

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97133933

※申請日期：97.9.4

※IPC 分類：H05G 2/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於具有高功率操作的輪蓋的氣體放電源之轉輪電極裝置

ROTATING WHEEL ELECTRODE DEVICE FOR GAS DISCHARGE
SOURCES COMPRISING WHEEL COVER FOR HIGH POWER
OPERATION

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

荷蘭商皇家飛利浦電子股份有限公司

KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.

代表人：(中文/英文)

JL 凡 德 渥

VAN DER VEER, J. L.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

荷蘭愛因和文市格羅尼渥街1號

GROENEWOUDSEWEG 1, 5621 BA EINDHOVEN,
THE NETHERLANDS

國 籍：(中文/英文)

荷蘭 THE NETHERLANDS

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 約勒德茲米爾 柔哈維茲
ZHOKHAVETS, ULADZIMIR
2. 湯瑪士 克魯肯
KRUECKEN, THOMAS
3. 剛瑟 漢斯 戴拉
DERRA, GUENTHER HANS

國 籍：(中文/英文)

1. 白俄羅斯 BELARUS
2. 德國 GERMANY
3. 德國 GERMANY

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 歐洲專利機構；2007年09月07日；07115919.8

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種用於具有可圍繞一旋轉軸旋轉的至少一個電極輪之氣體放電源之電極裝置，該電極輪具有二個側表面之間的一外圓周表面。本發明係進一步關於一種具有此一電極裝置之氣體放電源以及一種採用此電極裝置操作該氣體放電源之方法。

【先前技術】

氣體放電源係用作(例如)EUV輻射(EUV：深紫外光)或軟x光之光源。在EUV微影蝕刻領域尤其需要發射EUV輻射及/或軟x光的輻射源。從藉由脈衝式電流產生的熱電漿發射輻射。採用金屬蒸汽操作已知的有力EUV輻射源以產生需要的電漿。此一EUV輻射源之一範例係顯示在WO 2006/123270 A2中。在此已知輻射源中，金屬蒸汽係從施加於放電空間中的一表面之金屬熔化物產生並且藉由一能量束(特定言之藉由雷射束)至少部分地蒸鍍。為此目的，二個電極係以可旋轉方式安裝，從而形成在輻射源操作期間旋轉的電極輪。經由配置在包含金屬熔化物的一儲存庫與電極輪之間的一連接元件將金屬熔化物施加於每一電極輪之圓周表面。該連接元件經設計用以在電極輪之環形周邊之一部分區段上在外圓周表面與電極輪之間形成一間隙。在電極輪旋轉期間，金屬熔化物從該儲存庫滲透至該間隙中，從而在該電極之外圓周表面上形成液體金屬之期望薄膜。一脈衝式雷射束係引導至放電區域中的電極之一

的表面以便蒸鍍產生金屬蒸汽的金屬熔化物之部分並且點燃放電。藉由某kA最多至某10 kA的電流來加熱金屬蒸汽，因此激發期望離子化級並且發射期望波長之光。形成於電極輪之外圓周表面上的液體金屬膜達到若干功能。此液體金屬膜在放電中用作輻射媒體並使作為一再生膜的該輪免受腐蝕。液體金屬膜亦將電極輪與連接至導電連接元件之一電源供應電連接。此外，液體金屬消散藉由氣體放電而引入至該等電極中的熱。

對於此一氣體放電源或半導體裝置之將來高體積製造(HVM)所需要的燈之高功率操作，必須施加高電輸入功率。為了保證近似100晶圓/小時之需要的晶圓生產量，必須以50 kW或較大之輸入電功率操作高體積製造EUV源。約50%的此輸入功率係藉由該等旋轉電極所吸收。採用以上說明的已知氣體放電源，自電極輪的熱消散並非足夠高，此在較高功率下產生電極之過熱。基於此原因，不能在高體積製造EUV源所需要的電輸入功率下操作已知氣體放電源。

【發明內容】

本發明之一目的係提供用於氣體放電源之一電極裝置以及一對應氣體放電源，其允許採用高輸入功率操作該氣體放電源而不使電極輪過熱。

該目的係採用如請求項1及15之電極裝置及氣體放電源來達到。該電極裝置及該氣體放電源之有利具體實施例係隨附申請專利範圍附屬項的主旨或者係在說明之隨後部分

中揭示。請求項16指操作此一氣體放電源之較佳方法。

該建議電極裝置至少具有可圍繞一旋轉軸旋轉的一電極輪，該電極輪具有二個側表面之間的一外圓周表面，以及一電極輪蓋，其覆蓋一圓周方向上的該外圓周表面以及該等側表面之一部分區段。該建議蓋經設計用以在該圓周方向上在該蓋、該外圓周表面與該等側表面之一徑向外部分之間形成一冷卻通道以藉由液體材料(特定言之藉由金屬熔化物)冷卻該電極輪。該蓋具有用於冷卻通道的一進口開口及一出口開口以允許液體材料流經該冷卻通道。在一替代性方案中，該蓋進一步經設計用以在圓周方向上在該冷卻通道之延伸部分中在該蓋及該外圓周表面與該等側表面之部分之間形成一間隙，該間隙在該電極輪旋轉期間限制形成於該外圓周表面及該等側表面上的液體材料膜之厚度。在另一替代性方案中，該蓋進一步經設計用以抑制從在圓周方向上在該冷卻通道之延伸部分中流經該冷卻通道的液體材料形成此一膜。較佳地，出口開口係配置在冷卻通道與間隙之間以排出該冷卻通道與間隙之間之轉變中的過多液體材料，該間隙具有明顯小於該冷卻通道的用於液體材料之流動斷面。

採用該建議電極裝置，可根據該蓋之設計實現二個操作模式。在一第一模式中，用作具有此一電極裝置之氣體放電源中的氣體放電之燃料的施加液體材料更有效率地冷卻經加熱的電極輪。設計該冷卻通道以便包括該外圓周表面的該電極輪之外部分以及該等側表面之徑向外部分係藉由

足夠數量的液體材料包圍以將熱消散於此液體材料中。旋轉方向上的該冷卻通道合併成該輪蓋與該外圓周表面及該電極輪之該等側表面之間的一小間隙通道以限制該外圓周表面與該旋轉電極輪之該等側表面上的液體材料膜之厚度。較佳地，至少一個擦拭器單元係在旋轉方向上配置在間隙通道後面及/或前面以便另外限制液體材料膜至放電位置處進行蒸鍍所需要的厚度及形狀而無由於作用於此液體材料膜上的離心力所致的小滴形成之風險。

在一第二模式中，膜的厚度係限於最小可行厚度而且膜的形成完全受該蓋之設計的抑制。亦設計該冷卻通道以便包括該外圓周表面的該電極輪之外部分以及該等側表面之徑向外部分係藉由足夠數量的液體材料包圍以將熱消散於此液體材料中。此操作模式需要一分離液體材料施加單元以施加用作氣體放電之燃料的液體材料。此施加或注入單元經配置用以施加該蓋與氣體放電產生之位置之間的該電極輪之外圓周表面上的該液體材料而且必須提供足夠的液體材料覆蓋以使旋轉電極免受由於放電所致的腐蝕。例如能使用一或若干噴嘴。

此第二操作模式允許精細調諧液體膜之厚度及/或放電位置處的液體膜材料之量。因為液體材料施加或注入單元係與該冷卻通道分離，所以與前者操作模式比較，更易於控制放電位置處該電極輪上的液體材料覆蓋。例如，藉由改變流經該施加單元的液體材料，能在數微米至數百微米之範圍內調整液體材料膜厚度。藉由橫向地限制薄膜至其

中必須保護電極，而電極之其餘部分可保持為未覆蓋的位置，能最佳化液體材料電極覆蓋。藉由使用(例如)小滴產生器間歇地遞送液體材料以便此材料之分離島狀物或區域形成於電極上，能達到該電極上的液體材料之量的進一步減少。此等措施允許最小化該電極上的液體材料之量並因此獲得最高可行電極圓周速度。亦最小化由放電產生的碎片之數量。

對於第二操作模式，該蓋較佳地具有一擦拭器單元以達到將薄膜之厚度限於最小可行厚度或抑制此一膜的形成。一理想擦拭器應該預防液體材料從該冷卻通道洩漏。實務上，穿過擦拭器單元之後的殘餘液體材料膜厚度不應該超過5微米。此能(例如)藉由使用準確地重製該電極之形式的成形部分來達到。此部分能保持為藉由彈性元件與該電極接觸。在此情況下，液體材料充當成形部分與該電極之間的潤滑媒介，從而預防擦拭器及/或旋轉電極之腐蝕。然而，此效應可能取決於該電極輪之圓周速度。此動態潤滑之故障可能導致輪及擦拭器之增強腐蝕、一未受控液體材料膜、或甚至旋轉電極的阻塞。因此，該擦拭器較佳地係由自潤滑材料形成或採用適合於乾式運行操作的此一材料加以塗布。此外，其必須為熱穩定的而且對液體材料具有化學抗性。諸如石墨之材料達到此等要求。

為了在第二操作模式中獲得最高可行電極圓周速度，液體材料施加或注入系統應該放置為儘可能接近於放電位置。應該最小化旋轉電極上的液體材料量，即表達為體積

通量 $\dot{V}$ 的沈積量係較佳選擇為小於 $2\sigma/\rho\omega$ ，即 $\dot{V} < 2\sigma/\rho\omega$ ，其中 ω 表示輪角速度，以及 ρ 與 σ 表示液體材料之密度與表面張力。為了避免液體材料膜不穩定，電極寬度 D 應該係在 $D^* < D < 10 \cdot D^*$ 之範圍內，其中 $D^* = \pi\sqrt{\sigma/(\rho\omega^2 R)}$ ， R 表示該電極輪之半徑。

由於採用建議輪蓋設計的該電極輪之冷卻的較高效率，所以能以數十kW及更高之範圍內的高電功率操作具有此一電極裝置的氣體放電源而不使該等電極過熱。此允許當使用適當液體材料(特定言之，諸如液體錫之金屬熔化物)時操作氣體放電源為高體積製造EUV源。

電極輪蓋之建議設計亦允許增加該等電極輪之旋轉速度，此係在以下解釋。高輸入功率需要10 kHz或更大之高放電重複率。對於一穩定光輸出，特定言之其需要的氣體放電源或燈之EUV輻射之一輸出，連續放電脈衝始終撞擊旋轉電極表面之新進光滑部分。移動電極表面上的連續放電脈衝之距離必須為約幾十分之一毫米，最多至幾毫米。因此，必須相應地增加電極旋轉速度，從而產生約近似10 m/s的需要圓周速度。實務上，該等電極輪之此類高圓周速度可引起液體材料表面波並因此引起放電位置處的不穩定液體材料膜。此導致不穩定EUV輸出並且在最差情況下，導致由於液體材料展開及小滴形成所致的燈故障。採用依據本發明設計的電極輪蓋來避免此問題。採用該輪蓋，最小化該電極輪上的游離液體材料表面。藉由此措施，預防干擾液體材料表面波以及小滴的形成。該冷卻通

道以及形成該間隙通道的輪之覆蓋部分中的液體材料流變為更穩定，此產生放電位置處的較佳液體材料膜穩定性。

在一較佳具體實施例中，該輪蓋之該冷卻通道的出口開口係經由一饋送線及一冷卻裝置連接至進口開口以形成一冷卻電路，其中可以為一熱交換器的冷卻裝置經定尺寸用以冷卻供應給該蓋之進口開口的該液體材料。在此具體實施例之另一改良中，在該冷卻電路中配置一泵，其主動地循環該冷卻電路中的液體材料。在不提供此一泵的情況下，轉輪本身之泵效應能用以達到透過該冷卻通道的液體材料之足夠循環或流動。不過，藉由利用一泵主動地驅動液體材料，達到一改良及更可靠冷卻。特定言之，能調整泵功率以準確地施加最佳冷卻及放電產生所需要的每次液體材料之量。

形成於該冷卻通道之延伸部分中的間隙通道係較佳經定尺寸以便該間隙之寬度不超過該電極輪之外圓周表面的寬度。在該等具體實施例之一中，此間隙通道在至少為該冷卻通道之長度的四分之一的一圓周長度上延伸。整個蓋較佳在圓周方向上在該電極輪之一主要圓周部分上延伸，從而覆蓋圓周表面之一主要圓周部分。主要部分意指覆蓋該電極輪之圓周長度的一半以上。較佳地，藉由該電極輪蓋來覆蓋該電極輪之圓周長度的四分之三以上。

為了預防液體材料從輪蓋洩漏，在未處於冷卻通道區域內的部分中，該蓋應該採用至該外圓周表面及該輪之該等側表面的最小可能距離來重製輪形式。根據實驗發現，該

輪之外圓周表面與該輪蓋之間的間隙在覆蓋部分中(即在間隙通道中)不應該超過0.5 mm。較佳地，間隙高度應該為數十最多至100微米。為了避免液體材料洩漏，另外非濕潤材料或塗層可施加於該輪之該等側表面以及該蓋之內表面。

對於第一操作模式，該輪蓋可包括從更大側表面移除所有液體材料的一對擦拭器，其伴隨至外輪表面之受控距離 h 處的一固體擦拭器。為了避免自旋轉電極的液體材料小滴，必須滿足條件 $h < 2\sigma/(\rho\omega^2RD)$ ，其中 ω 表示輪角速度， R 及 D 表示該電極之半徑及寬度，以及 ρ 與 σ 表示液體材料之密度與表面張力。必須採用沒有液體金屬能逃避回至該輪之側的此一方式來藉由固體擦拭器自外表面移除過多的液體材料。

為了最大化冷卻效率，該蓋之液體材料進口應該放置為儘可能接近於放電位置。若透過進口開口供應給該冷卻通道的冷液體材料撞擊儘可能接近於放電位置的該輪之熱部分，則冷卻效應係較大。此係在沿輪旋轉(即在旋轉方向上)透過該冷卻通道引導冷卻流而達到。此外，該冷卻通道中的壓力梯度對於輪旋轉之方向上的液體材料流係較低的，因此在反方向上的材料流上此實現為較佳。

應該優先調整液體金屬輸送量以確保該冷卻通道係幾乎完全填滿液體材料。此係採用以上說明的具有可調整泵功率之外部泵來達到。為了減小局部液體材料壓力最大值及相關聯液體材料洩漏，應該在該冷卻通道之設計中避免扭

折。在一較佳設計中，該冷卻通道之進口開口及出口開口係近乎正切於輪周邊地導向。

較佳地，對於第一操作模式，一擦拭器單元係配置在形成於該蓋與該外圓周表面之間的該間隙通道之出口處。在此專利說明中亦稱為最終擦拭器的此擦拭器單元經設計用以採用在放電位置處達到期望膜厚度及形狀的此一方式在該電極輪旋轉期間進一步限制該外圓周表面上的液體材料膜之厚度。此期望膜厚度及形狀經選擇用以達到放電位置處的最佳蒸鍍及放電產生。

較佳地，可由一單一擦拭器元件或在一起作用的若干擦拭器元件形成的最終擦拭器經設計用以在該電極輪旋轉期間抑制或至少減少液體材料從該等側表面遷移至該圓周表面。此可藉由使用一擦拭器單元達到，該擦拭器單元具有(例如)叉狀形狀，其在該電極輪旋轉期間剝離剩餘在鄰近於該圓周表面之該等側表面上的液體材料。在結合此一最終擦拭器之提供的一較佳具體實施例中，在該蓋中形成一溢流通道以便吸收由該最終擦拭器之效應產生的過多液體材料。此溢流通道預防該最終擦拭器中的太高液體材料壓力。

在關於第一操作模式之另一較佳具體實施例中，在該冷卻通道與該間隙通道之間配置另一擦拭器單元，其中在此專利說明中亦稱為預擦拭器的此擦拭器單元經設計用以在該電極輪旋轉期間限制該外圓周表面上的液體材料膜之厚度並且從該等側表面剝離液體材料。此預擦拭器控制液體

材料從該冷卻通道傳遞至由該電極輪蓋形成的間隙通道中。

為了允許供應電流給該電極輪，該電極輪蓋的至少一部分或為該蓋之部分的一擦拭器單元係由導電材料製造。高電壓因此可施加於該電極輪蓋之此導電部分，從而透過亦具導電性之施加液體材料(較佳為諸如液體錫之金屬熔化物)產生與該電極輪的電連接。

在離心、黏性及表面張力下的該電極輪之該外圓周表面之未覆蓋部分上的液體材料分佈之演變能導致某一時間週期 τ 之後液體金屬小滴從該輪釋放。此時間週期隨增加旋轉速度而減少。因此，為了達到較高旋轉速度，在第一操作模式中應該最小佳最終擦拭器與蓋入口(即該蓋之相對端)之間距離。此意指最終擦拭器及該蓋入口應該定位成儘可能接近於放電位置。不過，必須授予由氣體放電源發射於較大固體角中的輻射之自由發射。基於此原因，放電位置附近的該輪蓋之一縫設計為較佳。

在由於強離心力所致的電極輪之高旋轉速度下，該輪之側表面變為幾乎不含液體材料，從而避免液體材料透過該蓋與該輪之中央區域中的該輪之該等側表面之間的間隙洩漏。藉由使預擦拭器及最終擦拭器或任何其他擦拭器相對於徑向傾斜，能改良從輪側表面移除液體材料。因為該輪之該等側表面基於此等原因而幾乎不含液體材料，所以能增加輪旋轉速度而無輪外表面上的液體材料膜厚度不可接受地增加之風險。此概念之另一益處係，能藉由中央區域

中的離心力來補償該冷卻通道中的明顯液體材料壓力，從而允許高液體材料輸送量透過該冷卻通道而無中心區域中的液體材料之流出。同時，與電極裝置之先前先進技術設計比較，能增加液體材料與該輪之間的接觸區域。此會產生該電極輪之更佳冷卻。

若該輪之旋轉速度係設定為足夠高，則離心力會超過重力。因此該輪蓋之操作效能變為獨立於重力。作為準則，給定為 $\omega^2 \cdot R$ (ω =角頻率， R =輪半徑)的離心加速度應該係大於重力加速度 $g=9.81 \text{ m/s}^2$ 。特定言之，能以此方式實現該輪之任意方位及甚至水平位置。

參考下文中詳細說明的具體實施例將明白並闡明本發明之此等及其他態樣。

【實施方式】

圖1顯示具有依據本發明之二個電極裝置1、2的一範例性氣體放電源之示意圖。電極裝置1、2之特徵為旋轉電極輪7之特殊設計囊封或蓋8以及在此氣體放電源中用於產生氣體放電的液體金屬之強制流。

改良式氣體放電源由二個旋轉電極裝置1、2組成，該等裝置係連接至由一電源供應4充電的電容器庫3。在氣體放電源之操作期間，將液體金屬施加於電極輪7之外圓周表面以在此表面上的放電位置6處形成一薄液體金屬膜。一能量束5(例如一雷射束)係引導至旋轉電極輪7之一的外圓周表面以蒸鍍放電位置6處的液體金屬之部分並且誘導電極裝置1、2之間的放電。當施加諸如液體錫之適當金屬熔

化物作為電極輪7上的液體金屬時，放電會產生EUV輻射，即依據圖1之氣體放電源充當一EUV燈。

電極裝置1、2之每一者由圍繞一旋轉軸22旋轉並藉由一蓋構造(即輪蓋8)所囊封的一電極輪7、一液體金屬泵9及一冷卻裝置10組成。輪蓋8之設計係所建議之電極裝置及氣體放電之本質部分。以下參考圖2解釋此輪蓋8之主要特徵。

圖2顯示由輪蓋8覆蓋的電極輪7之斷面圖。採用電極輪7之中央區域21處的彎箭頭指示旋轉方向。在其圓周周邊之主要部分上囊封電極輪7的電極輪蓋8具有二個區段。在第一區段中，一冷卻通道12係形成於電極輪7之外圓周表面24、側表面25之徑向外部分與輪蓋8之間。在亦稱為冷卻通道12之延伸部分中的覆蓋部分16之第二區段中，蓋8跟隨具有至外圓周表面24的小距離之輪形式以形成外圓周表面24與輪覆蓋部分16之間的小間隙23。

在該冷卻通道與此小間隙23之間的轉變中，一預擦拭器15經放置用以限制輪7之外圓周表面24上的液體金屬之膜厚度並且從側表面25剝離液體金屬的至少部分。冷卻通道12之一出口14係配置在冷卻通道12之此端處。供液體材料進入冷卻通道12中之進口係配置成接近於輪蓋入口11，此可從圖2中看出。

一最終擦拭器17係配置在間隙23之開放端處，從而進一步限制並成形液體金屬膜於電極輪7之外圓周表面24上。在此最終擦拭器17之位置處，一所謂的溢流通道18係形成

於輪蓋8中以汲取此位置處的過多液體材料。在最終擦拭器17前面，製造蓋8、16以便間隙通道23變為較寬以允許過多液體金屬本質上不受限制地流入溢流通道18中。

未覆蓋該電極輪之一區域19以允許液體金屬膜之脈衝式蒸鍍，在放電位置20處形成放電以及致能EUV光的自由輻射。

圖2亦顯示沿冷卻通道12之線A-A、沿包括預擦拭器15的間隙23之線B-B以及沿最終擦拭器位置處的線C-C之放大斷面圖。從此等放大斷面圖明白看出，形成於電極輪蓋8與冷卻通道12之延伸部分中的電極輪7之外圓周表面24之間的間隙23之斷面係明顯小於冷卻通道12之斷面。在沿C-C的放大斷面圖中亦能辨識溢流通道18。

輪蓋8之冷卻通道12、液體金屬泵9及冷卻器10形成一迴路以允許一循環液體金屬流，如圖1中所示。在此迴路中，經由液體金屬泵9達到從旋轉電極輪7至冷卻裝置10的連續熱傳輸。與使用其中該等電極輪浸漬的液體金屬槽之技術概念比較，該冷卻裝置的幾何結構並不限於任何槽尺寸並因此能任意地加以選擇以確保一有效熱傳輸，即使對於極高消散功率也如此。因為藉由泵9強制液體材料之流動，所以與其中僅輪速度為有效之技術形成比較，能極大地增加沿輪表面的冷液體金屬之流速。此產生更高熱傳送、更有效的冷卻以及較低平均輪溫度。

以下說明輪蓋8之工作原理。從其中由放電加熱電極輪7的放電區域6、20開始，熱輪穿過輪蓋入口11進入冷卻通

道12中，熱輪係由液體金屬流所冷卻。液體金屬流係由泵9驅動而且係藉由液體金屬進口13注入於冷卻通道12中。藉由箭頭指示液體金屬流。在沿圖2中的線A-A之放大斷面圖中能清楚地辨識，冷卻通道12允許冷卻電極輪7之外圓周表面24以及由液體金屬封閉的側表面25之外部分。為了增加冷卻效率，液體金屬之流速係較佳高於電極輪7之圓周速度。在穿過冷卻通道12之後，藉由預擦拭器15從輪表面移除大多數液體金屬。液體金屬的此部分係在出口14處離開冷卻通道12，主要液體金屬流係引導至外部熱交換器(冷卻裝置10)而且液體金屬之僅小部分保持在輪表面上並進入覆蓋部分16之間隙區域23。為了避免壓力增大，必須設計其中冷卻通道離開外圓周表面24的轉變以及朝該蓋之出口14的側表面25之徑向外部分，以便無停滯點可出現。覆蓋部分16預防剩餘在外圓周表面24上的液體金屬膜行進至最終擦拭器17期間液體金屬小滴從該輪釋放。最終擦拭器17形成液體金屬膜於輪7之外圓周表面24上以確保放電位置20處的需要膜厚度。透過溢流通道18移除過多液體材料以預防最終擦拭器17前面的太高液體金屬壓力。此允許在最終擦拭器17後面控制外圓周輪表面上的液體金屬數量。為了最小化動態壓力，應該以避免流向之迅速變化的方式來設計或附著溢流通道18。在圖2中，實現此舉以便間隙通道23在擦拭器17前面變為較寬以允許過多液體金屬本質上不受限制地流入溢流通道18中。

溢流通道18能連接至冷卻迴路內的額外埠以重新用溢流

液體材料並預防冷卻電路中的液體材料損失。在電極輪7之未覆蓋部分19中，液體金屬由於黏著力及表面張力而繼續存在於輪表面上。在穿過放電區域20之後，該輪再次進入冷卻通道12，其中冷卻該輪並且重新產生輪表面上的液體金屬膜。從以上說明明白，電極輪7在安裝為固定式的電極輪蓋8內旋轉。

在以上圖中，未描述用於液體金屬的額外儲存庫，但是根據冷卻電路內的液體材料之總數量，此一儲存庫可用於冷卻迴路中以便確保放電源之足夠長的連續操作。此外，不用說，輪蓋8及擦拭器15、17之材料必須在結構上係穩定的而且對液體金屬具有化學抗性。為了實現與電極輪7的電接觸，輪蓋8的至少一部分必須係導電的。

圖3顯示具有依據本發明之二個電極裝置1、2的一氣體放電源之另一具體實施例的示意圖。該氣體放電源包括二個旋轉電極裝置1、2，其係連接至由一電源供應4充電的電容器庫3。施加一能量束5(例如一雷射束)以使一些液體金屬從放電位置6處的旋轉電極蒸鍍並誘發電極裝置1與2之間的放電並因此產生期望EUV輻射。

旋轉電極裝置1、2之每一者由藉由在此專利說明中稱為輪蓋8之一蓋構造囊封的一旋轉電極輪7、一液體金屬泵9、一冷卻裝置10及一液體金屬注入單元26組成。輪蓋8、液體金屬泵9及冷卻器10形成一閉合迴路以允許循環液體金屬流。在此迴路中，存在經由液體金屬泵9從旋轉電極輪7至冷卻器10的連續熱傳輸。液體金屬注入單元26提供

液體金屬材料，其在二種情況下在旋轉電極輪7上皆可以為液體錫。液體金屬注入單元26可包含具有足以致能EUV源之需要運行時間的容量之液體金屬儲存庫。

以下參考基於簡單而僅顯示電極裝置之一的圖4說明旋轉電極裝置1、2之設計。在此具體實施例中，圖1及2之具體實施例的有效電極冷卻概念係與分離液體金屬電極塗布系統組合。該旋轉電極裝置包括下列元件：

- 輪蓋入口11，
- 冷卻通道12，其具有液體金屬進口13及出口14，
- 擦拭器27，其係緊接放置在冷卻通道12後，
- 液體金屬注入單元26，以及
- 液體金屬覆蓋部分28，其係曝露於放電位置20。

以下說明此旋轉電極裝置的工作原理。從其中藉由放電加熱電極輪7的放電位置20開始，熱輪穿過輪蓋入口11進入冷卻通道12中，其中熱輪係由液體金屬流所冷卻。在穿過冷卻通道並在出口14處離開冷卻通道之後，液體金屬流係引導至外部熱交換器，即冷卻單元10。擦拭器27從輪表面完全移除液體金屬。在輪蓋8與放電位置20之間，液體金屬注入單元26遞送液體金屬至電極表面。因此，形成放電前於電極表面上的一連續薄液體金屬膜或液體金屬"島狀物"，其對應於放電附件之位置。電極表面上的液體金屬係後來用作放電位置20處的放電之燃料。

因為液體材料注入單元26係與冷卻通道12分離，所以與以上第一具體實施例比較，更易於控制放電位置20處該電

極上的液體金屬覆蓋。例如，藉由改變液體金屬流，能在數微米至數百微米之範圍內調整液體金屬膜厚度。藉由下列方式亦能最佳化液體金屬電極覆蓋：使液體金屬珠29處於其中必須保護該電極的位置中，而該電極之其餘部分可保持未覆蓋(未覆蓋部分30)，如圖5中示意地顯示。此等措施允許最小化該電極上的液體金屬之數量並因此獲得最高可行電極圓周速度。亦最小化由放電產生的碎片之數量。

藉由使用(例如)注入單元26中的小滴產生器或將該小滴產生器用作該注入單元而間歇地遞送形成分離區域或"島狀物"於電極表面上的液體金屬，能達到該電極上的液體金屬之數量的進一步減少。可應用一光學偵測方法以將液體金屬島狀物上的觸發能量束5作為目標。

對於用於在正常室溫下為固體的液體金屬(例如錫)，額外加熱元件能整合於或施加於蓋8以及液體金屬冷卻電路(單元9及10與連接管)以允許熔化蓋8中的液體錫以及冷卻電路。藉由此手段，能在系統停止後達到適當操作條件。

對於低功率操作，亦能採用(例如)油或另一液體金屬藉由熱傳導或使用(例如)油或另一液體金屬的整合式冷卻通道來直接冷卻輪蓋8。

雖然已在上述說明圖式中詳細解說及說明本發明，但是此解說及說明係視為解說或範例性而非限制性的，本發明並未限於揭示的具體實施例。亦能組合以上及申請專利範圍中說明的不同具體實施例。從圖式、揭示內容以及隨附申請專利範圍之研究，熟習此項技術者在實施本主張發明

時能瞭解並執行所揭示的具體實施例之其他變化。例如，亦可以不同於圖1及3中所示的角之角來配置電極輪。此外，電極輪蓋之構造可在幾何上係不同於該圖中所示的構造，只要該冷卻通道之說明的功能以及該冷卻通道之延伸部分中的間隙或擦拭器單元得以維持。並不指第一或第二操作模式的說明之通過可應用於二個模式。

在申請專利範圍中，詞語"具有"並不排除其他元件或步驟，而且不定冠詞"一"或"一個"並不排除複數個。在互不相同的專利申請範圍附屬項中陳述措施之僅有事實並不指示不能突出優點地使用此等措施之組合。申請專利範圍中的參考符號不應視為限制此等申請專利範圍之範疇。

【圖式簡單說明】

以上經由範例並結合附圖說明建議電極裝置及氣體放電源而不限制如申請專利範圍所定義的保護之範疇。圖顯示：

圖1係具有依據本發明之一第一具體實施例之一電極裝置之一氣體放電源的示意圖；

圖2係依據本發明之一電極裝置之一第一範例之斷面圖；

圖3係具有依據本發明之另一具體實施例之一電極裝置之一氣體放電源的示意圖；

圖4係依據本發明之一電極裝置之一第二範例之斷面圖；以及

圖5係顯示該液體材料之一可行施加模式的示意圖。

【主要元件符號說明】

- | | |
|----|--------|
| 1 | 電極裝置 |
| 2 | 電極裝置 |
| 3 | 電容器庫 |
| 4 | 電源供應 |
| 5 | 能量束 |
| 6 | 放電位置 |
| 7 | 旋轉電極輪 |
| 8 | 輪蓋 |
| 9 | 液體金屬泵 |
| 10 | 冷卻裝置 |
| 11 | 蓋入口 |
| 12 | 冷卻通道 |
| 13 | 液體金屬進口 |
| 14 | 液體金屬出口 |
| 15 | 預擦拭器 |
| 16 | 覆蓋部分 |
| 17 | 最終擦拭器 |
| 18 | 溢流通道 |
| 19 | 未覆蓋部分 |
| 20 | 放電位置 |
| 21 | 中央區域 |
| 22 | 旋轉軸 |
| 23 | 間隙 |

- 24 外圓周表面
- 25 側表面
- 26 液體金屬注入單元
- 27 擦拭器
- 28 液體金屬覆蓋部分
- 29 液體金屬珠
- 30 未覆蓋部分

五、中文發明摘要：

本發明係關於一種用於氣體放電源之電極裝置(1、2)以及係關於一種具有該等電極裝置(1、2)之一或二者的氣體放電源。該等電極裝置(1、2)具有可在一旋轉方向上圍繞一旋轉軸(22)旋轉的一電極輪(7)，該電極輪(7)具有二個側表面(25)之間的一外圓周表面(24)。提供一電極輪蓋(8)，其覆蓋該外圓周表面(24)之一部分以及該電極輪(7)之該等側表面(25)。該蓋(8)經設計用以在圓周方向上該蓋(8)、該外圓周表面(24)與該等側表面(25)部分之徑向外部分之間形成一冷卻通道(12)，並且在圓周方向上在該冷卻通道(12)之延伸部分中於該蓋(8)與該外圓周表面(24)之間形成一間隙(23)。該間隙(23)具有小於該冷卻通道(12)的流動斷面而且在該電極輪(7)旋轉期間限制形成於該外圓周表面(24)上的液體材料膜之厚度。作為該間隙(23)之替代方式，該蓋(8)可經設計用以抑制從流經該冷卻通道(12)的液體材料形成此膜。該冷卻通道(12)同時允許藉由透過該冷卻通道(12)循環之液體材料來冷卻該電極輪(7)。採用該蓋(8)之建議設計，達成該電極輪(7)之有效率冷卻，從而允許高電功率操作為具有此一電極裝置的氣體放電源。

六、英文發明摘要：

The present invention relates to an electrode device (1, 2) for gas discharge sources and to a gas discharge source having one or two of said electrode devices (1, 2). The electrode device (1, 2) comprises an electrode wheel (7) rotatable in a rotational direction around a rotational axis (22), said electrode wheel (7) having an outer circumferential surface (24) between two side surfaces (25). An electrode wheel cover (8) is provided which covers a portion of the outer circumferential surface (24) and the side surfaces (25) of the electrode wheel (24). The cover (8) is designed to form a cooling channel (12) in the circumferential direction between the cover (8), the outer circumferential surface (24) and radially outer portions part of the side surfaces (25), and to form a gap (23) between the cover (8) and the outer circumferential surface (24) in extension of the cooling channel (12) in the circumferential direction. The gap (23) has a smaller flow cross section than the cooling channel (12) and limits a thickness of the liquid material film formed on the outer circumferential surface (24) during rotation of the electrode wheel (7). Alternatively to the gap (23) the cover (8) may be designed to inhibit the formation of such a film from the liquid material flowing through the cooling channel (12). The cooling channel (12) allows at the same time cooling of the electrode wheel (7) by the liquid material circulating through the cooling channel (12). With the proposed design of the cover (8), an efficient cooling of the electrode wheel (7) is achieved, allowing high electrical powers for operating gas discharge sources with such an electrode device.

十、申請專利範圍：

1. 一種用於氣體放電源之電極裝置，其至少包括：
 - 一電極輪(7)，其可在一旋轉方向上圍繞一旋轉軸(22)旋轉，該電極輪(7)具有二個側表面(25)之間的一外圓周表面(24)，以及
 - 一電極輪蓋(8)，其覆蓋該外圓周表面(24)及該等側表面(25)之一部分，該蓋(8)經設計用以
 - 在一圓周方向上於該蓋(8)、該外圓周表面(24)與該等側表面(25)之一徑向外部分之間形成一冷卻通道(12)，該冷卻通道(12)包括該蓋(8)中的一進口開口及一出口開口(13、14)，從而允許一液體材料流通過該冷卻通道(12)用以藉由該液體材料冷卻該電極輪(7)，其中該蓋經進一步設計用以
 - 在圓周方向上該冷卻通道(12)之延伸部分中於該蓋(8)與該外圓周表面(24)之間形成一間隙(23)，該間隙具有小於該冷卻通道(12)的流動斷面而且在該電極輪(7)旋轉期間限制形成於該外圓周表面(24)上的該液體材料之一膜的厚度，或
 - 抑制從流經該冷卻通道(12)的該液體材料在圓周方向上該冷卻通道(12)之延伸部分中的此一膜之形成。
2. 如請求項1之裝置，
其中該電極輪蓋(8)包括至少一個擦拭器單元(27)以抑制該膜之該形成或限制該膜之該厚度至一最小可能厚度。
3. 如請求項1或2之裝置，

其進一步包括一液體材料施加單元(26)，其經配置用以施加液體材料於該蓋(8)與一氣體放電產生位置(20)之間的該外圓周表面(24)上。

4. 如請求項3之裝置，

其中該液體材料施加單元(26)經設計用以施加該液體材料以便使形成於該外圓周表面(24)上的該材料之一薄珠(29)並不覆蓋該表面之完全寬度。

5. 如請求項1之裝置，

其中該出口開口(14)係經由一饋送線及一冷卻裝置(10)連接至該進口開口(13)以形成一冷卻電路，該冷卻裝置(10)經設計用以冷卻供應至該蓋(8)之該進口開口(13)的該液體材料。

6. 如請求項5之裝置，

其中一泵(9)係配置在該冷卻電路中，該泵(9)經設計用以循環該冷卻電路中的該液體材料。

7. 如請求項5或6之裝置，

其中該冷卻電路經設計用以透過該冷卻通道(12)提供該電極輪(7)之旋轉方向上的該液體材料之流。

8. 如請求項1之裝置，

其中該等進口開口及出口開口(13、14)經設計用以本質上正切於該電極輪(7)之該圓周表面(24)而延伸。

9. 如請求項1之裝置，

其中該蓋(8)在該電極輪(7)之一主要圓周部分上延伸。

10. 如請求項1之裝置，

其中一擦拭器單元(17)係配置在該間隙(23)之一開放端處，該擦拭器單元(17)經設計用以在該電極輪(7)旋轉期間進一步限制該外圓周表面(24)上的該液體材料膜之該厚度。

11. 如請求項10之裝置，

其中該擦拭器單元(17)經設計用以在該電極輪(7)旋轉期間剝離鄰近於該圓周表面(24)的該等側表面(25)之部分處的液體材料。

12. 如請求項10之裝置，

其中一溢流通道(18)係形成於該間隙(23)之該開放端處以汲取過多的液體材料。

13. 如請求項1之裝置，

其中一擦拭器單元(15)係配置在該冷卻通道(12)與該間隙(23)之間，該擦拭器單元(15)經設計用以在該電極輪(7)旋轉期間限制該外圓周表面(24)上的該液體材料膜之該厚度並且從該等側表面(25)剝離液體材料。

14. 如請求項1之裝置，

其中該蓋(8)的至少一部分係導電的，從而允許經由該蓋(8)及該液體材料供應電流至該電極輪(7)。

15. 一種包括如請求項1之電極裝置的氣體放電源，該電極裝置(1、2)形成該氣體放電源之二個電極的至少一第一電極，其經配置成在一放電區域(6、20)處具有一最小距離。

16. 一種操作如請求項15之氣體放電源的方法，

其中該冷卻通道(12)中的該液體材料之一流速係高於該電極輪(7)之圓周速度 $\omega \cdot R$ ，其中 $\omega = 2\pi f$ 係角旋轉頻率而且 R 係該電極輪(7)之半徑。

17. 一種操作如請求項15之氣體放電源的方法，

其中該電極輪(7)係採用一角頻率 ω 予以驅動，該角頻率確保在旋轉期間作用於該外圓周表面(24)處的該液體材料之一離心加速度 $\omega^2 \cdot R$ 係大於一重力加速度 $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ，其中 R 係該電極輪(7)之半徑。

十一、圖式：

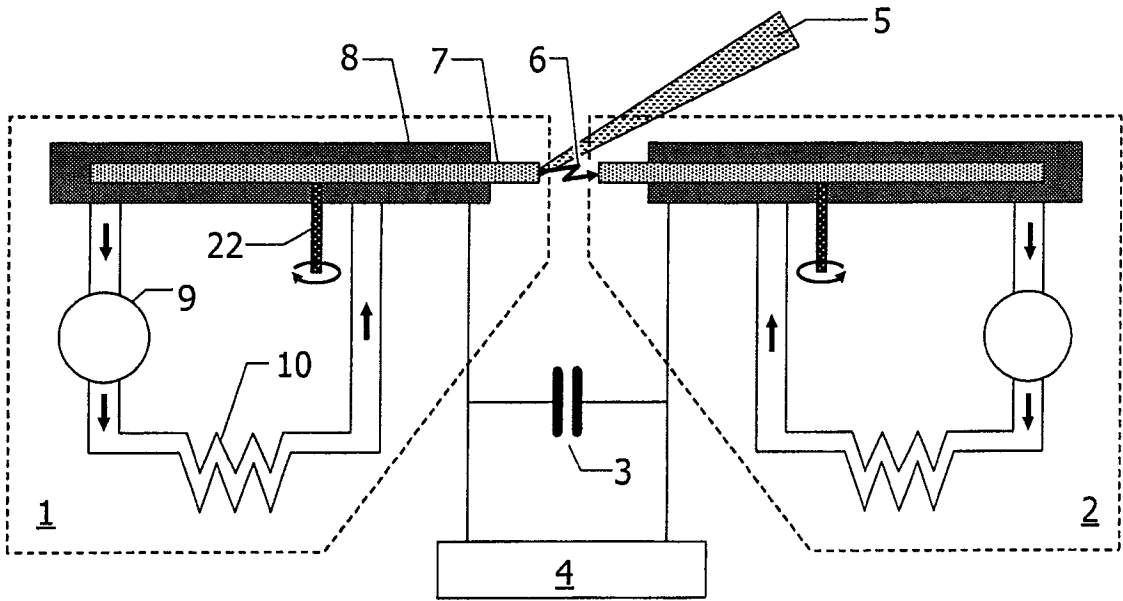


圖 1

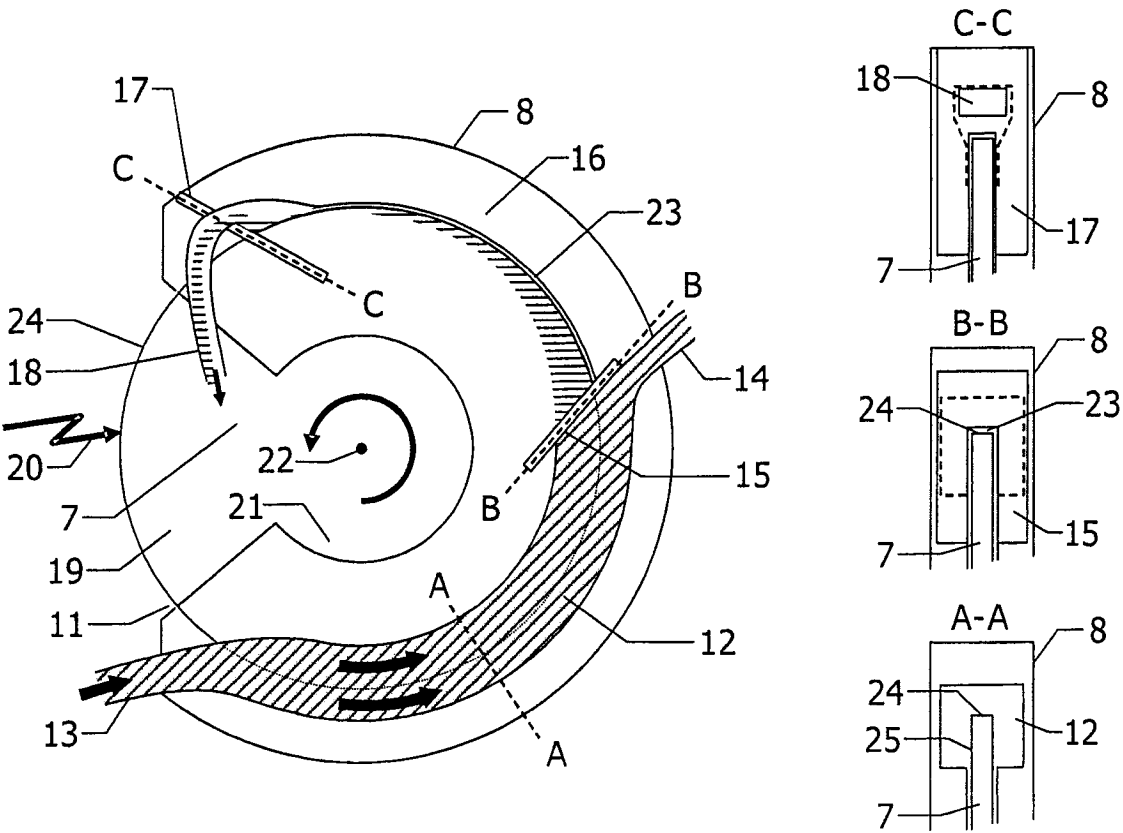


圖 2

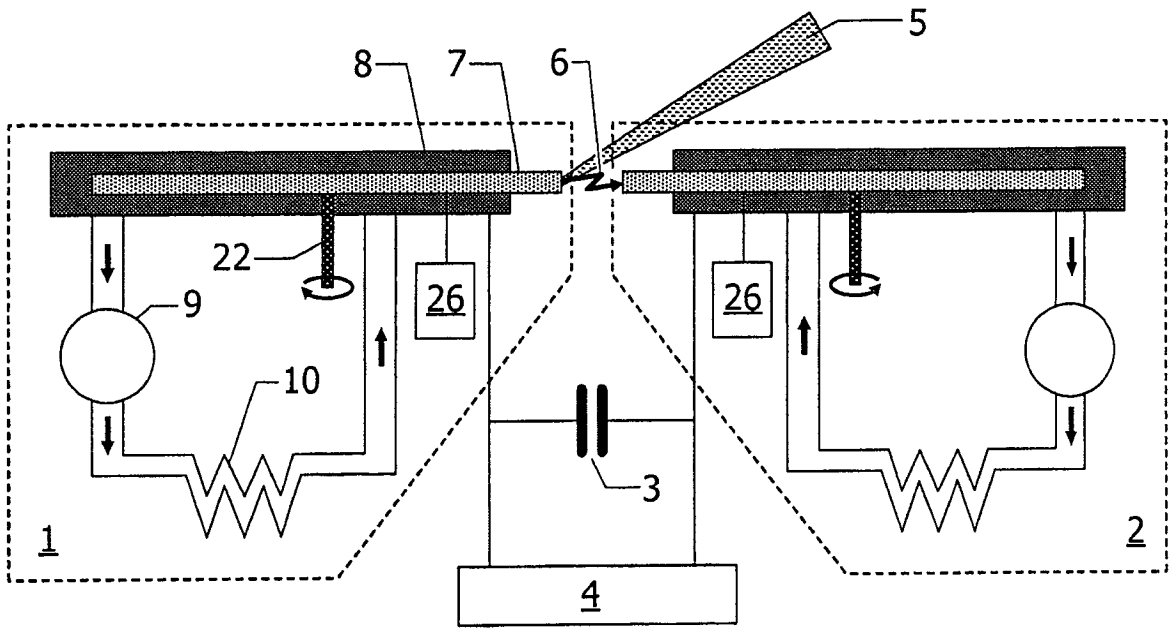


圖 3

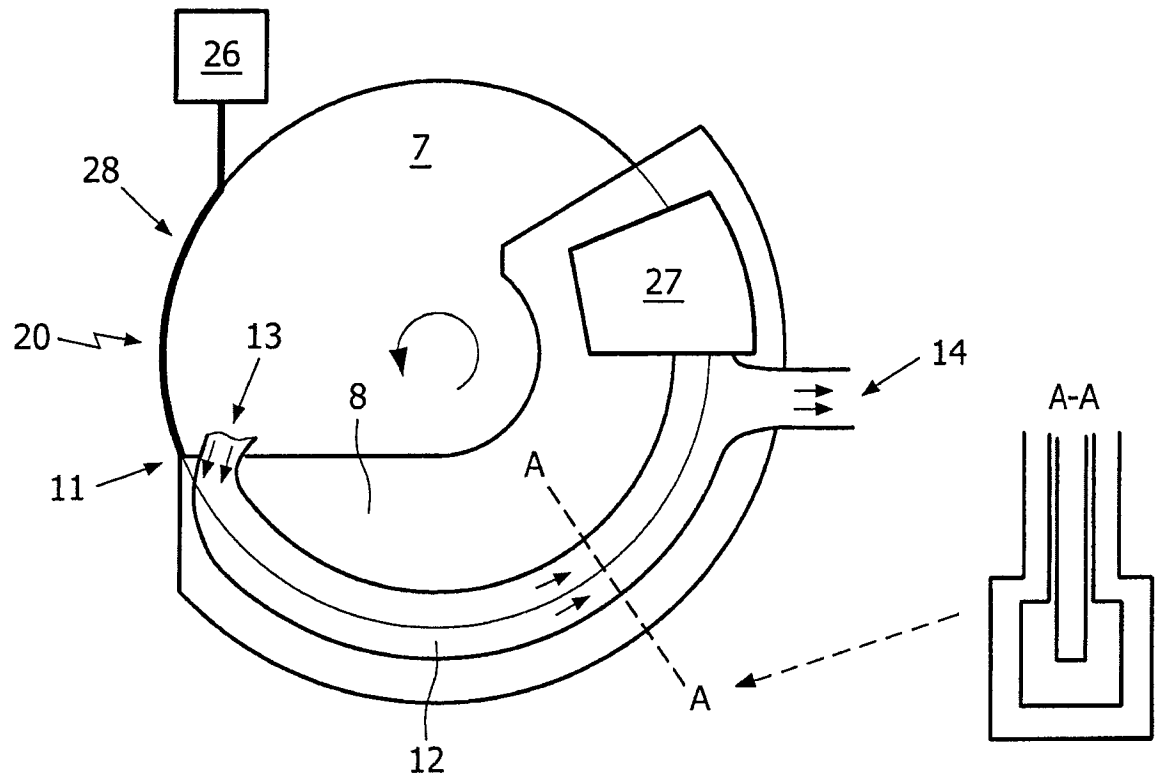


圖 4

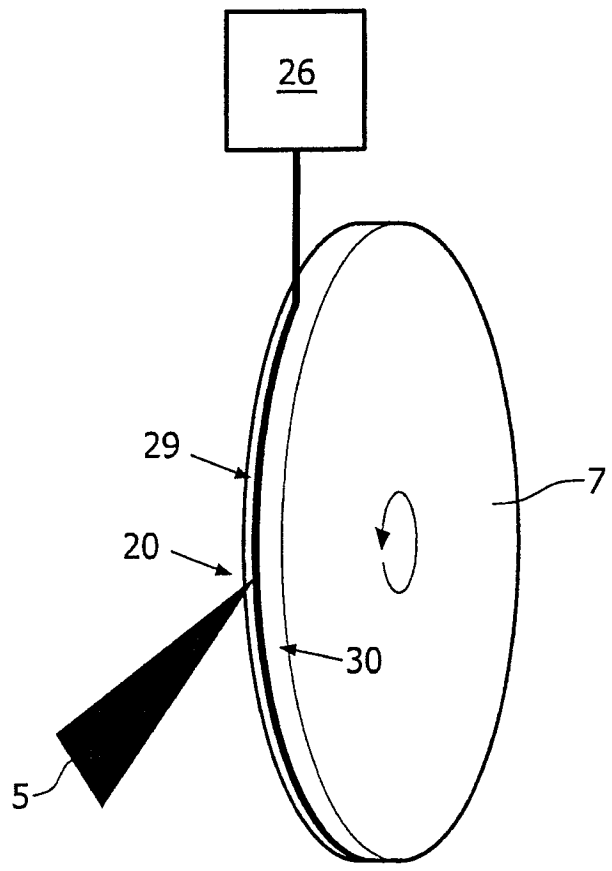


圖 5

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

7	旋轉電極輪
8	輪蓋
11	蓋入口
12	冷卻通道
13	液體金屬進口
14	液體金屬出口
15	預擦拭器
16	覆蓋部分
17	最終擦拭器
18	溢流通道
19	未覆蓋部分
20	放電位置
21	中央區域
22	旋轉軸
23	間隙
24	外圓周表面
25	側表面

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)