

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年8月6日(06.08.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/114935 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 14/24 (2006.01) *H05B 33/10* (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/081542
- (22) 国際出願日: 2014年11月28日(28.11.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-014278 2014年1月29日(29.01.2014) JP
- (71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 越智 貴志(OCHI Takashi). 井上 智(INOUE Satoshi). 小林 勇毅(KOBAYASHI Yuhki). 松永 和樹(MATSUNAGA Kazuki). 川戸 伸一(KAWATO Shinichi). 菊池 克浩(KIKUCHI Katsuhiko). 市原 正浩(ICHIHARA Masahiro); 〒9540076 新潟県見附市新幸町10番1号 キヤノントッキ株式会社内 Niigata (JP). 松本 栄一(MATSUMOTO Eiichi); 〒9540076 新潟県見附市新

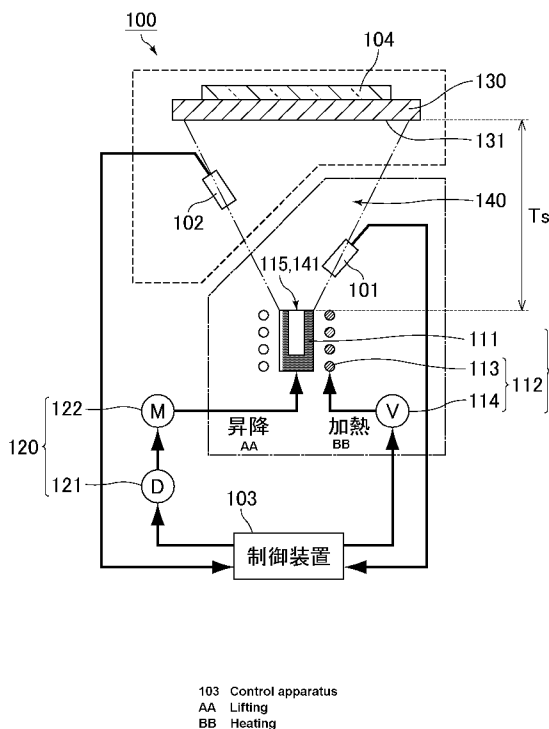
幸町10番1号 キヤノントッキ株式会社内 Niigata (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人 安富国際特許事務所 (YASUTOMI & ASSOCIATES); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原3丁目5番36号 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: DEPOSITION APPARATUS, DEPOSITION METHOD, AND ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 蒸着装置、蒸着方法、及び、有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法



(57) Abstract: The present invention provides: a deposition apparatus having excellent control accuracy of deposition rate in a whole deposition region on a substrate; a deposition method; and an organic electroluminescent element manufacturing method. This deposition apparatus for forming a film on a substrate is provided with a first film thickness monitor, and a deposition unit including a deposition source, and performs deposition while controlling, on the basis of measurement results obtained from the first film thickness monitor, a distance between a part from which a vaporized material is discharged from the deposition source, and a substrate surface on which the material is to be deposited.

(57) 要約: 本発明は、蒸着領域全体において基板上での蒸着レート(蒸着速度)の制御精度に優れた蒸着装置、蒸着方法、及び、有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法を提供する。本発明は、基板上に成膜する蒸着装置であって、前記蒸着装置は、第一の膜厚モニタと、蒸着源を含む蒸着ユニットとを備え、かつ、前記第一の膜厚モニタの測定結果に基づいて、気化した材料が前記蒸着源から放出される部分と、前記基板の蒸着される表面との間の距離を制御しながら蒸着を行う蒸着装置である。

103 Control apparatus
AA Lifting
BB Heating

WO 2015/114935 A1

WO 2015/114935 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

蒸着装置、蒸着方法、及び、有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、蒸着装置、蒸着方法、及び、有機エレクトロルミネッセンス素子（以下、有機ＥＬ素子とも言う。）の製造方法に関する。より詳しくは、大型基板上への有機ＥＬ素子の製造に好適な蒸着装置、蒸着方法、及び、有機ＥＬ素子の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、平面型の表示装置として、有機ＥＬ素子を発光素子とした有機エレクトロルミネッセンス表示装置（以下、有機ＥＬディスプレイとも言う。）が注目を集めている。この有機ＥＬディスプレイは、バックライトが不要な自発光型のフラットパネルディスプレイであり、自発光型に特有の視野角の広いディスプレイを実現できるという利点を有する。また、必要な画素のみを点灯させればよいため、消費電力の面で液晶ディスプレイ等のバックライト型のディスプレイに比べて有利であるとともに、今後実用化が期待されている高精細度の高速のビデオ信号に対して十分な応答性能を有すると考えられている。

[0003] このような有機ＥＬディスプレイに用いられる有機ＥＬ素子は、一般に、有機材料を上下から電極（陽極及び陰極）で挟み込む構造を有する。そして、有機材料からなる有機層に対して、陽極から正孔が、陰極から電子がそれぞれ注入され、その有機層にて正孔と電子が再結合して発光が生じるようになっている。このとき、有機ＥＬ素子では、１０Ｖ以下の駆動電圧で数百～数万 cd/m^2 の輝度が得られる。また、有機材料、例えば蛍光材料を適宜選択することによって、所望の色彩の発光を得ることができる。これらのことから、有機ＥＬ素子は、マルチカラー又はフルカラーの表示装置を構成するた

めの発光素子として、非常に有望視されている。

[0004] ところで、有機ＥＬ素子において有機層を形成する有機材料は、一般的に、耐水性が低く、ウェットプロセスに適さない。そのため、有機層を形成する際には、真空薄膜成膜技術を利用した真空蒸着を行うのが一般的である。したがって、有機層を形成する工程を含む有機ＥＬ素子の製造には、真空チャンバ内に蒸着源を備えた蒸着装置が広く用いられている。

[0005] 例えば、膜厚を優れた応答性で安定して制御することのできる有機ＥＬディスプレイの製造装置として、基材搬送手段により搬送されている基材に対して蒸着源より材料が飛散されている状態において、膜厚モニタから得られた膜厚に基づいて蒸着速度を検出し、これにより基板に蒸着される膜厚を予測し、制御手段が制限手段の位置を制御して材料の飛散範囲を制御する成膜装置が開示されている（例えば、特許文献１参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特開２００４－２２５０５８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 蒸着装置としては、例えば、点蒸着源を用いて基板を回転させながら蒸着を行うポイントソース蒸着装置と、基板を蒸着源に対して一方向に相対的に移動させながら蒸着を行うスキャン蒸着装置とが挙げられる。

[0008] ポイントソース蒸着装置では、シャッターの開閉による蒸着時間の調整によって蒸着膜の膜厚の制御を行うことが可能である。それに対して、スキャン蒸着装置では、基板及び／又は蒸着源が定速で搬送されながら蒸着が行われるため、蒸着時間による蒸着膜の膜厚の制御ができない。そこで、スキャン蒸着装置においては、一般的に、蒸着時間に代えて蒸着レート（蒸着速度）による膜厚の制御が行われていた。

[0009] 図２３は、比較形態１のスキャン蒸着装置の基本構成を示す模式図である。

図23示すように、比較形態1のスキャン蒸着装置は、蒸着源1010として、有機材料を収めた坩堝1011と、坩堝1011を加熱するヒータ1013と、ヒータ1013に電極を供給する加熱電源1014とを備えている。そして、ヒータ1013が坩堝1011を加熱して有機材料を気化させることで、成膜対象物である有機EL素子の基板1030上に有機層を成膜する。また、有機材料の蒸着時には、膜厚モニタ1001を使用して蒸着レートを検出し、その蒸着レート（測定値）に基づいて加熱温度を調整し、これにより蒸着レートが制御される。

[0010] しかしながら、加熱温度による蒸着レートの制御では、応答性の点で制御が容易とは言えず、そのため不安定な制御系になってしまい、膜厚制御が容易ではない。一般的に有機材料は、他の材料に比べて熱効率が悪く、また、有機材料の蒸着温度は、真空蒸着の温度としては比較的低温である。そのために、ヒータ1013の加熱温度を調整してから、その温度変化が有機材料に伝わって蒸着レートが変化するまでの時間差が大きくなってしまう。また、坩堝1011内の有機材料の量が経時的に変化すると、その影響によって制御系の時定数が変化してしまい蒸着レートも変化してしまう。そこで、比較形態1のスキャン蒸着装置では、PID (Proportional Integral Derivative) 制御という制御方法を採用し、蒸着レートの変動からその後の蒸着レートの動きをリアルタイムで予測し、その予測に基づいて加熱温度を制御している。しかしながら、PID制御を行っても十分な蒸着レートの制御精度を達成することは困難であった。

[0011] 図24は、比較形態1のスキャン蒸着装置におけるヒータ温度と蒸着レートの関係を示したグラフである。

本発明者らが実際に検討したところ、図24に示すように、比較形態1のスキャン蒸着装置では、蒸着レートの制御精度は、目標レート±3%程度が限界であった。そして、比較形態1のスキャン蒸着装置では、蒸着レートのばらつきが、そのまま膜厚のばらつきにつながっていた。

[0012] 図25及び26は、特許文献1に記載の成膜装置の基本構成を示す模式図で

ある。

図25及び26に示すように、特許文献1に記載の成膜装置では、制限板1172を上下に移動させることで蒸着膜の膜厚を調整している。蒸着膜の膜厚は、 $(\text{蒸着レート}) \times (\text{蒸着時間})$ で決定される。ここで、蒸着レートは、1秒間に形成される蒸着膜の厚みを意味し、その単位は、 $\text{\AA}/\text{s}$ で表される。スキャン蒸着装置では、蒸着流が発生している雰囲気の中を基板が搬送されるため、蒸着時間は、 $(\text{飛散範囲}) / (\text{搬送速度})$ で決定される。ここで、搬送速度は一定で変化しない。飛散範囲は、搬送方向において、蒸着流が飛散する範囲（距離）、すなわち蒸着される領域（蒸着領域）の幅を表している。飛散範囲は、制限板1172を下げれば大きくなり、上げれば小さくなる。つまり、飛散範囲を制御することによって蒸着時間を調整することができるため、蒸着レートが変動した分を飛散範囲の制御で補完することができるというのが特許文献1の技術思想である。

[0013] しかしながら、蒸着レートは、蒸着領域の全体で均一的に変動するのに対して、制限板1172を上下させたとしても蒸着領域の両端部1142の位置を変動することしかできない。そのため、例えば、次のような場合に課題が残る。

[0014] ここでは、基板の中央部における蒸着膜の膜厚について考える。基板の中央部が蒸着領域に差し掛かった時、蒸着レートは安定しており、目標とする蒸着レートと等しかったとする。この時、蒸着レートを補正する必要が無いため、制限板1172は、基準位置に配置されている。そして、基板の中央部が蒸着領域に進入した後、蒸着レートが急に落ち始めたとする。そうすると、蒸着レートの補正を行うため、制限板1172の位置が下がり、飛散範囲が大きくなる。しかし、基板の中央部は、既に蒸着領域内に存在するため、蒸着レートの下がった領域を通過して行く。その後、基板の中央部が蒸着領域を抜ける時、蒸着レートが再び安定したとする。そうすると、制限板1172は、基準位置に戻る。その後、基板の中央部は蒸着領域を通り抜け、成膜が完了したとする。

[0015] 上記の場合、蒸着レートが低下しているにもかかわらず、基板の中央部の蒸着時間は、目標とする蒸着レートで理想的に蒸着が行われた場合の蒸着時間と同じ時間になる。したがって、基板の中央部においては、蒸着レートの低下分が補正されず、蒸着膜の膜厚は、目標とする膜厚よりも小さくなってしまふ。

[0016] このような現象は、基板全体で発生し得るため、特許文献1に記載の飛散範囲の調整によっては、蒸着レートの変動を基板面内で均一に補正することはできない。そのため、基板面内において蒸着膜の膜厚ムラが生じてしまう可能性がある。つまり、蒸着レートが頻繁に変化しなければ上述のような課題を防止できる場合もあるが、蒸着レートが頻繁に変化すれば上述の課題が発生し得る。

[0017] また、上述のように、ポイントソース蒸着装置は、シャッターの開閉により蒸着時間を調整することはできるが、蒸着レートの制御が困難である点はポイントソース蒸着装置もスキャン蒸着装置と同じである。そのため、複数の蒸発源を用いて複数の材料を同時に蒸着する場合、すなわち共蒸着を行う場合、所望の組成の蒸着膜を形成することができないことがある。共蒸着では、複数の材料の蒸着レートの比率を高精度に制御しなければならないためである。

[0018] 本発明は、上記現状に鑑みてなされたものであり、蒸着領域全体において基板上での蒸着レートの制御精度に優れた蒸着装置、蒸着方法、及び、有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0019] 本発明の一態様は、基板上に成膜する蒸着装置であって、
前記蒸着装置は、第一の膜厚モニタと、蒸着源を含む蒸着ユニットとを備え、かつ、
前記第一の膜厚モニタの測定結果に基づいて、気化した材料が前記蒸着源から放出される部分と、前記基板の蒸着される表面との間の距離を制御しながら

ら蒸着を行う蒸着装置であってもよい。

以下、この蒸着装置を本発明に係る蒸着装置とも言う。

[0020] 本発明に係る蒸着装置における好ましい実施形態について以下に説明する。

なお、以下の好ましい実施形態は、適宜、互いに組み合わせられてもよく、以下の2以上の好ましい実施形態を互いに組み合わせた実施形態もまた、好ましい実施形態の一つである。

[0021] 本発明に係る蒸着装置は、前記蒸着源を移動させて前記気化した材料が放出される前記部分の高さを变化させる蒸着源移動機構を備えてもよい。

[0022] 本発明に係る蒸着装置は、比例制御又はPID (Proportional Integral Derivative) 制御によって前記距離を制御してもよい。

[0023] 前記蒸着源は、加熱装置を含み、
本発明に係る蒸着装置は、第二の膜厚モニタを備え、かつ、
前記第二の膜厚モニタの測定結果に基づいて、前記加熱装置の出力を制御しながら蒸着を行ってもよい。

[0024] 本発明に係る蒸着装置は、前記蒸着源を移動させて前記気化した材料が放出される前記部分の高さを变化させる蒸着源移動機構を備え、
前記第二の膜厚モニタは、前記蒸着源移動機構に固定され、
前記第一の膜厚モニタは、前記蒸着ユニットに固定されてもよい。

[0025] 前記蒸着源は、加熱装置を含み、
本発明に係る蒸着装置は、前記第一の膜厚モニタの測定結果に基づいて、前記距離及び前記加熱装置の出力を制御しながら蒸着を行ってもよい。

[0026] 前記蒸着源は、加熱装置を含み、
本発明に係る蒸着装置は、第二の膜厚モニタを備え、かつ
前記第一の膜厚モニタの測定結果に基づいて前記距離及び前記加熱装置の出力を制御するとともに、前記第二の膜厚モニタの測定結果に基づいて前記距離の制御における比例係数を制御しながら蒸着を行ってもよい。

[0027] 本発明に係る蒸着装置は、PID制御によって前記出力を制御してもよい。

- [0028] 前記蒸着源は、開口部が設けられた坩堝を備え、
前記気化した材料が放出される前記部分は、前記開口部であってもよい。
- [0029] 本発明に係る蒸着装置は、前記基板の法線方向に直交する方向に、前記基板及び前記蒸着源の少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させる搬送機構を備えてもよい。
- [0030] 前記蒸着ユニットは、前記蒸着源、及び、マスクを含み、
前記搬送機構は、前記基板及び前記蒸着ユニットの少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させてもよい。
- [0031] 本発明に係る蒸着装置は、マスクを備え、
前記搬送機構は、前記蒸着源と、前記マスクが貼り合わされた前記基板との少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させてもよい。
- [0032] 本発明に係る蒸着装置は、マスクと、
前記マスクが貼り合わされた前記基板を回転させる回転機構付き基板ホルダとを備えてもよい。
- [0033] 本発明の他の態様は、基板上に成膜する蒸着工程を含む蒸着方法であってもよく、
前記蒸着工程は、本発明に係る蒸着装置を用いて行われてもよい。
- [0034] 本発明の更に他の態様は、本発明に係る蒸着装置を用いて成膜する蒸着工程を含む有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法であってもよい。

発明の効果

- [0035] 本発明によれば、蒸着領域全体において基板上での蒸着レートの制御精度に優れた蒸着装置、蒸着方法、及び、有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法を実現することができる。

図面の簡単な説明

- [0036] [図1]実施形態1の有機EL素子の製造方法により作製された有機EL素子を備える有機ELディスプレイの断面模式図である。
- [図2]図1に示した有機ELディスプレイの表示領域内の構成を示す平面模式図である。

[図3]図1に示した有機ELディスプレイのTFT基板の構成を示す断面模式図であり、図2中のA-B線における断面に相当する。

[図4]実施形態1の有機ELディスプレイの製造工程を説明するためのフローチャートである。

[図5]実施形態1の蒸着装置の基本構成を示す模式図である。

[図6]実施形態1の蒸着装置の制御系を説明するための模式図である。

[図7]実施形態1における第一の蒸着レートの経時変化の一例を模式的に示した図である。

[図8]実施形態4の蒸着装置の制御系を説明するための模式図である。

[図9]実施形態4における蒸着レート及び基板蒸着源間距離の経時変化の一例を模式的に示した図である。

[図10]実施形態4における基板蒸着源間距離の出力値と膜厚モニタの測定結果との相関関係を模式的に示した図である。

[図11]実施例1の蒸着装置の基本構成を示す模式図である。

[図12]実施例1の蒸着装置の平面模式図である。

[図13]実施例1の蒸着装置の変形例の平面模式図である。

[図14]実施例1において、 T_s が変化したときのパターンの変化を説明するための模式図である。

[図15]実施例1において、 T_s が変化したときの蒸着領域への影響を説明するための模式図である。

[図16]実施例1において、 T_s と蒸着膜の膜厚分布との関係を示すグラフである。

[図17]実施例1において、 T_s 基準時に対する T_s 調整時の膜厚の変動比率を示すグラフである。

[図18]実施例2の蒸着装置の基本構成を示す模式図である。

[図19]実施例3の蒸着装置の基本構成を示す模式図である。

[図20]実施例3の蒸着装置が備える蒸着源の平面模式図である。

[図21]実施例3において、 T_s と蒸着膜の膜厚分布との関係を示すグラフで

ある。

[図22]実施例3において、 T_s 基準時に対する T_s 調整時の膜厚の変動比率を示すグラフである。

[図23]比較形態1のスキャン蒸着装置の基本構成を示す模式図である。

[図24]比較形態1のスキャン蒸着装置におけるヒータ温度と蒸着レートの関係を示したグラフである。

[図25]特許文献1に記載の成膜装置の基本構成を示す模式図である。

[図26]特許文献1に記載の成膜装置の基本構成を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0037] 以下に実施形態を掲げ、本発明を図面に参照して更に詳細に説明するが、本発明はこれらの実施形態のみに限定されるものではない。

[0038] (実施形態1)

本実施形態では、TFT基板側から光を取り出すボトムエミッション型でRGBフルカラー表示の有機EL素子の製造方法と、その製造方法により作製された有機EL素子を備える有機ELディスプレイとについて主に説明するが、本実施形態は、他のタイプの有機EL素子の製造方法にも適用可能である。

[0039] まず、本実施形態に係る有機ELディスプレイの全体の構成について説明する。

図1は、実施形態1の有機EL素子の製造方法により作製された有機EL素子を備える有機ELディスプレイの断面模式図である。図2は、図1に示した有機ELディスプレイの表示領域内の構成を示す平面模式図である。図3は、図1に示した有機ELディスプレイのTFT基板の構成を示す断面模式図であり、図2中のA-B線における断面に相当する。

[0040] 図1に示すように、本実施形態に係る有機ELディスプレイ1は、TFT12(図3参照)が設けられたTFT基板10と、TFT基板10上に設けられ、TFT12に接続された有機EL素子20と、有機EL素子20を覆う接着層30と、接着層30上に配置された封止基板40とを備えている。

- [0041] 封止基板 40 と、有機 EL 素子 20 が積層された TFT 基板 10 とを接着層 30 を用いて貼り合わせることで、これら一対の基板 10 及び 40 の間に有機 EL 素子 20 を封止している。これにより、酸素及び水分が外部から有機 EL 素子 20 へ浸入することを防止している。
- [0042] 図 3 に示すように、TFT 基板 10 は、支持基板として、例えばガラス基板等の透明な絶縁基板 11 を有している。図 2 に示すように、絶縁基板 11 上には、複数の配線 14 が形成されており、複数の配線 14 は、水平方向に設けられた複数のゲート線と、垂直方向に設けられ、ゲート線と交差する複数の信号線とを含んでいる。ゲート線には、ゲート線を駆動するゲート線駆動回路（図示せず）が接続され、信号線には、信号線を駆動する信号線駆動回路（図示せず）が接続されている。
- [0043] 有機 EL ディスプレイ 1 は、RGB フルカラー表示のアクティブマトリクス型の表示装置であり、配線 14 で区画された各領域には、赤（R）、緑（G）又は青（B）のサブ画素（ドット）2R、2G 又は 2B が配置されている。サブ画素 2R、2G 及び 2B は、マトリクス状に配列されている。各色のサブ画素 2R、2G、2B には、対応する色の有機 EL 素子 20 及び発光領域が形成されている。
- [0044] 赤、緑及び青のサブ画素 2R、2G 及び 2B は、それぞれ、赤色の光、緑色の光及び青色の光で発光し、3つのサブ画素 2R、2G 及び 2B から 1つの画素 2 が構成されている。
- [0045] サブ画素 2R、2G 及び 2B には、それぞれ、開口部 15R、15G 及び 15B が設けられており、開口部 15R、15G 及び 15B は、それぞれ、赤、緑及び青の発光層 23R、23G 及び 23B によって覆われている。発光層 23R、23G 及び 23B は、垂直方向にストライプ状に形成されている。発光層 23R、23G 及び 23B のパターンは、各色毎に、蒸着により形成されている。なお、開口部 15R、15G 及び 15B については後述する。
- [0046] 各サブ画素 2R、2G、2B には、有機 EL 素子 20 の第 1 電極 21 に接続

されたTFT12が設けられている。各サブ画素2R、2G、2Bの発光強度は、配線14及びTFT12による走査及び選択により決定される。このように、有機ELディスプレイ1は、TFT12を用いて、各色の有機EL素子20を選択的に所望の輝度で発光させることにより画像表示を実現している。

[0047] 次に、TFT基板10及び有機EL素子20の構成について詳述する。まず、TFT基板10について説明する。

[0048] 図3に示すように、TFT基板10は、絶縁基板11上に形成されたTFT12（スイッチング素子）及び配線14と、これらを覆う層間膜（層間絶縁膜、平坦化膜）13と、層間膜13上に形成された絶縁層であるエッジカバー15とを有している。

[0049] TFT12は、各サブ画素2R、2G、2Bに対応して設けられている。なお、TFT12の構成は、一般的なものでよいので、TFT12における各層の図示及び説明は省略する。

[0050] 層間膜13は、絶縁基板11上に、絶縁基板11の全領域に渡って形成されている。層間膜13上には、有機EL素子20の第1電極21が形成されている。また、層間膜13には、第1電極21をTFT12に電氣的に接続するためのコンタクトホール13aが設けられている。これにより、TFT12は、コンタクトホール13aを介して、有機EL素子20に電氣的に接続されている。

[0051] エッジカバー15は、第1電極21の端部で有機EL層が薄くなったり電界集中が起こったりすることによって有機EL素子20の第1電極21と第2電極26とが短絡することを防止するために形成されている。そのため、エッジカバー15は、第1電極21の端部を部分的に被覆するように形成されている。

[0052] エッジカバー15には、上述の開口部15R、15G及び15Bが設けられている。このエッジカバー15の各開口部15R、15G、15Bが、サブ画素2R、2G、2Bの発光領域となる。言い換えれば、サブ画素2R、2

G及び2Bは、絶縁性を有するエッジカバー15によって仕切られている。
エッジカバー15は、素子分離膜としても機能する。

[0053] 次に、有機EL素子20について説明する。

[0054] 有機EL素子20は、低電圧直流駆動による高輝度発光が可能な発光素子であり、第1電極21、有機EL層及び第2電極26を含み、これらは、この順に積層されている。

[0055] 第1電極21は、有機EL層に正孔を注入（供給）する機能を有する層である。第1電極21は、上述のようにコンタクトホール13aを介してTF T12と接続されている。

[0056] 第1電極21と第2電極26との間には、図3に示すように、有機EL層として、第1電極21側から、正孔注入層兼正孔輸送層22、発光層23R、23G又は23B、電子輸送層24、及び、電子注入層25が、この順に積層されている。

[0057] なお、上記積層順は、第1電極21を陽極とし、第2電極26を陰極とした場合のものであり、第1電極21を陰極とし、第2電極26を陽極とする場合には、有機EL層の積層順は反転する。

[0058] 正孔注入層は、各発光層23R、23G、23Bへの正孔注入効率を高める機能を有する層である。また、正孔輸送層は、各発光層23R、23G、23Bへの正孔輸送効率を高める機能を有する層である。正孔注入層兼正孔輸送層22は、第1電極21及びエッジカバー15を覆うように、TF T基板10の表示領域全面に一様に形成されている。

[0059] なお、本実施形態では、上述のように、正孔注入層及び正孔輸送層として、正孔注入層と正孔輸送層とが一体化された正孔注入層兼正孔輸送層22を設けた場合を例に挙げて説明する。しかしながら、本実施形態は、この場合に特に限定されない。正孔注入層と正孔輸送層とは互いに独立した層として形成されていてもよい。

[0060] 正孔注入層兼正孔輸送層22上には、発光層23R、23G及び23Bが、それぞれ、エッジカバー15の開口部15R、15G及び15Bを覆うよう

に、サブ画素 2 R、2 G 及び 2 B に対応して形成されている。

[0061] 各発光層 2 3 R、2 3 G、2 3 B は、第 1 電極 2 1 側から注入されたホール（正孔）と第 2 電極 2 6 側から注入された電子とを再結合させて光を出射する機能を有する層である。各発光層 2 3 R、2 3 G、2 3 B は、低分子蛍光色素、金属錯体等の、発光効率が高い材料から形成されている。

[0062] 電子輸送層 2 4 は、第 2 電極 2 6 から各発光層 2 3 R、2 3 G、2 3 B への電子輸送効率を高める機能を有する層である。また、電子注入層 2 5 は、第 2 電極 2 6 から各発光層 2 3 R、2 3 G、2 3 B への電子注入効率を高める機能を有する層である。

[0063] 電子輸送層 2 4 は、発光層 2 3 R、2 3 G 及び 2 3 B 並びに正孔注入層兼正孔輸送層 2 2 を覆うように、T F T 基板 1 0 の表示領域全面に一様に形成されている。また、電子注入層 2 5 は、電子輸送層 2 4 を覆うように、T F T 基板 1 0 の表示領域全面に一様に形成されている。

[0064] なお、電子輸送層 2 4 と電子注入層 2 5 とは、上述のように互いに独立した層として形成されていてもよいし、互いに一体化して設けられていてもよい。すなわち、有機 E L ディスプレイ 1 は、電子輸送層 2 4 及び電子注入層 2 5 に代えて、電子輸送層兼電子注入層を備えていてもよい。

[0065] 第 2 電極 2 6 は、有機 E L 層に電子を注入する機能を有する層である。第 2 電極 2 6 は、電子注入層 2 5 を覆うように、T F T 基板 1 0 の表示領域全面に一様に形成されている。

[0066] なお、発光層 2 3 R、2 3 G 及び 2 3 B 以外の有機層は、有機 E L 層として必須の層ではなく、要求される有機 E L 素子 2 0 の特性に応じて適宜形成することができる。また、有機 E L 層には、必要に応じて、キャリアブロッキング層を追加することもできる。例えば、発光層 2 3 R、2 3 G 及び 2 3 B と電子輸送層 2 4 との間にキャリアブロッキング層として正孔ブロッキング層を追加してもよく、これにより、正孔が電子輸送層 2 4 に到達することを抑制でき、発光効率を向上することができる。

[0067] 有機 E L 素子 2 0 の構成としては、例えば、下記（１）～（８）に示すよう

な層構成を採用することができる。

- (1) 第1電極／発光層／第2電極
- (2) 第1電極／正孔輸送層／発光層／電子輸送層／第2電極
- (3) 第1電極／正孔輸送層／発光層／正孔ブロッキング層／電子輸送層／第2電極
- (4) 第1電極／正孔輸送層／発光層／正孔ブロッキング層／電子輸送層／電子注入層／第2電極
- (5) 第1電極／正孔注入層／正孔輸送層／発光層／電子輸送層／電子注入層／第2電極
- (6) 第1電極／正孔注入層／正孔輸送層／発光層／正孔ブロッキング層／電子輸送層／第2電極
- (7) 第1電極／正孔注入層／正孔輸送層／発光層／正孔ブロッキング層／電子輸送層／電子注入層／第2電極
- (8) 第1電極／正孔注入層／正孔輸送層／電子ブロッキング層（キャリアブロッキング層）／発光層／正孔ブロッキング層／電子輸送層／電子注入層／第2電極

なお、上述のように、正孔注入層と正孔輸送層とは、一体化されていてもよい。また、電子輸送層と電子注入層とは、一体化されていてもよい。

[0068] また、有機EL素子20の構成は上記(1)～(8)の層構成に特に限定されず、要求される有機EL素子20の特性に応じて所望の層構成を採用することができる。

[0069] 次に、有機ELディスプレイ1の製造方法について説明する。

図4は、実施形態1の有機ELディスプレイの製造工程を説明するためのフローチャートである。

[0070] 図4に示すように、本実施形態に係る有機ELディスプレイの製造方法は、例えば、TFT基板・第1電極の作製工程S1、正孔注入層・正孔輸送層蒸着工程S2、発光層蒸着工程S3、電子輸送層蒸着工程S4、電子注入層蒸着工程S5、第2電極蒸着工程S6、及び、封止工程S7を含んでいる。

[0071] 以下に、図4に示すフローチャートに従って、図1～図3を参照して説明した各構成要素の製造工程について説明する。ただし、本実施形態に記載されている各構成要素の寸法、材質、形状等はいくまで一例に過ぎず、これによって本発明の範囲が限定解釈されるものではない。

[0072] また、上述したように、本実施形態に記載の積層順は、第1電極21を陽極、第2電極26を陰極とした場合のものであり、反対に第1電極21を陰極とし、第2電極26を陽極とする場合には、有機EL層の積層順は反転する。同様に、第1電極21及び第2電極26を構成する材料も反転する。

[0073] まず、図3に示すように、一般的な方法によりTFT12、配線14等が形成された絶縁基板11上に感光性樹脂を塗布し、フォトリソグラフィ技術によりパターニングを行うことで、絶縁基板11上に層間膜13を形成する。

[0074] 絶縁基板11としては、例えば、厚さが0.7～1.1mmであり、Y軸方向の長さ（縦長さ）が400～500mmであり、X軸方向の長さ（横長さ）が300～400mmのガラス基板又はプラスチック基板が挙げられる。

[0075] 層間膜13の材料としては、例えば、アクリル樹脂やポリイミド樹脂等の樹脂を用いることができる。アクリル樹脂としては、例えば、JSR株式会社製のオプトマーシリーズが挙げられる。また、ポリイミド樹脂としては、例えば、東レ株式会社製のフォトニースシリーズが挙げられる。ただし、ポリイミド樹脂は、一般に透明ではなく、有色である。このため、図3に示すように有機ELディスプレイ1としてボトムエミッション型の有機ELディスプレイを製造する場合には、層間膜13としては、アクリル樹脂等の透明性樹脂が、より好適に用いられる。

[0076] 層間膜13の膜厚は、TFT12による段差を補償することができる程度である限り、特に限定されるものではない。例えば、略2 μ mとしてもよい。

[0077] 次に、層間膜13に、第1電極21をTFT12に電氣的に接続するためのコンタクトホール13aを形成する。

[0078] 次に、導電膜（電極膜）として、例えばITO（Indium Tin Oxide：インジウム錫酸化物）膜を、スパッタ法等により、100nmの

厚さで成膜する。

[0079] 次いで、ITO膜上にフォトリソグロフィ技術を用いてパターニングを行った後、塩化第二鉄をエッチング液として、ITO膜をエッチングする。その後、レジスト剥離液を用いてフォトリソグロフィを剥離し、さらに基板洗浄を行う。これにより、層間膜13上に第1電極21をマトリクス状に形成する。

[0080] なお、第1電極21に用いられる導電膜材料としては、例えば、ITO、IZO (Indium Zinc Oxide: インジウム亜鉛酸化物)、ガリウム添加酸化亜鉛 (GZO) 等の透明導電材料；金 (Au)、ニッケル (Ni)、白金 (Pt) 等の金属材料；を用いることができる。

[0081] また、導電膜の積層方法としては、スパッタ法以外に、真空蒸着法、CVD (Chemical Vapor Deposition、化学蒸着) 法、プラズマCVD法、印刷法等を用いることができる。

[0082] 第1電極21の厚さは特に限定されるものではないが、上述のように、例えば、100nmとすることができる。

[0083] 次に、層間膜13と同様の方法により、エッジカバー15を、例えば略1 μ mの膜厚で形成する。エッジカバー15の材料としては、層間膜13と同様の絶縁材料を使用することができる。

[0084] 以上の工程により、TF基板10及び第1電極21が作製される (S1)。

[0085] 次に、上記工程を経たTF基板10に対し、脱水のための減圧ベークと、第1電極21の表面洗浄のための酸素プラズマ処理とを施す。

[0086] 次いで、後述する蒸着装置を用いて、TF基板10上に、正孔注入層及び正孔輸送層 (本実施形態では正孔注入層兼正孔輸送層22) を、TF基板10の表示領域全面に蒸着する (S2)。

[0087] 具体的には、表示領域全面に対応して開口したオープンマスクを、TF基板10に対しアライメント調整を行った後に密着して貼り合わせる。そして、TF基板10とオープンマスクとを共に回転させながら、蒸着源より飛

散した材料をオープンマスクの開口部を通じて表示領域全面に均一に蒸着する。

[0088] なお、表示領域全面への蒸着とは、隣接した色の異なるサブ画素間に渡って途切れることなく蒸着することを意味する。

[0089] 正孔注入層及び正孔輸送層の材料としては、例えば、ベンジン、スチリルアミン、トリフェニルアミン、ポルフィリン、トリアゾール、イミダゾール、オキサジアゾール、ポリアリールアルカン、フェニレンジアミン、アリールアミン、オキサゾール、アントラセン、フルオレノン、ヒドラゾン、スチルベン、トリフェニレン、アザトリフェニレン、及び、これらの誘導体；ポリシラン系化合物；ビニルカルバゾール系化合物；チオフェン系化合物、アニリン系化合物等の、複素環式共役系のモノマー、オリゴマー、又は、ポリマー；等が挙げられる。

[0090] 正孔注入層と正孔輸送層とは、上述のように一体化されていてもよいし、独立した層として形成されていてもよい。各々の膜厚は、例えば、10～100 nmである。

[0091] 正孔注入層及び正孔輸送層として、正孔注入層兼正孔輸送層22を形成する場合、正孔注入層兼正孔輸送層22の材料として、例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(α -NPD)を使用することができる。また、正孔注入層兼正孔輸送層22の膜厚は、例えば30 nmとすることができる。

[0092] 次に、正孔注入層兼正孔輸送層22上に、エッジカバー15の開口部15R、15G及び15Bを覆うように、サブ画素2R、2G及び2Bに対応して発光層23R、23G及び23Bをそれぞれ別々に形成（パターン形成）する（S3）。

[0093] 上述したように、各発光層23R、23G、23Bには、低分子蛍光色素、金属錯体等の発光効率が高い材料が用いられる。

[0094] 発光層23R、23G及び23Bの材料としては、例えば、アントラセン、ナフタレン、インデン、フェナントレン、ピレン、ナフタセン、トリフェニ

レン、アントラセン、ペリレン、ピセン、フルオランテン、アセフェナントリレン、ペンタフェン、ペンタセン、コロネン、ブタジエン、クマリン、アクリジン、スチルベン、及び、これらの誘導体；トリス（8-キノリノラト）アルミニウム錯体；ビス（ベンゾキノリノラト）ベリリウム錯体；トリ（ジベンゾイルメチル）フェナントロリンユーロピウム錯体；ジトルイルビニルビフェニル；等が挙げられる。

[0095] 各発光層 23 R、23 G、23 B の膜厚は、例えば、10～100 nm である。

[0096] 次に、上記正孔注入層・正孔輸送層蒸着工程 S2 と同様の方法により、電子輸送層 24 を、正孔注入層兼正孔輸送層 22 並びに発光層 23 R、23 G 及び 23 B を覆うように、TF T 基板 10 の表示領域全面に蒸着する（S4）。

[0097] 続いて、上記正孔注入層・正孔輸送層蒸着工程 S2 と同様の方法により、電子注入層 25 を、電子輸送層 24 を覆うように、TF T 基板 10 の表示領域全面に蒸着する（S5）。

[0098] 電子輸送層 24 及び電子注入層 25 の材料としては、例えば、キノリン、ペリレン、フェナントロリン、ビススチリル、ピラジン、トリアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、フルオレノン、及び、これらの誘導体や金属錯体；LiF（フッ化リチウム）；等が挙げられる。

[0099] より具体的には、Alq₃（トリス（8-ヒドロキシキノリン）アルミニウム）、アントラセン、ナフタレン、フェナントレン、ピレン、アントラセン、ペリレン、ブタジエン、クマリン、アクリジン、スチルベン、1,10-フェナントロリン、及び、これらの誘導体や金属錯体；LiF；等が挙げられる。

[0100] 上述したように、電子輸送層 24 と電子注入層 25 とは、一体化されていても独立した層として形成されていてもよい。各々の膜厚は、例えば 1～100 nm であり、好ましくは 10～100 nm である。また、電子輸送層 24 及び電子注入層 25 の合計の膜厚は、例えば 20～200 nm である。

- [0101] 代表的には、電子輸送層 24 の材料に Alq_3 を使用し、電子注入層 25 の材料には LiF を使用する。また、例えば、電子輸送層 24 の膜厚は 30 nm とし、電子注入層 25 の膜厚は 1 nm とする。
- [0102] 次に、上記正孔注入層・正孔輸送層蒸着工程 S2 と同様の方法により、第 2 電極 26 を、電子注入層 25 を覆うように、TFT 基板 10 の表示領域全面に蒸着する (S6)。この結果、TFT 基板 10 上に、有機 EL 層、第 1 電極 21 及び第 2 電極 26 を含む有機 EL 素子 20 が形成される。
- [0103] 第 2 電極 26 の材料 (電極材料) としては、仕事関数の小さい金属等が好適に用いられる。このような電極材料としては、例えば、マグネシウム合金 (MgAg 等)、アルミニウム合金 (AlLi 、 AlCa 、 AlMg 等)、金属カルシウム等が挙げられる。第 2 電極 26 の厚さは、例えば $50\sim100\text{ nm}$ である。
- [0104] 代表的には、第 2 電極 26 は、厚み 50 nm のアルミニウム薄膜から形成される。
- [0105] 次いで、図 1 に示したように、有機 EL 素子 20 が形成された TFT 基板 10 と、封止基板 40 とを、接着層 30 を用いて貼り合わせ、有機 EL 素子 20 の封入を行う。
- [0106] 封止基板 40 としては、例えば、厚さが $0.4\sim1.1\text{ mm}$ のガラス基板又はプラスチック基板等の絶縁基板が用いられる。
- [0107] なお、封止基板 40 の縦長さおよび横長さは、目的とする有機 EL ディスプレイ 1 のサイズにより適宜調整してもよく、TFT 基板 10 の絶縁基板 11 と略同一のサイズの絶縁基板を使用し、有機 EL 素子 20 を封止した後で、目的とする有機 EL ディスプレイ 1 のサイズに従って分断してもよい。
- [0108] また、有機 EL 素子 20 の封止方法は、上述の方法に特に限定されず、他のあらゆる封止方法を採用することが可能である。他の封止方式としては、例えば、掘り込みガラスを封止基板 40 として使用し、封止樹脂やフリットガラス等により枠状に封止を行う方法や、TFT 基板 10 と封止基板 40 との間に樹脂を充填する方法等が挙げられる。

[0109] また、第2電極26上には、第2電極26を覆うように、酸素や水分が外部から有機EL素子20内に浸入することを阻止するために、保護膜（図示せず）が設けられていてもよい。

[0110] 保護膜は、絶縁性又は導電性の材料で形成することができる。このような材料としては、例えば、窒化シリコンや酸化シリコン等が挙げられる。保護膜の厚さは、例えば100～1000nmである。

[0111] 上記工程の結果、有機ELディスプレイ1が完成する。

[0112] この有機ELディスプレイ1においては、配線14からの信号入力によりTFT12をON（オン）させると、第1電極21から有機EL層へホール（正孔）が注入される。一方で、第2電極26から有機EL層に電子が注入され、正孔と電子とが各発光層23R、23G、23B内で再結合する。正孔及び電子の再結合によるエネルギーにより発光材料が励起され、その励起状態が基底状態に戻る際に光が出射される。各サブ画素2R、2G、2Bの発光輝度を制御することで、所定の画像が表示される。

[0113] 次に、本実施形態の有機EL素子の製造方法、なかでも蒸着工程S2～S6に好適に用いられる実施形態1に係る蒸着装置について説明する。

[0114] 図5は、実施形態1の蒸着装置の基本構成を示す模式図である。

図5に示すように、本実施形態に係る蒸着装置100は、真空チャンバ（図示せず）と、蒸着源（蒸発源）110を含む蒸着ユニット170と、膜厚モニタ（レートモニタ）101及び102と、制御装置103と、蒸着源移動機構120と、基板ホルダ104とを備えている。また、蒸着装置100は、蒸着源移動機構120として、電動機駆動装置121、及び、蒸着源昇降機構122を備えている。

[0115] 本実施形態において、膜厚モニタ101は、本発明に係る蒸着装置の上記第二の膜厚モニタに対応し、膜厚モニタ102は、本発明に係る蒸着装置の上記第一の膜厚モニタに対応している。

[0116] 真空チャンバは、内部が真空蒸着可能な程度の真空度に保持された基板処理環境を提供する容器であり、蒸着源110と、膜厚モニタ101及び102

と、蒸着源昇降機構 122 と、基板ホルダ 104 とが真空チャンバの内部に設けられている。

[0117] 基板ホルダ 104 は、蒸着装置 100 によって成膜される基板（被成膜基板）130 を保持する部材であり、真空チャンバ内の上部に設けられている。

[0118] 蒸着源 110 は、蒸着される材料（好適には有機材料）を加熱して気化、すなわち蒸発又は昇華させ、そして、気化した材料を真空チャンバ内に放出する部材である。より具体的には、蒸着源 110 は、材料を収容する耐熱性の容器、例えば坩堝 111 と、材料を加熱する加熱装置 112、例えばヒータ 113 及び加熱電源 114 とを備えており、坩堝 111 の上部には開口部 115 が設けられている。そして、蒸着源 110 は、容器、例えば坩堝 111 内の材料を加熱装置 112 で加熱して気化させて、気体となった材料（以下、蒸着粒子とも言う。）を開口部 115 から上方に向かって放出する。その結果、開口部 115 からは、蒸着粒子の流れである蒸着流 140 が発生し、蒸着流 140 は、開口部 115 から等方的に広がっていく。蒸着源 110 は、真空チャンバ内の下部に設けられている。

[0119] なお、蒸着源 110 の種類は、特に限定されず、例えば、点蒸着源（ポイントソース）でもよいし、線蒸着源（ラインソース）でもよいし、面蒸着源であってもよい。また、蒸着源 110 の加熱方法は、特に限定されず、例えば、抵抗加熱法、電子ビーム法、レーザ蒸着法、高周波誘導加熱法、アーク法等が挙げられる。また、蒸着流 140 の密度分布、例えば蒸着源 110 の N 値は、特に限定されず、適宜設定することができる。更に、蒸着流 140 の分布のうち実際に蒸着に使用される範囲についても特に限定されず、適宜設定することができる。

[0120] また、蒸着ユニット 170 は、所望のパターンで複数の開口が形成され、基板 130 及び蒸着源 110 の間に配置されたマスクを含んでいてもよい。

[0121] 膜厚モニタ 101 及び 102 は各々、蒸着レートを測定する機器であり、各膜厚モニタ 101、102 の少なくとも一部、例えばセンサ部は、蒸着源 110 から放出された蒸着粒子が直接飛来し得る場所、例えば、基板 130 及

び蒸着源 110 の間に配置される。各膜厚モニタ 101、102 の種類及び構造は、特に限定されないが、各膜厚モニタ 101、102 は、水晶振動子を用いたセンサ部を含むことが好ましい。これにより、水晶振動子の発振周波数が水晶振動子上に形成される膜の膜厚と相関があることを利用して、発振周波数の変化量に基づいて蒸着レートを高精度に計測することが可能である。

[0122] 制御装置 103 には、膜厚モニタ 102 の検出結果、具体的には、膜厚モニタ 102 で計測された蒸着レートの測定値が入力される。制御装置 103 は、この検出結果に基づいて、気化した材料が蒸着源 110 から放出される部分（以下、放出部とも言う。）141 と、基板 130 の蒸着される表面（以下、被蒸着面とも言う。）131 との間の必要な距離を算出する。そして、この算出結果を高さ制御信号として蒸着源移動機構 120 に出力する。なお、放出部 141 は、坩堝 111 の開口部 115 であってもよい。

[0123] 蒸着源移動機構 120 は、蒸着源 110 を移動させて、放出部 141 の高さを変化させる機構である。蒸着源移動機構 120 は、制御装置 103 から入力された高さ制御信号に基づいて、蒸着源 110 を必要な距離だけ移動させて放出部 141 を所望の高さに調整する。なお、蒸着源移動機構 120 の具体的な構成要素は、特に限定されず、蒸着源移動機構 120 としては、物体の高さを制御信号に基づいて制御可能な一般的な機構を採用することができる。また、蒸着源移動機構 120 は、蒸着源 110 の全部を移動させてもよいし、一部のみを移動させてもよい。例えば、加熱電源 114 を移動させず、坩堝 111 及びヒータ 113 を一体的に移動させてもよい。

[0124] 電動機駆動装置 121 は、制御装置 103 から入力された高さ制御信号を、駆動対象である蒸着源昇降機構 122 の駆動電流に変換し、この駆動電流を蒸着源昇降機構 122 に供給する。例えば、電動機駆動装置 121 は、パルス入力により位置制御を行うサーボモータドライバである。

[0125] 蒸着源昇降機構 122 は、電動機駆動装置 121 から供給された駆動電流を機械的な仕事（力学的エネルギー）に変換する機構であり、蒸着源 110 に

接続されており、蒸着源 110 を上下に移動、すなわち昇降させて、放出部 141 の高さを変化させる。蒸着源昇降機構 122 の具体的な機構は、特に限定されず、例えば、サーボモータ、ステッピングモータ等のモータと、ボールネジと、リニアガイドとを含む機構が挙げられる。また、蒸着源昇降機構 122 は、ピエゾ素子を含むものであってもよい。

[0126] 制御装置 103 にはまた、膜厚モニタ 101 の検出結果、具体的には、膜厚モニタ 101 で計測された蒸着レートの測定値が入力される。制御装置 103 は、この検出結果に基づいて、加熱装置 112 の出力（パワー）、例えば、ヒータ 113 に供給すべき電力値を算出する。そして、この算出結果を温度制御信号として加熱装置 112 に出力する。

[0127] 本実施形態に係る蒸着装置 100 は、蒸着源 110 として点蒸着源を用いて基板 130 を回転させながら蒸着を行うポイントソース蒸着装置であってもよいし、基板 130 を蒸着源 110 に対して一方向に相対的に移動させながら蒸着を行うスキャン蒸着装置であってもよい。前者の場合、本実施形態に係る蒸着装置 100 は、マスク（図示せず）と、マスクが貼り合わされた基板 130 を回転させる回転機構付き基板ホルダ（図示せず）とを備えていてもよい。後者の場合、本実施形態に係る蒸着装置 100 は、基板 130 の法線方向に直交する方向（搬送方向）に、基板 130 及び蒸着源 110 の少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させる搬送機構（図示せず）を備えていてもよい。

[0128] 次に、蒸着装置 100 の動作について説明する。

まず、基板 130 が基板ホルダ 104 によって保持される。基板 130 は、被蒸着面 131 が蒸着源 110 の方を向くように保持される。また、蒸着源 110 に蒸着される材料が収容される。そして、蒸着源 110 の加熱装置 112 を発熱させることによって材料が気化（蒸発又は昇華）し、気化した材料が蒸着源 110 から放出され、蒸着粒子が真空チャンバ内を飛散する。蒸着粒子は、基板 130 に到達し、基板 130 の被蒸着面 131 上に堆積する。このようにして、所望の材料が基板 130 の被蒸着面 131 に蒸着される。

。

[0129] 図6は、実施形態1の蒸着装置の制御系を説明するための模式図である。

蒸着が行われている間、蒸着源110から放出された蒸着粒子の一部は、膜厚モニタ101又は102に到達する。そして、図6に示すように、膜厚モニタ101を含む第一の制御系と、膜厚モニタ102を含む第二の制御系とによって、それぞれフィードバック制御が行われ、各膜厚モニタ101、102で測定される蒸着レートが制御される。第一の制御系では、放出部141から飛散する蒸着流140の蒸着レート、すなわち、放出部141から放出される蒸着粒子の蒸着レート（以下、第一の蒸着レートとも言う。）が制御され、第二の制御系では、基板130に到達する蒸着流140（蒸着粒子）の実質的な蒸着レート、すなわち、基板130上での蒸着レート（以下、第二の蒸着レートとも言う。）が制御される。このように、第一の蒸着レートは、蒸着源110からどの程度の速度で蒸着粒子が放出されているかを示す指標となり、第二の蒸着レートは、基板130上に実際にどの程度の速度で蒸着粒子が到達（堆積）しているかを示す指標となる。第一の制御系では、第一の蒸着レートが膜厚モニタ101によって測定され、その測定結果が制御装置103に逐次出力される。第二の制御系では、第二の蒸着レートが膜厚モニタ102によって測定され、その測定結果が制御装置103に逐次出力される。

[0130] 第一の制御系では、膜厚モニタ101の測定結果に基づいて材料の加熱温度、すなわち加熱装置112の出力を調整することによって、蒸着源110から放出される蒸着粒子の量を制御する。第二の制御系では、膜厚モニタ102の測定結果に基づいて放出部141の高さを変化させ、放出部141と、基板130の被蒸着面131との間の距離（以下、基板蒸着源間距離とも言う。） T_s を調整することによって、基板130に到達する蒸着粒子の量を制御する。各制御系では、蒸着が行われている間、このような制御が繰り返される。

[0131] 第一の制御系は、材料の加熱温度を調整するために加熱装置112の出力の

制御を行う。ここで、材料を収容する容器、例えば坩堝 111 の温度の挙動は、その時点までの制御値、材料の物性等、種々の条件に依存して決定される。すなわち、第一の制御系は、制御操作から第一の蒸着レートの挙動が変化するまで時間的遅れの大きい動的な制御系と言える。したがって、第一の制御系では、PID (Proportional Integral Derivative) 制御が行われることが好ましい。

[0132] これに対し、第二の制御系は、基板蒸着源間距離 T_s を調整するために放出部 141 の高さを制御する。放出部 141 の高さは、高さ制御信号で決定される。蒸着源移動機構 120 に高さ制御信号が入力されると、瞬時に放出部 141 の高さが増加する。放出部 141 の高さが増加すると、膜厚モニタ 102 によって測定される第二の蒸着レートの値も即座に放出部 141 の高さに応じた値へと変化する。すなわち、第二の制御系は、過去の制御の履歴に依存せず、その時々々の制御値のみに第二の蒸着レートが依存する静的な制御系と言える。したがって、第二の制御系では、測定値と目標値の差分を逐一補正するような制御、例えば比例制御 (P 制御) が行われることが好ましい。この場合、フィードバックの 1 サイクルの時間が短いほど高精度な制御が期待できるが、操作量、すなわち基板蒸着源間距離 T_s の演算や、その他の理由により、フィードバックに必要な時間が長くなると、制御精度が低下する可能性がある。そのような場合は、第二の制御系において、PID 制御が行われることが好ましい。

[0133] 従来は、時間的遅れの大きい動的な制御系のみで蒸着レートが制御されていたため、高精度に安定して蒸着レートを制御することが困難であった。それに対して、本実施形態では、時間的遅れの大きい動的な制御系に時間遅れの極めて小さい静的な制御系が組み合わされることによって、各蒸着レート、なかでも第二の蒸着レート、すなわち基板 130 上での蒸着レートを非常に高精度に制御することが可能になる。

以下、制御系毎に各蒸着レートの制御方法について更に説明する。第一の制御系では PID 制御を行う場合を、第二の制御系では比例制御を行う場合に

ついて説明する。

[0134] 第一の制御系では、制御装置 103 において、膜厚モニタ 101 から入力された第一の蒸着レート（測定レート）に基づいて、将来の第一の蒸着レート（予測レート）を予測し、予め設定された目標とする第一の蒸着レート（目標レート）と比較する。そして、予測レートが目標レートよりも大きければ、その差異に基づいて、必要な大きさだけ加熱装置 112 の出力（例えばヒータ 113 に供給する電力）を減少する。加熱装置 112 の出力が減少することによって、材料の加熱温度は低下し、気化する材料の量が減少する。その結果、第一の蒸着レートは減少する。反対に、予測レートが目標レートよりも小さければ、その差異に基づいて、必要な大きさだけ加熱装置 112 の出力（例えばヒータ 113 に供給する電力）を増加する。加熱装置 112 の出力が増加することによって、材料の加熱温度は上昇し、気化する材料の量が増加する。その結果、第一の蒸着レートは増加する。

[0135] 一般的に、材料の加熱温度と蒸着レートの関係は、比例関係ではないため、上述のように、第一の制御系では、PID 制御が行われ、将来の第一の蒸着レートを予測しながら材料の加熱温度、すなわち加熱装置 112 の出力が決定されることが好ましい。

[0136] 図 7 は、実施形態 1 における第一の蒸着レートの経時変化の一例を模式的に示した図である。

図 7 に示すように、例えば、第一の蒸着レートが目標レート未満であったために加熱装置 112 の出力を増加させたとすると（図 7 中、（1）の時点）、第一の蒸着レートは増加していく。その後、そのまま同じ条件を維持すると第一の蒸着レートが目標レート以上になることが予想された場合、目標レートまで上昇する前に加熱装置 112 の出力を減少させることが好ましい（図 7 中、（2）の時点）。また、第一の蒸着レートが目標レート以上であったために加熱装置 112 の出力を減少したとすると、第一の蒸着レートは減少していく。その後、そのまま同じ条件を維持すると第一の蒸着レートが目標レート未満になることが予想された場合、目標レートまで低下する前に加

加熱装置 112 の出力を増加させることが好ましい（図 7 中、（3）の時点）。

[0137] 第二の制御系では、制御装置 103 において、膜厚モニタ 102 から入力された第二の蒸着レート（測定レート）を予め設定された目標とする第二の蒸着レート（目標レート）と比較する。そして、測定レートが目標レートよりも大きければ、その差異に基づいて、必要な分だけ放出部 141 の高さを低くする。一般的に、蒸着粒子の密度は、点蒸着源、線蒸着源又は面蒸着源のいずれの場合も、蒸着源からの距離の二乗に反比例するため、放出部 141 の高さを低くすることによって、基板蒸着源間距離 T_s が大きくなり、被蒸着面 131 上における蒸着粒子の密度が減少する。その結果、第二の蒸着レートは減少する。反対に、測定レートが目標レートよりも小さければ、その差異に基づいて、必要な分だけ放出部 141 の高さを高くする。放出部 141 の高さを高くすると、基板蒸着源間距離 T_s が小さくなり、被蒸着面 131 上における蒸着粒子の密度が増加する。その結果、第二の蒸着レートは増加する。

[0138] 第二の制御系による第二の蒸着レートの制御は、熱交換等の現象を伴わないため、時定数の小さい非常に高い応答性を示すことが特徴である。したがって、膜厚モニタ 101 及び 102 により検出された各蒸着レートに基づいて、加熱装置 112 の出力及び基板蒸着源間距離 T_s のリアルタイム制御を行うことにより、各蒸着レート、なかでも基板 130 上での蒸着レート（第二の蒸着レート）を高精度に制御することが可能となり、基板 130 上に所望の膜厚の蒸着膜、好適には有機膜を形成することができる。

[0139] また、第二の制御系による第二の蒸着レートの制御は、非常に高い応答性を示すため、第一の制御系では応答が間に合わない第一の蒸着レートの変動を第二の制御系によって補完的に制御することが可能である。例えば、従来における場合と同様に第一の制御系によって第一の蒸着レートの制御を行い、第一の制御系では調整できない第一の蒸着レートの制御範囲に対して第二の制御系による微調整（補正）を行ってもよい。より具体的には、加熱装置 1

12の出力を制御する第一の制御系単独では、目標レート $\pm 3\%$ 程度まで第一の蒸着レートを制御することが可能であるため、基板蒸着源間距離 T_s を制御する第二の制御系によって制御可能な第二の蒸着レートの範囲を目標レート $\pm 3\%$ 程度の範囲に設定することができる。蒸着装置100の具体的な機構によって異なるが、この程度の制御範囲は、放出部141の上下移動にして数mmに相当する。このように上下の移動量が小さいため、基板130上に形成される蒸着膜の膜厚分布に与える影響をほとんど無視することが可能である。

[0140] また、基板蒸着源間距離 T_s を変化させると、蒸着されている領域（蒸着領域）全体において基板130上での蒸着レートを均一に変動させることが可能である。そのため、特許文献1に記載の成膜装置とは異なり、例え本実施形態をスキャン蒸着装置に適用したとしても、基板面内において蒸着膜の膜厚ムラが発生することを抑制することができる。また、本実施形態をポイントソース蒸着装置に適用し、共蒸着を行った場合でも、複数の材料の基板130上での蒸着レートの比率を高精度に制御することが可能である。

[0141] 膜厚モニタ101の目的は、第一の蒸着レート、すなわち放出部141から放出される蒸着粒子の蒸着レートを測定することである。蒸着中、仮に膜厚モニタ101と放出部141の間の距離が変化してしまうと、その変動の影響を膜厚モニタ101による測定レートが受けてしまう。したがって、第一の蒸着レートを精度良く制御するためには、蒸着中、蒸着源110及び膜厚モニタ101の位置関係（一点鎖線内）は、常に一定で変化しないことが好ましい。このような観点からは、膜厚モニタ101は、蒸着源昇降機構122に固定されていることが好ましい。

[0142] 膜厚モニタ102の目的は、第二の蒸着レート、すなわち基板130上での蒸着レートを測定することである。蒸着中、仮に膜厚モニタ102と基板130の間の距離が変化してしまうと、基板蒸着源間距離 T_s の変動の影響が膜厚モニタ102による測定レートに正確に反映されなくなってしまう。したがって、第二の蒸着レートを精度良く制御するためには、蒸着中、基板1

30及び膜厚モニタ102の位置関係（破線内）は、常に一定で変化しないことが好ましい。このような観点からは、蒸着モニタ102は、蒸着ユニット170に固定されていることが好ましい。

[0143] なお、基板蒸着源間距離 T_s は、放出部141と、基板130の被蒸着面131との間の最短距離であってもよい。換言すると、基板蒸着源間距離 T_s は、放出部141と、放出部141から被蒸着面131にひいた垂線の足との間の距離であってもよい。

[0144] 以上、説明したように、本実施形態の蒸着装置100は、基板130上に成膜する蒸着装置であって、膜厚モニタ102と、蒸着源110を含む蒸着ユニット170とを備え、かつ、膜厚モニタ102の測定結果に基づいて、気化した材料が蒸着源110から放出される部分（放出部）141と、基板130の蒸着される表面（被蒸着面）131との間の距離（基板蒸着源間距離） T_s を制御しながら蒸着を行う。基板蒸着源間距離 T_s を制御することによって、被蒸着面131上における蒸着粒子の密度を制御することができる。したがって、膜厚モニタ102の検出結果に基づいて基板蒸着源間距離 T_s を制御しながら蒸着を行うことによって、時定数の小さい非常に高い応答性を示すフィードバック制御を実現できるため、基板130上での蒸着レート（第二の蒸着レート）を高精度に制御することができる。また、基板蒸着源間距離 T_s を制御しながら蒸着が行われるため、蒸着領域全体において基板130上での蒸着レートを変動させることが可能である。

[0145] 基板蒸着源間距離 T_s の変動範囲は、特に限定されず、許容される蒸着膜の特性等の制約に応じて適宜設定することができる。なお、 T_s を変化させると、基板130上における蒸着粒子の密度分布が変化することは避けられない。しかしながら、この密度分布の変化は、局所的なものではなく、蒸着領域全体において発生する。また、本実施形態では、上述のように、蒸着領域全体において基板130上での蒸着レートを高精度に制御することが可能である。したがって、 T_s を制御する本実施形態の蒸着装置100は、飛散範囲を調整する特許文献1に記載の成膜装置に比べて、蒸着膜の膜厚分布の変

動を小さくすることが可能である。

[0146] また、本実施形態の蒸着装置 100 は、蒸着源 110 を移動させて気化した材料が放出される部分（放出部） 141 の高さを変化させる蒸着源移動機構 120 を備える。この構造は、本実施形態をインライン型蒸着装置に適用する場合、特に、複数の蒸着源と、これらの蒸着源の全ての上方に配置された搬送機構とを備えたインライン型蒸着装置に適用する場合に好適である。このような場合、基板 130 の搬送路の一部において基板 130 を昇降させることは容易ではなく、その部分に対応する蒸発源を昇降させた方が簡便であるためである。

[0147] 本実施形態は、基板 130 ではなく蒸着源 110 を搬送方向に移動させる搬送機構を備えるクラスタ型蒸着装置に適用されてもよく、この場合は、蒸着装置 100 は、基板 130 の高さを変化させる基板移動機構を備えることが好ましい。そのようなクラスタ型蒸着装置において、蒸着源 110 を移動する搬送機構と、蒸着源移動機構とを蒸着源 110 付近に設置すると、設計が複雑になり蒸発源 110 の周囲に大きなスペースが必要になったり、蒸着源 110 の搬送時の振動が問題になったりするためである。

[0148] また、蒸着装置 100 が基板移動機構を備える場合は、膜厚モニタ 101 は、蒸着ユニット 170 に固定されていることが好ましく、基板移動機構は、電動機駆動装置及び基板昇降機構を含むことが好ましく、膜厚モニタ 102 は、基板昇降機構に固定されていることが好ましい。ここで、電動機駆動装置は、制御装置 103 から入力された高さ制御信号を、駆動対象である基板昇降機構の駆動電流に変換し、この駆動電流を基板昇降機構に供給する。基板昇降機構は、電動機駆動装置から供給された駆動電流を機械的な仕事（力学的エネルギー）に変換する機構であり、基板ホルダ 104 に接続されており、基板ホルダ 104 を上下に移動、すなわち昇降させて、基板 130 の高さを変化させる。

[0149] また、蒸着源 110 は、加熱装置 112 を含み、本実施形態の蒸着装置 100 は、膜厚モニタ 101 を備え、かつ、膜厚モニタ 101 の検出結果に基づ

いて、加熱装置 112 の出力を制御しながら蒸着を行う。これにより、基板蒸着源間距離 T_s の調整だけでなく、加熱装置 112 の出力の調整によっても基板 130 上での蒸着レートを制御することが可能となるので、基板蒸着源間距離 T_s の変動量を小さくすることができる。したがって、基板蒸着源間距離 T_s の変化による蒸着膜の膜厚分布への影響を非常に小さくすることができる。

[0150] 基板蒸着源間距離 T_s は、比例制御又は P I D 制御によって制御されてもよい。これにより、第二の蒸着レートの制御をより高精度に行うことが可能である。

[0151] また、加熱装置 112 の出力は、P I D 制御によって制御されてもよい。これにより、第一の蒸着レートの制御をより高精度に行うことが可能である。

[0152] 更に、蒸着源 110 は、開口部 115 が設けられた坩堝 111 を備えてもよく、気化した材料が放出される部分（放出部）141 は、開口部 115 であってもよい。これにより、蒸着源に坩堝を使用する蒸着装置において、蒸着領域全体において基板 130 上での蒸着レートを高精度に制御することができる。

[0153] （実施形態 2）

本実施形態は、第一の制御系によるフィードバック制御を省略したことを除いて、実施形態 1 と実質的に同じである。したがって、本実施形態では、本実施形態に特有の特徴について主に説明し、実施形態 1 と重複する内容については説明を省略する。また、本実施形態と実施形態 1 とにおいて、同一又は同様の機能を有する部材には同一の符号を付する。

[0154] 本実施形態においては、コストを大幅に抑える観点から、第一の制御系によるフィードバック制御は、省略されており、加熱装置 120 の出力が所定の値に固定されている。この場合も、実施形態 1 と同様、第二の制御系によって、蒸着領域全体において基板 130 上での蒸着レートを高精度に制御できる。ただし、目標レート $\pm 3\%$ を大きく超えるような範囲において第二の制御系のみで第二の蒸着レートの補正を行うと、蒸着膜の膜厚分布の変動が大

きくなる可能性がある。したがって、蒸着膜の膜厚分布の変動を効果的に抑制する観点からは、実施形態１のように、第一及び第二の制御系は、併用されることが好ましい。

[0155] (実施形態３)

本実施形態は、膜厚モニタ１０１及び１０２の一方を省略したことを除いて、実施形態１と実質的に同じである。したがって、本実施形態では、本実施形態に特有の特徴について主に説明し、実施形態１と重複する内容については説明を省略する。また、本実施形態と実施形態１とにおいて、同一又は同様の機能を有する部材には同一の符号を付する。

[0156] 本実施形態では、制御精度は落ちるが、コストを抑制する観点から、膜厚モニタ１０１又は１０２の測定結果に基づいて、基板蒸着源間距離 T_s 及び加熱装置１１２の出力を制御しながら蒸着を行う。

[0157] 例えば、膜厚モニタ１０１を省略し、膜厚モニタ１０２のみを用いてもよい。この場合、膜厚モニタ１０２が本発明に係る蒸着装置の上記第一の膜厚モニタに対応する。膜厚モニタ１０１を省略し、膜厚モニタ１０２のみを用いることができる理由は、放出部１４１及び膜厚モニタ１０２の間の距離が変動したときの第一の蒸着レートの変動は、計算上、ある程度推測することができ、また、この距離の情報は、制御パラメータとして既知であるためである。したがって、膜厚モニタ１０１を省略したとしても、膜厚モニタ１０２によって測定された第二の蒸着レートから第一の蒸着レートを分離（推測）でき、この分離（推測）した第一の蒸着レートに基づいて、加熱装置１１２の出力を制御することができる。より確実に第一の蒸着レートを推測する方法として、放出部１４１及び膜厚モニタ１０２の間の距離が変動したときの第一の蒸着レート及び第二の蒸着レートを実測し、この結果から検量線を作成しておき、この検量線に基づいて第一の蒸着レートを算出してもよい。

[0158] 反対に、膜厚モニタ１０２を省略し、膜厚モニタ１０１のみを用いてもよい。この場合、膜厚モニタ１０１が本発明に係る蒸着装置の上記第一の膜厚モニタに対応する。膜厚モニタ１０１を省略し、膜厚モニタ１０２のみを用い

ることができる理由は、基板蒸着源間距離 T_s が変動したときの第二の蒸着レートの変動は、算出することができ、また、基板蒸着源間距離 T_s の情報は、制御パラメータとして既知であるためである。したがって、膜厚モニタ 102 を省略したとしても、膜厚モニタ 101 によって測定された第一の蒸着レートから第二の蒸着レートを分離（算出）でき、この分離（算出）した第二の蒸着レートに基づいて、基板蒸着源間距離 T_s を制御することができる。より確実に第二の蒸着レートを推測する方法として、基板蒸着源間距離 T_s が変動したときの第二の蒸着レートの変化の挙動を実測し、この結果から検量線を作成しておき、この検量線に基づいて第二の蒸着レートを算出してもよい。

[0159] （実施形態 4）

本実施形態は、制御系が異なることを除いて、実施形態 1 と実質的に同じである。したがって、本実施形態では、本実施形態に特有の特徴について主に説明し、実施形態 1 と重複する内容については説明を省略する。また、本実施形態と実施形態 1 とにおいて、同一又は同様の機能を有する部材には同一の符号を付する。ただし、本実施形態においては、膜厚モニタ 101 が本発明に係る蒸着装置の上記第一の膜厚モニタに対応し、膜厚モニタ 102 が本発明に係る蒸着装置の上記第二の膜厚モニタに対応している。また、本実施形態では、上記第一の膜厚モニタに対応する膜厚モニタ 101 が蒸着源移動機構 120 に固定されることが好ましく、上記第二の膜厚モニタに対応する膜厚モニタ 102 が蒸着ユニット 170 に固定されることが好ましい。

[0160] 図 8 は、実施形態 4 の蒸着装置の制御系を説明するための模式図である。図 9 は、実施形態 4 における蒸着レート及び基板蒸着源間距離 T_s の経時変化の一例を模式的に示した図である。

本実施形態の蒸着装置は、図 8 に示すような制御系を備えている。すなわち、膜厚モニタ 101 の測定結果に基づいて、基板蒸着源間距離 T_s と加熱装置 112 の出力とを制御し、膜厚モニタ 102 の測定結果に基づいて、基板蒸着源間距離 T_s の制御における比例係数を制御している。膜厚モニタ 10

1を含む制御系での制御が正しければ、膜厚モニタ102で測定される蒸着レートは、所望の一定の値になる。他方、基板蒸着源間距離 T_s と、膜厚モニタ102によって測定される蒸着レートとの間の相関が合っていない場合には、図9に示すように、膜厚モニタ102によって測定される蒸着レートは、基板蒸着源間距離 T_s が変化すると、それに従って変化する。つまり、目標レートを R_0 、膜厚モニタ102による蒸着レートの測定時の基板蒸着源間距離を T_{s1} 、その時に膜厚モニタ102によって測定される蒸着レートを R_1 とすると、操作量、すなわち基板蒸着源間距離の出力値(T_{s2} とする)は、

$$T_{s2} = K_0 \times \sqrt{(R_1 / R_0)} \times T_{s1} + K_1$$

となる。そして、通常、 $K_0 = 1$ 、 $K_1 = 0$ である。

[0161] 図10は、実施形態4における基板蒸着源間距離の出力値と膜厚モニタの測定結果との相関関係を模式的に示した図である。

図10に示すように、ある一定時間において、 T_{s2} 及び $1/\sqrt{\quad}$ (膜厚モニタ102の測定結果)のプロットをとり、第一及び第二の制御レートの制御が正しければ、膜厚モニタ102による蒸着レートは、 T_{s2} に依存せずにフラットになる(図10の破線)。しかし、実際の測定値が図10のように T_{s2} に依存して変化する場合、測定値と上記式とをフィッティングして K_0 及び K_1 を求め、この K_0 及び K_1 に基づいて基板蒸着間距離 T_s を補正することができる。

[0162] 本実施形態によれば、実施形態1に比べて、蒸着装置の簡略化が可能である。膜厚モニタ101及び102としては、水晶振動子を用いた膜厚モニタが好適であるが、水晶振動子に蒸着粒子が一定量以上付着すると測定誤差が生じてくるため、水晶振動子を用いた膜厚モニタは、適宜交換を行う必要がある。したがって、実施形態1の蒸着装置では、必要に応じて水晶振動子の交換が可能のように複数の水晶振動子を装着した多連式の膜厚モニタを膜厚モニタ101及び102として用いることが好ましい。それに対して、本実施形態では、膜厚モニタ102は、常時、蒸着レートを測定する必要はなく、

任意の期間、定期的に比例係数の確認ができる程度に蒸着レートを測定することが可能である。そのため、本実施形態では、膜厚モニタ 102 として簡便な膜厚モニタを使用することができる。

[0163] なお、各実施形態の蒸着装置の構成部材の向きは、特に限定されない。例えば、上述した構成部材全てを上下反転させて配置してもよいし、基板 130 を縦にした状態で、蒸着流 140 を横（側方）から基板 130 に吹き付けてもよい。

[0164] 各実施形態の蒸着装置を用いて製造される有機 EL 表示装置は、モノクロ表示の表示装置であってもよいし、各画素は複数のサブ画素に分割されていなくてもよい。この場合、発光層蒸着工程では、1 色の発光材料の蒸着だけを行い、1 色の発光層のみを形成してもよい。

[0165] また、発光層蒸着工程以外の蒸着工程において、発光層蒸着工程と同様にして、薄膜のパターンを形成してもよい。例えば、電子輸送層を各色のサブ画素毎に形成してもよい。

[0166] 更に、各実施形態では、有機 EL 素子の有機層を形成する場合を例に説明したが、本発明に係る蒸着装置の用途は、有機 EL 素子の製造に特に限定されず、種々の薄膜のパターンの形成に利用することができる。

[0167] 以下に、実施形態 1 に係る実施例 1 ～ 3 について説明する。

なお、実施例 1 ～ 3 では、図 6 に示したように、第一及び第二の制御系によって、それぞれフィードバック制御を行った。

[0168] （実施例 1）

本実施例では、スキャン蒸着装置を用いて、固定された塗分け用マスクに対し基板（被成膜基板）を走査（搬送）しながら蒸着を行った。

[0169] 図 11 は、実施例 1 の蒸着装置の基本構成を示す模式図である。図 12 は、実施例 1 の蒸着装置の平面模式図である。

図 11 及び 12 に示すように、本実施例の蒸着装置は、蒸着ユニット 270 を備えており、蒸着ユニット 270 は、2 枚のマスク 250 と、坩堝 211、ヒータ（図示せず）及び加熱電源 214 を各々含む複数の蒸着源 210 と

、複数の坩堝 2 1 1 を支持する坩堝支持体 2 7 1 と、制限部材 2 7 2 とを含んでいる。蒸着源 2 1 0 は、千鳥状に配置されている。

[0170] 制限部材 2 7 2 は、坩堝 2 1 1 の開口部 2 1 5 に対応して複数の開口部 2 7 3 が千鳥状に設けられた板状の部材であり、坩堝 2 1 1 の開口部 2 1 5 から放出された蒸着粒子から不要な成分を排除する。各開口部 2 7 3 には、下方の対応する開口部 2 1 5 から蒸着流 2 4 0 が上昇してくることになる。蒸着流 2 4 0 に含まれる蒸着粒子のうちの一部は、開口部 2 7 3 を通過することができ、マスク 2 5 0 に到達することができる。他方、残りの蒸着粒子は、制限部材 2 7 2 に付着するため、開口部 2 7 3 を通過することができず、マスク 2 5 0 に到達することができない。このようにして、各開口部 2 1 5 から噴き出した直後では等方的に広がっていた蒸着流 2 4 0 を制限部材 2 7 2 によって制御し、指向性の悪い成分をカットして指向性の高い成分を生成する。また、制限部材 2 7 2 は、各蒸着流 2 4 0 が、その真上の開口部 2 7 3 以外の開口部 2 7 3 を通過することを防止している。

[0171] また、各マスク 2 5 0 には、蒸着流 2 4 0 に対応して複数のマスク開口領域 2 5 2 が設けられており、複数のマスク開口領域 2 5 2 は、複数の蒸着源 2 1 0（坩堝 2 1 1 の開口部 2 1 5）及び複数の開口部 2 7 3 に対応して千鳥状に配置されている。各マスク 2 5 0 のマスク開口領域 2 5 2 は、対応する、複数の坩堝 2 1 1 及び複数の開口部 2 7 3 と同じピッチで配置されている。また、各マスク開口領域 2 5 2 には複数の開口 2 5 1 が形成されている。これらの結果、マスク 2 5 0 に到達した蒸着粒子の一部が開口 2 5 1 を通過することができ、開口 2 5 1 に対応したパターンで基板 2 3 0 上に蒸着粒子を堆積させることができる。開口 2 5 1 は全て、同じ長さの矩形状に形成されている。

[0172] 図 1 3 は、実施例 1 の蒸着装置の変形例の平面模式図である。

図 1 3 に示すように、各マスク開口領域 2 5 2 において、下方の蒸着源 2 1 0 からより離れた開口 2 5 1 ほど長さが長くてもよい。

[0173] 本実施例の蒸着装置は、基板ホルダ 2 0 4 及び搬送機構 2 0 5 を更に備えて

いる。

- [0174] 基板ホルダ 204 は、基板 230 を保持する部材であり、基板 230 を、その被蒸着面 231 がマスク 250 に対向するように、保持する。基板ホルダ 204 としては、静電チャックが好適である。
- [0175] 搬送機構 205 は、基板ホルダ 204 に接続されており、基板 230 の法線方向に直交する搬送方向（図 11 を示す紙面の手前から奥に向かう方向）に、基板ホルダ 204 に保持された基板 230 を定速で移動させることができる。そして、本実施例の蒸着装置では、基板 230 を走査しながら蒸着を行う。
- [0176] 搬送機構 205 は、例えば、リニアガイドと、ボールネジと、ボールネジに接続されたモータと、モータに接続されたモータ駆動制御部とを備え、モータ駆動制御部によってモータを駆動させることで基板ホルダ 204 及び基板 230 を一体的に移動させる。
- [0177] なお、搬送機構 205 は、基板 230 及び蒸着ユニット 270 の少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させることができればよい。したがって、基板 230 が固定され、蒸着ユニット 270 が搬送機構 205 によって移動させられてもよいし、基板 230 及び蒸着ユニット 270 の両方が搬送機構 205 によって移動させられてもよい。
- [0178] 本実施例の蒸着装置は、膜厚モニタ 201 及び 202 と、制御装置（図示せず）と、電動機駆動装置（図示せず）と、坩堝支持体 271 に接続された駆動モータ 222 とを更に備えている。
- [0179] 本実施例において、膜厚モニタ 201 は、本発明に係る蒸着装置の上記第二の膜厚モニタに対応し、膜厚モニタ 202 は、本発明に係る蒸着装置の上記第一の膜厚モニタに対応している。
- [0180] 各膜厚モニタ 201、202 のセンサ部は、制限部材 272 及びマスク 250 の間であって一つの蒸着流 240 に接触し得る領域に配置されている。膜厚モニタ 201、制御装置、ヒータ及び加熱電源 214 から第一の制御系が構成され、膜厚モニタ 202、制御装置、電動機駆動装置及び駆動モータ 2

22から第二の制御系が構成されている。

[0181] そして、本実施例では、膜厚モニタ201及び202でそれぞれ第一及び第二の蒸着レートが測定され、第一及び第二の蒸着レートについて、それぞれ、第一及び第二の制御系によってフィードバック制御を行いながら蒸着を行った。

[0182] なお、気化した材料が放出される放出部241の高さの調節は、坩堝支持体271を上下に移動させて各坩堝211の開口部215の高さを一律に変化させることによって行った。

[0183] 放出部241と、基板230の被蒸着面231との間の距離、すなわち基板蒸着源間距離(Ts)の基準距離(Ts基準)は、300mmに設定した。基板蒸着源間距離Tsの変動量は、Ts基準±5mmとした。基板蒸着源間距離Tsの変化のピッチは、0.1mmとした。一つの蒸着源210が受け持つ、基板230上での蒸着領域243の幅は、50mmとした。隣接する蒸着領域243の間の間隔も50mmとした。基板230とマスク250の間隔(Gap)は、1mmとした。各蒸着領域243に対応してマスク開口領域252が設けられている。各マスク開口領域252の幅は、下記式から49.83333mmに設定した。

$$\text{マスク開口領域の幅} = ((L \text{ 基準} / Ts \text{ 基準}) \times (Ts \text{ 基準} - \text{Gap})) \times 2$$

式中のL基準については、図14を参照して後述する。

[0184] なお、基板蒸着源間距離Tsの変化のピッチは、特に限定されず、適宜設定することができる。また、基板蒸着源間距離Tsは、上述のようにステップ状に変化されるのではなく、リニア（連続的）に変化されてもよい。

[0185] (Ts変化による蒸着レートへの影響)

Tsが変化した場合の蒸着粒子の密度はTsの二乗に反比例するため、Ts=305mmのときの基板蒸着源間距離をTs1とし、Ts=295mmのときの基板蒸着源間距離をTs2とすると、Ts基準のときの蒸着レート(R基準)に対するTs1又はTs2のときの蒸着レート(R1又はR2)の

比率は、以下の式で求められる。

$$R1 / R_{\text{基準}} = 300^2 / 305^2 = 0.967$$

$$R2 / R_{\text{基準}} = 300^2 / 295^2 = 1.034$$

したがって、本実施例では、 T_s 基準 ± 5 mmの範囲内で T_s を変化させることによって、蒸着レートをおよそ目標レート $\pm 3\%$ の範囲内で変動させることが可能である。

[0186] (T_s 変化によるパターンの位置ズレへの影響)

図14は、実施例1において、 T_s が変化したときのパターンの変化を説明するための模式図である。

基板230上の所望の位置に成膜されるようにマスク250の開口251は設計されるが、坩堝211を昇降させると、図14に示すように、 T_s が変化しマスク250へ入射する蒸着粒子の角度も変わり、結果として形成されるパターンの位置がずれる。特に、蒸着領域243の端に位置し、マスク開口領域252の端に位置する開口251によって形成されたパターン部分の位置が最も変化する。以下、この部分の位置ずれの大きさを計算した結果を示す。マスク開口領域252の端にある開口251は、坩堝211の開口部215の中心を通る中心線CLから24.91667 mmずれた場所に位置するため、 T_s 基準及び T_{s1} のときに蒸着領域243の端に形成されるパターン部分の位置（中心線CLから当該パターン部分までの距離）を、それぞれ、 L 基準及び $L1$ とすると、 T_s 基準のときと T_{s1} のときの間における当該パターン部分の位置ずれ量（ $L1 - L$ 基準）は、以下の式で求められる。

$$L1 - L = \left((24.91667 / (305 - 1)) \times 305 \right) - \left((24.91667 / (300 - 1)) \times 300 \right) = -0.00137 \text{ mm}$$

したがって、本実施例では、 T_s 基準に対して ± 5 mmの変動が T_s にある場合でも、パターンの位置のずれ量の最大値は、 $1.4 \mu\text{m}$ 程度に収まっており、この程度のずれ量は特に問題とならない。

[0187] なお、この程度のずれ量でも問題となる場合には、坩堝211の昇降と同時

にマスク 250 を昇降させてもよく、これにより、パターンの位置のずれを補正することができる。例えば、 $T_s = T_{s1}$ ($= 305 \text{ mm}$) のときの補正後の間隔 (Gap) を $Gap1$ とすると、 $Gap1$ は、以下の式で求めることができる。

$$Gap1 = 305 - (305 / 25) \times L1$$

[0188] (T_s 変化による蒸着領域への影響)

図 15 は、実施例 1 において、 T_s が変化したときの蒸着領域への影響を説明するための模式図である。

図 15 に示すように、実施例 1 において、放出部 241 と、制限部材 272 の上面 (基板 230 側の表面) との間の距離は、 30 mm とし、制限部材 272 の開口部 273 の幅は、 6 mm に設定した。 T_s の変動量は、 T_s 基準 $\pm 5 \text{ mm}$ であるので、 T_s が変化すると、マスク 250 の下面 (制限部材 272 側の表面) における蒸着流 240 の幅は、 $52.11429 \text{ mm} \sim 70.56 \text{ mm}$ の範囲で変化する。しかしながら、マスク開口領域 252 の幅 ($= 49.83333 \text{ mm}$) に対して十分にマージンが確保できるため、 T_s が変化しても蒸着領域が影響を受けることはない。

[0189] なお、制限部材 272 の開口部 273 の幅は、適宜設定できるが、大きくし過ぎると、蒸着粒子の散乱等の現象に起因して、マスク開口領域 252 に隣の開口部 273 から不必要な蒸着粒子が飛来する可能性がある。すなわち、蒸着粒子の回り込みが発生する可能性がある。そのため、蒸着粒子の回り込みの発生を抑制する観点からは、制限部材 272 の開口部 273 の幅は、 $6 \text{ mm} + 1 \text{ mm}$ 以内に留めておくことが好ましい。

[0190] また、本実施例では、制限部材 272 を固定し、坩堝支持体 271 のみを上下に動かしたが、坩堝支持体 271 の上下の動きに合わせて制限部材 272 を上下に動かしてもよい。これにより、制限部材 272 を通過した蒸着流 240 の広がる範囲 (角度) を変化しないようにすることが可能であり、また、制限部材 272 の開口部 273 を小さくすることが可能である。特に、マスク 250 の下面 (制限部材 272 側の表面) における蒸着流 240 の幅が

変わらないように、制限部材 272 を上下に動かすことが好ましい。これにより、開口部 273 をできる限り小さくすることが可能であるため、蒸着粒子の回り込みの発生を最も少なくすることが可能である。

[0191] (Ts 変化による面内膜厚分布への影響)

図 16 は、実施例 1 において、Ts と蒸着膜の膜厚分布との関係を示すグラフである。なお、図 16 は、N 値 = 2.3 で試算した結果を示す。

スキャン蒸着装置では、蒸着源間の干渉が少ないため、スキャン蒸着装置の蒸着源は、膜厚の分布に関して、点蒸着源と同様の特性を持っている。しかしながら、Ts 基準の 300 mm に対して、蒸着領域の幅が 50 mm と短いため、図 16 に示すように、Ts の変動による膜厚分布への影響は小さい。

[0192] 図 17 は、実施例 1 において、Ts 基準時に対する Ts 調整時の膜厚の変動比率を示すグラフである。なお、図 17 は、図 16 の結果から算出した。

図 17 に示すように、Ts 以外は同じ条件で Ts のみを変化させたとしても、Ts 基準時に対する Ts 調整時の膜厚分布の変化は、±0.02% 未満と非常に小さい。したがって、Ts を調整することによる膜厚分布への影響は、数値的に全く問題がなく、実質的にないと言える。

[0193] (Ts 変化による蒸着レートの制御)

本実施例では、Ts 基準での基板 230 上における蒸着レートに対しておよそ ±3% の範囲内において、0.07% のピッチで基板 230 上における蒸着レートを制御することができた。このように、本実施例では、放出部 241 の高さの調整と、材料の加熱温度の調整との組み合わせにより、±0.07% 以下の基板 230 上での蒸着レートの精度を得ることができた。

[0194] また、本実施例の蒸着装置は、基板 230 の法線方向に直交する方向に、基板 230 及び蒸着源 210 の少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させる搬送機構 205 を備える。したがって、本実施例によれば、スキャン蒸着装置において、基板 230 上での蒸着レートを高精度に制御することができ、また、蒸着膜の膜厚分布のムラの発生を抑制することができる。特にスキャン蒸着装置においては、基板 230 上での蒸着レートのばらつきが、そ

のまま膜厚のばらつきにつながることから、本実施例によれば、蒸着膜の膜厚分布のムラの発生を効果的に抑制することができる。

[0195] 更に、本実施例の蒸着装置は、蒸着源 210、及び、マスク 250 を含む蒸着ユニット 270 を備え、搬送機構 205 は、基板 230 及び蒸着ユニット 270 の少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させる。したがって、本実施例によれば、マスク 250 を基板 230 より小さくすることができるため、マスク 250 を容易に製造することが可能となり、また、マスク 250 自身の自重による撓みの発生を抑制することができる。

[0196] (実施例 2)

本実施例では、マスクが貼り合わされた基板（被成膜基板）を回転機構付きの基板ホルダより回転しながら蒸着を行った。

[0197] 図 18 は、実施例 2 の蒸着装置の基本構成を示す模式図である。

図 18 に示すように、本実施例の蒸着装置は、マスク 350 と、坩堝 311、ヒータ（図示せず）及び加熱電源 314 を含む蒸着源 310 と、坩堝 311 を支持する坩堝支持体 371 と、回転機構付き基板ホルダ 304 とを備えている。

[0198] 基板ホルダ 304 は、基板 330 を保持する部材であり、基板 330 を、その被蒸着面 331 がマスク 350 に対向するように、保持する。基板ホルダ 304 としては、静電チャックが好適である。基板 330 及びマスク 350 は、互いに接触した状態で基板ホルダ 304 に保持されている。

[0199] 基板ホルダ 304 は、基板 330 及びマスク 350 を一体的に定速で回転可能な回転機構（図示せず）を備えており、本実施例の蒸着装置では、基板 330 及びマスク 350 を回転しながら蒸着を行う。

[0200] 回転機構は、基板ホルダ 304 に接続されており、例えば、基板ホルダ 304 に接続されたモータ（図示せず）と、モータに接続されたモータ駆動制御部（図示せず）とを備え、モータ駆動制御部によってモータを駆動させることで基板ホルダ 304、基板 330 及びマスク 350 を一体的に回転させる。

- [0201] マスク 350 には、複数の開口 351 が形成されているため、坩堝 311 の開口部 315 から上昇してきてマスク 350 に到達した蒸着粒子の一部が開口 351 を通過することができ、開口 351 に対応したパターンで基板 330 上に蒸着粒子を堆積させることができる。
- [0202] 本実施例の蒸着装置は、膜厚モニタ 301 及び 302 と、制御装置（図示せず）と、電動機駆動装置（図示せず）と、坩堝支持体 371 に接続された駆動モータ 322 とを備えている。
- [0203] 本実施例において、膜厚モニタ 301 は、本発明に係る蒸着装置の上記第二の膜厚モニタに対応し、膜厚モニタ 302 は、本発明に係る蒸着装置の上記第一の膜厚モニタに対応している。
- [0204] 各膜厚モニタ 301、302 のセンサ部は、蒸着流 340 に接触し得る領域に配置されている。膜厚モニタ 301、制御装置、ヒータ及び加熱電源 314 から第一の制御系が構成され、膜厚モニタ 302、制御装置、電動機駆動装置及び駆動モータ 322 から第二の制御系が構成されている。
- [0205] そして、本実施例では、膜厚モニタ 301 及び 302 でそれぞれ第一及び第二の蒸着レートが測定され、第一及び第二の蒸着レートについて、それぞれ、第一及び第二の制御系によってフィードバック制御を行いながら蒸着を行った。
- [0206] なお、気化した材料が放出される放出部 341 の高さの調節は、坩堝支持体 371 を上下に移動させて坩堝 311 の開口部 315 の高さを変化させることによって行った。
- [0207] 基板蒸発源間距離（ T_s ）の基準距離（ T_s 基準）は、400 mm に設定した。基板蒸発源間距離 T_s の変動量は、 T_s 基準 ± 6 mm とした。基板蒸発源間距離 T_s の変化のピッチは、0.1 mm とした。一つの蒸着源 310 が受け持つ、基板 330 上での蒸着領域 343 の幅は、350 mm とした。基板 330 とマスク 350 は互いに密着させて一緒に回転させた。
- [0208] なお、基板蒸発源間距離 T_s の変化のピッチは、特に限定されず、適宜設定することができる。また、基板蒸発源間距離 T_s は、上述のようにステップ

状に変化されるのではなく、リニア（連続的）に変化されてもよい。

[0209] (T_s 変化による蒸着レートへの影響)

T_s が変化した場合の蒸着粒子の密度は T_s の二乗に反比例するため、T_s = 406 mm のときの基板蒸着源間距離を T_{s1} とし、T_s = 394 mm のときの基板蒸着源間距離を T_{s2} とすると、T_s 基準のときの蒸着レート (R_{基準}) に対する T_{s1} 又は T_{s2} のときの蒸着レート (R₁ 又は R₂) の比率は、以下の式で求められる。

$$R_1 / R_{\text{基準}} = 400^2 / 406^2 = 0.971$$

$$R_2 / R_{\text{基準}} = 400^2 / 394^2 = 1.031$$

したがって、本実施例では、T_s 基準 ± 6 mm の範囲内で T_s を変化させることによって、蒸着レートをおよそ目標レート ± 3% の範囲内で変動させることが可能である。

[0210] (T_s 変化によるパターンの位置ズレへの影響)

本実施例では、マスク 350 が基板 330 に密着しているため、T_s が変化しても形成されるパターンの位置がずれることはない。

[0211] (T_s 変化による蒸着レートの制御)

本実施例では、T_s 基準での基板 330 上における蒸着レートに対しておよそ ± 3% の範囲内において、0.05% のピッチで基板 330 上における蒸着レートを制御することができた。このように、本実施例では、放出部 341 の高さの調整と、材料の加熱温度の調整との組み合わせにより、± 0.05% 以下の基板 330 上における蒸着レートの精度を得ることができた。

[0212] また、本実施例の蒸着装置は、マスク 350 と、マスク 350 が貼り合わされた基板 330 を回転させる回転機構付き基板ホルダ 304 とを備える。したがって、本実施例によれば、T_s を変化させても形成されるパターンの位置がずれることを防止することができる。

[0213] 更に、共蒸着を行った場合でも、複数の材料の基板 330 上での蒸着レートの比率を高精度に制御することが可能である。

[0214] (実施例 3)

本実施例では、インライン蒸着装置を用いて、マスクが貼り合わされた基板（被成膜基板）を走査（搬送）しながら蒸着を行った。

[0215] 図19は、実施例3の蒸着装置の基本構成を示す模式図である。

図19に示すように、本実施例の蒸着装置は、マスク450と、坩堝411、ヒータ（図示せず）及び加熱電源414を含む蒸着源410と、坩堝411を支持する坩堝支持体471と、基板ホルダ404と、搬送機構405とを備えている。

[0216] 図20は、実施例3の蒸着装置が備える蒸着源の平面模式図である。

蒸着源410は、いわゆるラインソースと呼ばれる幅が広い蒸着源であり、坩堝411は、材料を収容する容器部411aと、容器部411aを覆う蓋部411bとを含んでいる。図20に示すように、蓋部411bは、蓋部411b全体に分散して配置された複数のノズルを備えており、各ノズルの開口部415から気化した蒸材料が放出され、複数の蒸着流が合わさって一つの大きな蒸着流440となる。

[0217] 基板ホルダ404は、基板430を保持する部材であり、基板430を、その被蒸着面431がマスク450に対向するように、保持する。基板ホルダ404としては、静電チャックが好適である。基板430及びマスク450は、互いに接触した状態で基板ホルダ404に保持されている。

[0218] 搬送機構405は、基板ホルダ404に接続されており、基板430の法線方向に直交する搬送方向（図19を示す紙面の手前から奥に向かう方向）に、基板ホルダ404に保持された基板430を移動させることができる。そして、本実施例の蒸着装置では、基板430を走査しながら蒸着を行う。

[0219] 搬送機構405は、例えば、リニアガイドと、ボールネジと、ボールネジに接続されたモータと、モータに接続されたモータ駆動制御部とを備え、モータ駆動制御部によってモータを駆動させることで基板ホルダ404及び基板430を一体的に移動させる。

[0220] なお、搬送機構405は、基板430と、坩堝411、ヒータ及び坩堝支持体471を含む蒸着ユニット470との少なくとも一方を他方に対して相対

的に移動させることができればよい。したがって、基板430が固定され、蒸着ユニット470が搬送機構405によって移動させられてもよいし、基板430及び蒸着ユニット470の両方が搬送機構405によって移動させられてもよい。

[0221] マスク450には、一つの大きな開口451が形成されているため、坩堝411の開口部415から上昇してきてマスク450に到達した蒸着粒子の一部が開口451を通過することができ、開口451に対応したパターンで基板430上に蒸着粒子を堆積させることができる。

[0222] 本実施例の蒸着装置は、膜厚モニタ401及び402と、制御装置（図示せず）と、電動機駆動装置（図示せず）と、坩堝支持体471に接続された駆動モータ422とを更に備えている。

[0223] 本実施例において、膜厚モニタ401は、本発明に係る蒸着装置の上記第二の膜厚モニタに対応し、膜厚モニタ402は、本発明に係る蒸着装置の上記第一の膜厚モニタに対応している。

[0224] 各膜厚モニタ401、402のセンサ部は、蒸着流440に接触し得る領域に配置されている。膜厚モニタ401、制御装置、ヒータ及び加熱電源414から第一の制御系が構成され、膜厚モニタ402、制御装置、電動機駆動装置及び駆動モータ422から第二の制御系が構成されている。

[0225] そして、本実施例では、膜厚モニタ401及び402でそれぞれ第一及び第二の蒸着レートが測定され、第一及び第二の蒸着レートについて、それぞれ、第一及び第二の制御系によってフィードバック制御を行いながら蒸着を行った。

[0226] なお、気化した材料が放出される放出部441の高さの調節は、坩堝支持体471を上下に移動させることによって坩堝411の開口部415の高さを変化させることによって行った。

[0227] 基板蒸発源間距離（ T_s ）の基準距離（ T_s 基準）は、150mmに設定した。基板蒸発源間距離 T_s の変動量は、 T_s 基準 ± 3 mmとした。基板蒸発源間距離 T_s のピッチは、0.1mmとした。一つの蒸着源410が受け持

つ、基板430上での蒸着領域443の幅は、920mmとした。基板430とマスク450は互いに密着させて一緒に搬送させた。

[0228] なお、基板蒸発源間距離 T_s の変化のピッチは、特に限定されず、適宜設定することができる。また、基板蒸発源間距離 T_s は、上述のようにステップ状に変化されるのではなく、リニア（連続的）に変化されてもよい。

[0229] (T_s 変化による蒸着レートへの影響)

T_s が変化した場合の蒸着粒子の密度は T_s の二乗に反比例するため、 $T_s = 153\text{ mm}$ のときの基板蒸着源間距離を T_{s1} とし、 $T_s = 147\text{ mm}$ のときの基板蒸着源間距離を T_{s2} とすると、 T_s 基準のときの蒸着レート（ $R_{\text{基準}}$ ）に対する T_{s1} 又は T_{s2} のときの蒸着レート（ R_1 又は R_2 ）の比率は、以下の式で求められる。

$$R_1 / R_{\text{基準}} = 150^2 / 153^2 = 0.961$$

$$R_2 / R_{\text{基準}} = 150^2 / 147^2 = 1.041$$

したがって、本実施例では、 T_s 基準 $\pm 3\text{ mm}$ の範囲内で T_s を変化させることによって、基板430上での蒸着レートをおよそ目標レート $\pm 4\%$ の範囲内で変動させることが可能である。

[0230] (T_s 変化によるパターンの位置ズレへの影響)

本実施例では、マスク450が基板430に密着しているため、 T_s が変化しても形成されるパターンの位置がずれることはない。

[0231] (T_s 変化による面内膜厚分布への影響)

本実施例では、いわゆるラインソースを利用したため、 T_s が変化しても基板に到達する蒸着流440の範囲はほとんど変化しない。

[0232] 図21は、実施例3において、 T_s と蒸着膜の膜厚分布との関係を示すグラフである。

なお、図21は、各ノズルの N 値 $=8$ で試算した結果を示す。 N 値 $=8$ の場合、実際にラインソースを用いて蒸着した場合に得られる膜厚分布に近い膜厚分布のグラフが得られた。ラインソースでは、隣接するノズルから放出された蒸着流同士が干渉し合い、蒸着粒子の飛散方向が坩堝411の真上の方

向に近づくために、各ノズルのN値は、上述のように比較的大きな値になったと推測できる。しかしながら、蓋部411b全体にノズルが一様に分布しているため、図21に示すように、Tsの変動による膜厚分布への影響は小さい。

[0233] 図22は、実施例3において、Ts基準時に対するTs調整時の膜厚の変動比率を示すグラフである。なお、図22は、図21の結果から算出した。

図22に示すように、Ts以外は同じ条件でTsのみを変化させたとしても、Ts基準時に対するTs調整時の膜厚分布の変化は、 $\pm 0.01\%$ 未満と非常に小さい。したがって、Tsを調整することによる膜厚分布への影響は、数値的に全く問題がなく、実質的にないと言える。

[0234] (Ts変化による蒸着レートの制御)

本実施例では、Ts基準での基板430上における蒸着レートに対しておよそ $\pm 4\%$ の範囲内において 0.13% のピッチで基板430上における蒸着レートを制御することができた。このように、本実施例では、放出部441の高さの調整と、材料の加熱温度の調整との組み合わせにより、 $\pm 0.13\%$ 以下の基板430上における蒸着レートの精度を得ることができた。

[0235] また、本実施例の蒸着装置は、基板430の法線方向に直交する方向に、基板430及び蒸着源410の少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させる搬送機構405を備える。したがって、本実施例によれば、スキャン蒸着装置において、基板430上における蒸着レートを高精度に制御することができ、また、蒸着膜の膜厚分布のムラの発生を抑制することができる。特にスキャン蒸着装置においては、基板430上における蒸着レートのばらつきが、そのまま膜厚のばらつきにつながることから、本実施例によれば、蒸着膜の膜厚分布のムラの発生を効果的に抑制することができる。

[0236] 更に、本実施例の蒸着装置は、マスク450を備え、搬送機構405は、蒸着源410と、マスク450が貼り合わされた基板430との少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させる。したがって、本実施例によれば、Tsを変化させても形成されるパターンの位置がずれることを防止することが

できる。

[0237] 上述した実施形態は、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、適宜組み合わせられてもよい。また、各実施形態の変形例は、他の実施形態に組み合わせられてもよい。

符号の説明

[0238] 1 : 有機ELディスプレイ
2 : 画素
2 R、2 G、2 B : サブ画素
1 0 : TFT基板
1 1 : 絶縁基板
1 2 : TFT
1 3 : 層間膜
1 3 a : コンタクトホール
1 4 : 配線
1 5 : エッジカバー
1 5 R、1 5 G、1 5 B : 開口部
2 0 : 有機EL素子
2 1 : 第1電極
2 2 : 正孔注入層兼正孔輸送層（有機層）
2 3 R、2 3 G、2 3 B : 発光層（有機層）
2 4 : 電子輸送層（有機層）
2 5 : 電子注入層（有機層）
2 6 : 第2電極
3 0 : 接着層
4 0 : 封止基板
1 0 0 : 蒸着装置
1 0 1、1 0 2、2 0 1、2 0 2、3 0 1、3 0 2、4 0 1、4 0 2 : 膜厚
モニタ

1 0 3 : 制御装置
1 0 4、2 0 4、3 0 4、4 0 4 : 基板ホルダ
1 1 0、2 1 0、3 1 0、4 1 0 : 蒸着源（蒸発源）
1 1 1、2 1 1、3 1 1、4 1 1 : 坩堝
1 1 2 : 加熱装置
1 1 3 : ヒータ
1 1 4、2 1 4、3 1 4、4 1 4 : 加熱電源
1 1 5、2 1 5、3 1 5、4 1 5 : 開口部
1 2 0 : 蒸着源移動機構
1 2 1 : 電動機駆動装置
1 2 2 : 蒸着源昇降機構
1 3 0、2 3 0、3 3 0、4 3 0 : 基板
1 3 1、2 3 1、3 3 1、4 3 1 : 被蒸着面
1 4 0、2 4 0、3 4 0、3 4 0 : 蒸着流
1 4 1、2 4 1、3 4 1、4 4 1 : 放出部
1 7 0、2 7 0、4 7 0 : 蒸着ユニット
2 0 5、4 0 5 : 搬送機構
2 2 2、3 2 2、4 2 2 : 駆動モータ
2 4 3、3 4 3、4 4 3 : 蒸着領域
2 5 0、3 5 0、4 5 0 : マスク
2 5 1、3 5 1、4 5 1 : 開口
2 5 2 : マスク開口領域
2 7 1、3 7 1、4 7 1 : 坩堝支持体
2 7 2 : 制限部材
2 7 3 : 開口部
4 1 1 a : 容器部
4 1 1 b : 蓋部
C L : 中心線

請求の範囲

- [請求項1] 基板上に成膜する蒸着装置であって、
前記蒸着装置は、第一の膜厚モニタと、蒸着源を含む蒸着ユニットとを備え、かつ、
前記第一の膜厚モニタの測定結果に基づいて、気化した材料が前記蒸着源から放出される部分と、前記基板の蒸着される表面との間の距離を制御しながら蒸着を行う蒸着装置。
- [請求項2] 前記蒸着源を移動させて前記気化した材料が放出される前記部分の高さを変化させる蒸着源移動機構を備える請求項1記載の蒸着装置。
- [請求項3] 比例制御又はPID制御によって前記距離を制御する請求項1又は2記載の蒸着装置。
- [請求項4] 前記蒸着源は、加熱装置を含み、
前記蒸着装置は、第二の膜厚モニタを備え、かつ、
前記第二の膜厚モニタの測定結果に基づいて、前記加熱装置の出力を制御しながら蒸着を行う請求項1～3のいずれかに記載の蒸着装置。
- [請求項5] 前記蒸着装置は、前記蒸着源を移動させて前記気化した材料が放出される前記部分の高さを変化させる蒸着源移動機構を備え、
前記第二の膜厚モニタは、前記蒸着源移動機構に固定され、
前記第一の膜厚モニタは、前記蒸着ユニットに固定されることを特徴とする請求項4記載の蒸着装置。
- [請求項6] 前記蒸着源は、加熱装置を含み、
前記第一の膜厚モニタの測定結果に基づいて、前記距離及び前記加熱装置の出力を制御しながら蒸着を行う請求項1～3のいずれかに記載の蒸着装置。
- [請求項7] 前記蒸着源は、加熱装置を含み、
前記蒸着装置は、第二の膜厚モニタを備え、かつ
前記第一の膜厚モニタの測定結果に基づいて前記距離及び前記加熱装置の出力を制御するとともに、前記第二の膜厚モニタの測定結果に基

づいて前記距離の制御における比例係数を制御しながら蒸着を行う請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の蒸着装置。

[請求項8] P I D 制御によって前記出力を制御する請求項 4 ～ 7 のいずれかに記載の蒸着装置。

[請求項9] 前記蒸着源は、開口部が設けられた坩堝を備え、
前記気化した材料が放出される前記部分は、前記開口部である請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の蒸着装置。

[請求項10] 前記基板の法線方向に直交する方向に、前記基板及び前記蒸着源の少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させる搬送機構を備える請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の蒸着装置。

[請求項11] 前記蒸着ユニットは、前記蒸着源、及び、マスクを含み、
前記搬送機構は、前記基板及び前記蒸着ユニットの少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させる請求項 10 記載の蒸着装置。

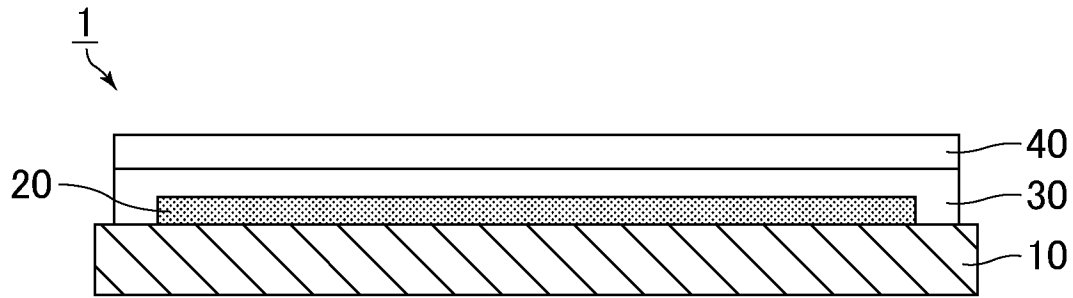
[請求項12] 前記蒸着装置は、マスクを備え、
前記搬送機構は、前記蒸着源と、前記マスクが貼り合わされた前記基板との少なくとも一方を他方に対して相対的に移動させる請求項 10 記載の蒸着装置。

[請求項13] 前記蒸着装置は、マスクと、
前記マスクが貼り合わされた前記基板を回転させる回転機構付き基板ホルダとを備える請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の蒸着装置。

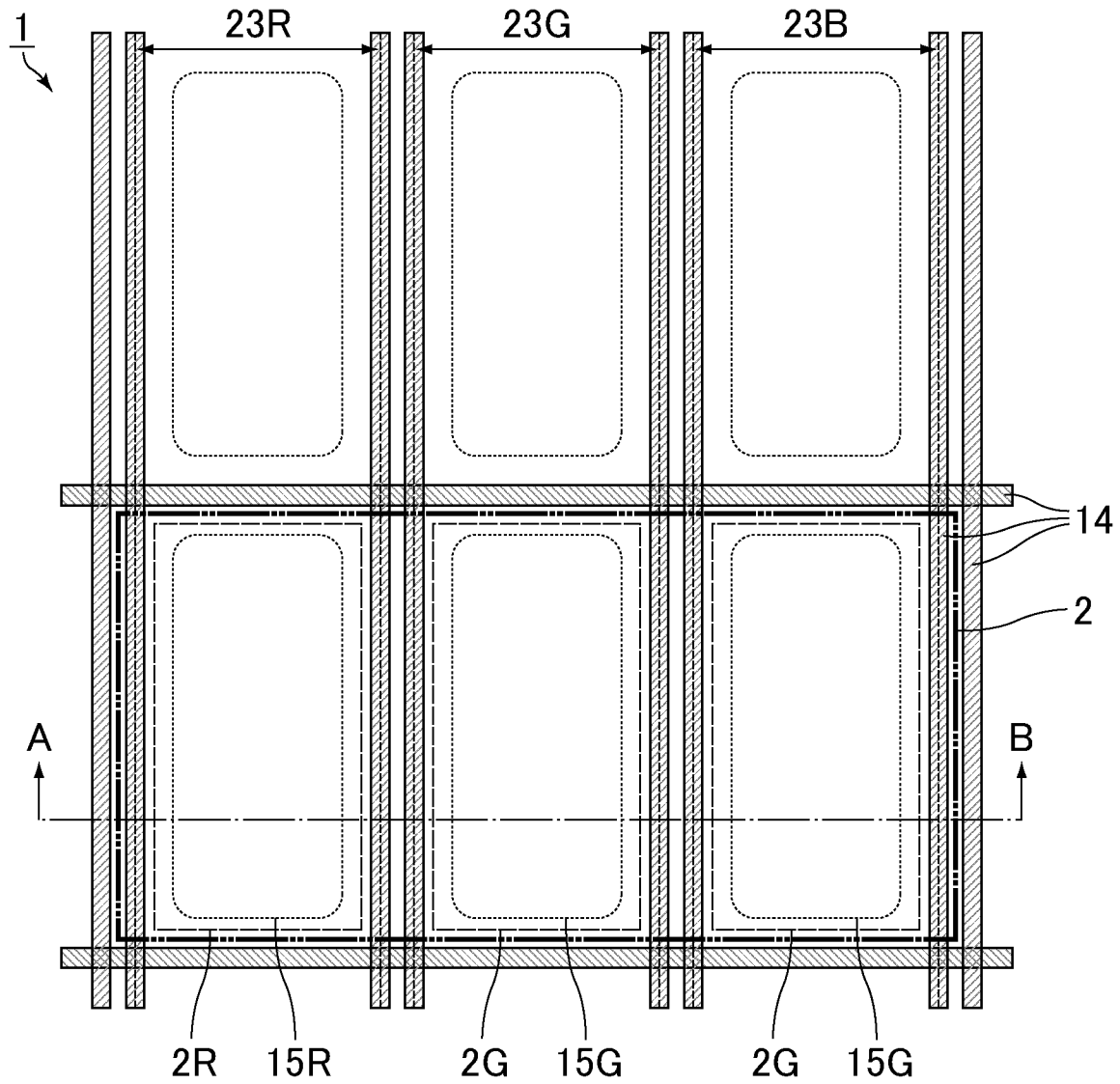
[請求項14] 基板上に成膜する蒸着工程を含む蒸着方法であって、
前記蒸着工程は、請求項 1 ～ 13 のいずれかに記載の蒸着装置を用いて行われる蒸着方法。

[請求項15] 請求項 1 ～ 13 のいずれかに記載の蒸着装置を用いて成膜する蒸着工程を含む有機エレクトロルミネッセンス素子の製造方法。

[図1]



[図2]



[図4]

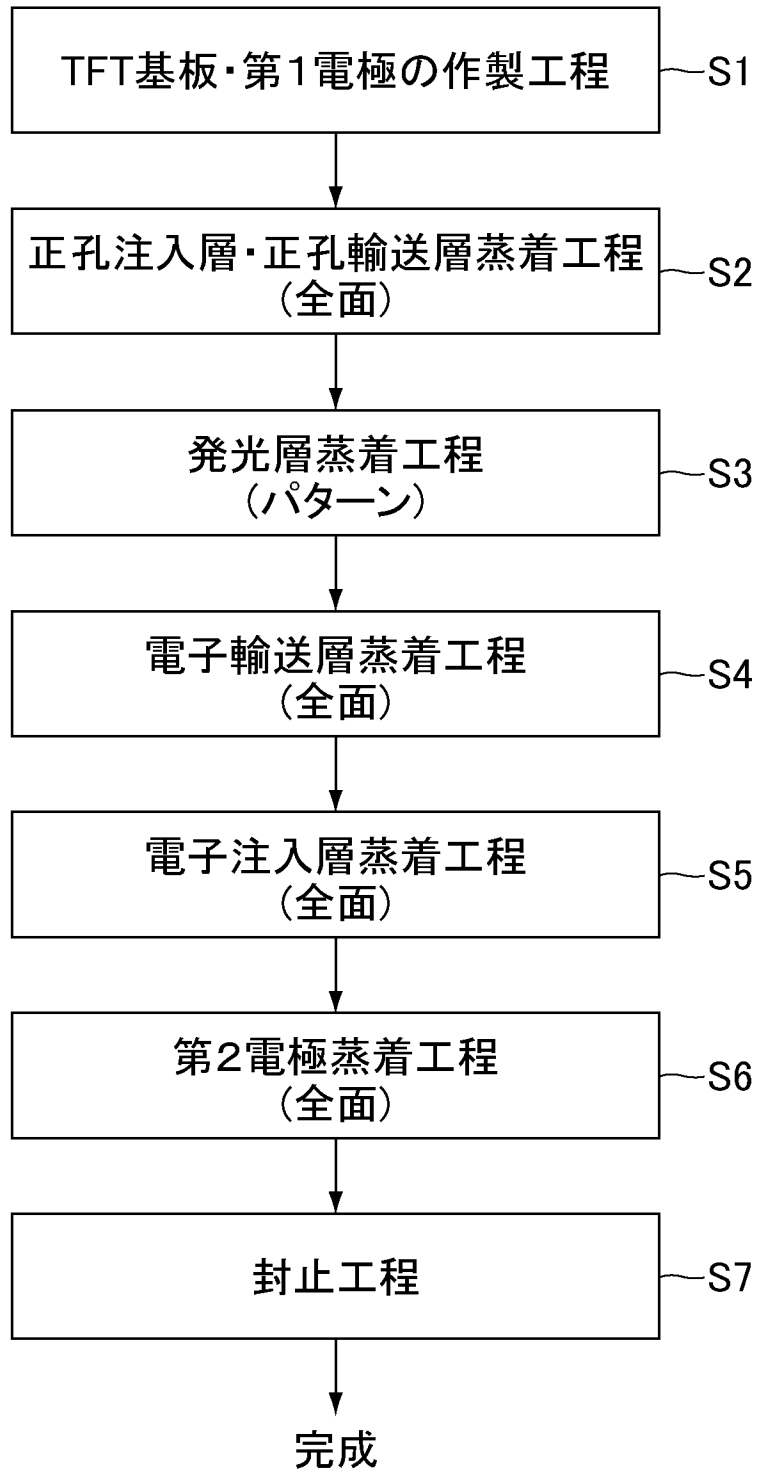
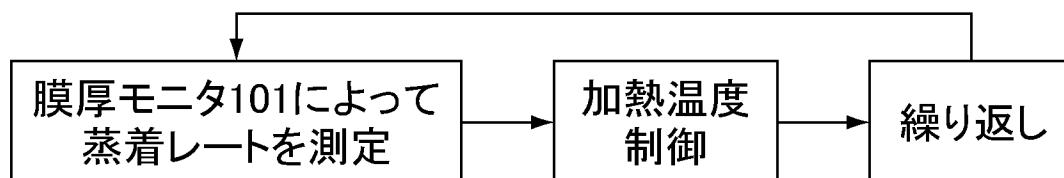


Figure 1 is a schematic diagram of a sample temperature control system 100. The system includes a sample 101, a heating element 102, a temperature sensor 103, and a control device 104. The sample 101 is surrounded by a heating element 102 and a temperature sensor 103. The control device 104 is connected to the heating element 102 and the temperature sensor 103. The system is labeled 100. Other components include 101, 102, 103, 104, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 120, 121, 122, 130, 131, 140, 170, and T_s .

第一の制御系

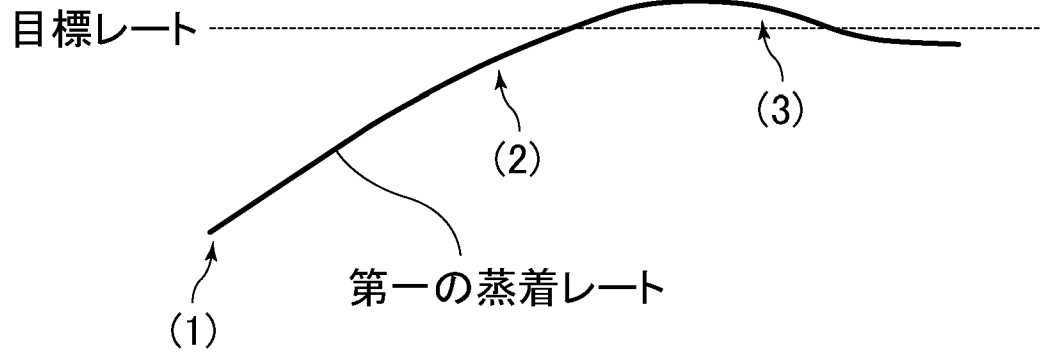


```

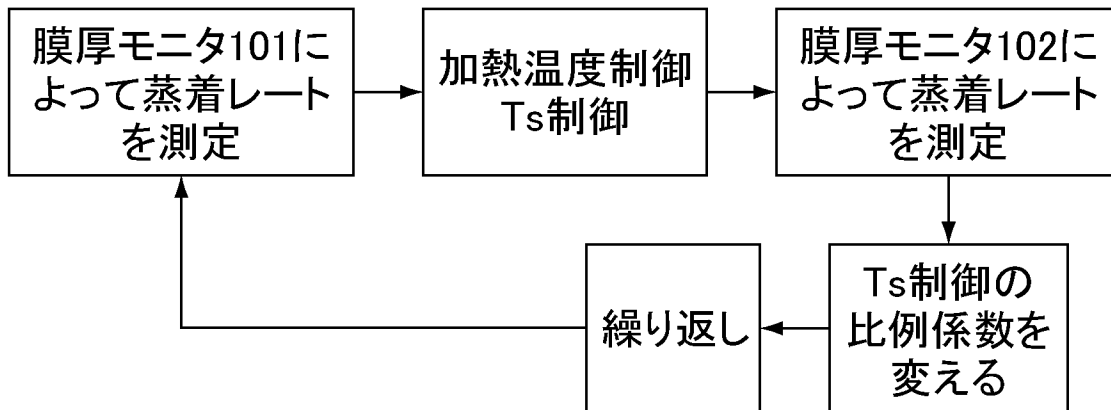
graph LR
    A[膜厚モニタ102によって蒸着レートを測定] --> B[Ts制御]
    B --> C[繰り返し]
    C --> A

```

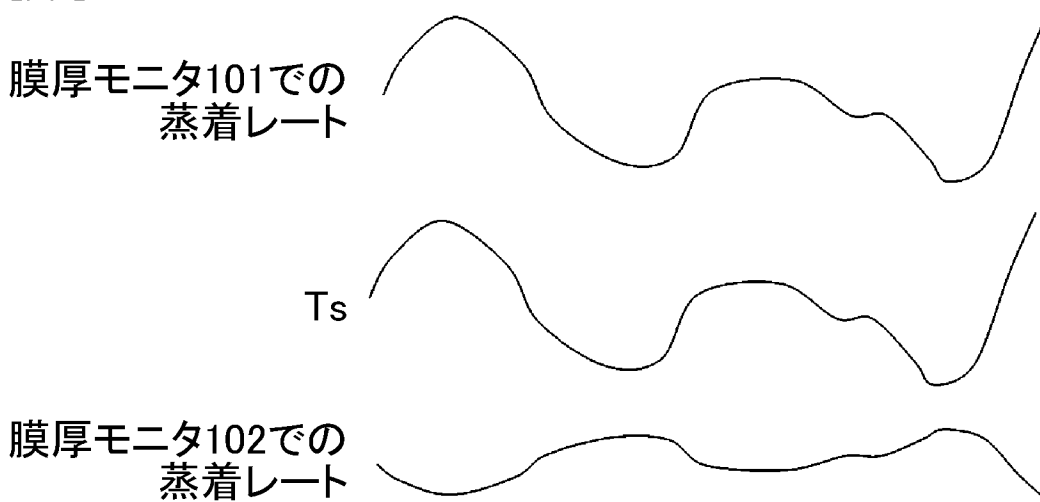
[図7]



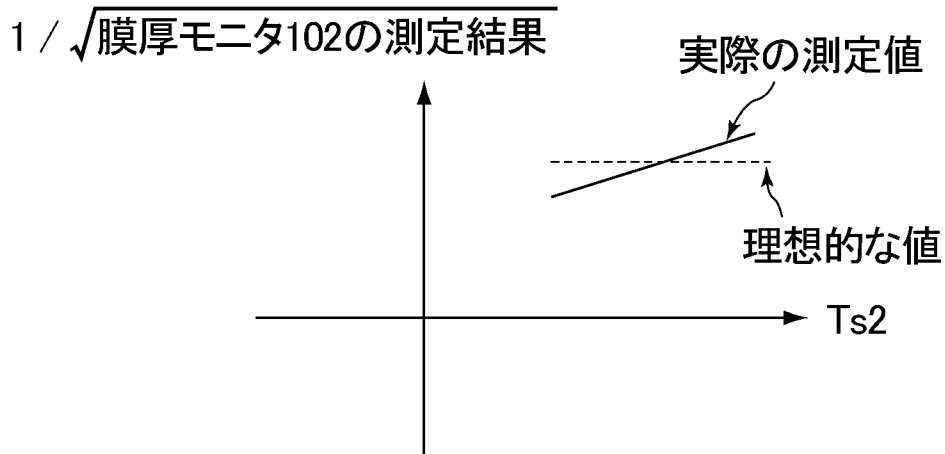
[図8]



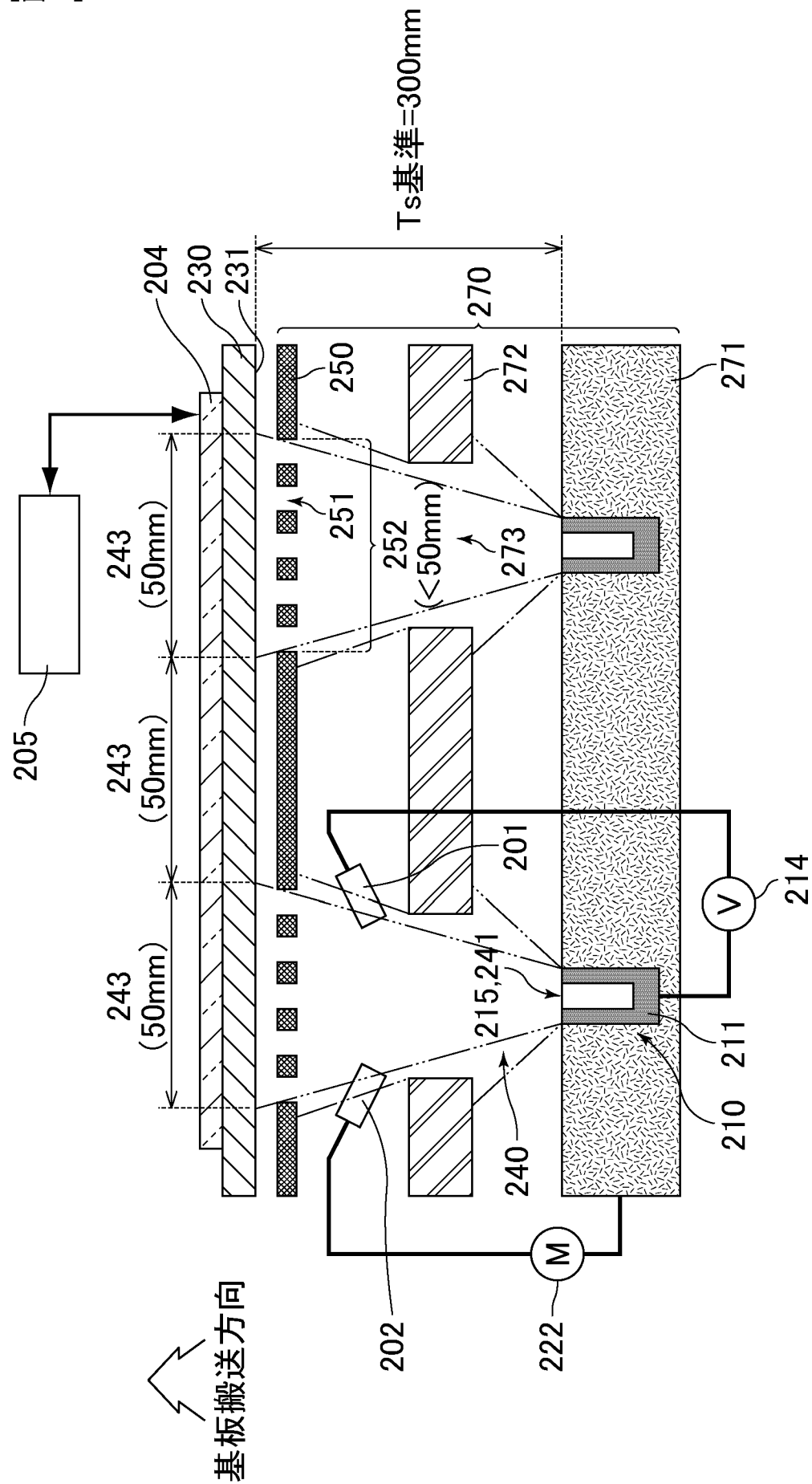
[図9]



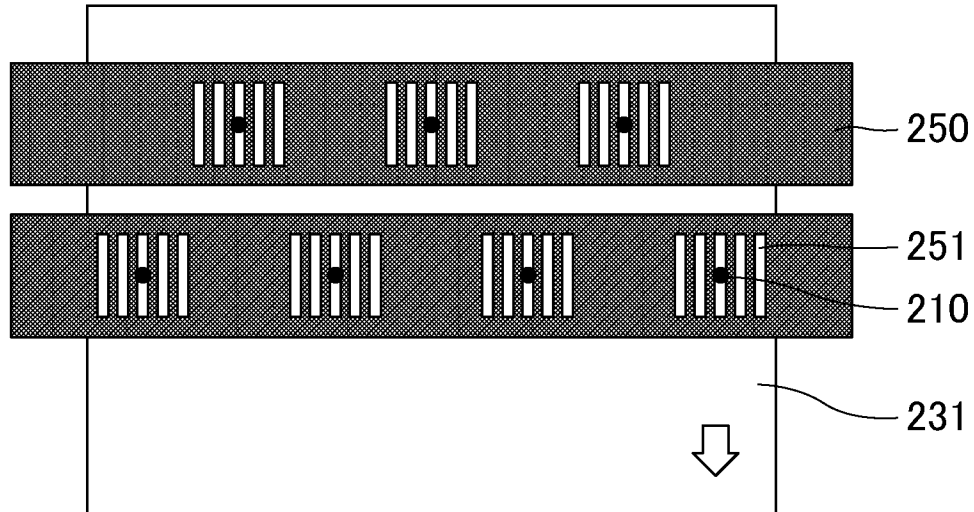
[図10]



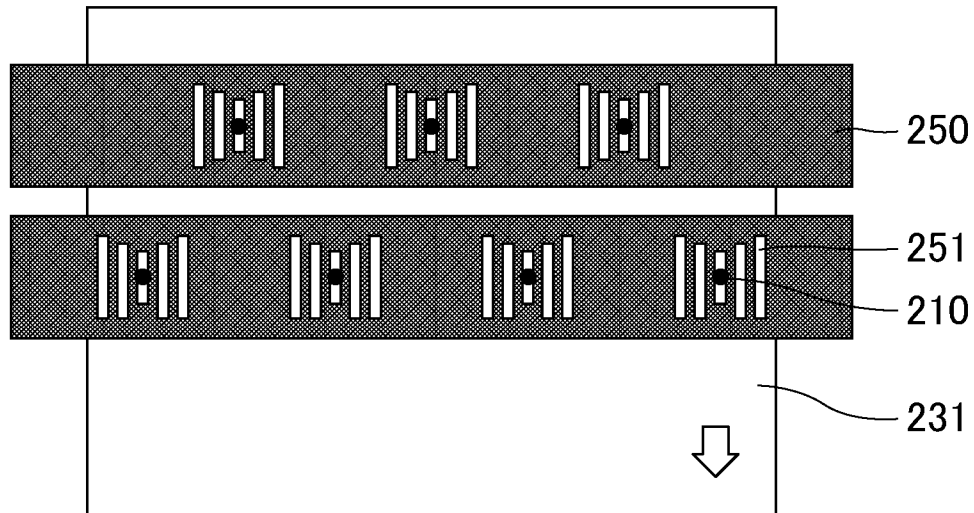
Ts基準=300mm



[図12]

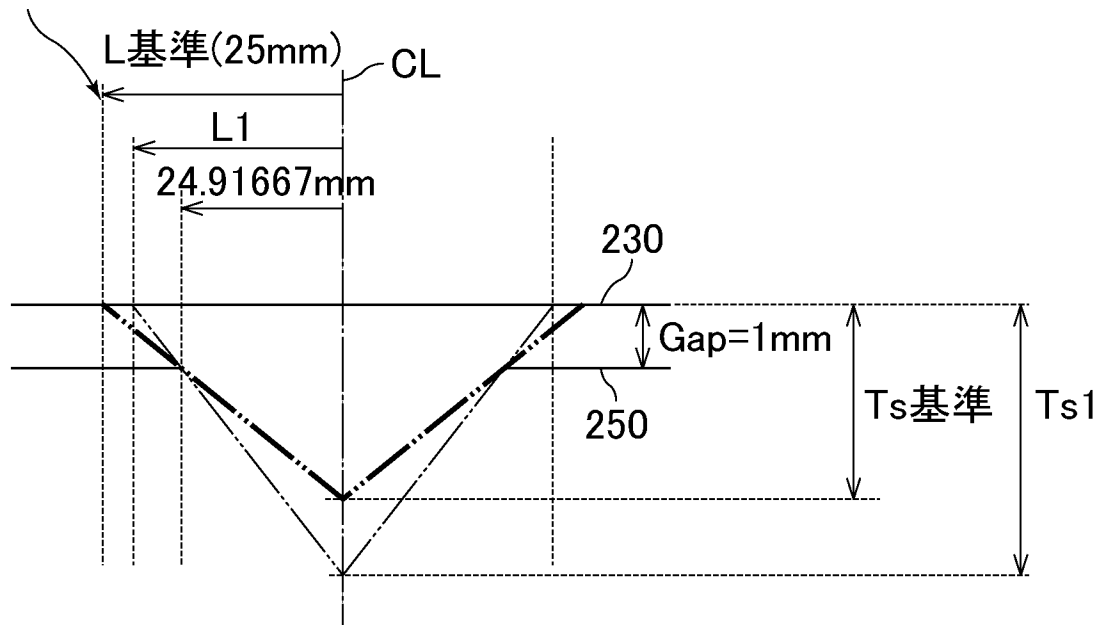


[図13]

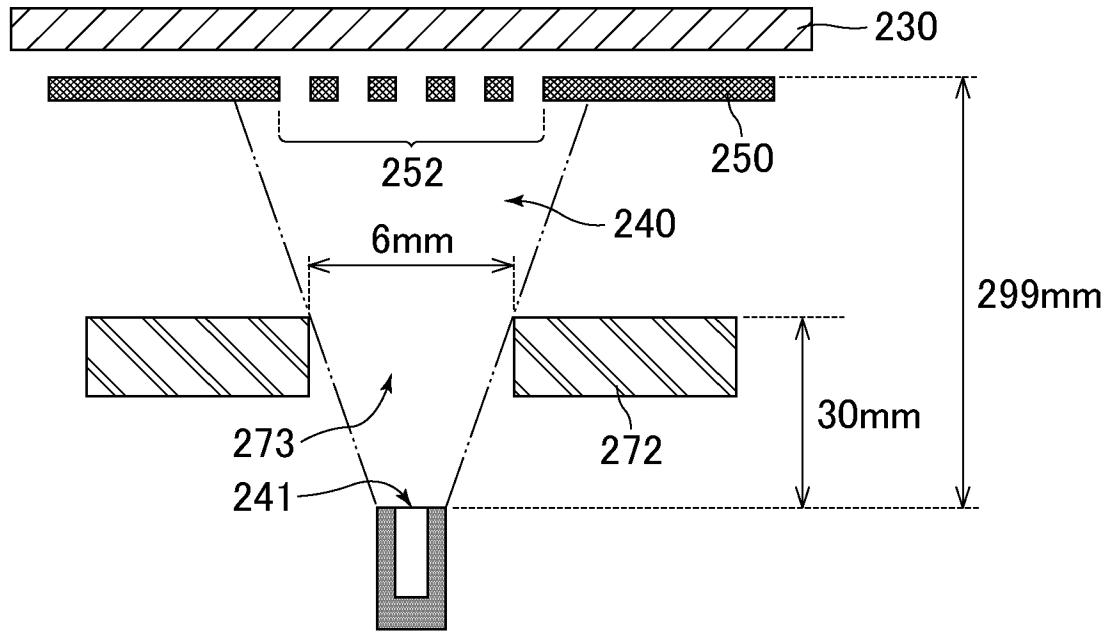


[図14]

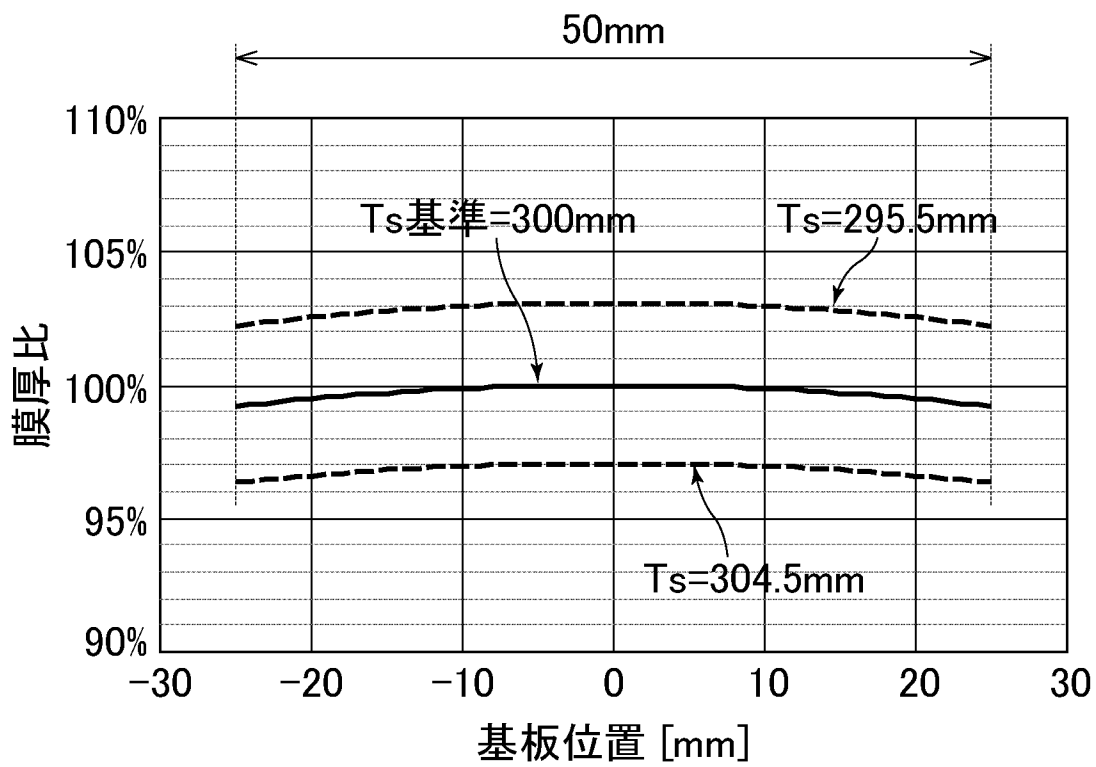
蒸着領域の端



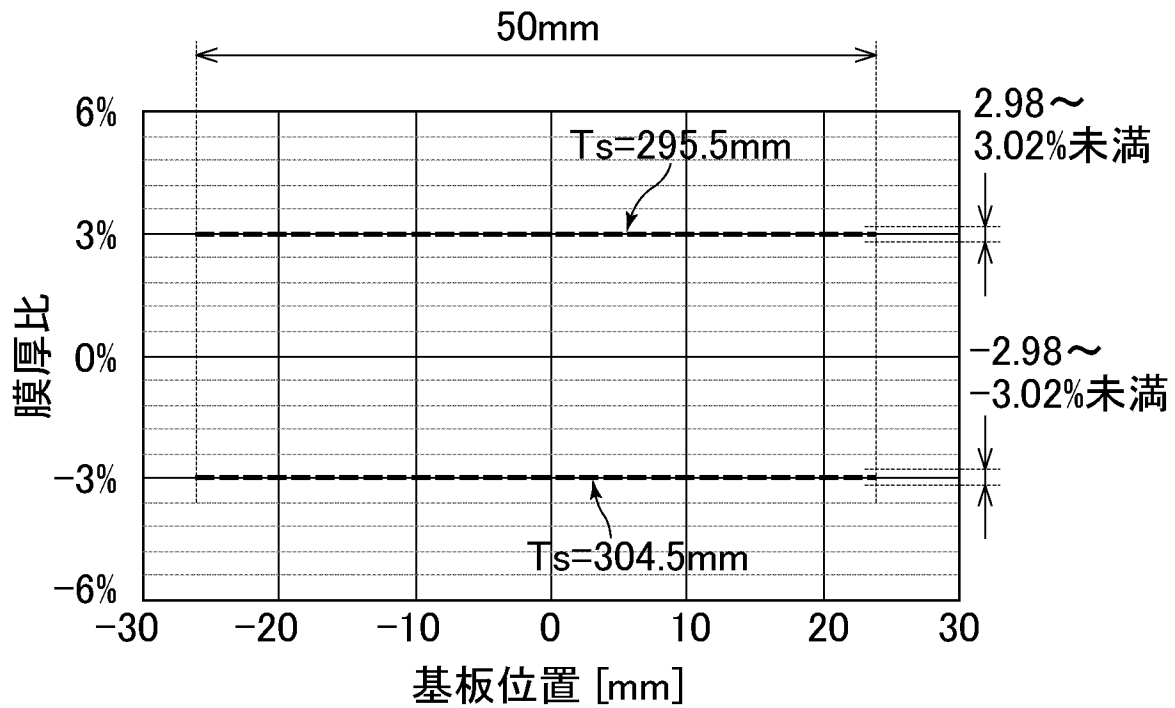
[図15]



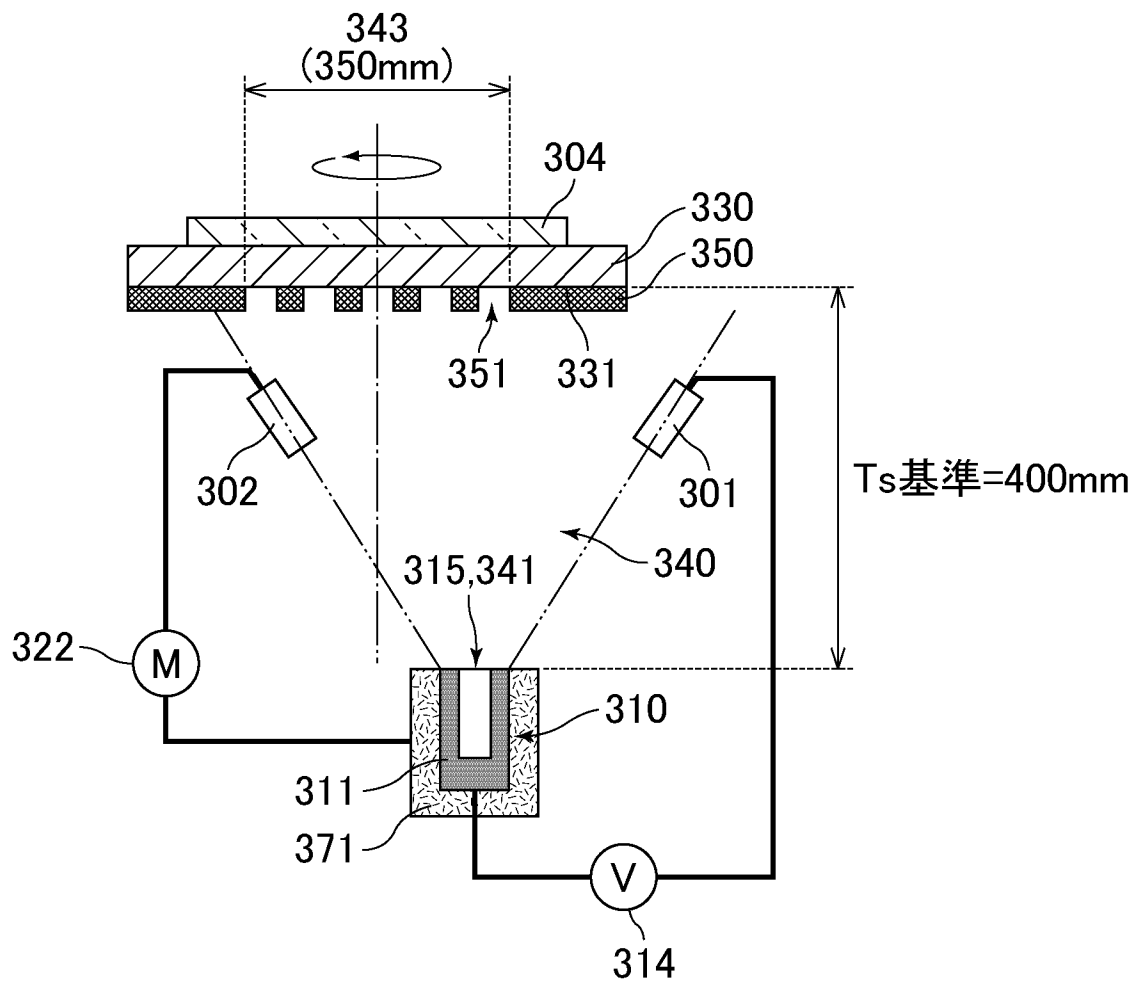
[図16]



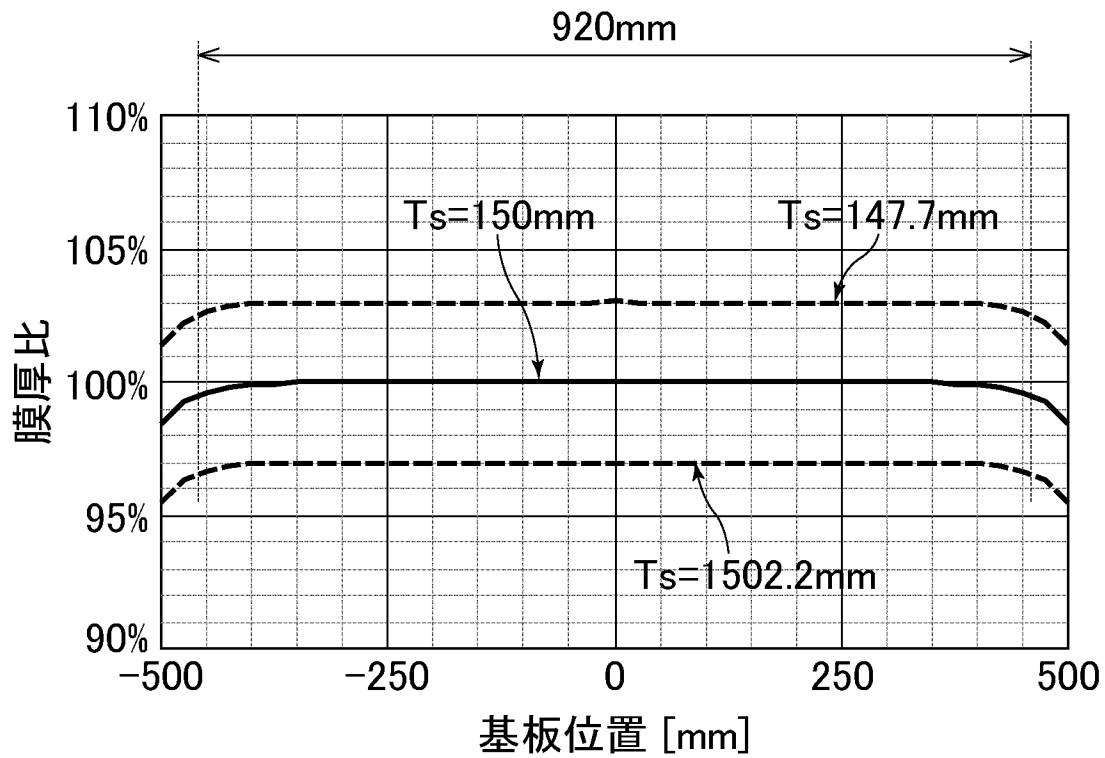
[図17]



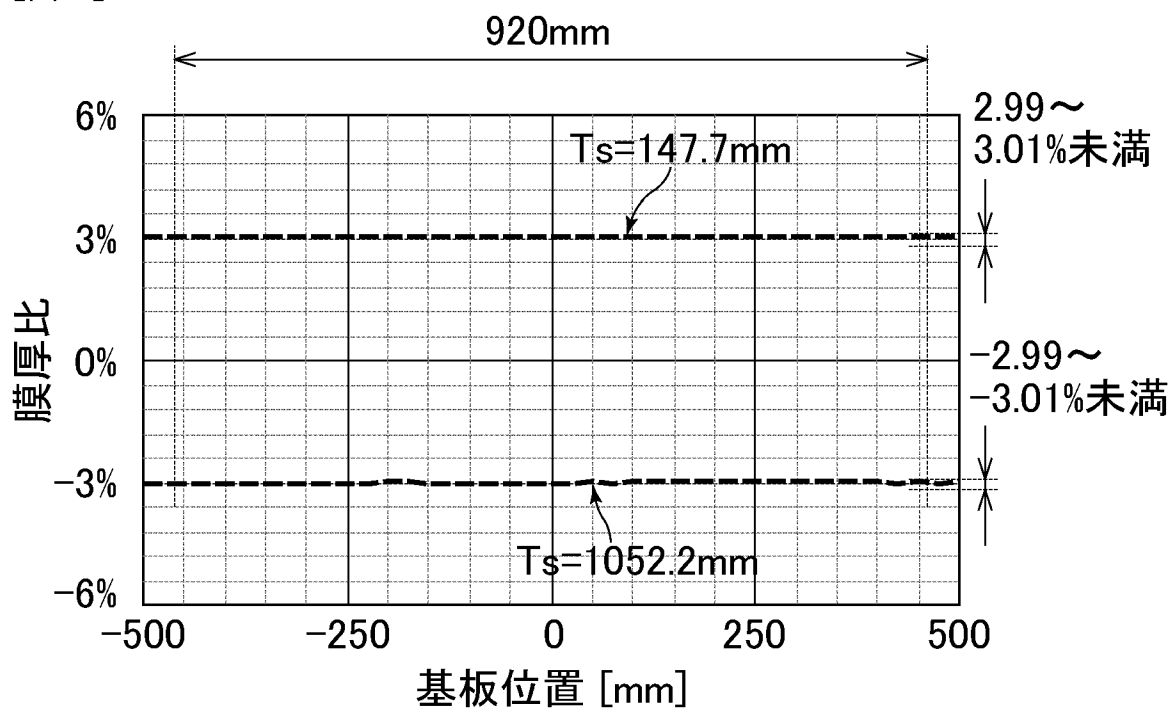
[図18]



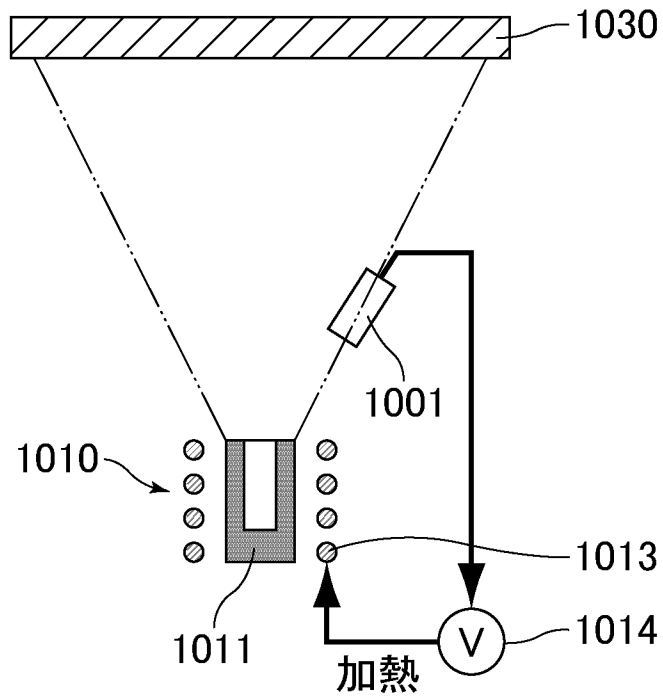
[図21]



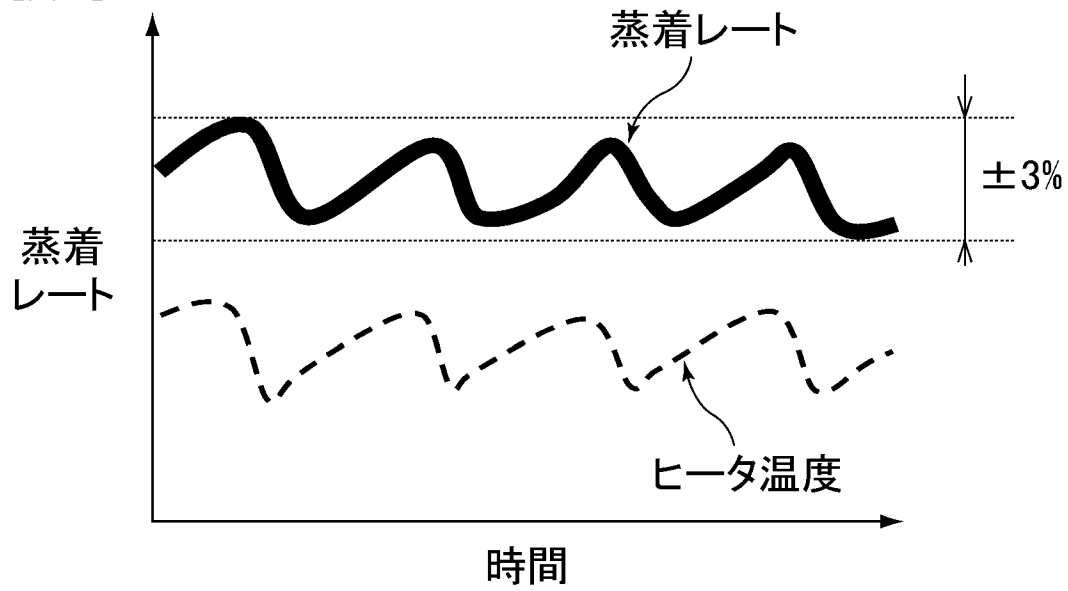
[図22]



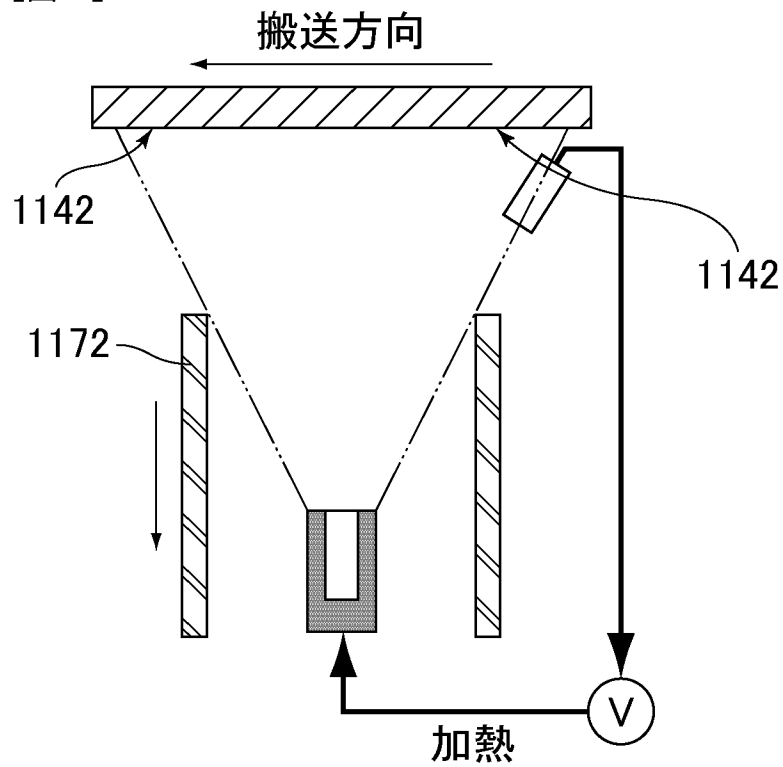
[図23]



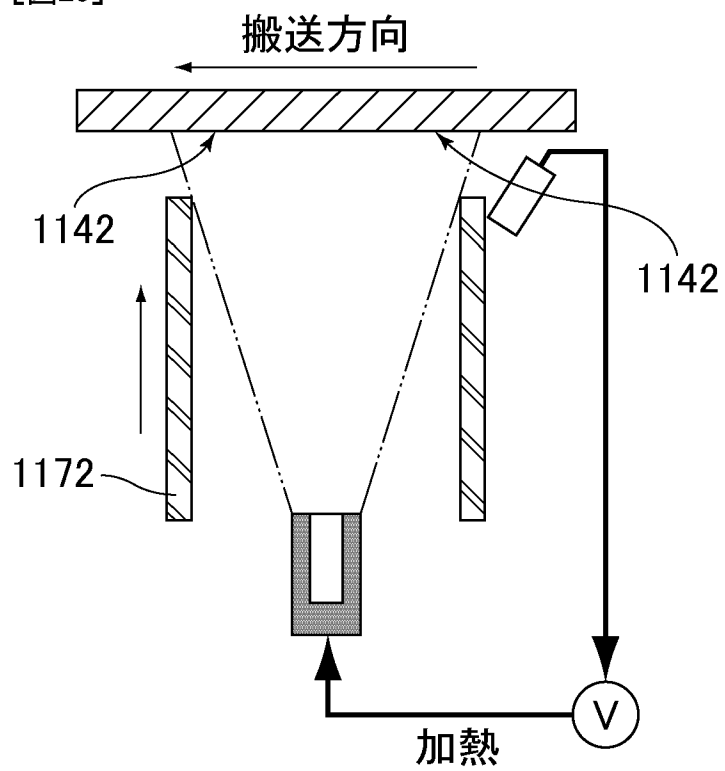
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/081542

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C14/24(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C14/00-14/58, H01L51/50, H05B33/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2007-224354 A (Hitachi Zosen Corp.), 06 September 2007 (06.09.2007), claim 4; paragraphs [0001], [0025] to [0038]; fig. 3, 4 (Family: none)	1-3, 9, 14, 15 4, 6-8, 10-13 5
Y	JP 2004-225058 A (Sony Corp.), 12 August 2004 (12.08.2004), paragraphs [0004], [0031] (Family: none)	4, 6-8, 10-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 February 2015 (23.02.15)

Date of mailing of the international search report
03 March 2015 (03.03.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C23C14/24(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C23C14/00-14/58, H01L51/50, H05B33/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2007-224354 A（日立造船株式会社）2007.09.06, 請求項4、段落【0001】、【0025】～【0038】、図3、4（ファミリーなし）	1-3, 9, 14, 15 4, 6-8, 10-13 5
Y	JP 2004-225058 A（ソニー株式会社）2004.08.12, 段落【0004】、【0031】（ファミリーなし）	4, 6-8, 10-13

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 3 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 3 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

伊藤 光貴

4 G

4 4 8 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 1 6