

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5020650号
(P5020650)

(45) 発行日 平成24年9月5日(2012.9.5)

(24) 登録日 平成24年6月22日(2012.6.22)

(51) Int.Cl.

F 1

C23C 14/24 (2006.01)
H05B 33/10 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)

C23C 14/24
H05B 33/10
H05B 33/14

A

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-23402 (P2007-23402)
(22) 出願日 平成19年2月1日 (2007.2.1)
(65) 公開番号 特開2008-189951 (P2008-189951A)
(43) 公開日 平成20年8月21日 (2008.8.21)
審査請求日 平成21年4月15日 (2009.4.15)

(73) 特許権者 000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目3番1号
(74) 代理人 100101557
弁理士 萩原 康司
(74) 代理人 100095957
弁理士 亀谷 美明
(74) 代理人 100096389
弁理士 金本 哲男
(72) 発明者 周藤 賢治
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
審査官 亀代 陽子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】蒸着装置、蒸着方法および蒸着装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

蒸着により処理容器内にて被処理体を成膜処理する蒸着装置であって、成膜材料を収納し、収納された成膜材料をそれぞれ気化させる複数の蒸着源と、前記複数の蒸着源にそれぞれ連結され、吹き出し口を有し、前記複数の蒸着源にて気化された成膜材料を前記吹き出し口からそれぞれ吹き出す複数の吹き出し機構と、前記複数の吹き出し機構のうち、隣り合う吹き出し機構の間に配置され、前記隣り合う吹き出し機構をそれぞれ仕切る1または2以上の隔壁とを備え、
前記1または2以上の隔壁は、

前記隣り合う吹き出し機構に設けられた吹き出し口から放射状に拡散される成膜材料のうち、各隔壁に遮られずに直進しながら被処理体まで到達した最長飛距離の成膜材料の到達位置が、前記隣り合う吹き出し機構から等距離にある被処理体上の位置よりも前記最長飛距離の成膜材料が吹き出された吹き出し口側に位置し、かつ、前記成膜材料の最長飛距離は、前記成膜材料の平均自由行程よりも短いという2つの条件を満たすように配置される蒸着装置。

【請求項 2】

前記複数の吹き出し機構は、同一形状を有し、等間隔に平行して配置され、前記1または2以上の隔壁は、同一形状を有し、前記隣り合う吹き出し機構の間にて前記隣り合う吹き出し機構から等

10

20

距離の位置に等間隔に平行して配置される請求項 1 に記載された蒸着装置。

【請求項 3】

各隔壁と該各隔壁に隣接する吹き出し機構との互いに対向する面は、
前記各隔壁の面が前記隣接する吹き出し機構の面より大きい請求項 2 に記載された蒸着裝置。

【請求項 4】

前記処理容器内の圧力は、0.01 Pa 以下である請求項 1 に記載された蒸着装置。

【請求項 5】

前記各隔壁は、

前記各隔壁から被処理体までのギャップ G、各吹き出し口から各隔壁上面までの高さ T
 10
 、前記各隔壁の厚み D および各蒸着源の中心位置から前記各隔壁の中心位置までの距離 E の関係が、 $E < (G + T) \times D / 2G$ となるように配置される請求項 1 に記載された蒸着装置。

【請求項 6】

前記蒸着装置は、

有機 E L 成膜材料または有機金属成膜材料を有機材料として被処理体に有機 E L 膜または有機金属膜のいずれかを形成する請求項 1 に記載された蒸着装置。

【請求項 7】

蒸着により処理容器内にて被処理体を成膜処理する蒸着方法であって、

複数の蒸着源に収納された成膜材料をそれぞれ気化させ、

前記複数の蒸着源にそれぞれ連結された複数の吹き出し機構の吹き出し口から、前記複数の蒸着源にて気化された成膜材料をそれぞれ吹き出させ、

前記複数の吹き出し機構のうち、隣り合う吹き出し機構の間に設けられ、前記隣り合う吹き出し機構をそれぞれ仕切る 1 または 2 以上の隔壁であって、前記隣り合う吹き出し機構に設けられた吹き出し口から放射状に拡散される成膜材料のうち、各隔壁に遮られずに直進しながら被処理体まで到達した最長飛距離の成膜材料の到達位置が、前記隣り合う吹き出し機構から等距離にある被処理体上の位置よりも前記最長飛距離の成膜材料が吹き出された吹き出し口側に位置し、かつ、前記成膜材料の最長飛距離は、前記成膜材料の平均自由行程よりも短いという 2 つの条件を満たすように配置された前記 1 または 2 以上の隔壁により、各吹き出し口から吹き出された成膜材料が各隔壁を超えて隣の吹き出し口側へ飛来することを抑止しながら、気化された成膜材料により被処理体に膜を連続的に形成する蒸着方法。

【請求項 8】

前記各隔壁から被処理体までのギャップ G、各吹き出し口から各隔壁上面までの高さ T
 20
 、前記各隔壁の厚み D および各蒸着源の中心位置から前記各隔壁の中心位置までの距離 E の関係が、 $E < (G + T) \times D / 2G$ となるように前記 1 または 2 以上の隔壁を配置する請求項 7 に記載された蒸着方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、蒸着装置、蒸着方法および蒸着装置の製造方法に関する。特に、蒸着装置内部のコンタミネーションに関する。

【背景技術】

【0002】

フラットパネルディスプレイなどの電子機器を製造する際、所定の成膜材料を気化させて、これにより生成された気体分子を被処理体に付着させることによって、被処理体を成膜する蒸着法が広く用いられている。このような技術を用いて製造した機器のうち、特に、有機 E L ディスプレイは、自発光し、反応速度が早く、消費電力が少ない等の点において液晶ディスプレイより優れていると言われている。このため、今後、ますますの需要が見込まれるフラットパネルディスプレイの製造業界において、有機 E L ディスプレイへの

10

20

30

40

50

注目度は高く、これに伴い、有機ELディスプレイを製造する際に用いられる上記技術も非常に重要になっている。

【0003】

このような社会的背景から注目が集まっている上記技術は、蒸着装置によって具現化されるが、従来の蒸着装置では、1つの処理容器内に1つの蒸着源が納められていた（たとえば、特許文献1を参照。）。よって、従来の蒸着装置では、蒸着源から放出される気化分子を、マスクに通すことにより被処理体の所定の位置に気化分子を付着させ、これにより、被処理体上に所望の成膜を施していた。このため、被処理体上に一層の膜を形成するのに1つの処理容器が必要であった。

【0004】

【特許文献1】特開2000-282219号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、このように一層の膜を形成するために1つの処理容器が必要となると、複数層の膜を被処理体に形成するためには複数の処理容器が必要となり、フットプリントが大きくなる。この結果、工場の規模が大きくなるばかりでなく、被処理体を搬送中、その被処理体に汚染物が付着する可能性が高くなる。

【0006】

一方、この問題を解消するために、1つの処理容器内に複数の蒸着源を配設し、各蒸着源により気化された成膜分子を被処理体に付着させることにより、被処理体上に連続的に複数の薄膜を形成することも考えられる。しかしながら、この場合には、隣り合う蒸着源から放出された成膜分子が、隣り合う蒸着源から放出された成膜分子に混入し合い（クロスコンタミネーション）、各層の膜質が悪くなる可能性がある。

【0007】

上記問題を解消するために、本発明では、クロスコンタミネーションを低減させながら、同一処理容器内にて複数層の膜を連続的に形成する蒸着装置、蒸着方法および蒸着装置の製造方法が提供される。

【課題を解決するための手段】

【0008】

すなわち、上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、蒸着により処理容器内にて被処理体を成膜処理する蒸着装置であって、成膜材料を収納し、収納された成膜材料をそれぞれ気化させる複数の蒸着源と、前記複数の蒸着源にそれぞれ連結され、吹き出し口を有し、前記複数の蒸着源にて気化された成膜材料を前記吹き出し口からそれぞれ吹き出す複数の吹き出し機構と、前記複数の吹き出し機構のうち、隣り合う吹き出し機構の間に配置され、前記隣り合う吹き出し機構をそれぞれ仕切る1または2以上の隔壁と、を備えた蒸着装置が提供される。

【0009】

ここで、気化とは、液体が気体に変わる現象だけでなく、固体が液体の状態を経ずに直接気体に変わる現象（すなわち、昇華）も含んでいる。

【0010】

これによれば、複数の蒸着源にて気化された成膜材料（成膜分子）が、同一処理容器内に設けられた複数の吹き出し機構の吹き出し口からそれぞれ吹き出される。このとき、隣り合う吹き出し機構の間には、前記隣り合う吹き出し機構をそれぞれ仕切る1または2以上の隔壁が設けられている。これにより、各吹き出し口から吹き出された成膜材料が各隔壁を超えて隣の吹き出し口側へ飛来することを抑止しながら（すなわち、クロスコンタミネーションを抑止しながら）、気化された成膜材料により同一処理容器内にて被処理体に膜を連続的に形成することができる。これにより、隣り合う蒸着源から気化された成膜分子が、隣り合う蒸着源から気化された成膜分子に混入し（すなわち、クロスコンタミネーション）、各層の膜質を劣化させることを回避することができる。

10

20

30

40

50

【0011】

これに加えて、かかる構成によれば、同一処理容器内にて連続成膜するため、搬送中に被処理体に汚染物が付着することを低減することができる。この結果、クロスコンタミネーションを抑止することにより各層の特性を良好に保ちつつ、被処理体上に付着した汚染物の数を少なくすることによりエネルギー界面制御性を高くして、エネルギー障壁を低くすることができる。この結果、有機EL素子の発光強度（輝度）を向上させることができる。また、同一の処理容器内にて被処理体に連続成膜が施されることによりフットプリントを小さくすることができる。

【0012】

なお、各蒸着源に収納された成膜材料は、有機EL成膜材料または有機金属成膜材料であってもよく、前記蒸着装置は、有機EL成膜材料または有機金属成膜材料を有機材料として被処理体に有機EL膜または有機金属膜のいずれかを形成する装置であってもよい。

10

【0013】

また、前記複数の吹き出し機構は、同一形状を有し、等間隔に平行して配置され、前記1または2以上の隔壁は、同一形状を有し、前記隣り合う吹き出し機構の間にて前記隣り合う吹き出し機構から等距離の位置に等間隔に平行して配置されていてもよい。

【0014】

また、前記隣の吹き出し機構の面に対向する各隔壁の面は、前記隣の吹き出し機構の面より大きいほうがよい。これによれば、隔壁により各吹き出し機構の吹き出し口から吹き出された成膜材料が、隣の吹き出し機構側に飛来することを抑制することができる。

20

【0015】

さらに、前記1または2以上の隔壁を、前記隣り合う吹き出し機構に設けられた吹き出し口から放射状に拡散される成膜材料のうち、各隔壁に遮られずに直進しながら被処理体まで到達した最長飛距離の成膜材料の到達位置が、前記隣り合う吹き出し機構から等距離にある被処理体上の位置よりも前記最長飛距離の成膜材料が吹き出された吹き出し口側に位置し、かつ、前記成膜材料の最長飛距離は、前記成膜材料の平均自由工程よりも短いという2つの条件を満たすように配置してもよい。

【0016】

これによれば、上記2つの条件を満たすように、各隔壁の配置位置が特定される。1つの条件、すなわち、各隔壁に遮られずに直進しながら被処理体まで到達した最長飛距離の成膜材料の到達位置は、前記隣り合う吹き出し機構から等距離にある被処理体上の位置よりも前記最長飛距離の成膜材料が吹き出された吹き出し口側に位置するという条件が満たされることにより、隣の吹き出し口から吹き出される成膜分子中に混入するコンタミネーションはほとんどなくなる。これにより、各吹き出し口から吹き出された成膜分子のみから所望の特性の膜を被処理体上に連続的に形成することができる。

30

【0017】

また、2つ目の条件、すなわち、前記成膜材料の最長飛距離は、前記成膜材料の平均自由工程よりも短いという条件も満たされることにより、各吹き出し口から吹き出され、放射状に拡散された成膜分子は、処理容器空間中を飛来中に消滅することなく、すべて被処理体まで到達することができる。これにより、被処理体に良質な膜を均一に形成することができる。

40

【0018】

ここで、図6に示したように、平均自由工程は圧力に依存する。すなわち、平均自由工程は、圧力が低くなればなるほど長くなり、圧力が高くなればなるほど短くなる。また、吹き出し口近傍にて被処理体を徐々に移動させながら、被処理体上に連続的に膜を形成する場合、各隔壁と被処理体とのギャップがあまりにも小さいと被処理体が移動中に隔壁に衝突するおそれがある。そこで、被処理体が移動中に隔壁に衝突しない程度に各隔壁と被処理体とのギャップを保ちつつ、最長飛距離の成膜分子が被処理体まで到達するために、処理容器内の圧力は、0.01Pa以下であることが好ましい。

【0019】

50

また、前記各隔壁から被処理体までのギャップG、各吹き出し口から各隔壁上面までの高さT、前記各隔壁の厚みDおよび各蒸着源の中心位置から各隔壁の中心位置までの距離Eが、 $E < (G + T) \times D / 2G$ の式で表されるように各隔壁を位置づけることが好ましい。

【0020】

図9に示したように、吹き出し口Opから放出された成膜分子は、放射状にそれぞれ直進する。なぜ、成膜分子が直進するかを説明すると、吹き出し口Op内外の圧力は、たとえば、吹き出し口Opの内部（管内部）が72~73Pa、吹き出し口Opの外部（チャンバ内）が 4×10^{-3} Pa程度であるため、成膜分子は、たとえば、200mm×3mmのスロット状の吹き出し口Opを介して、高圧の吹き出し口内部から外部に向けて10⁴倍程度の圧力差をもって一気に放出される。このような圧力差から、吹き出し口Opから放出された成膜分子は勢いよく「直進」する。よって、各隔壁に遮られずに直進しながら被処理体まで到達した最長飛距離の成膜材料の到達位置（吹き出し口から最長飛距離の成膜材料の到達位置までのX軸方向の距離X）は、隣り合う吹き出し機構から等距離にある被処理体の位置（吹き出し口から隣の隔壁の中心位置までのX軸方向の距離E）よりも小さいという条件が満たされれば、各吹き出し口Opから吹き出された成膜分子のほとんどは、放射状の拡散エリア内に納められ、隣の吹き出し口Opから吹き出される成膜分子中に混入されない。

【0021】

この条件を式にて表すと次のようになる。

$$E > X \dots \dots \quad (1)$$

上式(1)に各隔壁から被処理体までのギャップG、各吹き出し口から各隔壁上面までの高さT、前記各隔壁の厚みDの位置関係を当てはめると、 $E < (G + T) \times D / 2G$ の関係が導き出される。

【0022】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、蒸着により処理容器内にて被処理体を成膜処理する蒸着方法であって、複数の蒸着源に収納された成膜材料をそれぞれ気化させ、前記複数の蒸着源にそれぞれ連結された複数の吹き出し機構の吹き出し口から、前記複数の蒸着源にて気化された成膜材料をそれぞれ吹き出させ、前記複数の吹き出し機構のうち、隣り合う吹き出し機構の間に設けられ、前記隣り合う吹き出し機構をそれぞれ仕切る1または2以上の隔壁により、各吹き出し口から吹き出された成膜材料が各隔壁を超えて隣の吹き出し口側へ飛来することを抑止しながら、気化された成膜材料により被処理体に膜を連続的に形成する蒸着方法が提供される。

【0023】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、蒸着により処理容器内にて被処理体を成膜処理する蒸着装置の製造方法であって、成膜材料をそれぞれ気化させる複数の蒸着源にそれぞれ連結され、前記複数の蒸着源にて気化された成膜材料を吹き出し口からそれぞれ吹き出す複数の吹き出し機構を処理容器内にて等間隔に平行して配置し、1または2以上の隔壁を前記隣り合う吹き出し機構の間に前記隣り合う吹き出し機構から等距離の位置に等間隔に平行して配置する蒸着装置の製造方法が提供される。

【0024】

このとき、前記1または2以上の隔壁は、前記隣り合う吹き出し機構に設けられた吹き出し口から放射状に拡散される成膜材料のうち、各隔壁に遮られずに直進しながら被処理体まで到達した最長飛距離の成膜材料の到達位置が、前記隣り合う吹き出し機構から等距離にある被処理体上の位置よりも前記最長飛距離の成膜材料が吹き出された吹き出し口側に位置し、かつ、前記成膜材料の最長飛距離は、前記成膜材料の平均自由行程よりも短いという2つの条件を満たすように、各隔壁から被処理体までのギャップ、各隔壁の高さ、各隔壁の厚みおよび各隔壁の位置を定めて各隔壁を配置してもよい。

【0025】

これによれば、隣り合う吹き出し機構をそれぞれ仕切る1または2以上の隔壁により、

10

20

30

40

50

各吹き出し口から吹き出された成膜材料が各隔壁を超えて隣の吹き出し口側へ飛来することを抑止しながら、気化された成膜材料により被処理体に膜を連続的に形成する蒸着装置を製造することができる。

【発明の効果】

【0026】

以上説明したように、本発明によれば、クロスコンタミネーションを低減させながら、同一処理容器内にて複数層の膜を連続的に形成することができる。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の一実施形態について詳細に説明する。なお、以下の説明及び添付図面において、同一の構成及び機能を有する構成要素については、同一符号を付すことにより、重複説明を省略する。10

【0028】

まず、本発明の一実施形態にかかる蒸着装置について、その要部斜視図である図1を参照しながら説明する。なお、以下では、本実施形態にかかる蒸着装置を用いて、順次、ガラス基板（以下、基板と称呼する。）上に有機層を含む6層を連続的に蒸着することにより有機ELディスプレイを製造する方法を例に挙げて説明する。

【0029】

（蒸着装置）

蒸着装置10は、第1の処理容器100および第2の処理容器200から構成されている。第1の処理容器100は、直方体の形状を有しており、第1～第6の吹き出し機構110a～110fを内蔵している。第1の処理容器100の内部では、この6つの吹き出し機構110から吹き出された気体分子により、基板Wに連続的に成膜処理が施される。20

【0030】

各吹き出し機構110は、その長手方向が基板Wの幅と同等程度の長さを有し、形状および構造がすべて同一である。このように同一形状の6つの吹き出し機構110は、その長手方向が基板Wの進行方向に対して略垂直になるように互いに平行して等間隔に配置されている。

【0031】

各吹き出し機構110は、その上部に、気化された成膜材料を一時的に溜めておくバッファー空間Spを有し、その下部に、気化された成膜材料を輸送する輸送機構Trを有している。各吹き出し機構110の上面は、フレームFrにより塞がれている。フレームFrは、その周縁にてネジ止めされている。フレームFrの中央には、幅が1mmであるスリット状の開口が吹き出し口Opとして設けられていて、バッファー空間Spに溜まった成膜材料を吹き出し口Opから吹き出すようになっている。30

【0032】

各吹き出し機構110の間には、隣り合う吹き出し機構110をそれぞれ仕切る7枚の隔壁120が設けられている。7枚の隔壁120は、同一形状を有した平板であって、隣り合う吹き出し機構110の対向する面Faから等距離の位置に等間隔に平行して配置されている。また、隣り合う吹き出し機構110の面Faに対向する各隔壁120の側面は、隣り合う吹き出し機構110の面Faより大きい。このようにして7つの隔壁120によって各吹き出し機構110を仕切ることにより、各吹き出し機構110の吹き出し口Opから吹き出される成膜材料の気体分子が、隣の吹き出し機構110の吹き出し口Opから吹き出される気体分子に混入することを防ぐようになっている。40

【0033】

基板Wは、第1の処理容器100内の天井部にて、図3に示したスライド機構130aに摺動可能に固定されたステージ130に静電吸着していて、第1の処理容器100の天井面に沿ってX軸方向に摺動するようになっている。

【0034】

第1の処理容器100には、図3に示したQCM（Quartz Crystal M

50

icrobalance) 140 が設けられている。以下に、QCMの簡単な原理について説明する。

【0035】

水晶振動子表面に物質を付着させ、水晶振動体寸法、弾性率、密度等を等価的に変化させた場合、振動子の圧電気性質により以下の式で表される電気的共振周波数 f の変化が起こる。

$$f = 1 / 2 \pi (C / t) \quad t : \text{水晶片の厚み} \quad C : \text{弾性定数} \quad : \text{密度}$$

【0036】

この現象を利用し、水晶振動子の共振周波数の変化量により極めて微量な付着物を定量的に測定する。このように設計された水晶振動子の総称がQCMである。10 上式に示したように、周波数の変化は、付着物による弾性定数の変化と物質の付着厚みを水晶密度に換算したときの厚み寸法で決まるものと考えられ、この結果、周波数の変化を付着物の重量に換算することができる。

【0037】

第2の処理容器200は、略直方体の形状を有し、底部にて凹凸を有している。第2の処理容器200には、第1～第6の容器210a～210fが内蔵されていて、各容器210内には、3つの蒸着源がそれぞれ配設されている。たとえば、第6の容器210fには、蒸着源210f1、210f2、210f3が配設されている。各蒸着源は、形状および構造が同一であり、6つの連結管220a～220fを介して第1～第6の吹き出し機構110a～110fとそれぞれ連結している。20

【0038】

各連結管220a～220fには、第2の処理容器外(大気中)または第2の処理容器内(真空中)にて図示しないバルブがそれぞれ取り付けられていて、各バルブの開閉を操作することにより、各成膜材料(気体分子)を第1の処理容器100に供給するか否かを制御するようになっている。

【0039】

各蒸着源には、異なる種類の成膜材料が成膜の原料として納められていて、各蒸着源を、たとえば、200～500 度の高温にすることにより、各種成膜材料を気化させるようになっている。

【0040】

各蒸着源には、図示しないガス供給源から不活性ガス(たとえば、Arガス)が供給される。供給された不活性ガスは、各蒸着源にて気化された成膜材料の有機分子を、連結管220を介して吹き出し機構110まで運ぶキャリアガスとして機能する。30

【0041】

各蒸着源には、その底壁にヒータが埋め込まれているとともに、その側壁にヒータ(ともに図示せず)が埋め込まれていて、第1の処理容器100に内蔵されたQCM140から出力された信号に基づき、各成膜材料の気体分子の生成速度が求められ、求められた生成速度に基づき、底壁のヒータおよび側壁のヒータに印加する電圧が求められる。

【0042】

ここで、温度が高くなればなるほど、付着係数は小さくなるという減速に基づくと、温度が高くなればなるほど、連結管等に物理的に吸着する気体分子の数が少なくなる。この原理を利用して、底壁に埋め込まれたヒータの温度より側壁に埋め込まれたヒータの温度を高くする。このようにして、蒸着源210の成膜材料が納められた部分近傍の温度より、蒸着源210のその他の部分の温度を高くすることにより、成膜材料が気化して気体分子となって吹き出し機構110側に飛来する間に蒸着源210や連結管220に付着する気体分子の数を少なくすることができます。これにより、より多くの気体分子を吹き出し機構110から吹き出させ、基板Wに付着させることができる。40

【0043】

また、第1の処理容器100の内部および第2の処理容器200の内部は、図示しない排気装置により所定の真空中まで減圧されるようになっている。50

【0044】

基板Wは、スライド機構130aにより各吹き出し機構110a～110fのわずかに上方を、第1の吹き出し機構110aから第6の吹き出し機構110fに向けて所定の速度で移動する。これにより、基板Wには、第1～第6の吹き出し機構110a～110fからそれぞれ吹き出される異なる成膜材料によって、所望の異なる膜が6層積層されるようになっている。つぎに、この6層連続成膜処理時の蒸着装置10の具体的動作について説明する。

【0045】**(6層連続成膜処理)**

図2は、蒸着装置10を用いて6層連続成膜処理を実行した結果、基板Wに積層される各層の状態を示している。まず、基板Wが、第1の吹き出し機構110aの上方をある速度で進行する際、第1の吹き出し機構110aから吹き出された成膜材料が基板Wに付着することにより、基板WのITO(Indium Tin Oxide:酸化インジウムスズ)からなる透明電極上に第1層のホール輸送層が形成される。

10

【0046】

このようにして、基板Wは、第1の吹き出し機構110a～第6の吹き出し機構110fの上方を順に移動する。この結果、蒸着によりITO上にホール輸送層、非発光層、発光層および電子輸送層が形成される。これにより、同一容器内にて基板W上に6層の有機層が連続的に成膜される。

【0047】

20

(隔壁の形状および配置位置)

以上のようにして、1つの処理容器内に複数の蒸着源210を配設し、各蒸着源210により気化された成膜分子を基板Wに付着させることにより、基板W上に連続的に複数の異なる薄膜を形成する場合、隣り合う蒸着源210から気化された成膜分子が混ざり合い、各層の膜質が悪くなることが考えられる。

【0048】

そこで、前述したように、各隔壁120は、隣り合う吹き出し機構の対向する面Faより大きい側面を有する。これにより、各吹き出し口Opから吹き出された成膜分子が各隔壁120を超えて隣の吹き出し口Op側へ飛来することを抑止する(すなわち、クロスコンタミネーションを抑止する)ことができる。

30

【0049】

また、このように吹き出し機構の対向する面より大きい側面を有する平板状の隔壁120の高さ、厚さ、隔壁上面と基板Wとの距離(ギャップ)および隔壁120の配置位置を最適化することにより、さらに、各隔壁120を超えて隣の吹き出し口Op側へ飛来する成膜分子(すなわち、コンタミネーション)の数を低減することができる。

【0050】

40

(隔壁の形状および配置位置を最適化するための実験1)

そこで、発明者は、隔壁120の形状および配置位置の最適化を図るために次のような実験を重ねた。まず、実験の処理条件について説明する。本実施形態にかかる蒸着装置10を簡略化した実験装置を図3に示す。このように、発明者は、蒸着装置10の第1の処理容器100の内部に吹き出し機構110および隔壁120を1つずつ内蔵し、第2の処理容器200の内部に蒸着源210を内蔵した実験装置を製作した。また、発明者は、吹き出し機構110と蒸着源210とを連結管220により連結した。蒸着源210には、成膜材料としてAlq₃(aluminum-tris-8-hydroxyquinoline)の有機材料を0.1g収納した。

【0051】

また、発明者は、吹き出し機構110内部の吹き出し口Op付近に、キャリアガスとしてアルゴンガスを0.5sccm供給した。また、発明者らは、基板Wを静電吸着するために、ステージ130に4kVの高電圧HV(High Voltage)を印可した。また、基板Wの裏面の圧力BP(Back Pressure)を高めステージの熱を放

50

熱するために、基板Wの裏面に40 Torrのアルゴンガスを供給した。

【0052】

また、発明者らは、吹き出し機構110の中心軸から吹き出し機構110に対向する隔壁120の側面までのx軸方向の距離が60mmとなり、吹き出し口Opから隔壁120上面までの高さT(z軸方向の距離)が7mmとなるように隔壁120を配設した。その上で、発明者は、蒸着源210を200に昇温した後、ステージ130と隔壁120の上面とのギャップGを6mmにするようにステージ130を上下させるとともに、ステージ130のスライド機構130aをスライドさせて、吹き出し機構110の中心軸から基板Wの中心軸までのx軸方向の距離が121mmになるように基板Wを移動させた。

【0053】

その後、発明者は、蒸着源210の底部210aの温度を320、蒸着源210の上部210b、連結管220および吹き出し機構110の温度を340に設定し、各部の温度が設定温度に達したことを確認した。

【0054】

蒸着源210に納められたA1q₃は気化され、成膜分子となって連結管220から輸送機構Trを通り、吹き出し口Opから第1の処理容器100に放出された。このようにして放出されたA1q₃の成膜分子は、吹き出し口Opの内外部の圧力差により直進しながら放射状に拡散し、基板Wの下面に付着した。

【0055】

その後、基板Wの下面の表面に付着した成膜材料(膜厚)を膜厚計により測定した。膜厚計の一例としては、光源から出力された光を被検体に形成された膜の上面と下面とに照射し、反射した2つ光の光路差により発生する干渉縞を捉え、これを解析して被検体の膜厚を検出する干渉計(たとえば、レーザ干渉計)やプロードの波長を照射して光のスペクトル情報から膜厚を算出する方法が挙げられる。その結果を図4のグラフJ1に示す。その後、発明者は、ステージ130のスライド機構130aをスライドさせて、吹き出し機構110の中心軸から基板Wの中心軸までのx軸方向の距離が111mmになるように基板Wを移動させ、同様の実験を行った。その結果を図4のグラフJ2に示す。

【0056】

(実験1の結果)

実験の結果、図3の下方に基板Wの下面表面を示したように、吹き出し口Opから放射状に吹き出された成膜分子が最も遠くまで飛来したときに基板Wに付着するx軸方向の位置M_{ax}より蒸着源側の面では、良質な膜が均一に形成された。また、図4に示したように、位置M_{ax}から基板Wのほぼ中心までの面では、吹き出し機構110から離れば離れるほど膜が薄くなることがわかった。一方、基板Wの中心付近より排気側の面では、膜厚はほぼ一様で、かつ、ほんのわずかに膜が形成された程度であった。

【0057】

この結果に基づき、発明者は、次のような考察を行った。図5に示したように、吹き出し口Opから吹き出されたA1q₃の成膜分子は、放射状に拡散される。このとき、各成膜分子は、それぞれ直進する。吹き出し口Opから吹き出された成膜分子が拡散していく放射状のエリアのうち、一番外側を直線的に飛来した成膜分子Mmが基板に付着するためには、成膜分子Mmの最長飛距離が、成膜材料A1q₃の平均自由行程よりも短い必要がある。ここで、基板Wと隔壁上部のギャップGが6mm、吹き出し口Opから各隔壁120上面までの高さTが7mm、吹き出し口Opから成膜分子Mmが付着したx方向の距離M_xが70mmであることから、成膜分子Mmの最長飛距離は、 $71.2 (= (M_x^2 + (G + T)^2)^{1/2})$ となる。

【0058】

一方、平均自由行程MFPは、文献「真空技術講座12」の真空技術常用諸表(日刊工業新聞社1965)にも記載されているように、以下の式で表される。

$$MFP = 3.11 \times 10^{-2} \times T / P (\text{Pa})^2 \times 1000 (\text{mm})$$

ここで、Tは温度(K)、Pは圧力(Pa)、 Pa は分子直径(m)である。

10

20

30

40

50

【0059】

たとえば、上記文献（真空技術常用諸表）にも記載されているように、Arガスの分子直径は、 3.67×10^{-10} (m) であるから、Arガスの平均自由工程MFPは、温度Tが573.15 (K)、圧力が0.01 (Pa) のとき、1323.4 (mm) となる。

【0060】

図6には、球状であるArガス、Alq₃、-NPDの成膜分子の平均自由工程が示されている。この表を見ると、気体分子の平均自由工程は、圧力に依存することがわかる。この表から、発明者は、蒸着装置10の内部圧力を0.01 Pa以下にすれば、Arガス、Alq₃、-NPDの各平均自由工程は、1323.3 (mm)、102.4 (m m)、79 (mm) 以上となるので、最長飛行距離が71.2 (mm) の成膜分子Mmは、飛来中に消滅することなく基板に付着することができる。この結果、基板Wの蒸着源側の端部Int (図5参照) から最長飛距離の成膜分子Mmが到達する位置Maxまでの面内にて、有機膜が均一に形成されることをついた。なお、上述したように平均自由工程は圧力に依存するから、たとえば、圧力を0.01 Paより小さくすれば、平均自由工程はより長くなる。このようにして、圧力を制御することにより、最長飛距離の成膜分子Mmを確実に基板まで到達させることができる。

【0061】

ここで、書籍名 薄膜光学（出版社 丸善株式会社 発行者 村田誠四郎 発行年月日 平成15年3月15日 発行 平成16年4月10日 第2刷発行）の記載によれば、20 基板上に入射した蒸発分子は、決してそのまま基板Wに付着して、降り積もるように膜を形成するわけではなく、入射した分子の一部は反射し、真空中に跳ね返される。また、表面に吸着した分子は表面上を動き回り、あるものは再び真空に飛び出し、あるものは基板Wのあるサイトにつかまって膜を形成する。

【0062】

よって、基板Wに付着した成膜分子のうち、あるものは再び飛び出し、基板Wと隔壁上部のギャップGの間を反射しながら進んでいく、基板Wと隔壁上面のいずれかの位置に再び付着する。このような分子の動きから、発明者は、最長飛距離の成膜分子Mmが到達する位置Maxから基板Wの中心付近Cn tまでの面では、蒸着源側から離れるほど基板Wと隔壁上部のギャップGの間を反射しながら進んでいく分子の割合が、基板Wと隔壁上部のギャップGの間のいずれかに付着する分子Mの割合より少なくなるため、図3の下部および図4に示したように、膜厚が徐々に薄くなることを解明した。

【0063】

さらに、発明者は、基板Wの蒸着源側の端部Intから基板Wの中心付近Cn tまでにほとんどすべての成膜分子が付着してしまい、基板Wの中心付近Cn tから基板Wの排気側の端部Extでは、基板Wと隔壁上部のギャップGの間を反射しながら進んでいく分子Mがほとんどないため、図3の下部および図4に示したように、基板Wの中心付近Cn tから基板Wの排気側の端部Extまでの面には、ほとんど成膜分子は付着しないことを解明した。

【0064】

(実験2)

発明者は、成膜分子の直進性をさらに証明するために、図7に示したように、ギャップGを6 mmから2 mmにし、吹き出し機構110の中心から基板Wの中心までのx軸方向の距離が116 mmになるようにステージ130の位置を変更させた状態にて再度実験を行った。

【0065】

(実験2の結果)

実験後、発明者が、基板Wの全面にUV光を照射したところ、いずれからも光(h)は発せられなかった。もし、Alq₃の成膜分子が基板Wに付着していたら、照射したUV光のエネルギーにより、成膜分子Mが励起状態となり、その後、成膜分子Mが基底状態

10

20

30

40

50

に戻るときに光(h)が発せられることから、発明者は、ギャップGを6mmから2mmにし、吹き出し機構110の中心から基板Wの中心までのx軸方向の距離が116mmになるようにステージ130の位置を変更した場合、図7の下部に示したように、基板Wに材料は付着していなかったと結論付けた。

【0066】

ギャップGを6mmから2mmに変更した場合、発明者は、基板Wに成膜分子が付着しなかった理由を、「成膜分子は直進する性質を有するためである」と考えた。具体的には、図8に示したように、発明者は、吹き出し口O_pから吹き出された成膜分子のうち、直進しながら隔壁120に遮られずに最長距離を飛行した成膜分子M_mの到達位置M_{ax}が、基板Wの吹き出し機構側の端部I_{nt}よりも吹き出し機構側であったこと、および、ギャップGが非常に小さいため、いずれかの位置に付着した成膜分子のうち、再び付着位置から離れ、基板Wと隔壁上面のギャップGの間を進入する成膜分子Mが非常に少ないと10、さらに、基板Wと隔壁上面のギャップGの間を进入する成膜分子の量が非常に少ないと、基板Wと隔壁上面とを反射しながらギャップ間を進んでいく分子Mはほとんど存在しないことが基板Wに成膜材料が付着しなかった理由であると結論付けた。

【0067】

以上の実験から、発明者は、以下のように、隔壁120の形状および配置位置を最適化する関係を見いだした。すなわち、図9に示したように、吹き出し口O_pから放出された成膜分子は、放射状にそれぞれ直進する。成膜分子が放射状に拡散されるエリアでは、基板Wに均一な膜が形成される。基板Wに付着した分子のうち、一部は、基板Wから離れて再び飛来し、基板Wと隔壁上面のギャップGの間を进入する。ギャップGの大きさによって、基板Wと隔壁上面のギャップGの間を进入する分子の量は異なる。ギャップGが2mmのとき、基板Wと隔壁上面のギャップGの間を进入する分子の量はほとんどなくなり、各吹き出し口O_pから吹き出された成膜分子が、隣の吹き出し口O_pから吹き出された成膜分子に混入し、膜質を劣化させるというクロスコンタミネーションの問題は生じない。したがって、基板Wと隔壁上部のギャップGは、2mm以下が好ましい。
20

【0068】

一方、ギャップが6mm以下であっても、隔壁120の形状および配置位置をつぎの2つ条件を満足するように最適化すれば、クロスコンタミネーションの問題は問題とならない程度となる。なお、つぎの2つの条件は、基板Wと隔壁上部のギャップGが2mm以下の場合であっても満たされる必要がある。
30

【0069】

1つ目は、成膜材料の最長飛距離は、成膜材料の平均自由行程よりも短いという条件である。これにより、各吹き出し口O_pから吹き出され、放射状の拡散エリア内に拡散された成膜分子のうち、各隔壁120に遮られない成膜分子は、第1の処理容器100の空間中を飛来中に消滅することなく、すべて基板Wまで到達することができる。これにより、基板Wに良質な膜を均一に形成することができる。

【0070】

そして、2つ目は、各隔壁120に遮られずに直進しながら基板Wまで到達した最長飛距離の成膜材料M_mの到達位置(吹き出し機構110の中心位置から成膜材料M_mの到達位置までのx軸方向の距離X)は、隣り合う吹き出し機構110から等距離にある基板Wの位置(吹き出し機構110の中心位置から隣の隔壁120の中心位置までのx軸方向の距離E)よりも小さいという条件である。
40

【0071】

これにより、各吹き出し口O_pから吹き出された成膜分子のほとんどは、放射状の拡散エリア内に納められ、隣の吹き出し口O_pから吹き出される成膜分子中に混入されない。これにより、各吹き出し口O_pから吹き出された成膜分子のみから所望の特性の膜を基板W上に連続的に形成することができる。

【0072】

この2つ目の条件を式にて表すと次のようになる。

10

20

30

40

50

$$E > X \dots \dots (1)$$

【0073】

ここで、隔壁120の厚みをDとすると、3角形の比例関係から、

$$(G + T) / T = X / (E - D / 2) \dots \dots (2)$$

となる。

【0074】

式(2)を式(1)に代入すると、

$$X = (G + T) (E - D / 2) / T < E \dots \dots (3)$$

となる。

【0075】

さらに、式(3)を変形すると、

$$E < (G + T) \underline{x} D / \underline{2G} \dots \dots (4)$$

となる。

【0076】

このようにして求められた式(4)を満たすように、各隔壁120から基板WまでのギャップG、各吹き出し口Opから各隔壁120上面までの高さT、各隔壁120の厚みDおよび各蒸着源210(吹き出し機構110)の中心位置から各隔壁の中心位置までの距離Eを定めることにより、上述したクロスコンタミネーションを問題とならない程度まで減少させることができる。これにより、各層の特性を良好に保ちながら、同一処理容器内にて連続的に有機膜を形成することができる。

10

【0077】

この結果、同一処理容器内にて連続成膜するため、搬送中に基板Wに汚染物が付着することを低減することができる。この結果、クロスコンタミネーションを抑止しながら、基板W上に付着した汚染物の数を少なくすることによりエネルギー界面制御性を高くし、エネルギー障壁を低くすることができる。この結果、有機EL素子の発光強度(輝度)を向上させることができる。また、同一の処理容器内にて基板Wに連続成膜が施されることによりフットプリントを小さくすることができる。

20

【0078】

なお、以上に説明した各実施形態における蒸着装置10にて成膜処理することが可能なガラス基板のサイズは、730mm×920mm以上である。たとえば、蒸着装置10は、730mm×920mm(チャンバ内の径：1000mm×1190mm)のG4.5基板サイズや、1100mm×1300mm(チャンバ内の径：1470mm×1590mm)のG5基板サイズを連続成膜処理することができる。また、蒸着装置10は、直径が、たとえば200mmや300mmのウエハを成膜処理することもできる。すなわち、成膜処理が施される被処理体には、ガラス基板やシリコンウエハが含まれる。

30

【0079】

上記実施形態において、各部の動作はお互いに関連しており、互いの関連を考慮しながら、一連の動作として置き換えることができる。そして、このように置き換えることにより、蒸着装置の発明の実施形態を蒸着方法の実施形態とすることができる。

【0080】

40

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されることは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0081】

たとえば、上記実施形態にかかる蒸着装置10では、成膜材料にパウダー状(固体)の有機EL材料を用いて、基板W上に有機EL多層成膜処理を施した。しかし、本発明にかかる蒸着装置は、たとえば、成膜材料に主に液体の有機金属を用い、気化させた成膜材料を500~700に加熱された被処理体上で分解させることにより、被処理体上に薄膜を成長させるMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor

50

D e p o s i t i o n : 有機金属気相成長法)に用いることもできる。このように、本発明にかかる蒸着装置は、有機 E L 成膜材料または有機金属成膜材料を原料として蒸着により被処理体に有機 E L 膜または有機金属膜を形成する装置として用いてもよい。

【 0 0 8 2 】

また、本発明にかかる蒸着装置は、必ずしも吹き出し機構 110(吹き出し口 O p)と蒸着源 210 とが連結管 220 にて連結されている構造を有していないなくてもよく、たとえば、吹き出し機構 110 が存在せず、蒸着源 210 に設けられた吹き出し口から成膜分子を放出する構造であってもよい。また、本発明にかかる蒸着装置は、必ずしも第 1 の処理容器 100 と第 2 の処理容器 200 とが別体となっている必要はなく、1 つの処理容器内にて連続成膜するように構成されていてもよい。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 3 】

【図 1】本発明の一実施形態にかかる蒸着装置の要部斜視図である。

【図 2】同実施形態にかかる 6 層連続成膜処理により形成される膜を説明するための図である。

【図 3】実験 1 に使用するために同実施形態にかかる蒸着装置を簡略化した実験装置を示した図である。

【図 4】実験 1 の結果を示す図である。

【図 5】実験 1 の成膜状態を説明するための図である。

【図 6】平均自由工程の圧力依存性を示す表である。

20

【図 7】実験 2 に使用するために同実施形態にかかる蒸着装置を簡略化した実験装置の内部位置を変更した図である。

【図 8】実験 2 の成膜状態を説明するための図である。

【図 9】ギャップ G、高さ T、各隔壁の厚み D および各蒸着源の中心位置から各隔壁の中心位置までの距離 E の関係を説明するための図である。

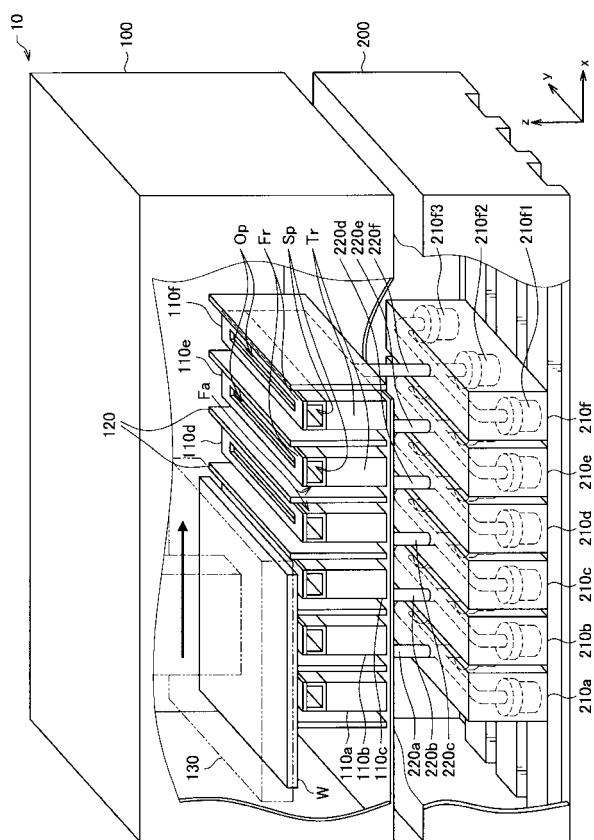
【 符号の説明 】

【 0 0 8 4 】

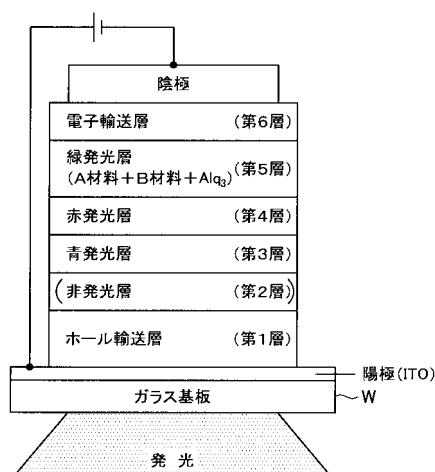
1 0	蒸着装置
1 0 0	第 1 の処理容器
1 1 0、1 1 0 a ~ 1 1 0 f	吹き出し機構
1 2 0	隔壁
1 3 0	ステージ
1 4 0	Q C M
2 0 0	第 2 の処理容器
2 1 0、2 1 0 a ~ 2 1 0 f	蒸着源
2 2 0、2 2 0 a ~ 2 2 0 f	連結管
O p	吹き出し口

30

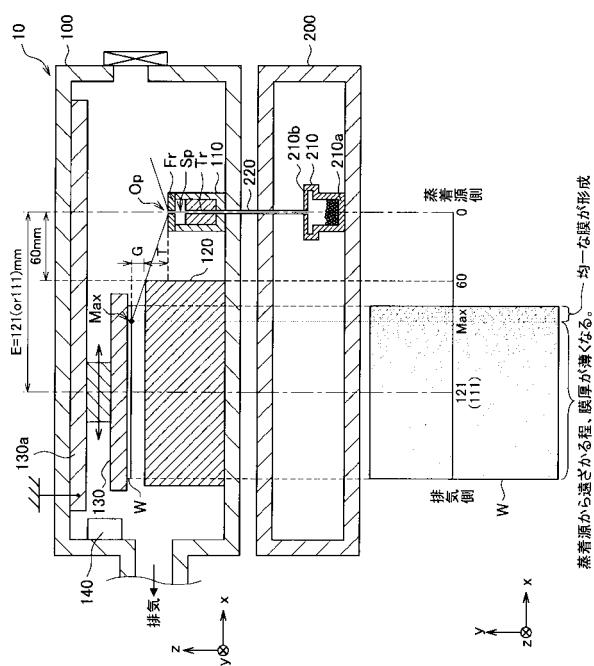
【図1】



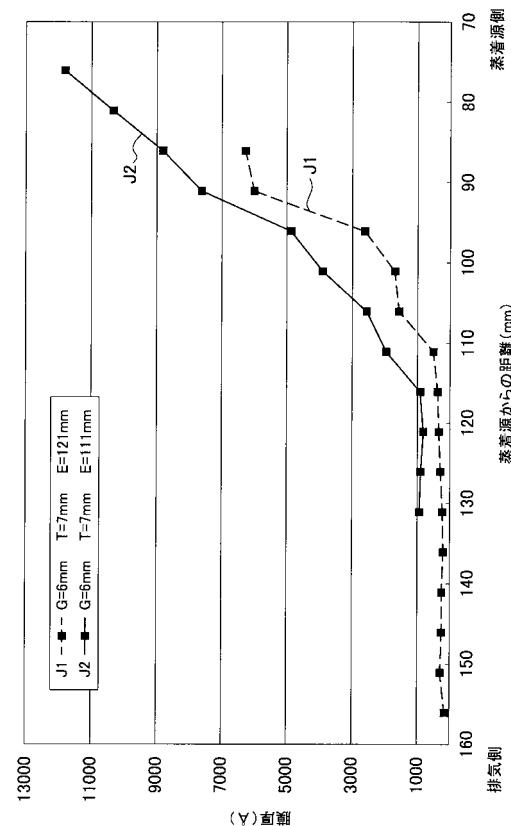
【図2】



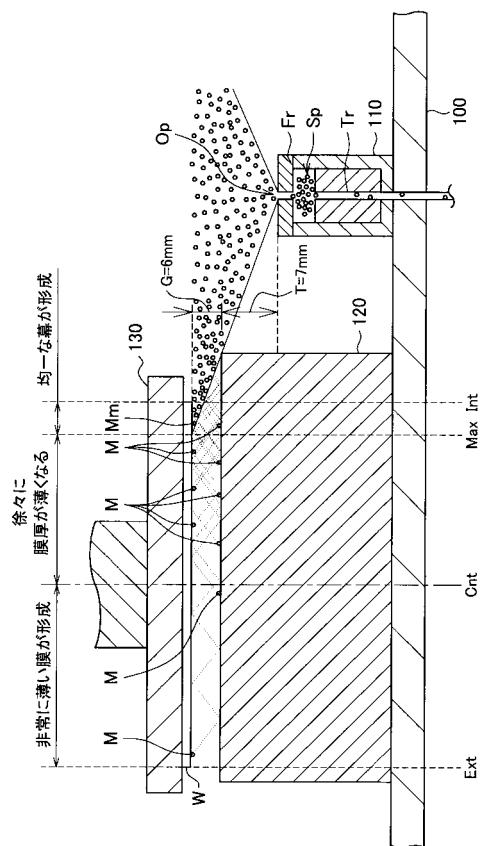
【図3】



【図4】



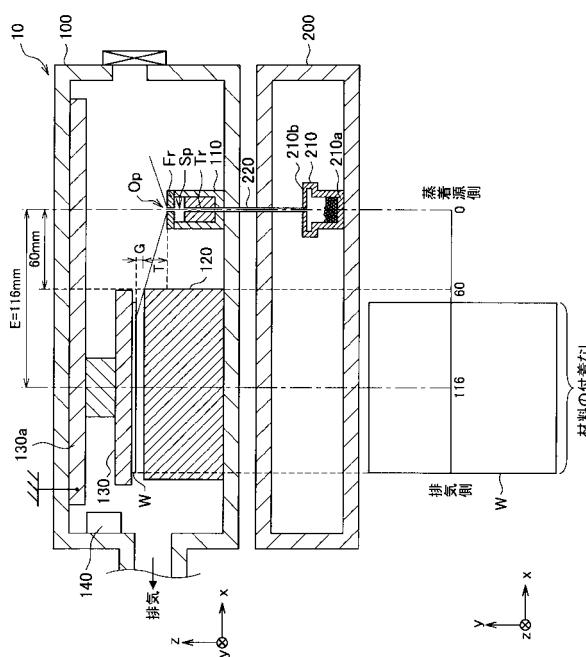
【図5】



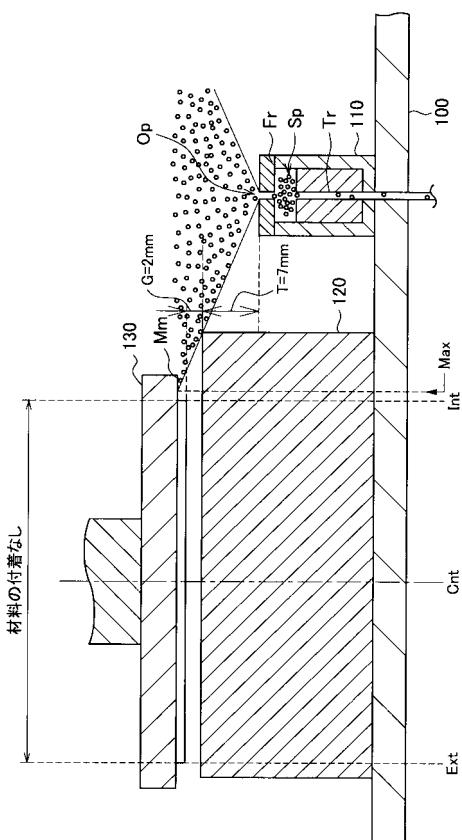
【図6】

ガス種	分子量	温度 K	圧力 Pa	分子直径 $10^{\wedge} \sim 10\text{m}$	平均自由行程 mm
Ar	39.95	573.15	1	3.67	13.2
	39.95	573.15	0.001	3.67	13234.2
	39.95	573.15	0.01	3.67	1323.4
	39.95	573.15	0.1	3.67	132.3
Alq3	460	573.15	1	13.19	1.0
	460	573.15	0.001	13.19	1024.2
	460	573.15	0.01	13.19	102.4
	460	573.15	0.1	13.19	10.2
α -NPD	590	573.15	1	15.02	0.8
	590	573.15	0.001	15.02	790.4
	590	573.15	0.01	15.02	79.0
	590	573.15	0.1	15.02	7.9

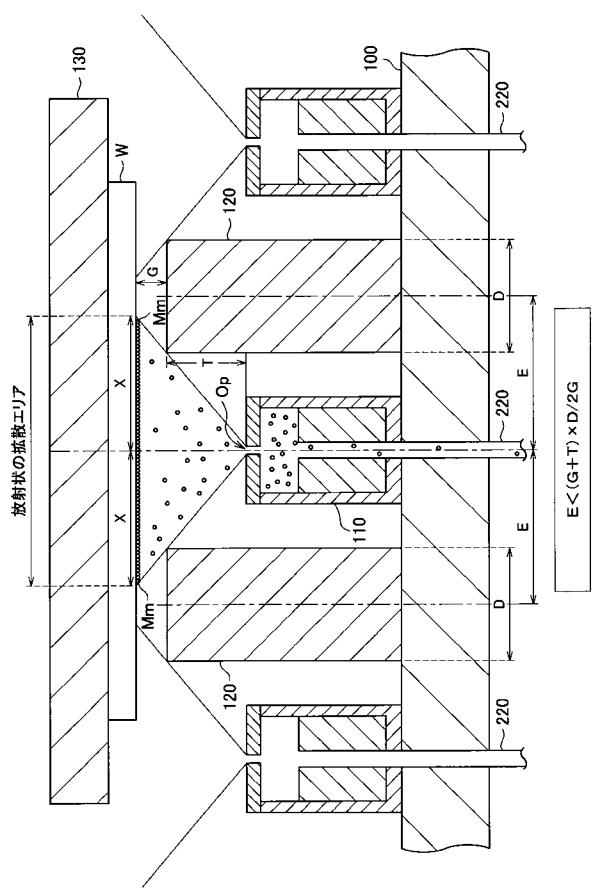
【図7】



【 図 8 】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-291258(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 23 C 14 / 00 - 14 / 58

H 01 L 51 / 50

H 05 B 33 / 10