

明 細 書

発明の名称：蒸着源、蒸着装置

技術分野

[0001] 本発明は蒸着源、蒸着装置に関し、特に、共蒸着を用いて蒸着をおこなう際に好適な技術に関する。

本願は、2020年1月28日に日本に出願された特願2020-011830号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] リチウムイオン電池の研究がおこなわれている。なかでも、負極、電解質、正極すべてが固体からなる全固体電池は、安全性と高エネルギー密度、長寿命を兼ね備えた電池としてその開発が期待されている。

[0003] このような電池においては、負極、電解質膜、正極として、リチウムを含む化合物、例えば、 LiCoO_2 (LCO) や、 LiPON などのLi化合物からなる薄膜を成膜する。

薄膜の成膜方法としては、蒸着装置において、抵抗加熱蒸着、電子ビーム蒸着法により、蒸着させることが知られている。この薄膜の成膜方法においては、イオン伝導度や結晶性等の膜特性を所定の状態とするために、膜組成の厳密なコントロールが要求される。

[0004] ところが、蒸着源として、複数の元素の混じった化合物を用いて薄膜を形成すると、複数の元素のそれぞれの蒸気圧の違い等により、狙いの薄膜とは異なる膜組成を有する薄膜となる。

蒸気圧の低い元素が蒸気圧の高い元素よりも先に蒸発する。このため、例えば、蒸着初期では、リチウムリッチな膜組成となり、その時点から時間が経過した後では、リチウムが枯渇する。

特に、ロールトゥロールあるいは、シートトゥシートで移動する基板（基材）に連続して成膜する場合に、この組成のズレが無視できない。

[0005] このため、特許文献1に記載されるように、複数のソース（蒸着源）を使

用する共蒸着により電解質膜を成膜することが検討されている。共蒸着では、例えば、リチウムを含む蒸着源とコバルトを含む蒸着源とを用いて LiCO_2 (LiCO) からなる正極膜を成膜する、あるいは、リチウムを含む蒸着源とリンを含む蒸着源とを用いて、 LiPON からなる電解質膜を成膜する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：日本国特開2003-277917号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献1に記載された技術では、所望の膜組成を有しかつその組成にともなった膜質特性が得られない場合があるため、以下のような要望があった。

複数の蒸着源から蒸着位置までの距離がそれぞれ異なるため、膜組成を所望の状態にすることが難しい。

加熱時に、高温となった蒸着材料が収納されたライナー容器の壁部と反応してしまうことを防止する必要がある。

蒸着時に溶融状態にある蒸着材料の面積が大きくなることが好ましい。しかし、この場合、上述したライナー容器壁との反応、あるいは、他の蒸着材料とのコンタミネーションを防止する必要がある。

[0008] 本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、以下の目的を達成しようとするものである。

1. 共蒸着における膜組成の制御性を向上すること。
2. 蒸着材料を収納するライナー容器壁の温度上昇を抑制すること。
3. 蒸着材料に大きなパワーを投入して加熱可能とすること。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の蒸着源は、真空中で電子ビームによって加熱されて、蒸着材料を

蒸発または昇華させ、移動する基板の表面に共蒸着によりリチウムを含む化合物膜を形成するための蒸着源であって、冷却部を備えたハースライナーと、前記ハースライナーに収納されてその内部に前記蒸着材料を入れる複数のライナーと、を有する。これにより上記課題を解決した。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーの各々は、隣りのライナー又は前記ハースライナーである周囲部材に対向する壁部を有し、前記ライナーは、加熱状態では前記壁部が前記周囲部材と接触し、非加熱状態ではギャップを有して前記周囲部材から離間するように、前記ハースライナーの内部に配置されてもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーの各々は、平面視して矩形状とされ、複数の前記ライナーは、前記基板の移動方向と直交する方向に隣接して前記ハースライナーの内部に配置されてもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーの各々を形成する材質は、加熱状態で前記蒸着材料と反応しない材質であってもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、前記蒸着材料としてリチウムを入れるライナーが、タンタルからなってもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、リチウムを含まない前記蒸着材料を入れるライナーが、銅からなってもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、リチウムを含む前記蒸着材料を入れるライナーが、タンタルからなってもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、リチウムを含む前記蒸着材料を入れるライナーが、銅からなってもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、銅からなるライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの外形寸法に対する前記ギャップの寸法の比が、 $0.0007 \sim 0.00839$ の範囲に設定されてもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、タンタルからなるライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、

前記ライナーの外形寸法に対する前記ギャップの寸法の比が、 $0.0007 \sim 0.0032$ の範囲に設定されてもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、銅からなる5つのライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、 $0.0035 \sim 0.042$ の範囲に設定されてもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、銅からなる3つのライナーと、タンタルからなる2つのライナーとが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、 $0.0035 \sim 0.0316$ の範囲に設定されてもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、銅からなる2つのライナーと、タンタルからなる3つのライナーとが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、 $0.0035 \sim 0.0264$ の範囲に設定されてもよい。

本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、タンタルからなる5つのライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、 $0.0035 \sim 0.016$ の範囲に設定されてもよい。

本発明の蒸着源において、前記ハースライナーの内部に配置された前記ライナーの上縁が、面一となることができる。

本発明の蒸着装置は、基板を真空内で移動可能とするチャンバと、前記基板を移動させる基板移動部と、上述の蒸着源と、前記蒸着源に電子ビームを照射する電子ビーム源と、を有する。

[0010] 本発明の蒸着源は、真空中で電子ビームによって加熱されて、蒸着材料を

蒸発または昇華させ、移動する基板の表面に共蒸着によりリチウムを含む化合物膜を形成するための蒸着源であって、冷却部を備えたハースライナーと、前記ハースライナーに収納されてその内部に前記蒸着材料を入れる複数のライナーと、を有する。

これにより、異なる蒸着材料が入った複数のライナーを用いて、冷却部によってハースライナーを冷却した状態で蒸着をおこなうことで、共蒸着をおこなうことができる。この際、ライナーの中央付近の部位は、蒸着材料を電子ビームによって共蒸着に必要な温度まで加熱する。同時に、ライナーの壁部付近の部位は、ライナーが接しているハースライナーによって冷却される。したがって、蒸着材料とライナーの壁部とが、互いに化学的に反応する温度まで昇温することがない。

[0011] 本発明の蒸着源において、前記ライナーは、加熱状態でその壁部が周囲と接触するように非加熱状態ではギャップを有して前記ハースライナーの内部に配置される。

言い換えると、複数の前記ライナーの各々は、隣りのライナー又は前記ハースライナーである周囲部材に対向する壁部を有し、前記ライナーは、加熱状態では前記壁部が前記周囲部材と接触し、非加熱状態ではギャップを有して前記周囲部材から離間するように、前記ハースライナーの内部に配置される。

これにより、蒸着時の加熱状態では、ライナーの壁部が周囲部材と接触して、十分な冷却のために必要な熱の伝導状態を維持することができる。

ここで、加熱状態でライナーの壁部が周囲部材と接触するとは、全てのライナーがハースライナーの内部に配置された状態において、互いに隣接する位置に配置されたライナーにおける対向した壁部が接触することを意味し、あるいは、互に対向するライナーの壁部とハースライナーの壁部とが接触することを意味している。

また、加熱状態でライナーの壁部が周囲部材と接触するとは、少なくとも互いに接触する部分を有していればよいことを意味する。さらに、ライナー

の周囲に位置し、加熱状態にあるライナーの壁部が接触可能な部材を周囲部材と称することがある。

さらに、非加熱状態でライナーの壁部が隣接する周囲とギャップを有するとは、全てのライナーがハースライナーの内部に配置された状態において、互いに隣り合う位置に配置されたライナーにおける対向した壁部どうしの間がギャップを有することを意味し、あるいは、互いに対向するライナーの壁部とハースライナーの壁部との間がギャップを有することを意味している。

[0012] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーの各々は、平面視して矩形状とされ、複数の前記ライナーは、前記基板の移動方向と直交する方向に隣接して前記ハースライナーの内部に配置される。

これにより、複数のライナーから移動する基板における成膜領域（蒸着領域）に対して、必要な量の蒸着材料を蒸発させて、狙いの膜組成を得るように連続して共蒸着をおこなうことが可能となる。

[0013] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーの各々を形成する材質は、加熱状態で前記蒸着材料と反応しない材質である。

これにより、加熱状態においても、冷却部によって冷却され、かつ、十分に熱を伝導させる面積が確保されているため、ライナーの壁部の温度上昇が抑制されるとともに、この上昇が抑制された状態では、蒸着材料と化学的に反応しない。したがって、蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できる。

[0014] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、前記蒸着材料としてリチウムを入れるライナーが、タンタルからなる。

これにより、加熱状態において昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できるとともに、かつ、十分に熱を伝導させることができ、冷却部によって冷却されてライナーの壁部の温度上昇を抑制する。

[0015] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、リチウムを含まない前記蒸着材料を入れるライナーが、銅からなる。

これにより、加熱状態において昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応

することを防止できるとともに、かつ、十分に熱を伝導させることができ、冷却部によって冷却されてライナーの壁部の温度上昇を抑制する。

[0016] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、リチウムを含む前記蒸着材料を入れるライナーが、タンタルからなる。

これにより、加熱状態において昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できるとともに、かつ、十分に熱を伝導させることができ、冷却部によって冷却されてライナーの壁部の温度上昇を抑制する。

[0017] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、リチウムを含む前記蒸着材料を入れるライナーが、銅からなる。

これにより、加熱状態において昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できるとともに、かつ、十分に熱を伝導させることができ、冷却部によって冷却されてライナーの壁部の温度上昇を抑制する。

[0018] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、銅からなるライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの外形寸法に対する前記ギャップの寸法の比が、 $0.0007 \sim 0.00839$ の範囲に設定される。

これにより、蒸着材料にあわせた加熱温度とされた蒸着状態（加熱状態）において、それぞれの材質に対応して熱膨張したライナーの側壁が、互いに対向するライナーの壁部とハースライナーの壁部とが接触する。したがって、十分に熱を伝導させる面積が確保されているため、ライナーの壁部の温度上昇が抑制されるとともに、加熱状態においても、冷却部によって冷却され、昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できる。

[0019] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、タンタルからなるライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの外形寸法に対する前記ギャップの寸法の比が、 $0.0007 \sim 0.0032$ の範囲に設定される。

これにより、蒸着材料にあわせた加熱温度とされた蒸着状態（加熱状態）において、それぞれの材質に対応して熱膨張したライナーの側壁が、互いに

対向するライナーの壁部とハースライナーの壁部とが接触する。したがって、十分に熱を伝導させる面積が確保されているため、ライナーの壁部の温度上昇が抑制されるとともに、加熱状態においても、冷却部によって冷却され、昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できる。

[0020] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、銅からなる5つのライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、0.0035～0.042の範囲に設定される。

これにより、蒸着材料にあわせた加熱温度とされた蒸着状態（加熱状態）において、それぞれの材質に対応して熱膨張したライナーの側壁が、互いに隣接位置に配置されたライナーにおける対向した壁部が接触するとともに、互いに対向するライナーの壁部とハースライナーの壁部とが接触する。したがって、十分に熱を伝導させる面積が確保されているため、ライナーの壁部の温度上昇が抑制されるとともに、加熱状態においても、冷却部によって冷却され、昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できる。

[0021] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、銅からなる3つのライナーと、タンタルからなる2つのライナーとが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、0.0035～0.0316の範囲に設定される。

これにより、蒸着材料にあわせた加熱温度とされた蒸着状態（加熱状態）において、それぞれの材質に対応して熱膨張したライナーの側壁が、互いに隣接位置に配置されたライナーにおける対向した壁部が接触するとともに、互いに対向するライナーの壁部とハースライナーの壁部とが接触する。したがって、十分に熱を伝導させる面積が確保されているため、ライナーの壁部の温度上昇が抑制されるとともに、加熱状態においても、冷却部によって冷却され、昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できる。

[0022] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、銅からなる2つの

ライナーと、タンタルからなる3つのライナーとが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、0.0035～0.0264の範囲に設定される。

これにより、蒸着材料にあわせた加熱温度とされた蒸着状態（加熱状態）において、それぞれの材質に対応して熱膨張したライナーの側壁が、互いに隣接位置に配置されたライナーにおける対向した壁部が接触するとともに、互いに対向するライナーの壁部とハースライナーの壁部とが接触する。したがって、十分に熱を伝導させる面積が確保されているため、ライナーの壁部の温度上昇が抑制されるとともに、加熱状態においても、冷却部によって冷却され、昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できる。

[0023] 本発明の蒸着源において、複数の前記ライナーのうち、タンタルからなる5つのライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、0.0035～0.016の範囲に設定される。

これにより、蒸着材料にあわせた加熱温度とされた蒸着状態（加熱状態）において、それぞれの材質に対応して熱膨張したライナーの側壁が、互いに隣接位置に配置されたライナーにおける対向した壁部が接触するとともに、互いに対向するライナーの壁部とハースライナーの壁部とが接触する。したがって、十分に熱を伝導させる面積が確保されているため、ライナーの壁部の温度上昇が抑制されるとともに、加熱状態においても、冷却部によって冷却され、昇温された蒸着材料がライナー壁部と反応することを防止できる。

[0024] 本発明の蒸着源は、前記ハースライナーの内部に配置された前記ライナーの上縁が、面一となる。

これにより、ライナーの縁部によって、基板へ向かう蒸着粒子に対して、好ましくない影響を与えることを防止して、膜厚、膜特性の均一化を向上することができる。

[0025] また、本発明の蒸着装置は、基板を真空内で移動可能とするチャンバと、前記基板を移動させる基板移動部と、上述の蒸着源と、前記蒸着源に電子ビームを照射する電子ビーム源と、を有する。

これにより、狙いの膜組成を有するリチウムを含む化合物膜を共蒸着によって、成膜することができる。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、共蒸着における膜組成の制御性を向上して、蒸着材料を収納するライナー容器壁の温度上昇を抑制し、蒸着材料に大きなパワーを投入して加熱可能とすることができるという効果を奏することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明に係る蒸着装置の第1実施形態を示す模式図である。

[図2]本発明に係る蒸着源の第1実施形態における蒸着源を示す上面図である。

[図3]本発明に係る蒸着源の第1実施形態における蒸着源を示す側断面図である。

[図4]本発明に係る蒸着源の第1実施形態における蒸着源の配置例を示す説明図である。

[図5]本発明に係る蒸着源の第1実施形態における蒸着源の配置例を示す説明図である。

[図6]本発明に係る蒸着源の第2実施形態における蒸着源の配置例を示す説明図である。

[図7]本発明に係る蒸着源の第2実施形態における蒸着源の配置例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明に係る蒸着装置の第1実施形態を、図面に基づいて説明する。

図1は、本実施形態における蒸着装置を示す模式図であり、図1において、符号100は、蒸着装置である。図1において、X軸、Y軸及びZ軸方向

は相互に直交する３軸方向を示し、X軸及びY軸は、水平方向、Z軸方向は鉛直方向を示す。

[0029] 本実施形態に係る蒸着装置１００は、図１に示すように、真空チャンバ（チャンバ）１１０と、成膜部１２０と、搬送部（基板移動部）１３０と、回収部（基板移動部）１６０と、搬送機構（基板移動部）１７０と、を有する。

[0030] 真空チャンバ１１０は、密閉可能な構造を有し、真空ポンプＰ１を有する第１排気ラインＬに接続される。これにより、真空チャンバ１１０は、その内部が所定の減圧雰囲気（真空）に排気又は維持可能に構成される。また、真空チャンバ１１０は、図１に示すように、成膜部１２０、搬送部１３０および回収部１６０をそれぞれ区画する複数の仕切り板１１１、１１５を有する。

[0031] 成膜部１２０は、仕切り板１１１と真空チャンバ１１０の外壁により区画された成膜室であり、その内部に蒸着源１０を有する。また、成膜部１２０は、第１排気ラインＬに接続されている。これにより、真空チャンバ１１０が排気される際には、先ず、成膜部１２０内が排気される。

[0032] 一方、成膜部１２０は搬送部１３０と連通しているため、成膜部１２０内が排気されると、搬送部１３０内も排気される。これにより、成膜部１２０と搬送部１３０との間に圧力差が生じる。この圧力差により、後述するリチウムを含む原料の蒸気流が搬送部１３０内に侵入することが抑制される。成膜部１２０には、成膜ガスを供給するガス供給部Ｓ０が接続される。ガス供給部Ｓ０は、プラズマ発生部を構成する。ガス供給部Ｓ０は、窒素や酸素を含む成膜ガスを供給可能とされる。

[0033] 蒸着源（成膜源供給部）１０は、リチウムを含む原料を蒸発させる蒸発源であり、例えば、抵抗加熱式蒸発源、誘導加熱式蒸発源、電子ビーム加熱式蒸発源等で構成される。

[0034] 搬送部１３０は、仕切り板１１５と、真空チャンバ１１０の外壁に区画された搬送室であり、真空チャンバ１１０内のY軸方向の上方の位置に配置される。本実施形態では、第１排気ラインＬを成膜部１２０にのみ接続したが

、搬送部 130 にも別の排気ラインを接続することにより、搬送部 130 と成膜部 120 とを独立して排気してもよい。

[0035] 搬送機構（基板移動部）170 は、巻出しローラ 171 と、メインローラ 172 と、巻取りローラ 173 と、を有する。

[0036] 巻出しローラ 171、メインローラ 172 及び巻取りローラ 173 は、それぞれ図示しない回転駆動部を備え、Z 軸周りに所定の回転速度で図 1 における矢印方向にそれぞれ回転可能に構成されている。これにより、真空チャンバ 110 内において、巻出しローラ 171 から巻取りローラ 173 へ向かって基材（基板）F が所定の搬送速度で搬送される。

[0037] 巻出しローラ 171 は、成膜部 120 より基材 F の搬送方向上流側に設けられ、基材 F をメインローラ 172 に送り出す機能を有する。なお、巻出しローラ 171 とメインローラ 172 との間の適宜の位置に独自の回転駆動部を備えていない適宜の数のガイドローラ（図示略）が配置されてもよい。

[0038] メインローラ 172 は、基材 F の搬送方向において巻出しローラ 171 と巻取りローラ 173 との間に配置される。メインローラ 172 は、Y 軸方向における下部の少なくとも一部が、仕切り板 111 に設けられた開口部 111a を通って成膜部 120 に臨む位置に配置される。メインローラ 172 は、所定の間隔を空けて開口部 111a に対向し、蒸着源 10 と Y 軸方向に対向する。メインローラ 172 は、ステンレス鋼、鉄、アルミニウム等の金属材料で筒状に構成され、その内部に例えば図示しない温調媒体循環系等の温調機構が設けられてもよい。メインローラ 172 の大きさは特に限定されないが、典型的には、Z 軸方向の幅寸法が基材 F の Z 軸方向の幅寸法よりも大きく設定される。

[0039] 巻取りローラ 173 は、仕切り板 115 と、真空チャンバ 110 の外壁により区画された空間である回収部 160 に配置され、巻出しローラ 171 から巻き出された基材 F を回収する機能を有する。リチウムを含む蒸発材料は、成膜部 120 を通過して巻取りローラ 173 により回収された基材 F 上に堆積する。巻取りローラ 173 とメインローラ 172 との間の適宜の位置に

独自の回転駆動部を備えない適宜の数のガイドローラ（図示略）が配置されてもよい。なお、仕切り板 115 を設けないこともできる。

[0040] 基材 F は、例えば、所定幅に裁断された長尺のフィルムである。基材 F は、銅、アルミニウム、ニッケル、ステンレス等の金属で構成される。基材の材料は金属に限られない。基材 F の材料として、OPP（延伸ポリプロピレン）フィルム、PET（ポリエチレンテレフタレート）フィルム、PPS（ポリフェニレンサルファイド）フィルム、PI（ポリイミド）フィルム等の樹脂フィルムが用いられてもよい。基材 F の厚さは、特に限定されず、例えば数 μm ～数十 μm である。また、基材 F の幅や長さについても特に制限はなく、用途に応じて適宜決定可能である。

[0041] 成膜部 120 には、蒸着源（成膜源）10 に電子ビーム EB を照射して加熱する電子ビーム源 EB0 が設けられる。

成膜部 120 には、電子ビーム EB を遮断するシャッタ（不図示）が設けられてもよい。

[0042] 成膜部 120 には、蒸着源（成膜源）10 とメインローラ 172 との間に、成膜領域規定部として、開口 21 を有するシールド（遮蔽部）20 が設けられる。開口 21 の近傍における基材 F の移動方向は X 方向とされる。

また、メインローラ 172 の内部位置、つまり、基材 F の裏面（他面）側となる位置には、マグネット 30 が配置される。

[0043] シールド 20 は、メインローラ 172 に巻回された基材 F に対して、成膜領域を規定する矩形の開口 21 を有する。シールド 20 は、開口 21 以外の基材 F を覆っていればよい。

[0044] シールド 20 は、板状の導体とされ、その電位はグラウンド（接地状態、シールド 20 は接地されている）とされる。シールド 20 は、メインローラ 172 に巻回された基材 F に対して、略平行となるように配置される。なおシールド 20 は成膜条件に応じてフローティング（浮遊電位）とされてもよい。なお公知の電源を用いて所定の電位がシールド 20 に付与されている場合も、シールド 20 はフローティングとみなす。

[0045] シールド20は、メインローラ172における開口21の外方位置で、仕切り板（マスク）111に対して遮蔽板部111bによって接続されている。遮蔽板部111bは、仕切り板111に設けられた開口部111aの外方を囲んでいる。遮蔽板部111bは、シールド20と仕切り板111との間を密閉している。シールド20と遮蔽板部111bとは、プラズマ発生領域を囲むように外方に配置されている。

シールド20は、開口21のZ方向における寸法が、Z方向における基材Fの幅寸法より小さく設定されている。

[0046] マグネット30は、メインローラ172の外方に向けて磁束を形成するように配置される。マグネット30は、開口21の内方位置に配置され、プラズマ発生領域の形状に対応している。

[0047] また、メインローラ172には、プラズマ発生電源124が接続されてプラズマ発生電力が供給可能とされる。プラズマ発生電源124は、交流電源または直流電源とされる。プラズマ発生電源124は、プラズマ発生部を構成する。

[0048] 蒸着装置100は、以上のような構成を有する。

なお図示せずとも、蒸着装置100は、蒸着源10や搬送機構170、真空ポンプP1、ガス供給部S0、プラズマ発生電源124、マグネット30等を制御する制御部を備える。上記制御部は、CPUやメモリを含むコンピュータで構成され、蒸着装置100の全体の動作を制御する。

また蒸着装置100の構成は図に示す構成に限定されるものではなく、例えば、成膜部120、蒸着源10、搬送部130および回収部160の配置や大きさ等、および、蒸着源、供給するガス種、供給電位、などは適宜変更することが可能である。あるいは、蒸着装置100の上記構成要素のうちいずれかを設けないことも可能である。

[0049] 図2は、本実施形態における蒸着源を示す上面図であり、図3は、本実施形態における蒸着源を示す側断面図である。

蒸着源10は、蒸着材料を蒸発または昇華させるルツボである。

蒸着源 10 は、図 2、図 3 に示すように、冷却部 18 を備えたハースライナー 11 と、ハースライナー 11 に収納されてその内部に蒸着材料を入れる複数のライナー 12～16 と、を有する。

本実施形態においては、ハースライナー 11 に収納されるライナー 12～16 を 5 個としたが、ルツボの構造は、この分割数に限定されることはなく、共蒸着の条件によって、その数を適宜設定することができる。特に、基材 F の Z 方向における幅寸法、および、共蒸着に使用される蒸着材料の種類数によって、ルツボとしての分割数、つまり、ハースライナー 11 に設置されるライナー 12～16 の個数を設定することができる。

[0050] ハースライナー 11 は、図 2、図 3 に示すように、平面視して矩形状の箱体とされる。

ハースライナー 11 は、ハースライナー 11 の長手方向が、基材 F の移動方向と直交する Z 方向に沿うように成膜部 120 に配置される。ハースライナー 11 は、基材 F の下方位置に配置される。

ハースライナー 11 は、例えば、銅 (Cu) 等の金属製の基体である。

ハースライナー 11 は、その上部が矩形輪郭を有して開口している。ハースライナー 11 の上部開口から、ハースライナー 11 の全周において、壁部 11a が下方に延びている。

[0051] ハースライナー 11 の壁部 11a および底部 11b には、冷却部 18 として、冷媒を還流させる冷却通路 18a が設けられる。冷却通路 18a は、ハースライナー 11 の外部に配置された冷却源 18b に接続される。冷却源 18b は、冷却通路 18a に冷媒を供給する。冷却源 18b は、成膜部 120 の外部に配置されてもよい。

ハースライナー 11 の内部には、複数のライナー 12～16 が収納される。

[0052] ライナー 12～16 は、ハースライナー 11 よりも小さな平面視して矩形状の箱体とされる。ライナー 12～16 は、いずれもハースライナー 11 の底部 11b に載置される。

ライナー１２～１６の各々は、同形の開口を上部に有する。つまり、ライナー１２～１６の各々は、互いに同じ開口面積を有している。また、ライナー１２～１６は、蒸着条件によって、互いに異なる開口面積を有していてもよい。

複数のライナー１２～１６の開口の上縁が面一となるように、ライナー１２～１６の壁部１２ａ～１６ａが形成される。また、ライナー１２～１６における開口の上縁は、ハースライナー１１の開口上縁と面一か、ハースライナー１１の開口上縁よりも高く形成される。

[0053] ライナー１２～１６は、ハースライナー１１の長手方向に隣接して並べられる。したがって、ライナー１２～１６は、基材Ｆの移動方向と直交するＺ方向に沿うように並べられる。

ライナー１２～１６の壁部１２ａ～１６ａは、ハースライナー１１（周囲部材）の壁部１１ａあるいは、隣接するライナー（周囲部材、１２～１６）の壁部（１２ａ～１６ａ）に対向している。特に、ライナー１２の壁部１２ａは、ハースライナー１１（周囲部材）の壁部１１ａと、ライナー１２に隣接するライナー１３（周囲部材）の壁部１３ａに対向している。ライナー１３の壁部１３ａは、ハースライナー１１（周囲部材）の壁部１１ａと、ライナー１３に隣接するライナー１２（周囲部材）の壁部１２ａと、ライナー１３に隣接するライナー１４（周囲部材）の壁部１４ａに対向している。ライナー１４の壁部１４ａは、ハースライナー１１（周囲部材）の壁部１１ａと、ライナー１４に隣接するライナー１３（周囲部材）の壁部１３ａと、ライナー１４に隣接するライナー１５（周囲部材）の壁部１５ａに対向している。ライナー１５の壁部１５ａは、ハースライナー１１（周囲部材）の壁部１１ａと、ライナー１５に隣接するライナー１４（周囲部材）の壁部１４ａと、ライナー１５に隣接するライナー１６（周囲部材）の壁部１６ａに対向している。ライナー１６の壁部１６ａは、ハースライナー１１（周囲部材）の壁部１１ａと、ライナー１６に隣接するライナー１５（周囲部材）の壁部１５ａに対向している。ライナー１２～１６の底部１２ｂ～１６ｂは、いずれ

もハースライナー１１の底部１１ｂと密着している。

ライナー１２～１６は、冷却効率を高く設定するために、例えば熱伝導率の高い金属製とされる。

[0054] 本実施形態のライナー１２～１６には、リチウムを含む化合物膜を形成するための共蒸着に使用するため、それぞれ、互いに異なる蒸着材料を入れる。この場合、ライナー１２～１６のうち隣り合うライナーには、互いに異なる蒸着材料を入れることが好ましい。また、ライナーの数が奇数である場合、すなわち、ライナー１２～１６をハースライナー１１に配置する場合には、ライナーの内部に入れる蒸着材料の蒸気圧、加熱温度によって、その個数を設定することができる。

ライナー１２～１６を形成する材料の各々は、共蒸着時における加熱状態の蒸着材料と反応しない材質とされる。つまり、ライナー１２～１６を形成する材料の各々は、それぞれの入れる蒸着材料に応じて選択され、それぞれが共蒸着時における加熱状態の蒸着材料と反応しない材質とされる。

[0055] ここで、ライナー１２～１６のうち、蒸着材料としてリチウムを入れるライナーは、タンタルから形成されることができる。

また、ライナー１２～１６のうち、リチウムを含まない蒸着材料を入れるライナーは、銅から形成されることができる。

また、ライナー１２～１６のうち、リチウムを含む蒸着材料を入れるライナーは、タンタルから形成されることができる。

また、ライナー１２～１６のうち、リチウムを含む蒸着材料を入れるライナーは、銅から形成されることができる。

なお、ライナー１２～１６において、ライナーをタンタルから形成する場合には、ライナーを銅で形成する場合よりも加熱状態における設定温度が高い蒸着材料に適用することができる。なお、ライナー１２～１６は、タンタル、タングステン、モリブデン、ニオブ等の２４００℃以上の融点を有する高融点金属の単体および合金から形成することもできる。

[0056] 具体的には、ライナー１２～１６において、ライナーに蒸着材料としてＣ

oO、 Li_2O 、を入れる場合には、ライナーをCuから形成されることができる。ライナー12～16において、ライナーに蒸着材料としてLiを入れる場合には、ライナーをTaから形成されることができる。

[0057] 図4は、本実施形態における蒸着源におけるライナー配置の一例を示す説明図であり、図5は、本実施形態における蒸着源におけるライナー配置の他の例を示す説明図である。

図4に示すように、ライナー12～16に蒸着材料としてCoO及びLiを入れる場合には、ライナー12, 14, 16にCoOを入れ、ライナー13, 15にLiを入れる配置とすることができる。このとき、ライナー12, 14, 16をCuで形成し、ライナー13, 15をTaで形成することができる。

図5に示すように、ライナー12～16に蒸着材料としてCoOと、 Li_2O を入れる場合には、ライナー12, 14, 16にCoOを入れ、ライナー13, 15に Li_2O を入れる配置とすることができる。このとき、ライナー12～16をCuで形成することができる。

[0058] 基材Fの移動方向であるX方向において、ライナー12～16の寸法は、それぞれハースライナー11の幅寸法よりも小さく設定される。また、基材Fの移動方向と直交するZ方向において、ライナー12～16の寸法の合計は、ハースライナー11の長手寸法よりも小さく設定される。

蒸着源10において、ライナー12～16がハースライナー11の内部に配置された構造において、加熱状態でライナー12～16の壁部12a～16aが周囲部材と接触し、その一方、非加熱状態で壁部と周囲部材との間にはギャップが生じる。

[0059] ライナー12は、そのZ方向に延在する壁部12aを有し、ハースライナー11は、壁部11aと、壁部11aに対向する壁部12aとの間に、X方向のギャップG12Xを有する。ギャップG12Xは、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。具体的には、ギャップG12Xは、ライナー12の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。ギャップG

12Xは、ライナー12のX方向の寸法と、ライナー12の材質に応じて熱膨張したX方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー12の壁部12aが、ハースライナー11の壁部11aと密着するようにギャップG12Xが設定される。

なお、図2に示すように、ハースライナー11は、右側及び左側に位置する2つの壁部11aを有しており、この2つの壁部11aの間に、ライナー12が配置されている。ここで、非加熱状態において、ライナー12の外形寸法と2つの壁部11aが離間する距離との間に寸法差がある。この差が、ギャップである。例えば、非加熱状態において、右側の壁部11aと、この右側の壁部11aに面する壁部12aとの間にギャップが生じることがあり、左側の壁部11aと、この左側の壁部11aに面する壁部12aとの間にギャップが生じることがある。このギャップを説明するために、図2は、非加熱状態において、右側の壁部11aとライナー12の壁部12aとの間のみに、ギャップG12Xが生じる場合を模式的に示している。換言すると、ギャップG12Xは、右側の壁部11aに生じるギャップと、左側の壁部11aに生じるギャップとの和である。また、非加熱状態の場合と加熱状態の場合とにおけるX方向のギャップの違いに関し、ギャップG12Xは、非加熱状態におけるギャップ（非加熱状態において2つの壁部11aが離間する距離とライナー12の外形寸法との差）と、加熱状態におけるギャップとの差（加熱状態において2つの壁部11aが離間する距離とライナー12の外形寸法との差）を示す。なお、壁部13a、14a、15a、16aに関するギャップG13X、G14X、G15X、G16Xの定義は、上記のギャップG12Xの定義と同じである。

[0060] 同様に、ライナー13は、そのZ方向に延在する壁部13aを有し、ハースライナー11は、壁部11aと、壁部11aに対向する壁部13aとの間に、X方向のギャップG13Xを有する。ギャップG13Xは、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。具体的には、ギャップG13Xは、ライナー13の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。ギ

ギャップG13Xは、ライナー13のX方向の寸法と、ライナー13の材質に応じて熱膨張したX方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー13の壁部13aが、ハースライナー11の壁部11aと密着するようにギャップG13Xが設定される。

[0061] 同様に、ライナー14は、そのZ方向に延在する壁部14aを有し、ハースライナー11は、壁部11aと、壁部11aに対向する壁部14aとの間に、X方向のギャップG14Xを有する。ギャップG14Xは、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。具体的には、ギャップG14Xは、ライナー14の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。ギャップG14Xは、ライナー14のX方向の寸法と、ライナー14の材質に応じて熱膨張したX方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー14の壁部14aが、ハースライナー11の壁部11aと密着するようにギャップG14Xが設定される。

[0062] 同様に、ライナー15は、そのZ方向に延在する壁部15aを有し、ハースライナー11は、壁部11aと、壁部11aに対向する壁部15aとの間に、X方向のギャップG15Xを有する。ギャップG15Xは、ライナー15の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。具体的には、ギャップG15Xは、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。ギャップG15Xは、ライナー15のX方向の寸法と、ライナー15の材質に応じて熱膨張したX方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー15の壁部15aが、ハースライナー11の壁部11aと密着するようにギャップG15Xが設定される。

[0063] 同様に、ライナー16は、そのZ方向に延在する壁部16aを有し、ハースライナー11は、壁部11aと、壁部11aに対向する壁部16aとの間に、X方向のギャップG16Xを有する。ギャップG16Xは、ライナー16の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。具体的には、ギャップG16Xは、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。ギャップG16Xは、ライナー16のX方向の寸法と、ライナー16の材質に

応じて熱膨張したX方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー16の壁部16aが、ハースライナー11の壁部11aと密着するようにギャップG16Xが設定される。

[0064] 同様に、Z方向において対向するハースライナー11の2つの壁部11a（上述した左側の壁部11a及び右側の壁部11aに直交する壁部11a）の間において、ライナー12～16は、Z方向のギャップG12Z、G13Z、G14Z、G15Z、G16Zを有するように配列している。後述するように、ギャップG12Z、G13Z、G14Z、G15Z、G16Zの寸法の和はG11Zで表され、ギャップG12Z、G13Z、G14Z、G15Z、G16Zの各々は、ギャップG11Zの一部である。

具体的には、Z方向において、ハースライナー11の壁部11aとライナー12の壁部12aとの間にギャップG12Zがあり、ライナー12の壁部12aとライナー13の壁部13aとの間にギャップG13Zがあり、ライナー13の壁部13aとライナー14の壁部14aとの間にギャップG14Zがあり、ライナー14の壁部14aとライナー15の壁部15aとの間にギャップG15Zがあり、ライナー15の壁部15aとライナー16の壁部16aとの間にギャップG16Zがある。

[0065] このギャップG11Zは、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。具体的には、ギャップG11Zは、ライナー12～16のZ方向寸法の和と、ライナー12～16におけるそれぞれの材質の熱膨張率に対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー12～16のZ方向における両端部に位置する壁部12a及び壁部16aが、Z方向にて壁部12a及び壁部16aと対向するハースライナー11の壁部11aと密着するように、熱伸びしたライナー12～16のうち隣接する2つのライナーが互いにZ方向に密着するように、ギャップG11Zが設定される。

[0066] ギャップG11Zは、このように、それぞれのライナー12～16における個々の材質の熱膨張率に対応して設定される。つまり、ライナー12のZ

方向の寸法とライナー１２の材質の熱膨張率とに対応したギャップG 1 2 Zと、ライナー１３のZ方向の寸法とライナー１３の材質の熱膨張率とに対応したギャップG 1 3 Zと、ライナー１４のZ方向の寸法とライナー１４の材質の熱膨張率とに対応したギャップG 1 4 Zと、ライナー１５のZ方向の寸法とライナー１５の材質の熱膨張率とに対応したギャップG 1 5 Zと、ライナー１６のZ方向の寸法とライナー１６の材質の熱膨張率とに対応したギャップG 1 6 Zと、の和として、ギャップG 1 1 Zは、設定される。

[0067] つまり、Z方向においてライナー１２～１６とハースライナー１１とは、以下の寸法関係を有する。

$$G 1 1 Z = G 1 2 Z + G 1 3 Z + G 1 4 Z + G 1 5 Z + G 1 6 Z$$

これらのギャップG 1 2 X～G 1 6 X，G 1 1 Z～G 1 6 Zは、いずれも、ライナー１２～１６の材質によってそれぞれ設定されることになる。したがって、ライナー１２～１６の材質が異なったものとされた場合には、ギャップG 1 2 X～G 1 6 X，G 1 1 Z～G 1 6 Zの値も対応して変更される。

[0068] ここで、ライナー１２～１６において、それぞれのギャップG 1 2 X～G 1 6 X，G 1 1 Z～G 1 6 Zは、室温から5 0 0℃に加熱した際の熱伸び寸法に対して、ライナー１２～１６の寸法に対する比として設定される。

以下の説明では、ギャップG 1 2 Xのライナー１２寸法に対する比をR X 1 2と称し、ギャップG 1 3 Xのライナー１３寸法に対する比をR X 1 3と称し、ギャップG 1 4 Xのライナー１４寸法に対する比をR X 1 4と称し、ギャップG 1 5 Xのライナー１５寸法に対する比をR X 1 5と称し、及びギャップG 1 6 Xのライナー１６寸法に対する比をR X 1 6と称する。

[0069] 具体的には、X方向において、ライナー１２～１６がC uからなる場合には、比R X 1 2、R X 1 3、R X 1 4、R X 1 5、R X 1 6の各々が、0. 0 0 0 7～0. 0 0 8 3 9の範囲となるように設定される。また、ライナー１２～１６がT aからなる場合には、比R X 1 2、R X 1 3、R X 1 4、R X 1 5、R X 1 6の各々が、0. 0 0 0 7～0. 0 0 3 2の範囲となるよう

に設定される。

[0070] 比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々が上記の範囲の下限值よりも小さく、例えば0mmより大きいギャップを有するようにライナー12～16をハースライナー11内部に収納可能な程度に設定することもできる。しかしながら、この場合には、形状の経時変化や加工精度によって、ライナー12～16をハースライナー11内部に収納することができなくなる虞があるため、比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々を上記の範囲とすることが好ましい。また、比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々が上記の範囲の上限值よりも大きい場合には、ライナー12～16が、熱膨張した際にハースライナー11内部に接触しない場合があり、充分冷却することができなくなるため好ましくない。

[0071] また、X方向におけるライナー12～16の外形幅寸法は、40mm～150mmの範囲とし、Z方向におけるライナー12～16の外形縦寸法は、40mm～150mmの範囲とすることができる。

ここで、例えば、ライナー12～16がCuからなる場合には、ギャップG12X～G16Xが、0.05mm～0.60mmの範囲となるように設定されることができる。また、ライナー12～16がTaからなる場合には、ギャップG12X～G16Xが、0.05mm～0.23mmの範囲となるように設定されることができる。

[0072] ギャップG12X～G16Xが上記の範囲の下限值よりも小さく、例えば0mmより大きいギャップを有するようにライナー12～16をハースライナー11内部に収納可能な程度に設定することもできる。しかしながら、この場合には、形状の経時変化や加工精度によって、ライナー12～16をハースライナー11内部に収納することができなくなる虞があるため、比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々を上記の範囲とすることが好ましい。また、ギャップG12X～G16Xが上記の範囲の上限值よりも大きい場合には、ライナー12～16が、熱膨張した際にハースライ

ナー 1 1 内部に接触しない場合があり、充分冷却することができなくなるため好ましくない。

[0073] 次に、ライナー 1 2～1 6 のうち 2 つの材質が互いに異なる場合のギャップ G_{11Z} について説明する。まず、1 つのライナーが Cu からなる場合には、その Cu ライナーの Z 方向の寸法に対するギャップの比は、 $0.0007 \sim 0.00839$ の範囲となるように設定される。また、1 つのライナーが Ta からなる場合には、その Ta ライナーの Z 方向の寸法に対するギャップの比は、 $0.0007 \sim 0.0032$ の範囲となるように設定される。

ここで、ハースライナー 1 1 におけるギャップ G_{11Z} (G_{12Z} 、 G_{13Z} 、 G_{14Z} 、 G_{15Z} 、 G_{16Z} の和) は、ハースライナー 1 1 に収納される Cu ライナー及び Ta ライナー個数と、上記のギャップ比とによって求まる。具体的に、Cu ライナーの個数と、Cu の場合の上記ギャップ比 ($0.0007 \sim 0.00839$) とを乗じて、ギャップの値を得る。同様に、Ta ライナーの個数と、Ta の場合の上記ギャップ比 ($0.0007 \sim 0.0032$) とを乗じて、ギャップの値を得る。得られたギャップを加算して得られた値がギャップ G_{11Z} となる。

以下の説明では、ギャップ G_{12Z} のライナー 1 2 寸法に対する比を RZ_{12} と称し、ギャップ G_{13Z} のライナー 1 3 寸法に対する比を RZ_{13} と称し、ギャップ G_{14Z} のライナー 1 4 寸法に対する比を RZ_{14} と称し、ギャップ G_{15Z} のライナー 1 5 寸法に対する比を RZ_{15} と称し、及びギャップ G_{16Z} のライナー 1 6 寸法に対する比を RZ_{16} と称する。

[0074] 複数のライナー 1 2～1 6 が並べられる Z 方向において、比 RZ_{12} 、 RZ_{13} 、 RZ_{14} 、 RZ_{15} 、 RZ_{16} の各々が上記の範囲の下限値よりも小さく、例えば 0 mm より大きいギャップを有するようにライナー 1 2～1 6 をハースライナー 1 1 内部に収納可能な程度に設定することもできる。しかしながら、この場合には、形状の経時変化や加工精度によって、ライナー 1 2～1 6 をハースライナー 1 1 内部に収納することができなくなる虞があるため、比 RZ_{12} 、 RZ_{13} 、 RZ_{14} 、 RZ_{15} 、 RZ_{16} の各々を上

記の範囲とすることが好ましい。同様に、比R Z 1 2、R Z 1 3、R Z 1 4、R Z 1 5、R Z 1 6の各々が上記の範囲の上限値よりも大きい場合には、ライナー1 2～1 6が、熱膨張した際にハースライナー1 1内部に接触しない場合があり、充分冷却することができなくなるため好ましくない。

[0075] 本実施形態の蒸着源1 0において、図4に示すように、銅からなる5つのライナー1 2～1 6がハースライナー1 1の内部にZ方向に隣接して配置される場合、非加熱状態におけるギャップG 1 2 X～G 1 6 X、G 1 1 Z～G 1 6 Zが、次のように設定されることが好ましい。

[0076] 具体的に図4に示す例では、構成材料であるCuに対応して次の構造が設定される。

Cuからなるライナー1 2のX方向外形幅寸法に対するギャップG 1 2 Xの比は、0. 0 0 0 7～0. 0 0 8 3 9の範囲となるように設定される。ギャップG 1 2 Xが、0. 0 5 mm～0. 6 0 mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー1 3のX方向外形幅寸法に対するギャップG 1 3 Xの比は、0. 0 0 0 7～0. 0 0 8 3 9の範囲となるように設定される。ギャップG 1 3 Xが、0. 0 5 mm～0. 6 0 mmの範囲に設定される。

[0077] Cuからなるライナー1 4のX方向外形幅寸法に対するギャップG 1 4 Xの比は、0. 0 0 0 7～0. 0 0 8 3 9の範囲となるように設定される。ギャップG 1 4 Xが、0. 0 5 mm～0. 5 0 mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー1 5のX方向外形幅寸法に対するギャップG 1 5 Xの比は、0. 0 0 0 7～0. 0 0 8 3 9の範囲となるように設定される。ギャップG 1 5 Xが、0. 0 5 mm～0. 6 0 mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー1 6のX方向外形幅寸法に対するギャップG 1 6 Xの比は、0. 0 0 0 7～0. 0 0 8 3 9の範囲となるように設定される。ギャップG 1 6 Xが、0. 0 5 mm～0. 6 0 mmの範囲に設定される。

[0078] Cuからなるライナー1 2～1 6のZ方向外形縦寸法の和に対するギャップG 1 1 Zの比は、0. 0 0 3 5～0. 0 4 2の範囲となるように設定される。ギャップG 1 1 Zが、0. 2 5 mm～3. 0 mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー12のZ方向外形縦寸法に対するギャップG12Zの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG12Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー13のZ方向外形縦寸法に対するギャップG13Zの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG13Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

[0079] Cuからなるライナー14のZ方向外形縦寸法に対するギャップG14Zの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG14Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー15のZ方向外形縦寸法に対するギャップG15Zの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG15Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー16のZ方向外形縦寸法に対するギャップG16Zの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG16Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

[0080] 本実施形態の蒸着源10において、図5に示すように、銅からなる3つのライナー12, 14, 16と、タンタルからなる2つのライナー13, 15とが、ハースライナー11の内部にZ方向に隣接して配置される場合、非加熱状態におけるギャップG12X～G16X, G11Z～G16Zが、次のように設定されることが好ましい。

[0081] 具体的に図5に示す例では、構成材料であるCuおよびTaに対応して次の構造が設定される。

Cuからなるライナー12のX方向外形幅寸法に対するギャップG12Xの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG12Xが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー13のX方向外形幅寸法に対するギャップG13Xの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG13Xが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

[0082] Cuからなるライナー14のX方向外形幅寸法に対するギャップG14Xの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG14Xが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー15のX方向外形幅寸法に対するギャップG15Xの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG15Xが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー16のX方向外形幅寸法に対するギャップG16Xの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG16Xが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

[0083] ライナー12～16のZ方向外形縦寸法の和に対するギャップG11Zの比は、Cu及びTaに関する上記の比に対応するように、0.0035～0.0316の範囲となるように設定される。ギャップG11Zが、0.25mm～2.26mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー12のZ方向外形縦寸法に対するギャップG12Zの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG12Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー13のZ方向外形縦寸法に対するギャップG13Zの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG13Zが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

[0084] Cuからなるライナー14のZ方向外形縦寸法に対するギャップG14Zの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG14Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー15のZ方向外形縦寸法に対するギャップG15Zの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG15Zが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー16のZ方向外形縦寸法に対するギャップG16Zの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG16Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

[0085] 蒸着装置 100 における成膜方法について説明する。

なお、以下の成膜方法としては、ウェブ状の基材 F 上に、薄膜として酸素およびリチウムを含有する化合物膜を形成する方法について説明する。特に、 LiCoO_2 （コバルト酸リチウム）からなる化合物膜を形成する方法について説明する。

[0086] LiCoO_2 （コバルト酸リチウム）は、バッテリーや二次電池用の正極界面として適している。このために使用される典型的な層系では、数 μm 程度の層厚さを有する LiCoO_2 層を成膜可能とする。

[0087] 電子ビーム被覆法を用いた LiCoO_2 層の析出も可能である。この場合、図 4 に示すように、 Li_2O （酸化リチウム）と CoO （酸化コバルト）、あるいは、図 5 に示すようにリチウム（ Li ）と CoO （酸化コバルト）が、直接に蒸着材料に作用する電子ビームによって、酸素含有の反応性ガス雰囲気内で蒸発させられる。

[0088] 少なくとも元素リチウムを有する蒸着材料として、図 5 に示すようにライナー 12～16 に CoO 及び Li を交互に入れる。具体的に、ライナー 12、14、16 に CoO を入れ、ライナー 13、15 に Li を入れる。この蒸着材料を、真空チャンバ内部で熱的な蒸発装置によって蒸発させることにより、基板上に LiCoO_2 層を析出する。

[0089] このとき、加熱前のライナー 12～16 は、X 方向において、いずれもハースライナー 11 の内部において、それぞれギャップ $G12X \sim G16X$ の半分の値でハースライナー 11 の壁部 11a から離間するように設置される。また、加熱前のライナー 12～16 は、Z 方向において、ギャップ $G12Z \sim G16Z$ の和を等分（和を 5 等分）した距離で互いに離間するように配置される。つまり、加熱前のライナー 12～16 は、いずれも加熱時の熱伸びに対応する距離を有して互いに周囲部材から離間するように配置される。

[0090] なお、図 2、図 3 においては、ギャップ $G12X \sim G16Z$ の説明のために、ライナー 12～16 がハースライナー 11 の一方の内壁面に接触しているが、それぞれのライナー 12～16 は、X 方向および Z 方向で、周囲部材

と均等な間隔を有して離間するように配置された後、ライナーは加熱される。このとき、電子ビームEBの走査によって加熱をおこなう際には、均等な間隔が維持された状態でライナー12～16を加熱することが好ましい。

[0091] そして、蒸着材料を直接に電子銃EB0から照射された電子ビームEBによって蒸発させる。同時に、酸素含有の成分、好ましくは酸素含有の反応性ガスが真空チャンバ内へ導入され、そして立ち上がる蒸気粒子雲がプラズマによって貫通される。

[0092] 酸素含有の反応性ガスとしては、たとえば酸素(O_2)のようなガスが適している。酸素含有の反応性ガスの導入に対して、たとえば酸素含有のプレカーサ（前駆体）を真空チャンバ内へ導入することもできる。

[0093] 蒸着装置100における成膜においては、まず、真空チャンバ110内を排気し、成膜部120、搬送部130および回収部160を所定の真空度に維持する。

また、基材Fを支持する搬送機構170を駆動させ、基材Fを巻出しローラ171から巻取りローラ173に向けて搬送させる。基材Fは、成膜部120において、X方向に沿って搬送（移動）される。

なお、基材Fには、あらかじめ、集電体などが所定の領域に形成されている。

[0094] 成膜部120では、ガス供給部S0から成膜部120内に酸素を含有するガスが導入される。

また、成膜部120では、接続されたプラズマ発生電源124から、メインローラ172にプラズマ発生電力が供給される。同時に、成膜部120では、接続された電源から供給された電力によって、マグネット30が磁束を発生する。

これにより、開口21付近のプラズマ発生領域にプラズマが発生する。

[0095] 成膜部120では、蒸着源10がイオンビームEBによって加熱されて、ライナー12～16からリチウムを含む蒸着材料とコバルトを含む蒸着材料とを蒸発させ、メインローラ172上の基材Fに向けて出射するリチウムお

よびコバルトを含む蒸着材料（成膜原料）の蒸気流を形成する。

[0096] このとき、各ライナー１２～１６に収納された蒸着材料の加熱条件は、それぞれの蒸着材料の蒸気圧、昇華温度、蒸発量、共蒸着に必要な比率、共蒸着に必要な投入パワー等に応じて設定される。

また、リチウムおよびコバルトを含む蒸着材料（成膜原料）の蒸気流は、シールド２０の開口２１によって、基材Ｆへの到達領域を規制される。

[0097] シールド２０の開口２１付近の領域において、プラズマ化された酸素ガスによって活性化されたリチウムおよびコバルトを含む蒸着粒子は、酸素を含有した化合物膜として基材Ｆの表面に成膜される。

[0098] 共蒸着に応じた加熱状態では、各ライナー１２～１６は温度上昇する。これにともなって、各ライナー１２～１６は、それぞれの材料に応じて熱膨張率に従って熱伸びする。この結果、各ライナー１２～１６は、壁部１２ａ～１６ａが、対向状態で隣接するハースライナー１１の壁部１１ａ、あるいは、対向状態で隣接する壁部１２ａ～１６ａと接触する。

[0099] つまり、各ライナー１２～１６は、ハースライナー１１の内部で、それぞれのギャップＧ１２Ｘ～Ｇ１６Ｚがゼロになるように熱膨張する。

各ライナー１２～１６の壁部１２ａ～１６ａは、いずれも、壁部に対向して隣接する周囲部材に密着することになる。

[0100] このとき、冷却部１８によって冷却されたハースライナー１１に接触していることよって、各ライナー１２～１６は、壁部１２ａ～１６ａから壁部１１ａおよび底部１１ｂへの熱伝導により冷却される。また、各ライナー１２～１６は、隣接するライナー１２～１６の壁部１２ａ～１６ａへの熱伝導により冷却される。

[0101] これにより、各ライナー１２～１６は、内部の蒸着材料と化学的に反応しない温度範囲に維持される。同時に、各ライナー１２～１６の開口中央部分に位置する蒸着材料が熔融され、蒸発または昇華する。壁部１２ａ～１６ａに近接する開口周縁部分に位置する蒸着材料は、熔融していないか、温度上昇が緩やかな状態を維持する。

[0102] したがって、本実施形態における蒸着装置 100 は、コンタミネーションの発生、あるいは、組成比の変化などを起こすことなく、共蒸着をおこなうことができる。

[0103] これにより、本実施形態における蒸着装置 100 は、互いに異なる蒸着材料を交互に配置したライナー 12～16 によって、化合物膜における膜組成を好ましい範囲に設定可能として、膜特性の向上した化合物膜を製造することが可能となる。

[0104] また、本実施形態の蒸着装置 100 がロールトゥロール装置である場合を説明したが、本発明は、この構成に限定されるものではなく、基板搬送中に枚葉の基板に成膜する構成としてもよい。また、本実施形態の蒸着装置は、リチウム化合物膜の成膜部以外に、他の成膜部や、他の処理部を有することも可能である。

[0105] 以下、本発明に係る蒸着装置の第 2 実施形態を、図面に基づいて説明する。

図 6 は、本実施形態における蒸着源におけるライナー配置の一例を示す説明図であり、図 7 は、本実施形態における蒸着源におけるライナー配置の他の例を示す説明図である。本実施形態において、上述した第 1 実施形態と異なるのは、LiPON からなる化合物膜を形成する点であり、これ以外の上述した第 1 実施形態と対応する構成には同一の符号を付してその説明を省略する。

[0106] 本実施形態においては、ライナー 12～16 のうち少なくとも 1 つに LiPON 形成用の蒸着材料として Li_3N を入れる場合には、そのライナーは Cu から形成されることができる。また、ライナー 12～16 のうち少なくとも 1 つに LiPON 形成用の蒸着材料として LPO や Li を入れる場合には、そのライナーは Ta から形成されることができる。

[0107] 図 6 に示すように、ライナー 12～16 に蒸着材料として LPO と、 Li_3N とを入れる場合には、ライナー 12, 14, 16 に LPO を入れ、ライナー 13, 15 に Li_3N を入れる配置とすることができる。このとき、ライナ

ー 1 2, 1 4, 1 6 を T a で形成し、ライナー 1 3, 1 5 を C u で形成することができる。

図 7 に示すように、ライナー 1 2 ~ 1 6 に蒸着材料として L P O と、L i とを入れる場合には、ライナー 1 2, 1 4, 1 6 に L P O を入れ、ライナー 1 3, 1 5 に L i を入れる配置とすることができる。このとき、ライナー 1 2 ~ 1 6 を T a で形成することができる。

[0108] 基材 F の移動方向である X 方向において、ライナー 1 2 ~ 1 6 の寸法は、それぞれハースライナー 1 1 の幅寸法よりも小さく設定される。また、基材 F の移動方向と直交する Z 方向において、ライナー 1 2 ~ 1 6 の寸法の合計は、ハースライナー 1 1 の長手寸法よりも小さく設定される。

蒸着源 1 0 において、ライナー 1 2 ~ 1 6 がハースライナー 1 1 の内部に配置された構造において、加熱状態でライナー 1 2 ~ 1 6 の壁部 1 2 a ~ 1 6 a が周囲部材と接触し、その一方、非加熱状態で壁部と周囲部材との間にはギャップが生じる。

[0109] ライナー 1 2 は、その Z 方向に延在する壁部 1 2 a を有し、ハースライナー 1 1 は、壁部 1 1 a と、壁部 1 1 a に対向する壁部 1 2 a との間に、X 方向のギャップ G 1 2 X を有する。ギャップ G 1 2 X は、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。具体的には、ギャップ G 1 2 X は、ライナー 1 2 の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。ギャップ G 1 2 X は、ライナー 1 2 の X 方向の寸法と、ライナー 1 2 の材質に応じて熱膨張した X 方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー 1 2 の壁部 1 2 a が、ハースライナー 1 1 の壁部 1 1 a と密着するようにギャップ G 1 2 X が設定される。

非加熱状態の場合と加熱状態の場合とにおける X 方向のギャップの違いに関し、ギャップ G 1 2 X は、非加熱状態におけるギャップ（非加熱状態において 2 つの壁部 1 1 a が離間する距離とライナー 1 2 の外形寸法との差）と、加熱状態におけるギャップとの差（加熱状態において 2 つの壁部 1 1 a が離間する距離とライナー 1 2 の外形寸法との差）を示す。

- [0110] 同様に、ライナー１３は、そのＺ方向に延在する壁部１３ａを有し、ハースライナー１１は、壁部１１ａと、壁部１１ａに対向する壁部１３ａとの間に、Ｘ方向のギャップＧ１３Ｘを有する。ギャップＧ１３Ｘは、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。具体的には、ギャップＧ１３Ｘは、ライナー１３の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。ギャップＧ１３Ｘは、ライナー１３のＸ方向の寸法と、ライナー１３の材質に応じて熱膨張したＸ方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー１３の壁部１３ａが、ハースライナー１１の壁部１１ａと密着するようにギャップＧ１３Ｘが設定される。
- [0111] 同様に、ライナー１４は、そのＺ方向に延在する壁部１４ａを有し、ハースライナー１１は、壁部１１ａと、壁部１１ａに対向する壁部１４ａとの間に、Ｘ方向のギャップＧ１４Ｘを有する。ギャップＧ１４Ｘは、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。具体的には、ギャップＧ１４Ｘは、ライナー１４の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。ギャップＧ１４Ｘは、ライナー１４のＸ方向の寸法と、ライナー１４の材質に応じて熱膨張したＸ方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー１４の壁部１４ａが、ハースライナー１１の壁部１１ａと密着するようにギャップＧ１４Ｘが設定される。
- [0112] 同様に、ライナー１５は、そのＺ方向に延在する壁部１５ａを有し、ハースライナー１１は、壁部１１ａと、壁部１１ａに対向する壁部１５ａとの間に、Ｘ方向のギャップＧ１５Ｘを有する。ギャップＧ１５Ｘは、ライナー１５の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。具体的には、ギャップＧ１５Ｘは、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。ギャップＧ１５Ｘは、ライナー１５のＸ方向の寸法と、ライナー１５の材質に応じて熱膨張したＸ方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー１５の壁部１５ａが、ハースライナー１１の壁部１１ａと密着するようにギャップＧ１５Ｘが設定される。
- [0113] 同様に、ライナー１６は、そのＺ方向に延在する壁部１６ａを有し、ハース

スライナー 11 は、壁部 11 a と、壁部 11 a に対向する壁部 16 a との間に、X 方向のギャップ G 16 X を有する。ギャップ G 16 X は、ライナー 16 の材質に応じた熱膨張率に対応して設定される。具体的には、ギャップ G 16 X は、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。ギャップ G 16 X は、ライナー 16 の X 方向の寸法と、ライナー 16 の材質に応じて熱膨張した X 方向の寸法とに対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー 16 の壁部 16 a が、ハースライナー 11 の壁部 11 a と密着するようにギャップ G 16 X が設定される。

[0114] 同様に、Z 方向において対向するハースライナー 11 の 2 つの壁部 11 a (上述した左側の壁部 11 a 及び右側の壁部 11 a に直交する壁部 11 a) の間において、ライナー 12 ~ 16 は、Z 方向のギャップ G 12 Z、G 13 Z、G 14 Z、G 15 Z、G 16 Z を有するように配列している。後述するように、ギャップ G 12 Z、G 13 Z、G 14 Z、G 15 Z、G 16 Z の寸法の和は G 11 Z で表され、ギャップ G 12 Z、G 13 Z、G 14 Z、G 15 Z、G 16 Z の各々は、ギャップ G 11 Z の一部である。

具体的には、Z 方向において、ハースライナー 11 の壁部 11 a とライナー 12 の壁部 12 a との間にギャップ G 12 Z があり、ライナー 12 の壁部 12 a とライナー 13 の壁部 13 a との間にギャップ G 13 Z があり、ライナー 13 の壁部 13 a とライナー 14 の壁部 14 a との間にギャップ G 14 Z があり、ライナー 14 の壁部 14 a とライナー 15 の壁部 15 a との間にギャップ G 15 Z があり、ライナー 15 の壁部 15 a とライナー 16 の壁部 16 a との間にギャップ G 16 Z がある。

[0115] このギャップ G 11 Z は、共蒸着時における加熱温度での熱伸びに対応して設定される。具体的には、ギャップ G 11 Z は、ライナー 12 ~ 16 の Z 方向寸法の和と、ライナー 12 ~ 16 におけるそれぞれの材質の熱膨張率に対応して設定される。つまり、共蒸着時での加熱温度において、熱伸びしたライナー 12 ~ 16 の Z 方向における両端部に位置する壁部 12 a 及び壁部 16 a が、Z 方向にて壁部 12 a 及び壁部 16 a と対向するハースライナー

11の壁部11aと密着するように、熱伸びしたライナー12～16のうち隣接する2つのライナーが互いにZ方向に密着するように、ギャップG11Zが設定される。

[0116] ギャップG11Zは、このように、それぞれのライナー12～16における個々の材質の熱膨張率に対応して設定される。つまり、ライナー12のZ方向の寸法とライナー12の材質の熱膨張率とに対応したギャップG12Zと、ライナー13のZ方向の寸法とライナー13の材質の熱膨張率とに対応したギャップG13Zと、ライナー14のZ方向の寸法とライナー14の材質の熱膨張率とに対応したギャップG14Zと、ライナー15のZ方向の寸法とライナー15の材質の熱膨張率とに対応したギャップG15Zと、ライナー16のZ方向の寸法とライナー16の材質の熱膨張率とに対応したギャップG16Zと、の和として、ギャップG11Zは、設定される。

[0117] つまり、Z方向においてライナー12～16とハースライナー11とは、以下の寸法関係を有する。

$$G11Z = G12Z + G13Z + G14Z + G15Z + G16Z$$

これらのギャップG12X～G16X、G11Z～G16Zは、いずれも、ライナー12～16の材質によってそれぞれ設定されることになる。したがって、ライナー12～16の材質が異なったものとされた場合には、ギャップG12X～G16X、G11Z～G16Zの値も対応して変更される。

[0118] ここで、ライナー12～16において、それぞれのギャップG12X～G16X、G11Z～G16Zは、室温から500℃に加熱した際の熱伸び寸法に対して、ライナー12～16の寸法に対する比として設定される。

[0119] 具体的には、X方向において、ライナー12～16がCuからなる場合には、比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々が、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。また、ライナー12～16がTaからなる場合には、比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々が、0.0007～0.0032の範囲となるよう

に設定される。

[0120] 比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々が上記の範囲の下限值よりも小さく、例えば0mmより大きいギャップを有するようにライナー12～16をハースライナー11内部に収納可能な程度に設定することもできる。しかしながら、この場合には、形状の経時変化や加工精度によって、ライナー12～16をハースライナー11内部に収納することができなくなる虞があるため、比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々を上記の範囲とすることが好ましい。また、比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々が上記の範囲の上限值よりも大きい場合には、ライナー12～16が、熱膨張した際にハースライナー11内部に接触しない場合があり、充分冷却することができなくなるため好ましくない。

[0121] また、X方向におけるライナー12～16の外形幅寸法は、40mm～150mmの範囲とし、Z方向におけるライナー12～16の外形縦寸法は、40mm～150mmの範囲とすることができる。

ここで、例えば、ライナー12～16がCuからなる場合には、ギャップG12X～G16Xが、0.05mm～0.60mmの範囲となるように設定されることができる。また、ライナー12～16がTaからなる場合には、ギャップG12X～G16Xが、0.05mm～0.23mmの範囲となるように設定されることができる。

[0122] ギャップG12X～G16Xが上記の範囲の下限值よりも小さく、例えば0mmより大きいギャップを有するようにライナー12～16をハースライナー11内部に収納可能な程度に設定することもできる。しかしながら、この場合には、形状の経時変化や加工精度によって、ライナー12～16をハースライナー11内部に収納することができなくなる虞があるため、比RX12、RX13、RX14、RX15、RX16の各々を上記の範囲とすることが好ましい。また、ギャップG12X～G16Xが上記の範囲の上限值よりも大きい場合には、ライナー12～16が、熱膨張した際にハースライ

ナー 1 1 内部に接触しない場合があり、充分冷却することができなくなるため好ましくない。

- [0123] 次に、Z方向に関し、1つのライナーがCuからなる場合には、そのCuライナーのZ方向の寸法に対するギャップの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。また、1つのライナーがTaからなる場合には、そのTaライナーのZ方向の寸法に対するギャップの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。

ここで、ハースライナー 1 1 におけるギャップ G_{11Z} (G_{12Z} 、 G_{13Z} 、 G_{14Z} 、 G_{15Z} 、 G_{16Z} の和) は、ハースライナー 1 1 に収納されるCuライナー及びTaライナー個数と、上記のギャップ比とによって求まる。具体的に、Cuライナーの個数と、Cuの場合の上記ギャップ比 (0.0007～0.00839) とを乗じて、ギャップの値を得る。同様に、Taライナーの個数と、Taの場合の上記ギャップ比 (0.0007～0.0032) とを乗じて、ギャップの値を得る。得られたギャップを加算して得られた値がギャップ G_{11Z} となる。

- [0124] 複数のライナー 1 2～1 6 が並べられるZ方向において、比 R_{Z12} 、 R_{Z13} 、 R_{Z14} 、 R_{Z15} 、 R_{Z16} の各々が上記の範囲の下限值よりも小さく、例えば0 mmより大きいギャップを有するようにライナー 1 2～1 6 をハースライナー 1 1 内部に収納可能な程度に設定することもできる。しかしながら、この場合には、形状の経時変化や加工精度によって、ライナー 1 2～1 6 をハースライナー 1 1 内部に収納することができなくなる虞があるため、比 R_{Z12} 、 R_{Z13} 、 R_{Z14} 、 R_{Z15} 、 R_{Z16} の各々を上記の範囲とすることが好ましい。同様に、比 R_{Z12} 、 R_{Z13} 、 R_{Z14} 、 R_{Z15} 、 R_{Z16} の各々が上記の範囲の上限値よりも大きい場合には、ライナー 1 2～1 6 が、熱膨張した際にハースライナー 1 1 内部に接触しない場合があり、充分冷却することができなくなるため好ましくない。

- [0125] 本実施形態の蒸着源 1 0 において、図 6 に示すように、Taからなる3つのライナー 1 2，1 4，1 6 と、Cuからなる2つのライナー 1 3，1 5 と

が、ハースライナー 11 の内部に Z 方向に隣接して交互に配置される場合、非加熱状態におけるギャップ G12X~G16X, G11Z~G16Z が、次のように設定されることが好ましい。

[0126] 具体的に図 6 に示す例では、構成材料である Cu および Ta に対応して次の構造が設定される。

Ta からなるライナー 12 の X 方向外形幅寸法に対するギャップ G12X の比は、0.0007~0.0032 の範囲となるように設定される。ギャップ G12X が、0.05mm~0.23mm の範囲に設定される。

Cu からなるライナー 13 の X 方向外形幅寸法に対するギャップ G13X の比は、0.0007~0.00839 の範囲となるように設定される。ギャップ G13X が、0.05mm~0.60mm の範囲に設定される。

[0127] Ta からなるライナー 14 の X 方向外形幅寸法に対するギャップ G14X の比は、0.0007~0.0032 の範囲となるように設定される。ギャップ G14X が、0.05mm~0.23mm の範囲に設定される。

Cu からなるライナー 15 の X 方向外形幅寸法に対するギャップ G15X の比は、0.0007~0.00839 の範囲となるように設定される。ギャップ G15X が、0.05mm~0.60mm の範囲に設定される。

Ta からなるライナー 16 の X 方向外形幅寸法に対するギャップ G16X の比は、0.0007~0.0032 の範囲となるように設定される。ギャップ G16X が、0.05mm~0.23mm の範囲に設定される。

[0128] ライナー 12~16 の Z 方向外形縦寸法の和に対するギャップ G11Z の比は、Cu 及び Ta に関する上記の比に対応するように、0.0035~0.0264 の範囲となるように設定される。ギャップ G11Z が、0.25mm~1.89mm の範囲に設定される。

Ta からなるライナー 12 の Z 方向外形縦寸法に対するギャップ G12Z の比は、0.0007~0.0032 の範囲となるように設定される。ギャップ G12Z が、0.05mm~0.23mm の範囲に設定される。

Cu からなるライナー 13 の Z 方向外形縦寸法に対するギャップ G13Z

の比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG13Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

[0129] Taからなるライナー14のZ方向外形縦寸法に対するギャップG14Zの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG14Zが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

Cuからなるライナー15のZ方向外形縦寸法に対するギャップG15Zの比は、0.0007～0.00839の範囲となるように設定される。ギャップG15Zが、0.05mm～0.60mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー16のZ方向外形縦寸法に対するギャップG16Zの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG16Zが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

[0130] 本実施形態の蒸着源10において、図7に示すように、タンタルからなる5つのライナー12～16が、ハースライナー11の内部にZ方向に隣接して配置される場合、非加熱状態におけるギャップG12X～G16X、G11Z～G16Zが、次のように設定されることが好ましい。

[0131] 具体的に図7に示す例では、構成材料であるTaに対応して次の構造が設定される。

Taからなるライナー12のX方向外形幅寸法に対するギャップG12Xの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG12Xが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー13のX方向外形幅寸法に対するギャップG13Xの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG13Xが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

[0132] Taからなるライナー14のX方向外形幅寸法に対するギャップG14Xの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG14Xが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー15のX方向外形幅寸法に対するギャップG15Xの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャ

ップG15Xが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー16のX方向外形幅寸法に対するギャップG16Xの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG16Xが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

- [0133] Taからなるライナー12～16のZ方向外形縦寸法の和に対するギャップG11Zの比は、0.0035～0.016の範囲となるように設定される。ギャップG11Zが、0.25mm～1.15mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー12のZ方向外形縦寸法に対するギャップG12Zの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG12Zが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー13のZ方向外形縦寸法に対するギャップG13Zの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG13Zが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

- [0134] Taからなるライナー14のZ方向外形縦寸法に対するギャップG14Zの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG14Zが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー15のZ方向外形縦寸法に対するギャップG15Zの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG15Zが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

Taからなるライナー16のZ方向外形縦寸法に対するギャップG16Zの比は、0.0007～0.0032の範囲となるように設定される。ギャップG16Zが、0.05mm～0.23mmの範囲に設定される。

- [0135] 蒸着装置100における成膜方法について説明する。

なお、以下の成膜方法としては、ウェブ状の基材F上に、薄膜として窒素およびリチウムを含有する化合物膜（電解質膜）を形成する方法について説明する。特に、LiPONからなる電解質膜を形成する方法について説明する。

[0136] LiPONは、イオン伝導性を有すると同時に電子に対する非伝導性を有することに基づき、バッテリーや二次電池用の固体電解質として適している。このために使用される典型的な層系では、数 μm 程度の層厚さを有するLiPON層を成膜可能とする。

[0137] 電子ビーム被覆法を用いたLiPON層の析出も可能である。この場合、リン酸リチウム(LiPO)が、直接に蒸着材料に作用する電子ビームによって、窒素含有の反応性ガス雰囲気内で蒸発させられる。

[0138] 少なくとも元素リチウム、リンおよび酸素を包含する蒸発材料を、真空チャンバ内部で熱的な蒸発装置によって蒸発させることにより、基板上にLiPON層を析出する。

このとき、蒸着材料を直接に電子ビームによって蒸発させる。同時に、窒素含有の成分、好ましくは窒素含有の反応性ガスが真空チャンバ内へ導入され、そして立ち上がる蒸気粒子雲がプラズマによって貫通される。

[0139] 窒素含有の反応性ガスとしては、たとえばアンモニア(NH_3)、笑気(N_2O)または窒素(N_2)のようなガスが適している。窒素含有の反応性ガスの導入に対して、たとえば窒素含有のプレカーサ(前駆体)を真空チャンバ内へ導入することもできる。

[0140] 蒸着装置100における成膜においては、まず、真空チャンバ110内を排気し、成膜部120、搬送部130および回収部160を所定の真空度に維持する。

また、基材Fを支持する搬送機構170を駆動させ、基材Fを巻出しローラ171から巻取りローラ173に向けて搬送させる。基材Fは、成膜部120において、X方向に沿って搬送(移動)される。

なお、後述するように、基材Fには、あらかじめ、正極あるいは集電体などが所定の領域に形成されている。

[0141] 成膜部120では、ガス供給部S0から成膜部120内に窒素を含有するガスが導入される。

また、成膜部120では、接続されたプラズマ発生電源55から、メイン

ローラ 172 にプラズマ発生電力が供給される。同時に、成膜部 120 では、接続された電源から供給された電力によって、マグネット 30 が磁束を発生する。

これにより、プラズマ発生領域にプラズマが発生する。

[0142] 成膜部 120 の蒸着源 10 では、各ライナー 12～16 が、例えば電子ビーム等によって加熱されて、それぞれの蒸着材料（成膜原料）を蒸発させ、メインローラ 172 上の基材 F に向けて出射するリチウムを含む蒸着材料（成膜原料）の蒸気流を形成する。

このとき、各ライナー 12～16 に収納された蒸着材料の加熱条件は、それぞれの蒸着材料の蒸気圧、昇華温度、蒸発量、共蒸着に必要な比率、共蒸着に必要な投入パワー等に応じて設定される。

また、リチウムを含む蒸着材料（成膜原料）の蒸気流は、シールド 20 の開口 21 によって、基材 F への到達領域を規制される。

[0143] シールド 20 の開口 21 付近の領域において、プラズマ化された窒素ガスによって活性化されたリチウムを含む蒸着粒子は、窒素を含有した電解質膜として基材 F の表面に成膜される。

[0144] 共蒸着に応じた加熱状態では、各ライナー 12～16 は温度上昇する。これにともなって、各ライナー 12～16 は、それぞれの材料に応じて熱膨張率に従って熱伸びする。この結果、各ライナー 12～16 は、壁部 12a～16a が、対向状態で隣接するハースライナー 11 の壁部 11a、あるいは、対向状態で隣接する壁部 12a～16a と接触する。

[0145] つまり、各ライナー 12～16 は、ハースライナー 11 の内部で、それぞれのギャップ G12X～G16Z がゼロになるように熱膨張する。

各ライナー 12～16 の壁部 12a～16a は、いずれも、壁部に対向して隣接する周囲部材に密着することになる。

[0146] このとき、冷却部 18 によって冷却されたハースライナー 11 に接触していることによって、各ライナー 12～16 は、壁部 12a～16a から壁部 11a および底部 11b への熱伝導により冷却される。また、各ライナー 12

～１６は、隣接するライナー１２～１６の壁部１２ａ～１６ａへの熱伝導により冷却される。

[0147] これにより、各ライナー１２～１６は、内部の蒸着材料と化学的に反応しない温度範囲に維持される。同時に、各ライナー１２～１６の開口中央部分に位置する蒸着材料が熔融され、蒸発または昇華する。壁部１２ａ～１６ａに近接する開口周縁部分に位置する蒸着材料が熔融していないか、温度上昇が緩やかな状態を維持する。

[0148] したがって、本実施形態における蒸着装置１００は、コンタミネーションの発生、あるいは、組成比の変化などを起こすことなく、共蒸着をおこなうことができる。

[0149] これにより、本実施形態における蒸着装置１００は、互いに異なる蒸着材料を交互に配置したライナー１２～１６によって、化合物膜における組成制御を可能として、膜特性の向上した化合物膜を製造することが可能となる。

[0150] さらに、本発明においては、上記の各実施形態における個々の構成を、それぞれ組み合わせて採用することも可能である。

産業上の利用可能性

[0151] 本発明の活用例として、電解質膜として、リチウムを含む蒸着材料と窒素を含むプラズマとを用いてＬｉＰＯＮ等のリチウムと窒素を含む電解質膜の成膜、あるいは、リチウムを含む蒸着材料と酸素を含むプラズマとを用いて、ＬＣＯ等のリチウムと酸素を含む正極材料の成膜をおこなう装置を挙げることができる。

符号の説明

[0152] １００…蒸着装置

１０…蒸着源

１１…ハースライナー

１１ａ～１６ａ…壁部

１２～１６…ライナー

１８…冷却部

2 0 …シールド（遮蔽部）

2 1 …開口

1 2 0 …成膜部

1 7 0 …搬送機構（基板移動部）

1 7 2 …メインローラ

F …基材（基板）

G 1 2 X ～ G 1 6 X, G 1 1 Z ～ G 1 6 Z …ギャップ

請求の範囲

- [請求項1] 真空中で電子ビームによって加熱されて、蒸着材料を蒸発または昇華させ、移動する基板の表面に共蒸着によりリチウムを含む化合物膜を形成するための蒸着源であって、
冷却部を備えたハースライナーと、
前記ハースライナーに収納されてその内部に前記蒸着材料を入れる複数のライナーと、を有する、
蒸着源。
- [請求項2] 複数の前記ライナーの各々は、隣りのライナー又は前記ハースライナーである周囲部材に対向する壁部を有し、
前記ライナーは、加熱状態では前記壁部が前記周囲部材と接触し、非加熱状態ではギャップを有して前記周囲部材から離間するように、前記ハースライナーの内部に配置される、
請求項1に記載の蒸着源。
- [請求項3] 複数の前記ライナーの各々は、平面視して矩形状とされ、
複数の前記ライナーは、前記基板の移動方向と直交する方向に隣接して前記ハースライナーの内部に配置される、
請求項2に記載の蒸着源。
- [請求項4] 複数の前記ライナーの各々を形成する材質は、加熱状態で前記蒸着材料と反応しない材質である、
請求項3に記載の蒸着源。
- [請求項5] 複数の前記ライナーのうち、前記蒸着材料としてリチウムを入れるライナーが、タンタルからなる、
請求項4に記載の蒸着源。
- [請求項6] 複数の前記ライナーのうち、リチウムを含まない前記蒸着材料を入れるライナーが、銅からなる、
請求項4に記載の蒸着源。
- [請求項7] 複数の前記ライナーのうち、リチウムを含む前記蒸着材料を入れる

ライナーが、タンタルからなる、

請求項 4 に記載の蒸着源。

[請求項 8] 複数の前記ライナーのうち、リチウムを含む前記蒸着材料を入れるライナーが、銅からなる、
請求項 4 に記載の蒸着源。

[請求項 9] 複数の前記ライナーのうち、銅からなるライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、
非加熱状態において、前記ライナーの外形寸法に対する前記ギャップの寸法の比が、 $0.0007 \sim 0.00839$ の範囲に設定される、

請求項 2 から請求項 8 のいずれか一項に記載の蒸着源。

[請求項 10] 複数の前記ライナーのうち、タンタルからなるライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、
非加熱状態において、前記ライナーの外形寸法に対する前記ギャップの寸法の比が、 $0.0007 \sim 0.0032$ の範囲に設定される、
請求項 2 から請求項 8 のいずれか一項に記載の蒸着源。

[請求項 11] 複数の前記ライナーのうち、銅からなる 5 つのライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、
非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、 $0.0035 \sim 0.042$ の範囲に設定される、
請求項 2 から請求項 8 のいずれか一項に記載の蒸着源。

[請求項 12] 複数の前記ライナーのうち、銅からなる 3 つのライナーと、タンタルからなる 2 つのライナーとが、前記ハースライナーの内部に配置され、
非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、 $0.0035 \sim 0.0316$ の範囲に設定される、

請求項 2 から請求項 8 のいずれか一項に記載の蒸着源。

[請求項13] 複数の前記ライナーのうち、銅からなる 2 つのライナーと、タンタルからなる 3 つのライナーとが、前記ハースライナーの内部に配置され、

非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、 $0.0035 \sim 0.0264$ の範囲に設定される、

請求項 2 から請求項 8 のいずれか一項に記載の蒸着源。

[請求項14] 複数の前記ライナーのうち、タンタルからなる 5 つのライナーが、前記ハースライナーの内部に配置され、

非加熱状態において、前記ライナーの並んだ方向での前記ライナーの外形寸法の和に対する前記ギャップの寸法の和の比が、 $0.0035 \sim 0.016$ の範囲に設定される、

請求項 2 から請求項 8 のいずれか一項に記載の蒸着源。

[請求項15] 基板を真空内で移動可能とするチャンバと、
前記基板を移動させる基板移動部と、
請求項 1 から請求項 14 のいずれか一項に記載の蒸着源と、
前記蒸着源に電子ビームを照射する電子ビーム源と、
を有する、
蒸着装置。