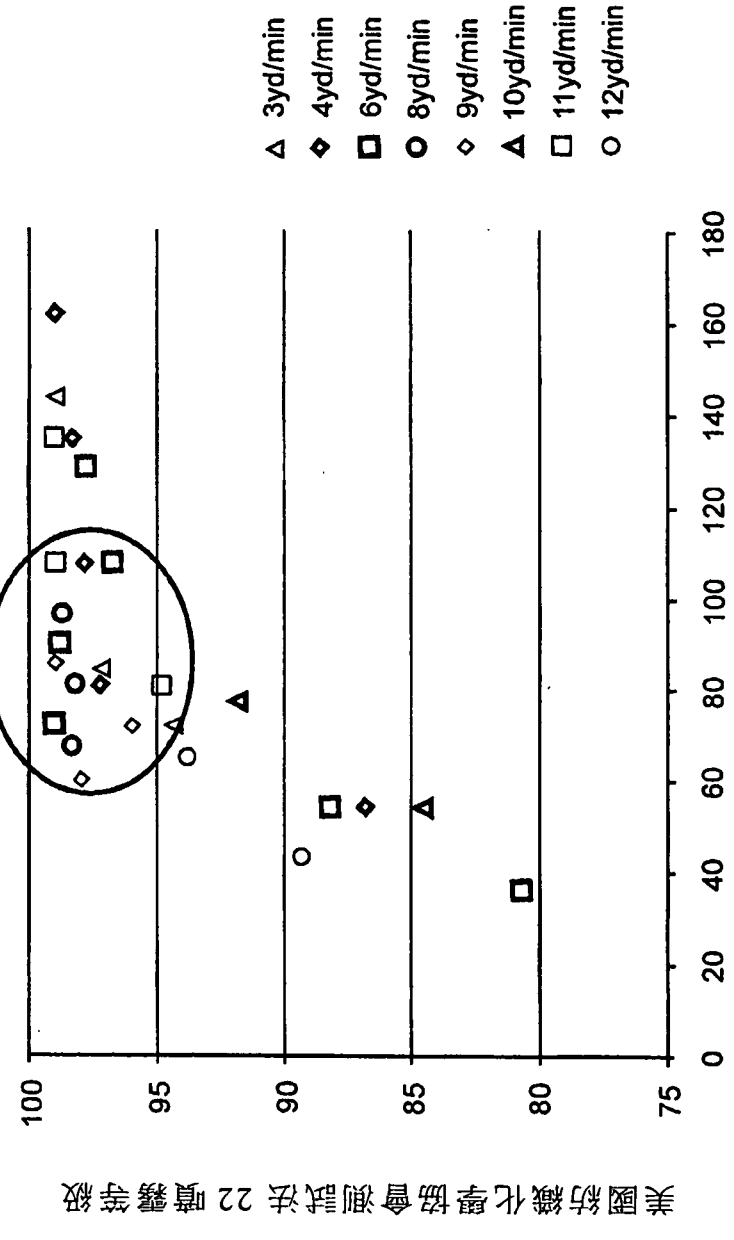

3yd/min
4yd/min
6yd/min
8yd/min
9yd/min
10yd/min
11yd/min
12yd/min
100
95
90
85
80
75
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
程序氣體劑量(公升/平方碼)
美國紡織化學協會測試法 22 噴霧等級

圖7

達成美國紡織化學協會測試法 22 噴霧測試
100 分所需之功率(瓦)
1200
1000
800
600
400
200
0
0.25"
0.5"
1"
電極高度(英寸)

圖8