

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4162343号
(P4162343)

(45) 発行日 平成20年10月8日 (2008. 10. 8)

(24) 登録日 平成20年8月1日 (2008. 8. 1)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 J 37/145 (2006. 01)

H O 1 J 37/145

H O 1 J 37/244 (2006. 01)

H O 1 J 37/244

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-367441
 (22) 出願日 平成11年12月24日 (1999. 12. 24)
 (65) 公開番号 特開2001-185066 (P2001-185066A)
 (43) 公開日 平成13年7月6日 (2001. 7. 6)
 審査請求日 平成17年7月11日 (2005. 7. 11)
 審判番号 不服2007-20649 (P2007-20649/J1)
 審判請求日 平成19年7月26日 (2007. 7. 26)

(73) 特許権者 503460323
 エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社
 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
 (74) 代理人 100079212
 弁理士 松下 義治
 (72) 発明者 米澤 彬
 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セ
 イコーインスツルメンツ株式会社内
 (72) 発明者 森田 成司
 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セ
 イコーインスツルメンツ株式会社内
 (72) 発明者 佐藤 光義
 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セ
 イコーインスツルメンツ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子線装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子源と、前記電子源からの電子線を集束し試料に入射させる電磁界複合レンズと、該電磁界複合レンズ内に配置された二次電子検出器とからなり、前記電磁界複合レンズは、試料に近い磁極と試料から遠い周状磁極とで構成され、前記電磁界複合レンズの前記試料に近い磁極は、試料の電子線照射位置から遠い磁極と試料の電子線照射位置に近い磁極に分割されており、電子線軸垂直面に対し試料傾斜時に、該試料の電子線照射位置に近い磁極及び試料とに負の電位を印加することにより、試料傾斜による二次電子検出効率の低下及び収差の発生を避けるようにしたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】

電子源と、前記電子源からの電子線を集束し試料に入射させる電磁界複合レンズと、該電磁界複合レンズ内に配置された二次電子検出器とからなり、前記電磁界複合レンズは、試料の電子線照射位置を挟んで電子源側に位置する磁極と、電子源と反対側に位置する磁極とで構成され、該電子源側に位置する磁極は、さらに試料の電子線照射位置から遠い磁極と試料の電子線照射位置に近い磁極に分割されており、電子線軸垂直面に対し試料傾斜時に、該試料の電子線照射位置に近い磁極及び試料に負の電位を印加することにより、試料傾斜による二次電子検出効率の低下及び収差の発生を避けるようにしたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 3】

試料の電子線照射位置に近い磁極は電氣的絶縁材を介して試料の電子線照射位置より遠

10

20

い磁極に連結されており、試料の電子線照射位置より遠い磁極の頂面が、前記電氣的絶縁材よりも、試料の電子線照射位置近くに位置するようにしたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電子線装置。

【請求項 4】

試料の電子線照射位置を挟んで電子源と反対側の磁極は、さらに試料の電子線照射位置に近い磁極と試料の電子線照射位置より遠い磁極とに分割されたものである請求項 2 に記載の電子線装置。

【請求項 5】

試料の電子線照射位置を挟んで電子源側の磁極及び電子源と反対側の磁極各々に於いて、試料の電子線照射位置より遠い磁極の頂面が、試料の電子線照射位置より遠い磁極と試料の電子線照射位置に近い磁極との間の電氣的絶縁材よりも、試料の電子線照射位置近くに位置するようにしたことを特徴とする請求項 4 に記載の電子線装置。

10

【請求項 6】

前記電磁界複合レンズの対物レンズを中空円錐台形状とし、前記対物レンズの口径に比して大型の試料に対し最大 60 度傾斜を可能としたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の電子線装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、低加速電圧に於いて高分解能観察可能な電子線装置に関する。

20

【0002】

【従来の技術】

近年半導体集積回路パターンはますます微細化され、半導体製造工程に於いて、これを、1 kV 以下の低加速試料入射電圧で、より高分解能で SEM 観察する要望が大きい。このためには、SEM 鏡筒の対物レンズの収差、特に色収差を低減することが重要である。このための方法として、単極磁界型レンズと静電レンズを組み合わせた複合対物レンズを用いる方法がある。特開平10-199459、特開平11-25895に示されているように(図4, 5)、単極レンズ4と試料5との間に電極3a、43b(図5においては3)を設け、電極43b(図5においては3)と試料5とに負の同電位を印加することにより、対物レンズの収差を低減するとともに、試料傾斜に伴う非点収差を抑えて高分解能観察を可能にするものである。

30

しかしながら、単磁極と試料との間に静電レンズを組み込む構造であるため、単磁極頂面と試料との距離は比較的大きくなり、収差をさらに低減するのは困難であった。

【0003】

また単極レンズと静電レンズとの複合レンズにて、試料に対向する電極を磁性体で構成する公知例として下記の例がある。

特開平9-017369に開示されている例では(図6)、『対物レンズの磁極(8, 8a)は試料側に磁場を発生させる形状を有し、該対物レンズの電子線通路部の軸方向に1個以上配置された一次電子線が通過できる軸対称な加速電極(10a、10b)と、該加速電極に正の電圧を印加する手段と、前記加速電極の内試料に最も接近している電極(10b)よりも外側、又は試料側に配置された一次電子線が通過できる電界補正電極(11)と、該補正電極に負の電圧を印加する手段を備え...前記加速電極のうち試料に最も接近している電極(10b)は磁性体で構成され...』ている。しかしながら、磁性体で構成されている電極10bは正電位に印加されており、試料はアース電位であるため、試料を傾斜すると、光軸付近の電界が非対称になり、二次電子検出効率の低下及び収差が生じる。この不具合を、電極10bの外側に設けた電界補正電極11の電界でうち消すことにより解消しようとしたもので、当然試料傾斜角により該電極への印加電圧も変化させねばならず煩雑であり、また構成も複雑である。

40

【0004】

また特開平11-120950に開示されている例(図7)では、上記の例と同様に、第

50

1のポールピース(70)と第2のポールピース(71)との間に第3のポールピース(13)を設置し、「第3のポールピース...は、上記他の2つのポールピースに磁氣的に接触していないで且つ上記第1及び第2のポールピースの間に形成された...磁場...の中に浸かっておりこの磁場の一部を抽出している」様にし、第3のポールピースには正または負の電位を印加可能にしている。しかしながら、第3のポールピースに負の電位を印加した場合、試料には電位が印加されないため、試料を傾斜した場合、上記従来例と同様二次電子検出効率の低下及び収差の発生を避けられない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は低加速電圧電子線装置に於いて、特に試料を傾斜して、より高分解能化を図ることを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本願発明の電子線装置においては、第1に試料は、電子源側に位置する磁極付近に形成されるレンズ磁界内に設置されており、該電子源側磁極は、試料の電子線照射位置から遠い磁極(以下、本明細書では「試料に遠い磁極」と表現する。)と試料の電子線照射位置に近い磁極(以下、本明細書では「試料に近い磁極」と表現する。)に分割されており、試料傾斜時に、該試料に近い磁極(3b)には負の電位を印加するようにし、該試料に近い磁極及び試料とに負の電位を印加するようにした電磁界複合レンズを設けた。

【0007】

第2に、試料に近い磁極及び試料とに負の同電位を印加するようにした。

第3に、試料より遠い磁極の頂面(4a)が、試料より遠い磁極と試料に近い磁極との間の電氣的絶縁材よりも、試料近くに位置させるようにした。

第4に、試料に近い磁極と及び試料に負の同電位を印加するようにした。

第5に、試料は、対向する磁極の間すなわち電子源側に位置する磁極と電子源と反対側に位置する磁極との間に設置されており、電子源側磁極は、さらに試料から遠い磁極と試料に近い磁極に分割されており、試料傾斜時に、該試料に近い磁極(3b)には負の電位を印加するようにし、該試料に近い磁極及び試料に負の電位を印加するようにした電磁界複合レンズを設けた。

【0008】

第6に、試料及び試料に対向する磁極に負の同電位を印加するようにした。

第7に、試料より遠い磁極の頂面(4a)が、試料より遠い磁極と試料に近い磁極との間の電氣的絶縁材よりも、試料近くに位置させるようにした。

第8に、試料に近い磁極と及び試料に負の同電位を印加するようにした。

第9に、試料は、対向する磁極の間すなわち電子源側に位置する磁極と電子源と反対側に位置する磁極との間に設置されており、電子源側磁極は、さらに試料から遠い磁極(4a)と試料に近い磁極(3b)に分割されており、電子源と反対側の磁極は、さらに試料に近い磁極(3b)と試料より遠い磁極(4a)とに分割されており、試料傾斜時に、該試料に近い両磁極(3b, 3b)及び試料(5)に負の電位を印加するようにした電磁界複合レンズを設けた。

【0009】

第10に、試料及び試料に対面する両磁極に負の同電位を印加するようにした。

第11に、電子源側の磁極及び電子源と反対側の磁極各々に於いて、試料より遠い磁極の頂面(4a, 4a)を、試料より遠い磁極と試料に近い磁極との間の電氣的絶縁材(7, 7)よりも、試料近くに位置させるようにした。

【0010】

第12に、試料に近い磁極及び試料に負の同電位を印加するようにした。

第13に、試料非傾斜時には、電子源側の試料に近い磁極の電位をゼロあるいは正電位に印加することを可能にした。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

【作用】

電子銃電圧 2 k V で加速された電子線は、電子源側の磁極と試料側の磁極の間に生ずる磁界と、アース電極と負電位 - 1 k V が印加された試料側磁極との間の減速電界、及び試料側磁極と負電位 - 1 k V が印加された試料との間の磁界により、1 k V の入射電圧で試料上に集束される。電子プローブの照射により生じた二次電子は上記電磁界により巻き上げられ、電子源側に設けられた二次電子検出器により検出され画像を形成する（図 1 参照）。試料とこれに対向する磁極とは負の同電位に印加されているため、試料傾斜時光軸上に非対称な電界が生じない。従って二次電子検出効率の低下や非点収差が発生せず、高分解能像が得られる。

10

【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】

図 1 に本願発明による電磁界複合対物レンズの断面図を示す。中空円錐台形状となっている。図 1 において磁極 3 b は電極としての役割も持っている。3 a は漏斗形状の電極である。電子銃より出た一次電子線 1 は 2 k V で加速され、軸対称二次電子検出器 2 に設けられた孔を通過後、試料から遠い磁極 4 a と試料に近い磁極 3 b との間に形成される磁界の集束作用を受け、ゼロあるいは正電位に印加された電極 3 a と磁性材よりなる - 1 k V の負電位に印加された磁極 3 b との間の減速電界により 1 k V に減速され、磁極 3 b と周状磁極 4 b との間に形成される磁界により集束され、- 1 k V の負電位に印加された試料 5 に試料入射電圧 1 k V で照射される。電子線プローブは、図 1 に示していない走査偏向コイルにより、試料面上を走査され、発生した二次電子線 6 は上記電磁界により巻き上げられ、二次電子検出器 2 により検出される。磁極 3 b と試料とは同電位であるため、試料傾斜による非対称な電界は生じない。従って非点や軸不良がなく高分解能像が得られる。

20

【 0 0 1 3 】

図 8 に、図 4 におけるように電極 4 3 b を非磁性材で構成した場合 (nonmagnetic electrode) と、図 1 におけるように、図 4 と寸法は同じで電極 4 3 b に対応する部分を磁性材で構成し磁極 3 b とした場合 (magnetic electrode) との色収差係数 C_c の一例を示す。電子銃電圧は 2 k V、電極 3 a の電位はアース電位、磁極 3 b と試料 5 の電位は - 1 k V とし、また磁極 4 a と磁極 3 b の間隙が 2 mm で、間隙中心と磁極 3 b の試料 5 に対向する面との距離 L を 2 mm とした。横軸 WD は電極 4 3 b あるいは磁極 3 b の試料対向面と試料 5 との距離である。図 8 より、図 1 におけるように、図 4 の電極 4 3 b に対応する部分を磁性材で構成した方が同じ WD に対しより小さい値の C_c が得られ、より高分解能の像が得られることが分かる。図 8 は、電極 3 a がアース電位である場合の C_c を示したが、正に印加した場合にはさらに小さい C_c が得られる。またより構成を簡単にするため、電極 3 a を除いても良い。この場合、磁極 4 a はアース電位となる。磁極 4 a をアース電位とした場合の C_c の値は図 8 で示した C_c の値より大きくなる。

30

【 0 0 1 4 】

図 1 では、磁極 3 b と試料 5 は同電位としたが、負電位で異なっても良い。実際、磁極 3 b の電位を数 10 V 異なせると、大角度傾斜時に於いても非点等の発生はわずかで、二次電子検出効率が向上する場合がある。試料が傾斜しない場合には、試料電位は負の高電圧に保ったまま、磁極 3 b の電位をゼロあるいは正の電位に印加しても、非点、軸不良は生じない。この場合、試料近くでの減速電界によって、磁極 3 b に負電位を印加するよりも小さい C_c を得ることができるため、より高分解能の像をえることができる。

40

【 0 0 1 5 】

図 9 に、磁極 4 a と磁極 3 b (電極としても作用する) との間隙中心と、磁極 3 b の試料対向面との距離 L に対する C_c を、 WD をパラメーターとして示した。 WD 2, 3, 5 mm は、各々ウェハの可能な最大傾斜角が各々 30 度、45 度、60 度に対応している。ウェハ傾斜観察に比較的良く使用される 45 度傾斜時、すなわち $WD = 3$ mm に於いては、距離 L が大きくなると大幅に C_c が大きくなり分解能が低下することが解る。従ってより小さい C_c を得るには、磁極 4 a と磁極 3 b の間隙位置、すなわち磁極 4 a と磁極 3 b 間

50

に生ずる磁界位置を、磁極 3 b の試料対向面近傍に位置させることが望ましい。

【 0 0 1 6 】

しかし、実際には、試料の大角度傾斜を許す、先細状の磁極先端部に於いて、高電圧を維持するための電氣的絶縁材 7 を磁極 3 b の試料対向面近傍に、電子線の帯電を防止して設置することは容易でない。図 2 はこの不具合を解消するための構成例を示している。すなわち、試料 5 は電子源側に位置する磁極付近に形成される磁界内に設置されており、該電子源側磁極は、試料から遠い磁極 4 a と試料に近い磁極 3 b に分割されており、試料より遠い磁極の頂面 4 a が、試料より遠い磁極と試料に近い磁極との間の電氣的絶縁材 7 よりも、試料近くに位置させるようにし、磁極 4 a にアース電位を、また試料に近い磁極 3 b 及び試料 5 に負の同電位を印加するようにしている。この場合磁極 4 a と磁極 3 b 間に減速電解が形成される。先細状の磁極先端部から離れた位置に電氣的絶縁材を設けることは容易であり、しかも磁極 4 a と磁極 3 b 間に生ずる磁界は磁極 3 b の試料対向面近傍に位置するため、この複合レンズの C c を小さくすることができる。図 1 0 にこの複合レンズ（遮蔽型と名付ける）及び非遮蔽型複合レンズ（図 1 に対応する）の C c の一例を、W D に対して示した。遮蔽型複合レンズと非遮蔽型複合レンズいずれに於いても、電子銃電圧は 2 k V、磁極 3 b と試料 5 の電位は - 1 k V とし、また磁極 4 a と磁極 3 b の間隙が 2 m m で、間隙中心と磁極 3 b の試料 5 に対向する面との距離 L を 2 m m とした。図 2 ではアース電極 3 a は省いてある。図 2 の遮蔽型レンズとの比較のため非遮蔽型複合レンズに於いても図 1 で示したアース電極 3 a は省いて計算した。横軸 W D は磁極 3 b の試料対向面と試料 5 との距離である。遮蔽型複合レンズは、非遮蔽型レンズよりもむしろ小さい C c を得ることが可能であることが解る。

【 0 0 1 7 】

図 2 では、アースあるいは正に印加可能な電極 3 a を省いたが、電極 3 a を取り付けても良い。この場合電極 3 a の試料側の頂面を、磁極 4 a と磁極 3 b の間に位置させると図 1 0 で示したよりも小さい C c をえることができる。図 3 は、磁極 3 b、4 a と磁極 3 b、4 a の間に、比較的小径試料 5 を設置し、磁極 3 b、磁極 3 b 及び試料 5 に負の高電位を印加するようにした例である。対向磁極 3 b、4 a が試料から遠い周状磁極 4 b ではなく、試料の裏面まで延長された構造となっているため、図 2 に比較し、磁極間の距離が短くなって、この狭い空間に磁力線が集中するためより高い磁束密度内に試料を設置でき、より小さい C c を得ることが可能である。各電位が同じであるため、試料を傾斜した場合、二次電子検出効率の低下及び収差の発生を生ぜず、高分解能観察が可能である。また、図 2 に於けると同様に、アースあるいは正に印加可能な電極 3 a を電子源側に取り付けても良い。

【 0 0 1 8 】

図 3 では、電子源と反対側の磁極は、さらに試料に近い磁極 3 b と試料より遠い磁極 4 a とに分割されており、該試料に近い磁極 3 b には負の電位を印加するようにし、試料に負の電位を印加するようにしているが、電子源と反対側の磁極は分割せず、負の電位を印加しないようにしても良い。試料 5 の傾斜が大きくない場合には、試料 5 より電子源側の電界の非対称性は大きくなく、従って試料照射電子ビームに与える影響が小さいためである。

【 0 0 1 9 】

【発明の効果】

1 k V 程度以下の試料入射電圧で、試料を大角度傾斜して高分解能 S E M 観察することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による電子線装置の対物レンズの一実施例を示す概略図である。

【図 2】本発明による電子線装置の対物レンズの他の実施例を示す概略図である。

【図 3】本発明による電子線装置の対物レンズの他の実施例を示す概略図である。

【図 4】従来の電子線装置の対物レンズの実施例を示す概略図である。

【図 5】従来の電子線装置の対物レンズの実施例を示す概略図である。

【図 6】従来の電子線装置の対物レンズの実施例を示す概略図である。

【図 7】従来の電子線装置の対物レンズの実施例を示す概略図である。

【図 8】本発明例及び従来例におけるWDと色収差係数の関係を示すグラフ例である。

【図 9】磁極間隙位置に対する色収差係数の関係を示すグラフ例である。

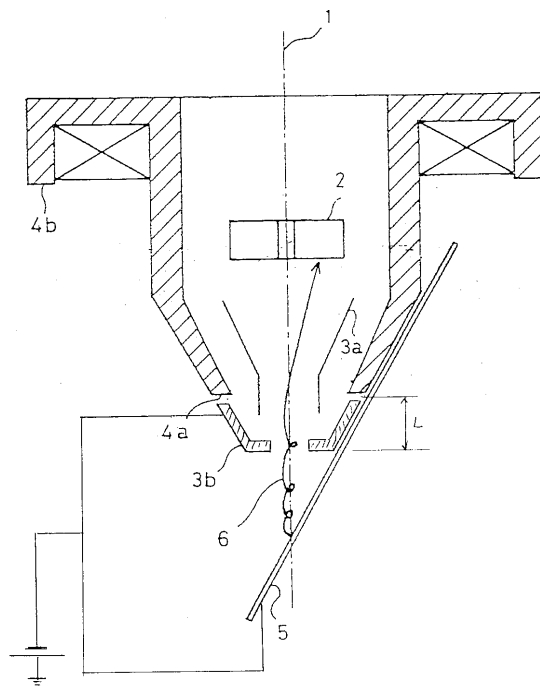
【図 10】本発明例におけるWDと色収差係数の関係を示すグラフ例である。

【符号の説明】

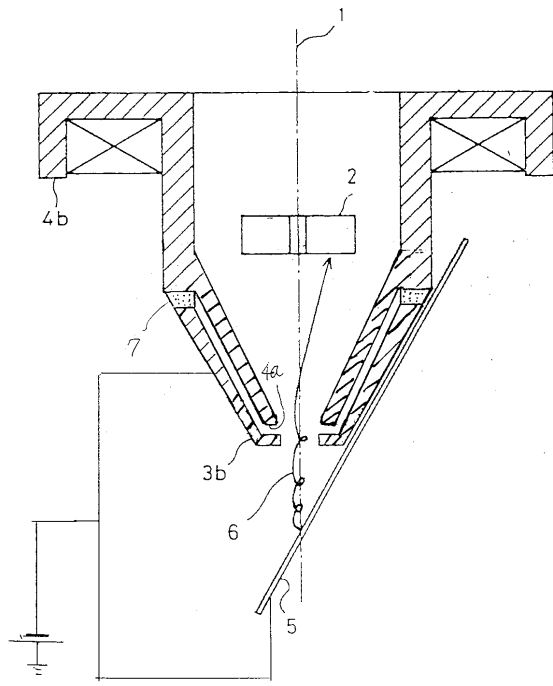
- 1 電子線
- 2 二次電子検出器
- 3 a 電極
- 3 b 磁極
- 3 b 磁極
- 4 a 磁極
- 4 a 磁極
- 4 b 周状磁極
- 5 試料
- 6 二次電子線
- 7、7 電気的絶縁材

10

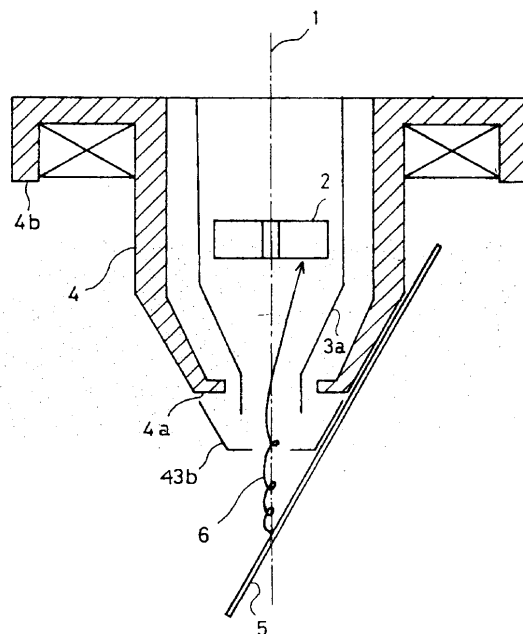
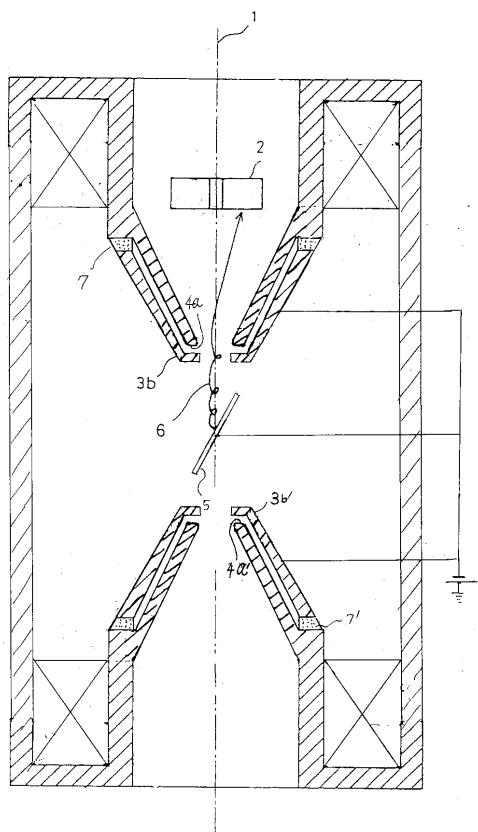
【図 1】



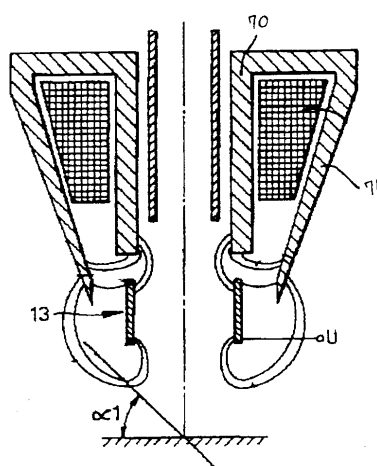
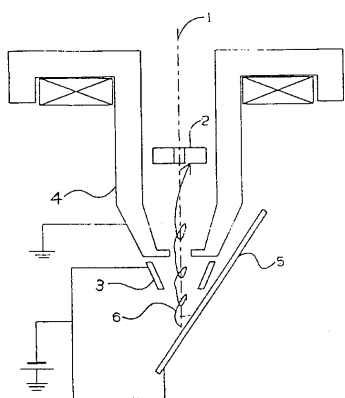
【図 2】



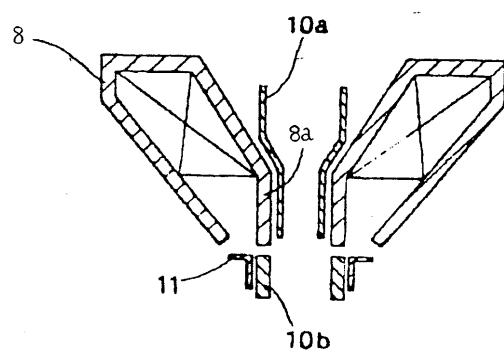
【圖 4】



【圖 7】



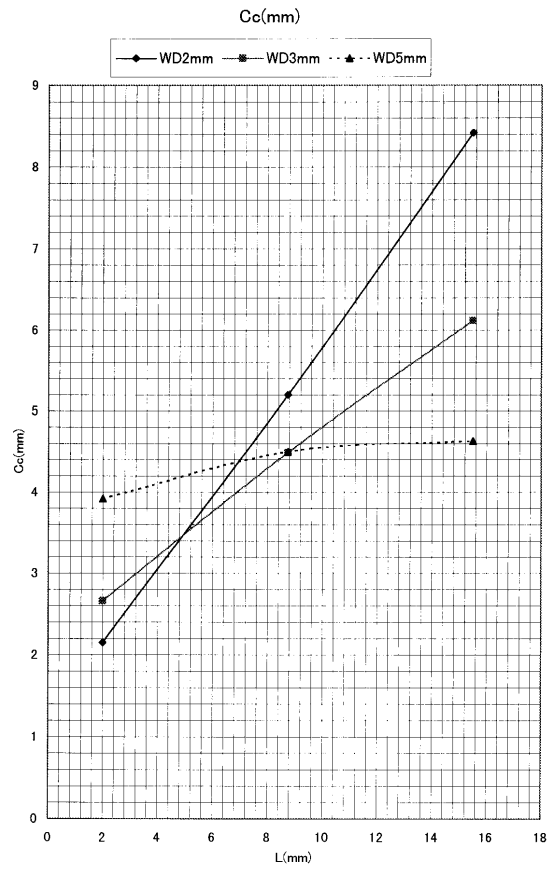
【 図 6 】



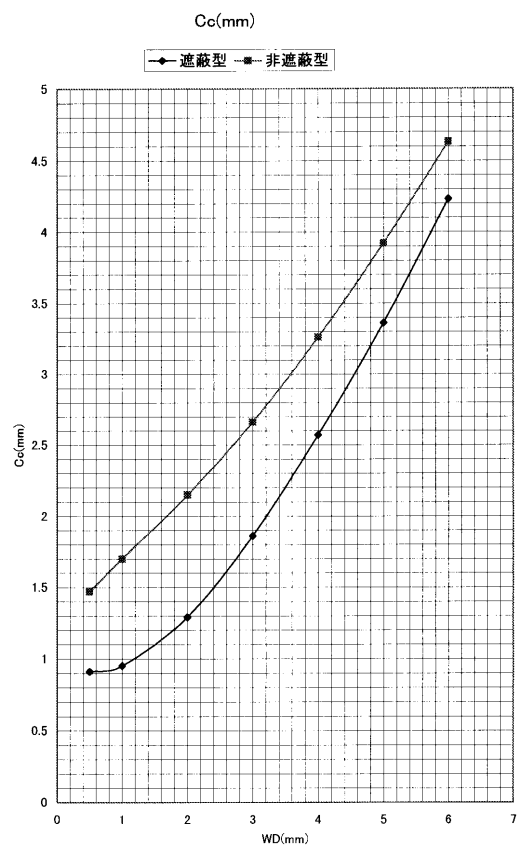
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

合議体

審判長 江塚 政弘

審判官 日夏 貴史

審判官 末政 清滋

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 1 2 0 9 5 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 5 8 9 5 (J P , A)
特開平 1 - 2 9 8 6 3 3 (J P , A)
特開昭 5 8 - 1 6 1 2 3 5 (J P , A)