(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5643626号
(P5643626)

(45)発行日　平成26年12月17日(2014.12.17)　(24)登録日　平成26年11月7日(2014.11.7)

(51)Int.Cl.		F I		
H01J 37/12	(2006.01)	H01J	37/12	
H01J 37/305	(2006.01)	H01J	37/305	B
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	541W
G03F 7/20	(2006.01)	H01L	21/30	541B
		G03F	7/20	504

請求項の数 9　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2010-272498 (P2010-272498)
(22)出願日　平成22年12月7日 (2010.12.7)
(65)公開番号　特開2012-123971 (P2012-123971A)
(43)公開日　平成24年6月28日 (2012.6.28)
審査請求日　平成25年12月6日 (2013.12.6)

(73)特許権者　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100086483
弁理士　加藤　一男
(72)発明者　加藤　貴久
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内

審査官　桐畑　幸▲廣▼

(56)参考文献　特開２００１－３４５２６１（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】荷電粒子線レンズ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
荷電粒子源から放射された荷電粒子線の光学特性を制御する荷電粒子線レンズであって、当該荷電粒子線レンズの光軸方向に沿って空隙を介して設けられた複数の対向電極を有し、
前記複数の対向電極は、前記光軸方向に当該対向電極を貫通する少なくとも１つの荷電粒子線通過用の開口をそれぞれ有すると共に、少なくとも１つの表面に薄膜を有し、
前記薄膜は、前記光学特性を制御するための電圧を前記対向電極に印加することで生じる前記対向電極の変形を低減する残留応力を有するように形成されていることを特徴とする荷電粒子線レンズ。
【請求項２】
前記薄膜は、前記光軸方向に沿って最も外側にある前記対向電極の少なくとも１つの表面に形成されることを特徴とする請求項１に記載の荷電粒子線レンズ。
【請求項３】
前記対向電極の表面に形成された前記薄膜は、該対向電極より小さい領域に配されることを特徴とする請求項１または２に記載の荷電粒子線レンズ。
【請求項４】
前記対向電極の表面に形成された前記薄膜は、複数の部分に分割されていることを特徴とする請求項１から３の何れか１項に記載の荷電粒子線レンズ。
【請求項５】

前記複数の対向電極は、それぞれ外周が固定され、
前記対向電極の表面に形成された前記薄膜は、中心部と、該対向電極の表面の中心から前記外周へ向かう方向に前記中心部から離間して形成された帯形状部とを有することを特徴とする請求項４に記載の荷電粒子線レンズ。
【請求項６】
前記複数の対向電極は、それぞれ複数の前記開口を有し、
複数の荷電粒子線の光学特性を制御するレンズアレイとして構成されていることを特徴とする請求項１から５の何れか１項に記載の荷電粒子線レンズ。
【請求項７】
前記薄膜は、電気伝導性膜で覆われていることを特徴とする請求項１から６の何れか１項に記載の荷電粒子線レンズ。
【請求項８】
前記電気伝導性膜は、前記対向電極より大きい領域に配されることを特徴とする請求項７に記載の荷電粒子線レンズ。
【請求項９】
前記対向電極はシリコンで形成され、前記薄膜はシリコン酸化膜で形成されていることを特徴とする請求項１から８の何れか１項に記載の荷電粒子線レンズ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電子ビーム等の荷電粒子線を用いた装置に使用される電子光学系の技術分野に関し、特に、露光装置に用いられる電子光学系などの荷電粒子線レンズに関するものである。
【背景技術】
【０００２】
半導体デバイスの生産において、電子ビーム露光技術は、０．１μｍ以下の微細パターン露光を可能とするリソグラフィの有力候補である。これらの装置では、電子ビームの光学特性を制御するための電子光学素子が用いられる。特に、電子レンズには、電磁型と静電型があり、静電型は、電磁型に比べコイルコアを設ける必要がなく、構成が容易であり小型化に有利である。また、電子ビーム露光技術において、マスクを用いずに複数本の電子ビームで同時にパターンを描画するマルチビームシステムの提案がなされている。マルチビームシステムでは、電子レンズを１次元または２次元のアレイ状に配列した電子レンズアレイが用いられる（特許文献１、特許文献２を参照）。電子ビーム露光技術では、微細加工の限界が、電子ビームの回折限界より、主に電子光学素子の光学収差で決定されるので、収差の小さい電子光学素子を実現することが重要である。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開2002-015991号公報
【特許文献２】特開2001-283756号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
上記技術分野において、静電型の荷電粒子線レンズは、電子光学特性を制御するための電圧による静電引力で電極が変形し電子光学的な収差が発生するという課題があった。これは、小型（光軸方向に薄い）レンズを構成する必要のあるワーキングディスタンスの小さい対物レンズの場合、顕著な課題となる。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
上記課題に鑑み、本発明の荷電粒子線レンズは、荷電粒子源から放射された荷電粒子線の

光学特性を制御する荷電粒子線レンズであって、光軸方向に沿って空隙を介して複数の対向電極が設けられる。前記対向電極は、前記光軸方向に当該対向電極を貫通する少なくとも１つの荷電粒子線通過用の開口を有すると共に、少なくとも１つの表面に薄膜を有する。前記薄膜は、前記光学特性を制御するための電圧を前記対向電極に印加することで生じる前記対向電極の変形を低減する残留応力を有するように形成されている。

【発明の効果】

【０００６】

本発明の荷電粒子線レンズによれば、薄膜（単に膜ともいう）が有する残留応力の効果により、電圧印加で発生する静電引力による対向電極の変形を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００７】

【図１】本発明の第一の実施の形態の荷電粒子線レンズを示す図である。
【図２】薄膜の残留応力と静電引力の関係を示す概念図である。
【図３】本発明の第二の実施の形態の荷電粒子線レンズを示す図である。
【図４】第二の実施の形態の薄膜の残留応力を説明する図である。
【図５】第二の実施の形態の電圧印加前後の撓み分布を示す上面図である。
【図６】第二の実施の形態の撓み分布を説明するグラフである。
【図７】本発明の第三の実施の形態の荷電粒子線レンズを示す図である。
【図８】第三の実施の形態の撓みを説明するグラフと表である。
【図９】本発明の第四の実施の形態の荷電粒子線レンズを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【０００８】

本発明の荷電粒子線レンズの特徴は、光軸方向に空隙を介して設けられた複数の対向電極の表面のうちの少なくとも１つに、電圧を対向電極に印加することで生じようとする対向電極の変形を低減する残留応力を有する膜が形成されていることである。複数の対向電極には、対向する電極間で電位差が生じる様に電圧が印加され、例えば、交互に静電圧（負極性または正極性）の印加及び電気的接地がなされる。この電圧印加の態様は、荷電粒子の極性、制御して実現しようとする荷電粒子線の光学特性などによって、変化する。残留応力を有する膜を形成する必要があるのは、電圧印加状態において光軸方向に関して非対称的な力を受けて変形しようとする電極である。対称的で互いに相殺しあう力を受けるのみで殆ど変形しないような電極の表面には必ずしも形成する必要はない。例えば、前記膜は、前記光軸方向に沿って最も外側に配置される対向電極の少なくとも１つの表面に形成される。

【０００９】

以下、図を用いて本発明の実施の形態を説明する。

（第一の実施の形態）

図１と図２を用いて、本発明の第一の実施の形態を説明する。図１において、（ａ）は、図１（ｂ）のＰ－Ｐ’線における、荷電粒子源から放射された電子線などの荷電粒子線の光学特性を制御する荷電粒子線レンズの断面図、（ｂ）は荷電粒子線レンズの上面図である。また、図２は、静電引力による変形を低減する本実施の形態の薄膜の応力の方向を示す断面概略図である。図１（ａ）に示すように、本実施の形態の荷電粒子線レンズは、レンズの光軸方向に沿って電極２Ａ、２Ｂ、２Ｃとスペーサ１Ａ、１Ｂを交互に挟んだ積層構造を有している。スペーサ１Ａ、１Ｂは複数の電極２Ａ、２Ｂ、２Ｃを機械的に離間して支持している。また、スペーサ１Ａ、１Ｂは絶縁体で形成されており、電極２Ａ、２Ｂ、２Ｃの間を電気的に絶縁している。そして、図１（ｂ）の破線の内側で示す領域はスペーサが存在せず、電極２Ａ、２Ｂ、２Ｃは、空隙を介した対向電極を形成している。

【００１０】

ぞれぞれの電極には、荷電粒子線レンズの主要な機能部となる開口３Ａ、３Ｂ、３Ｃが配されている。荷電粒子線通過用の開口３Ａ、３Ｂ、３Ｃは、レンズの光軸方向に電極２Ａ、２Ｂ、２Ｃを貫通した貫通口であり、図１（ｂ）に示すように、形成される電極に３×

３のアレイ状に配列されている。開口３Ａ、３Ｂ、３Ｃは、レンズの光軸方向から見て、それぞれの開口中心が一致するように形成されている。そして、図１（ａ）に示すように、光軸方向に沿って最も外側にある電極２Ａ、２Ｃは薄膜４を有している。本実施の形態の薄膜４は引張り方向の残留応力を有している。本実施の形態では、電極２Ｂには負極性の静電圧を印加し、電極２Ａ、２Ｂは電気的に接地することにより、静電型の荷電粒子線レンズを構成することができる。荷電粒子線は、図１（ａ）上部から来て開口３Ａ、３Ｂ、３Ｃと順に通過することで、凸レンズの効果を受ける。同時に、電極２Ａ、２Ｂ間、または、電極２Ｂ、２Ｃ間には静電引力が発生する。

【００１１】

次に、図２を用いて本実施の形態の電極変形とその抑制の原理について説明する。図２は、薄膜４の引張り方向の残留応力σと、負極性の静電圧を印加したことにより対向電極間に発生する静電引力Ｓの方向を模式的に示している。図２は、特に、電極２Ａの中央付近を模式的に示している。本実施の形態では、薄膜４は、対向電極２Ａより大きな領域に形成され、外周部分が固定されている。従って、図２に示すように、静電引力Ｓによる対向電極の変形が生じようとする場合、この変形を低減する方向の応力成分を有することとなる。このように、本実施の形態の薄膜４を対向電極２Ａ、２Ｃ上に形成することにより、残留応力の効果によって、静電引力に対して実効的に電極の剛性が増加したことと等価となる。本実施の形態において、中央の電極２Ｂについては、上下から釣り合った引力を受けるのみであるので殆ど変形が生じず、変形抑制用の膜を形成する必要はない。

【００１２】

上記効果により、電極２Ａ、２Ｃの厚さを厚くすること無く、薄膜４によって対向電極の変形を低減できる。従って、荷電粒子線レンズ全体を厚くすることなく、電極変形による収差の少ない荷電粒子線レンズとできる。また、薄い電極を用いることができるので、開口３Ａ、３Ｂ、３Ｃの貫通孔加工の際、電極の表裏面での開口の形状と中心軸のずれを少なくし、高精度に加工を行うことが可能となる。こうして、レンズ機能を担う電極の開口加工も容易・高精度に行うことができる。また、大きな面積の対向電極としても、薄膜４の効果によって静電引力による変形を低減可能であるので、多数個の開口３Ａ、３Ｂ、３Ｃが配列された荷電粒子線レンズアレイを小さい光学収差で実現可能となる。このように、複数の開口を形成して複数の荷電粒子線の光学特性を制御する荷電粒子線レンズアレイとする際にも、薄膜による残留応力で静電引力による電極変形を低減して、収差が少なく小型の荷電粒子線レンズアレイを実現できる。

【００１３】

更に、大きな面積の対向電極２Ａ、２Ｂ、２Ｃを用いることができるので、対向電極を支持しているスペーサ１Ａ、１Ｂの内周部分を荷電粒子ビームから、より離間することが可能となる。よって、スペーサ１Ａ、１Ｂの側壁が帯電しても、ビーム軌道に与える影響を低減することができる。こうして、電極の変形が少なく、かつ、スペーサ側壁の帯電の影響によるビーム軌道の変化を低減することで、収差の少ない荷電粒子線レンズを構成可能となる。更に、露光装置のレジスト露光を行う最終の対物レンズとして本実施の形態の荷電粒子線レンズを用いる場合、電極の厚さが薄く、構造的な凹凸も殆ど存在しないので、荷電粒子線の射出側（電極２Ｃ側）に近接してウエハを配置して描画できる。

【００１４】

本実施の形態の具体的な材料例と寸法例を説明する。電極２Ａ、２Ｂ、２Ｃは低抵抗の単結晶シリコンで形成し、薄膜４は厚さ１μｍの窒化シリコン膜で形成することができる。窒化シリコン膜は３００ＭＰＡの引張り応力を有している。対向電極部分は、１辺２８ｍｍ、厚さが１００μｍである。対向電極間の空隙の厚さは４００μｍ、電極２Ｂへ印加する負極性電圧は－３７００Ｖである。このとき、薄膜４を形成しない場合、最大撓み量は約２３μｍとなる。それに対して、薄膜４を形成することで、最大撓み量は約１７μｍへと低減できる。

【００１５】

本実施の形態では、２次元状に配列された複数の開口を形成したが、単一の開口の場合で

も、薄膜４により同様の原理で静電引力による対向電極の変形を低減できる。また、薄膜４は電気伝導性膜で覆うことが可能である。このとき、薄膜４の材料の性質によらず、表面の帯電を防止でき、開口を通過する荷電粒子線の意図しない偏向を低減することができる。電気伝導性膜は、対向電極より大きな領域に形成することができる。その場合、電気伝導性膜は外周が固定されるため、そこに僅かな残留応力が生じた場合でも、対向電極の変形へ影響しない構成とできる。そのため、静電引力に起因する電極変形を薄膜により低減することに対して、電気伝導性膜の残留応力のばらつきを考慮する必要が少なくなり、製造が容易になる。更に、本実施の形態の薄膜４は、電極２Ｂのある側とは反対側の電極２Ａ、電極２Ｃの表面に形成しているが、電極２Ｂ側の表面に形成してもよい。または、両面に形成してもよい。ただし、場合に応じて、各薄膜の有する残留応力の方向を設定する必要がある。

【００１６】

（第二の実施の形態）

図３と図４を用いて本発明の第二の実施の形態を説明する。図３において、（ａ）は、図３（ｂ）のＰ－Ｐ’線における荷電粒子線レンズの断面図、（ｂ）は荷電粒子線レンズの上面図である。また、図４は、本実施の形態の静電引力による電極変形を低減する薄膜の応力の方向と電圧印加前の電極形状を示す断面概略図である。尚、前述の実施の形態と同じ機能を有する個所には、同じ記号を付し、詳しい説明を省略する。

【００１７】

図３（ａ）、（ｂ）に示すように、本実施の形態では、薄膜４が、対向電極の形成領域より小さい領域にパターニングされ形成されている。また、図４（ａ）に示すように、本実施の形態の薄膜４は、圧縮方向の残留応力σを有している。そして、前述の実施の形態と異なり、薄膜４が対向電極２Ａ、２Ｃより小さい領域に形成され、薄膜４の外周部が固定されていないので、圧縮方向の残留応力σは、電極２Ａに対して曲げモーメントとして作用する。従って、図４（ｂ）に示すように、電極２Ｂに負極性電圧が印加されていない状態では、電極２Ａは、薄膜４が成膜されている方向へ凸に変形することとなる。図４（ｂ）の状態では、残留応力σは、電極２Ａの変形により開放された状態となっている。そして、図４（ｂ）の状態で、電極２Ｂに負極性電圧を印加すると、残留応力σによる曲げモーメントと静電引力による曲げモーメントがほぼ釣り合い、電極２Ａの変形を低減することができる。

【００１８】

次に、本実施の形態の具体的な材料例と寸法例において、この効果を説明する。電極２Ａ、２Ｂ、２Ｃは厚さ１００μｍの低抵抗の単結晶シリコンで形成される。薄膜４は、厚さ１μｍの酸化シリコン膜で形成される。酸化シリコン膜は、３００ＭＰＡの圧縮応力を有している。対向電極部分は１辺２８ｍｍ、薄膜４は１辺２０ｍｍの正方形なっている。対向電極間の空隙の厚さは４００μｍで、電極２Ｂへ印加する負極性電圧は－３７００Ｖである。

【００１９】

図５（ａ）、（ｂ）に、この設計例での電圧印加前後の電極２Ａの撓み変形を示す。図５は、電極２Ａと薄膜４の上面図である。特に、図５は、点Ｏが実際の電極２Ａの中央となるような１／４部分を示している。従って、辺ＡＢ、辺ＢＣが固定箇所、辺ＯＡ、辺ＯＣはそれぞれ１／４分割した境界となっている。図５は、電極２Ａを上面から見ているので、紙面法線方向の奥方向が電極２Ｂ、２Ｃの積層方向となっている。図５には、薄膜４の形成領域も示している。図５（ａ）は、電極２Ｂへ負極性電圧を印加する前の電極２Ａの変形を等高線として示している。変形の正方向は、紙面法線方向の手前側である。図示のように、点Ｏを頂点として凸形状に２５μｍ以上の変形が生じているのが分かる。これは、前述した薄膜４の残留応力σによる曲げモーメントの効果である。

【００２０】

図５（ｂ）は、電極２Ｂへ－３７００Ｖの負極性電圧を印加した状態の電極２Ａの撓み変形を示している。図示のように、電極２Ａは、残留応力σによる曲げモーメントと静電引

力による曲げモーメントがほぼ釣り合い、変形全幅が３μｍ弱となっている。また、正負の変形となっており、電極２Ａ全体の平均面が変形なしの場合の平面とほぼ一致している。

【００２１】

更に、図６に、図５の点Ｏと点Ｂを結んだ線での断面の電極２Ａの撓み変形を示した。横軸に点Ｏからの距離を示し、縦軸に撓みを示している。図６（ａ）の黒三角印は、図５（ａ）の電圧印加前の状態の断面形状を示している。そして、黒丸印は、図５（ｂ）の電圧印加後の断面形状を示している。ここで、白丸印は、薄膜４を形成しなかった場合の静電引力による電極２Ａの変形を示している。薄膜の効果により、撓みを－２３μｍ程度から±１．５μｍ程度へ大幅に低減できることが分かる。また、撓み０μｍの位置を挟んで±で撓みが生じているので、平均面位置も、変位が生じていない高さとすることができる。更に図６（ｂ）に、薄膜４の一辺が１５ｍｍの場合の電圧印加後の撓みも示した。薄膜４を、対向電極の形成領域より小さい範囲で変化させることで、電圧印加後の変形形状を調整できることが分かる。

【００２２】

以上のように、薄膜４を対向電極の形成領域より小さい領域に形成することで、静電引力により生じる曲げ応力をキャンセルする方向の曲げモーメントとして薄膜の残留応力を利用可能となる。そのため、電極２Ａに比べ薄い膜を用いても大きな電極変形低減効果を得ることができる。また、電極の変形後の平均面位置を、変位が生じていない高さとほぼ一致させられるため、対向電極間の間隔の誤差も低減することが可能となる。更に、これらの変形の低減効果は、薄膜４の形状を変えることで調整できる。従って、製造しやすい残留応力値を用いて薄膜を形成し、様々な度合いの電極変形低減の効果を所望に調整できるため、製造が容易となる。

【００２３】

その他、第一の実施の形態のところで述べた効果を奏することもできる。また、そこで説明した変形も可能である。例えば、薄膜４は、電極２Ｂ側の表面に形成してもよい。ただし、このときは、薄膜は引張り方向の応力を有している。また、電極２Ｂから反対側の電極２Ａ、電極２Ｃの表面に圧縮応力を有する薄膜を形成し、電極２Ｂ側の表面に引張り応力を有する薄膜を形成してもよい。

【００２４】

（第三の実施の形態）

図７を用いて本発明の第三の実施の形態を説明する。図７において、（ａ）は、荷電粒子線レンズの図７（ｂ）のＰ－Ｐ’線における断面図、（ｂ）は荷電粒子線レンズの上面図である。尚、前述の実施の形態と同じ機能を有する個所には、同じ記号を付し、詳しい説明を省略する。

【００２５】

本実施の形態は、第二の実施の形態と同様に、対向電極より小さい領域に圧縮応力を有する薄膜４が図７に示すように形成されている。しかし、第二の実施の形態と異なり、図７（ｂ）に示すように対向電極の形状が円形となっている。また、薄膜４は、４Ａ、４Ｂ、４Ｃのように、中央のものが円形で、それを囲うように同心円状の複数の帯形状のものが形成されている。薄膜４Ａ、４Ｂ、４Ｃの共有する中心と対向電極の中心はほぼ一致している。薄膜４として、中央の円形部とその周りの複数の帯形状部を形成することで、薄膜の残留応力による曲げモーメントと静電引力による曲げモーメントを高精度にキャンセルすることができる。よって、電極２Ｂへ負極性電圧を印加後の対向電極の形状をほぼ平坦にすることが可能となる。

【００２６】

本実施の形態の具体的な材料例と寸法例における効果を説明する。電極２Ａ、２Ｂ、２Ｃは厚さ１２０μｍの低抵抗の単結晶シリコンで形成されている。対向電極は直径が４０ｍｍ、対向電極間の空隙の厚さは４００μｍである。また、電極２Ｂへ印加する負極性電圧は－３７００Ｖである。そして、薄膜４は、厚さ１．３３μｍの酸化シリコン膜で形成さ

れている。酸化シリコン膜は３００ＭＰＡの圧縮応力を有している。特に、本実施の形態の酸化シリコン膜の薄膜４は、半導体製造技術を用いて、リソグラフィとエッチングによってミクロンオーダの精度で形成される。薄膜４Ａとした円形部の直径は１８６３８μｍ、薄膜４Ｂとした帯形状部は、幅２３５３μｍで、薄膜４Ａと１２４０μｍの間隔を有している（幅と間隔はいずれも半径方向の寸法）。更に、薄膜４Ｃとした帯形状部は、幅１２２４μｍで、薄膜４Ｂと１１７９μｍの間隔を有している。

【００２７】

このように、対向電極をシリコン、薄膜を酸化シリコン膜とすることにより、残留応力による電極変形低減を高精度に行うことが可能となる。シリコンは、開口の加工性に優れており、形状精度の高い加工が可能となる。またヤング率が高いので、剛性が高い対向電極とすることができる。更に、シリコン酸化膜は、残留応力・膜厚均一性に優れていて、薄膜による電極変形低減を高精度に実施可能となる。

【００２８】

図８に、この設計例における電圧印加後の電極２Ａの撓み変形を示す。図８（ａ）、（ｂ）は、横軸を中心からの距離、縦軸を撓みとしたときの電極２Ａの撓み形状分布を示している。黒丸印が薄膜４を形成した場合、白丸印が薄膜４を形成しない場合である。図のように、薄膜４を形成しないと４０μｍ程度変形するのに対し、薄膜４を形成したことにより、撓みを±０．５μｍ程度（撓み全幅１．０μｍ程度）へ低減できることが分かる。撓みを拡大して示す図８（ｂ）のように、薄膜の複数の帯形状部に対応して、撓み態様が正負折り返しとなり、電極２Ａの全面に渡って、大きな変形が生じるのを防いでいる。薄膜の厚さ、形状、電極の厚さ、薄膜と電極の剛性、薄膜の残留応力はそれぞれ電極変形低減効果のパラメータとなっており、構造解析することにより最適な値を得ることができ、それに従って柔軟に設計することができる。

【００２９】

図８（ｃ）の表は、本実施の形態の電極の厚さ・材質、薄膜の材質・残留応力値を同じとした場合において、同心円状の帯形状部の個数を変えた時の撓み全幅を示している。ここでは、それぞれの帯形状部の個数で、薄膜の厚さと形状寸法を撓み全幅が最小になるように最適計算した。表に示すように、帯形状部の個数を増やすと、撓み全幅をより小さくすることが可能であるのが分かる。

【００３０】

以上のように、対向電極の領域より小さな範囲で複数個の部分を形成することによって、静電引力により生じる曲げ応力をほぼキャンセルする曲げモーメントを、薄膜の残留応力と薄膜の形状の組み合わせによって実現可能となる。更に、同心円状の複数の帯形状部を形成することによって、対向電極全面に渡って変形を低減することが可能となる。そして、この低減効果では、ほぼ均一な膜厚・残留応力を仮定して、薄膜のパターン形状の設計値を調整することで、電極全面に渡る変形分布の調整が可能となる。そのため、製造調整が難しい膜厚や残留応力の分布の制御を行うことなく、平坦な電極を実現可能となる。また、形状によって調整可能なため、薄膜の厚さ・形状・残留応力の製造容易な中心値を利用して、電極変形低減を実現できるため、製造が容易になる。例えば、単一の厚さ・残留応力を有する薄膜を用いて電極変形低減が実現可能なため、製造が容易になるばかりか、微細加工技術を用いて変形低減量を高精度に調整可能となる。

【００３１】

また、対向電極の中心から外周へ向かう方向に離間した薄膜の帯形状部を有することにより、外周が固定された対向電極の静電引力による変形分布と残留応力による低減効果を一致させることが可能となる。そのため、電圧印加後の対向電極の変形を低減し、平坦な電極形状を広い領域で得ることができる。また、外周が固定されているため、対向電極の剛性が高くなり電極の変形を低減可能となる。

【００３２】

また、薄膜を同心円状の形状とすることにより、対向電極の全周にわたって、外周が固定された対向電極の静電引力による変形分布と残留応力による低減効果を一致させることが

可能となる。そのため、電圧印加後の対向電極の変形を低減し、平坦な電極形状を広い領域で得ることができる。

【００３３】

その他、第一の実施の形態のところで述べた効果を奏することもできる。また、そこで説明した変形も可能である。例えば、薄膜４は、電極２Ｂ側の表面に形成してもよい。ただし、このときは、薄膜は引張り方向の応力を有している。また、電極２Ｂから反対側の電極２Ａ、電極２Ｃの表面に圧縮応力を有する薄膜を形成し、電極２Ｂ側の表面に引張り応力を有する薄膜を形成してもよい。

【００３４】

（第四の実施の形態）

図９を用いて本発明の第四の実施の形態を説明する。図９において、（ａ）は、荷電粒子線レンズの断面図、（ｂ）と（ｃ）は、荷電粒子線レンズの２つの例の上面図である。尚、前述の実施の形態と同じ機能を有する個所には、同じ記号を付し、詳しい説明を省略する。

【００３５】

本実施の形態では、第三の実施の形態と同様に、対向電極より小さい領域に複数の形状に分割された圧縮応力を有する薄膜４が、図９（ｂ）または（ｃ）のように形成されている。しかし、第三の実施の形態と異なり、図９（ｂ）の場合は、薄膜４Ａの中心部や薄膜４Ｂの同心円状の帯形状部が、完全な円形ではなく、角が丸い四角形に近い形状となっている。図９（ｃ）の場合は、角が丸い四角形状の薄膜４Ａが中心に配され、対向電極２Ａの中心から外周の固定部分（破線箇所）へ向かう方向へ離間して複数の帯形状の薄膜４Ｂ、４Ｃ、４Ｄ、４Ｅが形成されている。

【００３６】

本実施の形態の完全な円形ではない薄膜においても、中心から外周の固定箇所へ向かう方向へ離間して帯形状部を形成することにより、前述の第三の実施の形態と同様の原理で、対向電極の変形低減効果が得られる。特に本実施の形態では、対向電極が円形以外の形状を有する場合にも、電極変形低減効果を奏することが可能となる。更に、四角形状に近い対向電極形状とすることによって、電子線露光装置の電子レンズアレイ開口の形成領域が四角形状の場合でも、この形成領域に対して対向電極の剛性を大きくできる。以上のように、対向電極の変形を更に低減できるばかりか、電極変形低減をする薄膜の厚さ・形状・残留応力の許容製造ばらつきを大きくすることができ、製造を容易にできる。

【００３７】

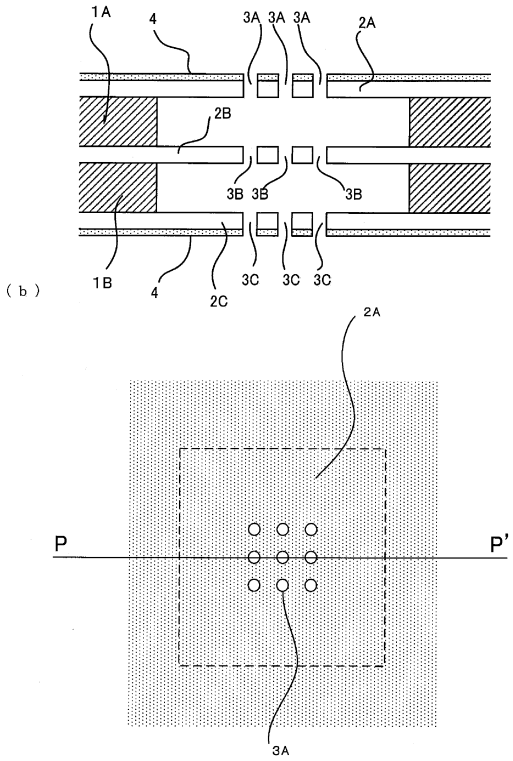
その他、第一の実施の形態のところで述べた効果を奏することもできる。また、そこで説明した変形も可能である。例えば、薄膜４は、電極２Ｂ側の表面に形成してもよい。ただし、このときは、薄膜は引張り方向の応力を有している。また、電極２Ｂから反対側の電極２Ａ、電極２Ｃの表面に圧縮応力を有する薄膜を形成し、電極２Ｂ側の表面に引張り応力を有する薄膜を形成してもよい。

【符号の説明】

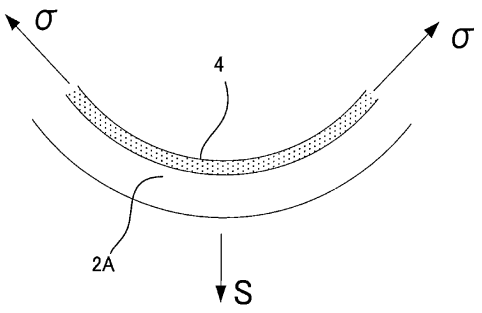
【００３８】

２Ａ、２Ｂ、２Ｃ・・電極（対向電極）、３Ａ、３Ｂ、３Ｃ・・貫通孔（開口）、４、４Ａ、４Ｂ、４Ｃ、４Ｄ・・薄膜

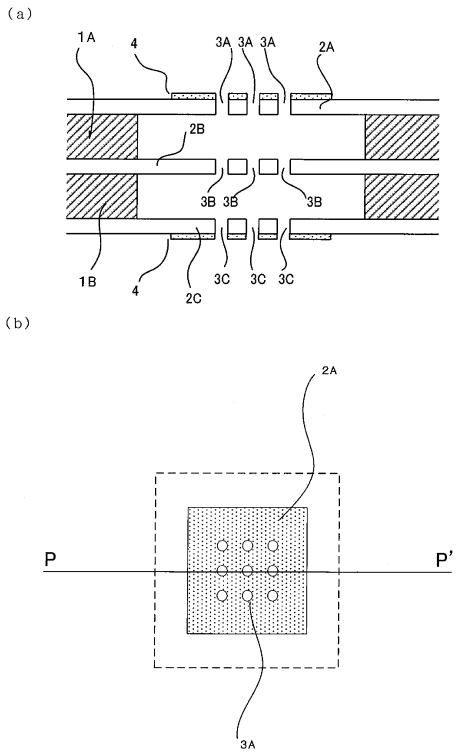
【図１】


1A
4
3A 3A 3A
2A
2B
3B 3B
3B
1B
4
2C
3C 3C 3C
(b)
2A
P
P'
3A

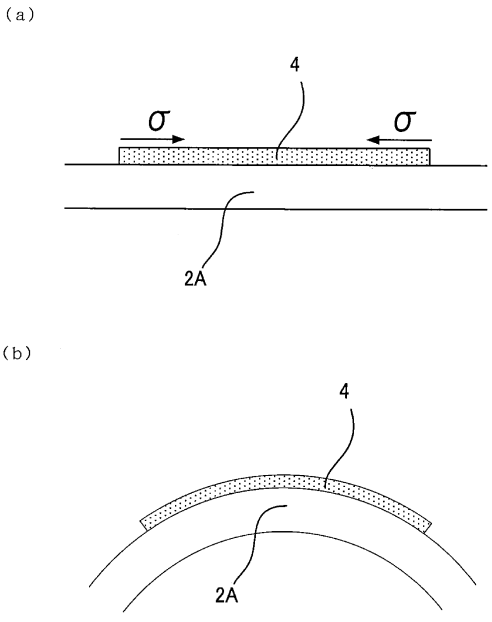
【図２】


σ
σ
4
2A
S

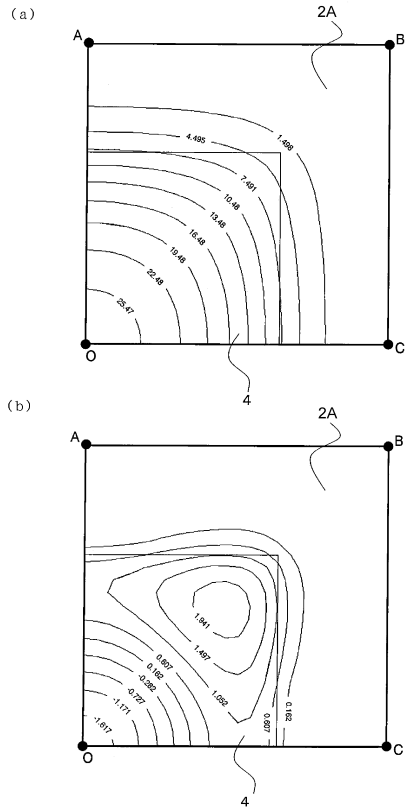
【図３】


(a)
1A
4
3A 3A 3A
2A
2B
3B 3B
3B
1B
4
2C
3C 3C 3C
(b)
2A
P
P'
3A

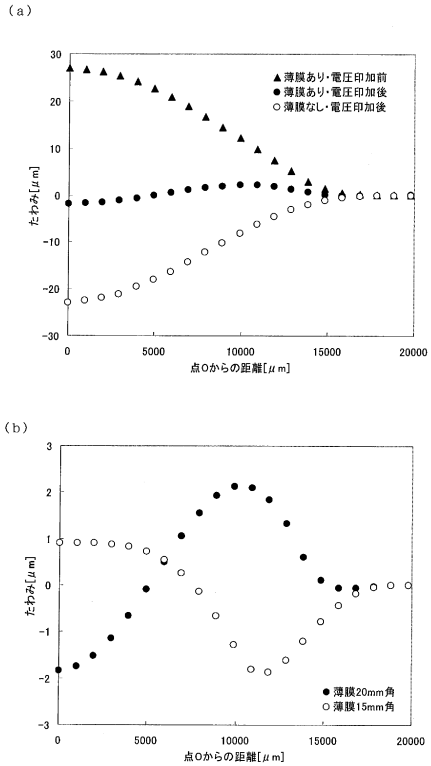
【図４】


(a)
4
σ
σ
2A
(b)
4
2A

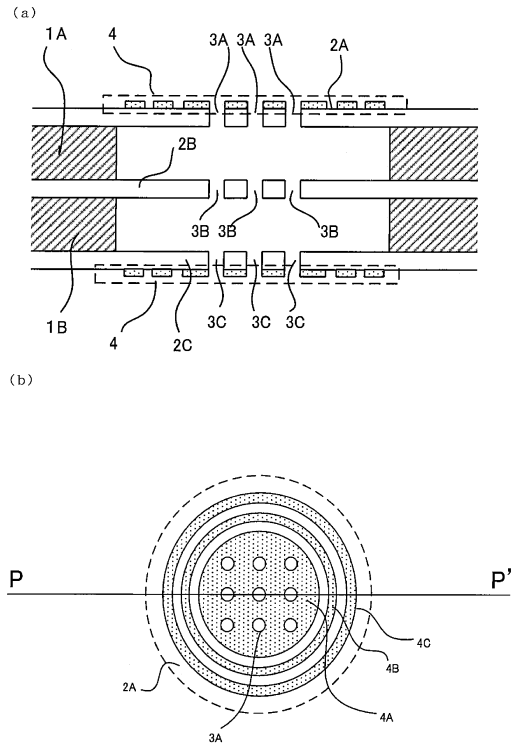
【図５】



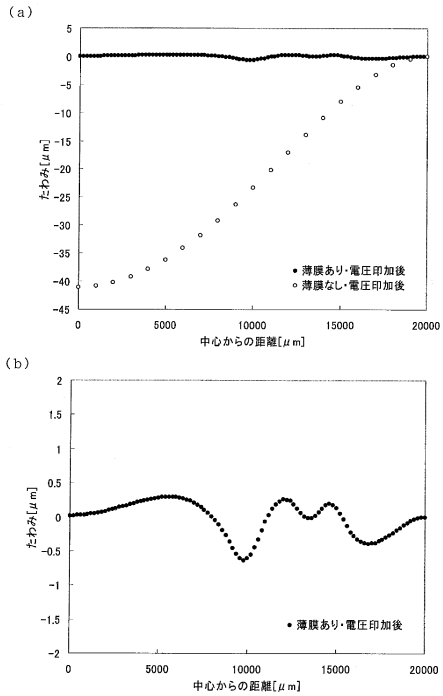
【図６】



【図７】



【図８】

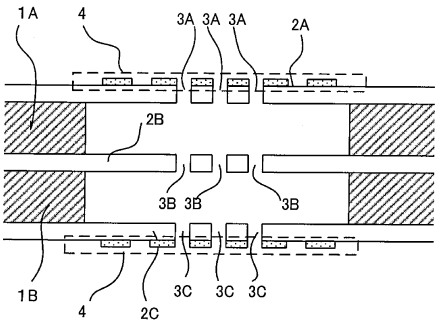


(c)

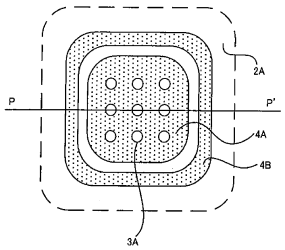
同心円の帯形状の個数	たわみ全幅[μm]
0個	7
1個	3
2個	1

【図９】

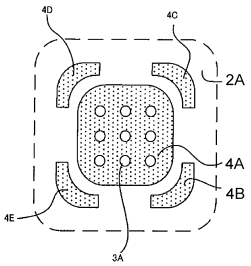
(a)


1A
4
3A
3A
3A
2A
2B
3B
3B
3B
1B
4
2C
3C
3C
3C

(b)


2A
P
P'
4A
4B
3A

(c)


4D
4C
2A
4A
4B
4E
3A

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０１Ｊ　３７／１２
Ｈ０１Ｊ　３７／３０５
Ｇ０３Ｆ　７／２０
Ｈ０１Ｌ　２１／０２７