

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5036582号
(P5036582)

(45) 発行日 平成24年9月26日 (2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日 (2012.7.13)

(51) Int. Cl.		F I	
C 2 3 C	16/458	(2006.01)	C 2 3 C 16/458
G 0 3 G	5/08	(2006.01)	G 0 3 G 5/08 3 6 0
C 2 3 C	16/511	(2006.01)	G 0 3 G 5/08 1 0 5
			C 2 3 C 16/511

請求項の数 18 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-22127 (P2008-22127)	(73) 特許権者	000006633
(22) 出願日	平成20年1月31日 (2008.1.31)		京セラ株式会社
(65) 公開番号	特開2009-179870 (P2009-179870A)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(43) 公開日	平成21年8月13日 (2009.8.13)	(72) 発明者	大久保 大五郎
審査請求日	平成22年9月15日 (2010.9.15)		滋賀県東近江市蛇溝町1166番地の6
			京セラ株式会社滋賀八日市工場内
		審査官	鮎沢 輝万

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 堆積膜形成方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

同一円周上の周方向に交互に等間隔で配置された複数の第1導体および複数の第2導体のそれぞれに堆積膜形成対象物を支持させた状態で、前記堆積膜形成対象物を反応室に収容する第1ステップと、

前記反応室を反応ガス雰囲気とする第2ステップと、

前記第1導体と前記第2導体との間に、前記第1導体が前記第2導体よりも高電位となる状態と、前記第2導体が前記第1導体よりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加する第3ステップと、
を含むことを特徴とする、堆積膜形成方法。

【請求項2】

同一円周上の周方向に等間隔で配置された複数の第1導体、および該複数の第1導体に囲まれて同一円周上の周方向に等間隔で同心円状に配置された複数の第2導体のそれぞれに堆積膜形成対象物を支持させた状態で、前記堆積膜形成対象物を反応室に収容する第1ステップと、

前記反応室を反応ガス雰囲気とする第2ステップと、

前記第1導体と前記第2導体との間に、前記第1導体が前記第2導体よりも高電位となる状態と、前記第2導体が前記第1導体よりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加する第3ステップと、
を含むことを特徴とする、堆積膜形成方法。

【請求項 3】

前記第 1 導体の数と前記第 2 導体の数とが同じである、請求項 2 に記載の堆積膜形成方法。

【請求項 4】

前記複数の第 1 導体と前記複数の第 2 導体とは、周方向において千鳥状に配置されている、請求項 2 または 3 に記載の堆積膜形成方法。

【請求項 5】

前記第 3 ステップにおいて、前記第 1 導体に対してパルス状の直流電圧を供給するときに前記第 2 導体を接地電位または基準電位とする一方で、前記第 2 導体に対してパルス状の直流電圧を供給するときに前記第 1 導体を接地電位または基準電位とする、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の堆積膜形成方法。

10

【請求項 6】

前記第 3 ステップにおいて、前記第 1 導体および前記第 2 導体の間に負のパルス状の直流電圧を印加する、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の堆積膜形成方法。

【請求項 7】

前記第 1 ステップにおいて、前記第 1 導体および前記第 2 導体のそれぞれに、前記堆積膜形成対象物としての 1 または複数の円筒形状の導電性基体を支持させた状態で前記反応室に前記堆積膜形成対象物を収容する、請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の堆積膜形成方法。

20

【請求項 8】

前記第 1 ステップにおいて、前記第 1 導体および前記第 2 導体のそれぞれに、複数の導電性基体を該導電性基体の軸方向に並べて配置する、請求項 7 に記載の堆積膜形成方法。

【請求項 9】

前記円筒状の導電性基体は、電子写真感光体用基体である、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の堆積膜形成方法。

【請求項 10】

複数の堆積膜形成対象物を収容するための反応室と、
前記反応室において同一円周上の周方向に交互に等間隔で配置され、かつ前記複数の堆積膜形成対象物を支持するための複数の第 1 導体および複数の第 2 導体と、
前記反応室内に反応性ガスを供給するためのガス供給手段と、
前記第 1 導体と前記第 2 導体との間に、前記第 1 導体が前記第 2 導体よりも高電位となる状態と、前記第 2 導体が前記第 1 導体よりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加するための電圧印加手段と、
を備えていることを特徴とする、堆積膜形成装置。

30

【請求項 11】

複数の堆積膜形成対象物を収容するための反応室と、
前記反応室において同一円周上の周方向に等間隔で配置され、かつ前記複数の堆積膜形成対象物を支持するための複数の第 1 導体、および該複数の第 1 導体に囲まれて同一円周上の周方向に等間隔で同心円状に配置され、かつ前記複数の堆積膜形成対象物を支持するための複数の第 2 導体と、

40

前記反応室内に反応性ガスを供給するためのガス供給手段と、
前記第 1 導体と前記第 2 導体との間に、前記第 1 導体が前記第 2 導体よりも高電位となる状態と、前記第 2 導体が前記第 1 導体よりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加するための電圧印加手段と、
を備えていることを特徴とする、堆積膜形成装置。

【請求項 12】

前記第 1 導体の数と前記第 2 導体の数とが同じであることを特徴とする請求項 11 に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 13】

前記複数の第 1 導体と前記複数の第 2 導体は、周方向において千鳥状に配置されている

50

、請求項 1 1 または 1 2 に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 1 4】

前記電圧印加手段は、前記第 1 導体に対してパルス状の直流電圧を供給するときに前記第 2 導体を接地電位または基準電位とする一方で、前記第 2 導体に対してパルス状の直流電圧を供給するときに前記第 1 導体を接地電位または基準電位とするように構成されている、請求項 1 0 ないし 1 3 のいずれかに記載の堆積膜形成装置。

【請求項 1 5】

前記電圧印加手段は、前記第 1 導体および前記第 2 導体の間に負のパルス状の直流電圧を印加するように構成されている、請求項 1 0 ないし 1 4 のいずれかに記載の堆積膜形成装置。

10

【請求項 1 6】

前記第 1 導体および前記第 2 導体のそれぞれは、前記堆積膜形成対象物としての 1 または複数の円筒形状の導電性基体を支持させることができるように構成されている、請求項 1 0 ないし 1 5 のいずれかに記載の堆積膜形成装置。

【請求項 1 7】

前記第 1 導体および前記第 2 導体のそれぞれは、前記複数の円筒形状の導電性基体を該導電性基体の軸方向に並べて配置できるように構成されている、請求項 1 6 に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 1 8】

前記円筒状の導電性基体は、電子写真感光体用基体である、請求項 1 0 ないし 1 7 のいずれかに記載の堆積膜形成装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、堆積膜を形成するための技術に関するものであり、とくに、電子写真感光体における非晶質半導体膜を形成するのに適した堆積膜形成技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、電子写真用感光体は、円筒状などの基体の表面に、光導電層や表面層などを堆積膜として形成することにより製造されている。堆積膜の形成方法としては、高周波グロー放電により原料ガスを分解させたときの分解生成物を、基体に被着させる方法（プラズマ CVD 法）が広く採用されている。

30

【0003】

このような堆積膜の形成方法では、電子写真感光体における光導電層や表面層の堆積速度を大きくした場合、電子写真感光体としての特性を損なう場合があった。近年、電子写真感光装置は、従来にも増して高画質、高速化、高耐久化等の高付加価値が追求されるようになってきており、これらの特性を満足するために成膜速度を下げることによる膜質改善を余儀なくされている。その反面、堆積速度を小さくした場合には、製造効率が悪化し、製造コストの上昇を招くといった問題が生じる。そのため、光導電層や表面層の堆積速度は、これらの層を a - S i 層として形成する場合、通常約 5 $\mu\text{m}/\text{h}$ に設定されている。

40

【0004】

一方、プラズマ CVD 法においては、高い成膜速度を達成し、電子写真感光体としての特性を適切に維持するために、種々の技術開発が行なわれてきた。その一例として、マイクロ波を用いるマイクロ波プラズマ CVD 法がある（たとえば特許文献 1, 2 参照）。

【0005】

特許文献 1 に記載の方法は、周波数が 2 . 4 5 G H z のマイクロ波を堆積室に供給することによって原料ガスを分解し、堆積膜を形成するものである。一方、特許文献 2 に記載の方法は、反応容器の放電空間にマイクロ波を供給するとともに、原料ガスを供給する手段の一部と基体との間に電界を生じさせる方法である。マイクロ波を用いた場合には、プ

50

ラズマの電離度が高く、プラズマ密度が高くなるために、堆積速度が高く内部ストレスの低い堆積膜を形成することが可能となる。とくに、マイクロ波を供給することに加えて電界を生じさせた場合には、プラズマ中のイオンが電界により加速されて運動エネルギーが大きくなることに起因して膜中のストレスを緩和し、内部ストレスの小さい堆積膜を形成することができる。

【0006】

また、放電周波数が20MHz以上の高周波電力を供給して第1および第2電極間に放電を生じさせるとともに、被処理基体を兼ねる第1電極に直流または交流のバイアス電圧を印加する方法もある（たとえば特許文献3参照）。この方法は、バイアス電圧を印加することで第1電極の表面電位を均一かつ安定化させ、高周波電力の低パワー領域での放電の不安定さや不均一さに起因するプラズマの偏在化を抑制し、膜質の均一性を向上させようとするものである。

10

【0007】

【特許文献1】特開昭60-186849号公報

【特許文献2】特開平3-219081号公報

【特許文献3】特開平8-225947号公報

【特許文献4】国際公開WO/2006/126690号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

20

しかしながら、マイクロ波プラズマCVD法においては、プラズマの照射領域と、非照射領域とでは成膜速度が異なってしまい、またプラズマが偏在するために均一な膜が得られにくいという問題がある。とくに、円筒状基体のように比較的堆積面積が大きく、全体にプラズマを同時照射し難い基体においては、均一な膜が得にくくなる。また、一对の電極間に印加する電圧の周波数を13.56MHzよりも高くしていくと放電の不安定さや不均一さが生じ、基体や堆積膜の表面にスクラッチが発生し、あるいはダスト等の異物が付着した場合には、スクラッチや異物に電界が集中するため欠陥の多い膜となってしまう。

【0009】

さらに、一对の電極間の放電領域にバイアス電圧（電界）をかけた場合には、高速成膜における堆積膜の膜質向上に対しては非常に有効と考えられるが、堆積膜の膜質が悪くなることもある。

30

【0010】

より具体的には、放電空間に印加されるバイアス電圧が大きくなると放電空間にアーク放電が生じやすくなる。アーク放電が生じた場合には、バイアス電極または基体に印加した全電力が瞬間的に一箇所に集中し、基体や基体上の堆積膜が破壊されることがある。このような異常放電が多発した場合には、基体に対する活性種の衝突が有効に行われず堆積膜の特性の再現性が低下する。

【0011】

これらの不具合は、一对の電極間に印加するバイアス電圧を低下させることで抑制または防止することが可能であるが、バイアス電圧を低下させると、堆積膜の成膜速度が低下してしまう。このため、成膜速度を向上させ、かつ膜質の特性を改善していくことは極めて難しい。また、膜質の低下は、電子写真感光体を画像形成装置に組み込んで使用したときに黒点などの画像欠陥を発生させる原因となる。

40

【0012】

本発明は、膜欠陥や特性ムラの少ない良好な堆積膜を高速で成膜できるようにし、電子写真感光体を用いた画像形成における黒点の発生などの画像欠陥の発生を抑制して画像特性を向上させることを課題としている。

【課題を解決するための手段】

【0013】

50

本発明の第1の側面においては、同一円周上の周方向に交互に等間隔で配置された複数の第1導体および複数の第2導体のそれぞれに堆積膜形成対象物を支持させた状態で、前記堆積膜形成対象物を反応室に収容する第1ステップと、前記反応室を反応ガス雰囲気とする第2ステップと、前記第1導体と前記第2導体との間に、前記第1導体が前記第2導体よりも高電位となる状態と、前記第2導体が前記第1導体よりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加する第3ステップと、を含むことを特徴とする、堆積膜形成方法が提供される。

また、同一円周上の周方向に等間隔で配置された複数の第1導体、および該複数の第1導体に囲まれて同一円周上の周方向に等間隔で同心円状に配置された複数の第2導体のそれぞれに堆積膜形成対象物を支持させた状態で、前記堆積膜形成対象物を反応室に収容する第1ステップと、前記反応室を反応ガス雰囲気とする第2ステップと、前記第1導体と前記第2導体との間に、前記第1導体が前記第2導体よりも高電位となる状態と、前記第2導体が前記第1導体よりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加する第3ステップと、を含むことを特徴とする、堆積膜形成方法が提供される。

10

【0014】

好ましくは、前記第3ステップにおいて、前記第1導体に対してパルス状の直流電圧が供給されるときに前記第2導体が接地電位または基準電位とされる一方で、前記第2導体に対してパルス状の直流電圧を供給するときに前記第1導体が接地電位または基準電位とされる。

20

【0015】

好ましくはさらに、前記第3ステップにおいて、前記第1導体および前記第2導体の間に負のパルス状の直流電圧が印加される。

【0016】

前記第1ステップは、たとえば前記第1導体および前記第2導体のそれぞれに、前記堆積膜形成対象物としての1または複数の円筒形状の導電性基体を支持させた状態で前記堆積膜形成対象物を前記反応室に収容させることにより行なわれる。

【0017】

前記第1ステップにおいては、前記第1導体および前記第2導体のそれぞれに、複数の導電性基体を該導電性基体の軸方向に並べて配置してもよい。

30

【0018】

前記円筒状の導電性基体は、たとえば電子写真感光体用基体である。

【0019】

好ましくは、前記第1導体の数と前記第2導体の数とが同じである。

【0021】

本発明の第2の側面においては、複数の堆積膜形成対象物を収容するための反応室と、前記反応室において同一円周上の周方向に交互に等間隔で配置され、かつ前記複数の堆積膜形成対象物を支持するための複数の第1導体および複数の第2導体と、前記反応室内に反応性ガスを供給するためのガス供給手段と、前記第1導体と前記第2導体との間に、前記第1導体が前記第2導体よりも高電位となる状態と、前記第2導体が前記第1導体よりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加するための電圧印加手段と、を備えていることを特徴とする、堆積膜形成装置が提供される。

40

また、複数の堆積膜形成対象物を収容するための反応室と、前記反応室において同一円周上の周方向に等間隔で配置され、かつ前記複数の堆積膜形成対象物を支持するための複数の第1導体、および該複数の第1導体に囲まれて同一円周上の周方向に等間隔で同心円状に配置され、かつ前記複数の堆積膜形成対象物を支持するための複数の第2導体と、前記反応室内に反応性ガスを供給するためのガス供給手段と、前記第1導体と前記第2導体との間に、前記第1導体が前記第2導体よりも高電位となる状態と、前記第2導体が前記第1導体よりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加するための電圧印加手段と、を備えていることを特徴とする、堆積膜形成装置が提供される。

50

o.

【0022】

好ましくは、前記電圧印加手段は、前記第1導体に対してパルス状の直流電圧を供給するときに前記第2導体を接地電位または基準電位とする一方で、前記第2導体に対してパルス状の直流電圧を供給するときに前記第1導体を接地電位または基準電位とするように構成される。

【0023】

好ましくはさらに、前記電圧印加手段は、前記第1導体および前記第2導体の間に負のパルス状の直流電圧を印加するように構成されている。

【0024】

前記第1導体および前記第2導体のそれぞれは、たとえば前記堆積膜形成対象物としての1または複数の円筒形状の導電性基体を支持させることができるように構成されている。

【0025】

前記第1導体および前記第2導体のそれぞれは、前記複数の円筒形状の導電性基体を該導電性基体の軸方向に並べて支持することができるように構成されている。

【0026】

前記円筒状の導電性基体は、たとえば電子写真感光体用基体である。

【0027】

好ましくは、前記第1導体の数と前記第2導体の数とが同じである。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、成膜速度を落とすことなくアーク放電を抑制し、特性ムラの少ない良好な堆積膜を、欠陥の増加等なく高速で形成することができるようになる。そのため、膜厚ムラが少なく良質な堆積膜を提供できるとともに、このよな良質な堆積膜を備えた電子写真感光体をも提供できるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

以下においては、本発明について、電子写真感光体を形成する場合を例にとって、第1ないし第3の実施の形態として、図面を参照しつつ説明する。

【0031】

まず、本発明の第1の実施の形態について、図1ないし図6を参照して説明する。

【0032】

図1に示した電子写真感光体1は、本発明に係る堆積膜形成装置および方法により堆積膜が形成された例であり、円筒状基体10の外周面に、電荷注入阻止層11、光導電層12および表面層13を順次積層形成したものである。

【0033】

円筒状基体10は、感光体の支持母体となるものであり、少なくとも表面に導電性を有するものとして形成されている。この円筒状基体10は、たとえばアルミニウム(Al)、ステンレス(SUS)、亜鉛(Zn)、銅(Cu)、鉄(Fe)、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、スズ(Sn)、金(Au)、銀(Ag)などの金属材料、もしくは例示した金属材料を含む合金材料により、全体が導電性を有するものとして形成されている。円筒状基体10はまた、樹脂、ガラス、セラミックなどの絶縁体の表面に、例示した金属材料、あるいはITOおよびSnO₂などの透明導電性材料による導電性膜を被着したものであってもよい。円筒状基体10を形成するための材料としては、例示した材料のうち、Al系材料を用いるのが最も好ましく、とくに円筒状基体10の全体をAl系材料により形成するのが好ましい。そうすれば、電子写真感光体1を軽量かつ低コストで製造可能となるとともに、電荷注入阻止層11や光導電性層12をa-Si系材料により形成する場合には、それらの層と円筒状基体10との間の密着性が高くなって信頼性を向上させることができる。

10

20

30

40

50

【0034】

電荷注入阻止層11は、円筒状基体10からのキャリア（電子）の注入を阻止するためのものであり、たとえばa-Si系材料により形成されている。この電荷注入阻止層11は、たとえばa-Siに、ドーパントとして硼素（B）、窒素（N）、あるいは酸素（O）を含有させたものとして形成されている。このような電荷注入阻止層11の厚みは、たとえば2μm以上10μm以下とされる。

【0035】

光導電層12は、レーザ光などの光照射によってキャリアを発生させるためのものであり、たとえばa-Si系材料、あるいはSe-Te、As₂Se₃などのa-Se系材料により形成されている。ただし、電子写真特性（たとえば光導電性特性、高速応答性、繰返し安定性、耐熱性あるいは耐久性）および表面層13をa-Si系材料により形成した場合における表面層13との整合性を考慮した場合には、光導電層12は、a-Si、もしくはa-Siに炭素（C）、窒素（N）、酸素（O）などを加えたa-Si系材料により形成するのが好ましい。このような光導電層12の厚みは、使用する光導電性材料および所望の電子写真特性により適宜設定すればよく、a-Si系材料を用いて光導電層12を形成する場合には、たとえば5μm以上100μm以下、好適には10μm以上80μm以下とされる。

【0036】

表面層13は、電子写真感光体1の表面を保護するためのものであり、画像形成装置内での摺擦による削れに耐え得るように、たとえばa-SiCやa-SiNなどのa-Si系材料、あるいはa-Cなどにより形成されている。この表面層13は、電子写真感光体1に照射されるレーザ光などの光が吸収されることのないように、照射される光に対して充分広い光学バンドギャップを有しており、また、画像形成における静電潜像を保持し得る抵抗値（一般的には 10^{11} Ω・cm以上）を有している。

【0037】

電子写真感光体1における電荷注入阻止層11、光導電層12および表面層13は、たとえば図2ないし図4に示したプラズマCVD装置2を用いることにより形成される。

【0038】

プラズマCVD装置2は、第1および第2支持体20A、20Bを真空反応室3に収容したものであり、電圧印加手段4、回転手段5、原料ガス供給手段6および排気手段7をさらに備えている。

【0039】

第1および第2支持体20A、20Bは、円筒状基体10を支持するためのものであるとともに、それぞれが第1導体および第2導体として機能するものである。これらの第1および第2支持体20A、20Bは、フランジ部21A、21Bを有する中空状に形成されているとともに、円筒状基体10と同様な導電性材料により全体が導体として形成されている。第1および第2支持体20A、20Bは、2つの円筒状基体10を支持できる長さ寸法に形成されており、導電性支柱22A、22Bに対して着脱自在とされている。そのため、第1および第2支持体20A、20Bでは、支持させた2つの円筒状基体10の表面に直接接触することなく、真空反応室3に対して2つの円筒状基体10の出し入れを行なうことができる。

【0040】

導電性支柱22A、22Bは、円筒状基体10と同様な導電性材料により全体が導体として形成されており、後述するプレート32に対して絶縁材23A、23Bを介して固定されている。この導電性支柱22A、22Bには、導板24A、24Bを介して電圧印加手段4が接続されている。絶縁材23A、23Bは、導板24A、24Bを介して電圧印加手段4から印加される直流電圧と、その他の導体を絶縁する役割を果たしている。

【0041】

導電性支柱22A、22Bの内部には、セラミックパイプ25A、25Bを介してヒータ26A、26Bが収容されている。セラミックパイプ25A、25Bは、絶縁性および

10

20

30

40

50

熱伝導性を確保するためのものである。ヒータ26A, 26Bは、円筒状基体10を加熱するためのものである。ヒータ26A, 26Bとしては、たとえばニクロム線やカートリッジヒーターを使用することができる。

【0042】

ここで、第1および第2支持体20A, 20Bの温度は、たとえば第1および第2支持体20A, 20Bあるいは導電性支柱22A, 22Bに取り付けられた熱電対(図示略)によりモニタされている。そのため、円筒状基体10の温度は、熱電対におけるモニタ結果の基づいてヒータ26A, 26Bをオン・オフさせることにより、目的とする温度範囲、たとえば200以上400以下から選択される一定の範囲に維持される。

【0043】

真空反応室3は、円筒状基体10に対して堆積膜を形成するための空間であり、ガス吹き出し部30および一对のプレート31, 32により規定されている。

【0044】

ガス吹き出し部30は、第1および第2支持体20A, 20Bの周囲を囲む円筒状に形成される。このガス吹き出し部30は、円筒状基体10と同様な導電性材料により中空に形成されており、一对のプレート31, 32に接合されている。

【0045】

ガス吹き出し部30は、第1および第2支持体20A, 20Bに支持させた円筒状基体10とガス吹き出し部30との間の最短距離が10mm以上200mm以下となるような大きさに形成されている。これは、円筒状基体10とガス吹き出し部30との最短距離が10mmよりも小さい場合は真空反応室3に対する円筒状基体10の出し入れなどにおいて作業性を十分に確保できないからであり、逆に、円筒状基体10とガス吹き出し部30との最短距離が200mmよりも大きい場合は、装置2が大きくなってしまい単位設置面積当たりの生産性が悪くなるためである。

【0046】

ガス吹き出し部30には、ガス導入口35および複数のガス吹き出し孔36が設けられている。

【0047】

ガス導入口35は、真空反応室3に供給すべき原料ガスを導入するためのものであり、原料ガス供給手段6に接続されている。

【0048】

複数のガス吹き出し孔36は、ガス吹き出し部30の内部に導入された原料ガスを円筒状基体10に向けて吹き出すためのものであり、図の上下方向および周方向に等間隔で配置されている。複数のガス吹き出し孔36は、同一形状の円形に形成されており、その孔径は、たとえば0.5mm以上2.0mm以下とされている。もちろん、複数のガス吹き出し孔36の孔径、形状および配置については、適宜変更可能である。

【0049】

プレート31は、真空反応室3が開放された状態と閉塞された状態とを選択可能とするためのものであり、プレート31を開閉することによって真空反応室3に対する第1および第2支持体20A, 20Bの出し入れが可能とされている。プレート31は、円筒状基体10と同様な導電性材料により形成されているが、下面側に防着板37が取着されている。これにより、プレート31に対して堆積膜が形成されるのが防止されている。この防着板37もまた、円筒状基体10と同様な導電性材料により形成されているが、防着板37はプレート31に対して着脱自在とされている。そのため、防着板37は、プレート31から取り外すことにより洗浄が可能であり、繰り返し使用することができる。

【0050】

プレート32は、真空反応室3のベースとなるものであり、円筒状基体10と同様な導電性材料により形成されている。プレート32の上面側には、絶縁部材34が設けられている。この絶縁部材34は、第1および第2支持体20A, 20Bとプレート32との間にアーク放電が発生するのを抑える役割を有するものである。このような絶縁部材34の

10

20

30

40

50

ための材料としては、絶縁性を有し、使用温度で十分な耐熱性があり、真空中でガスの放出が小さい材料であれば特に限定はない。絶縁部材34のための材料としては、たとえばガラス材料（ホウ珪酸ガラス、ソーダガラス、耐熱ガラスなど）、無機絶縁材料（セラミックス、石英、サファイヤなど）、あるいは合成樹脂絶縁材料（テフロン（登録商標）などのフッ素樹脂、ポリカーボネート、ポリエチレンテレフタレート、ポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリアミド、ビニロン、エポキシ、マイラー、PEEK材など）により形成することができる。ただし、絶縁部材34は、成膜体の内部応力および成膜時の温度上昇に伴って生じるバイメタル効果に起因する応力により反りが発生して使用できなくなるのを防止するために、一定以上の厚みを有するものとして形成されている。たとえば、絶縁部材34をテフロン（登録商標）のような熱膨張率 $3 \times 10^{-5} / K$ 以上 $10 \times 10^{-5} / K$ 以下の材料により形成する場合には、絶縁部材34の厚みは10mm以上に設定される。このような範囲に絶縁部材34の厚みを設定した場合には、絶縁部材34と円筒状基体10に成膜される $10 \mu m$ 以上 $30 \mu m$ 以下のa-Si膜との界面に発生する応力に起因するそり量が、水平方向（円筒状基体10の軸方向に略直交する半径方向）の長さ200mmに対して、水平方向における端部と中央部との軸方向における高さの差で1mm以下とすることができ、絶縁部材34を繰り返し使用することが可能となる。

10

【0051】

プレート32および絶縁部材34には、ガス排出口32A, 34Aが設けられている。ガス排気口32A, 34Aは、真空反応室3の内部の気体を排出するためのものであり、図外の排気手段に接続されている。この排気手段は、真空反応室3のガスをガス排出口32A, 34Aを介して外部に排出するためのものであり、真空反応室3に設けられた圧力計（図示略）でのモニタリング結果に基づいて真空反応室3を真空に維持できる。真空反応室3の圧力は、たとえば1.0Pa以上100Pa以下とされる。

20

【0052】

電圧印加手段4は、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間に、第1支持体20Aが第2支持体20Bよりも高電位となる状態と、第2支持体20Bが第1支持体20Aよりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加するためのものである。より具体的には、電圧印加手段4は、第1支持体20Aに対してパルス状の直流電圧を供給するときに第2支持体20Bを接地電位とする一方で、第2支持体20Bに対してパルス状の直流電圧を供給するときに第1支持体20Aを接地電位とするように構成されている。この電圧印加手段4は、直流電源40、切り替えスイッチ41, 42および端子43, 44, 45, 46を備えている。

30

【0053】

直流電源40は、導電板24A, 24Bおよび導電性支柱22A, 22Bを介して、第1および第2支持体20A, 20Bに対して直流電圧を印加するためのものである。

【0054】

切り替えスイッチ41, 42は、第1および第2支持体20A, 20Bのうち的一方について直流電源40からの電圧供給が可能な状態を選択するとともに、もう一方の支持体20A, 20Bを接地した状態を選択するためのものである。切り替えスイッチ41は端子43および端子44のいずれかに接続されるものであり、切り替えスイッチ42は端子45および端子46のいずれかに接続されるものである。

40

【0055】

端子43~46は、切り替えスイッチ41, 42に選択的に接続されるものであり、配線を介して導電板24A, 24Bに接続されている。

【0056】

なお、電圧印加手段4は、第1支持体20Aおよび第2支持体20Bのうち的一方に対してパルス状の直流電圧を供給するときに他方の支持体20A, 20Bを必ずしも接地するように構成する必要はなく、直流電源40とは別の基準電源を備えた構成であってもよい。この場合、基準電源における基準電圧は、第1および第2支持体20A, 20B（円

50

筒状基体 10) に対して負のパルス状電圧 (図 5 参照) を印加する場合には、たとえば -1500V 以上 1500V 以下とされ、第 1 および第 2 支持体 20A, 20B (円筒状基体 10) に対して正のパルス状電圧 (図 6 参照) を印加する場合には、たとえば -1500V 以上 1500V 以下とされる。

【0057】

図 4 に示したように、回転手段 5 は、第 1 および第 2 支持体 20A, 20B を回転させるためのものであり、回転モータ 50 および回転力伝達機構 51 を有している。回転手段 5 により円筒状基体 20 支持させた第 1 および第 2 支持体 20A, 20B を回転させた場合には、第 1 および第 2 支持体 20A, 20B とともに円筒状基体 10 が回転させられる。そのめ、円筒状基体 10 の外周に対しては、均等に原料ガスの分解成分を堆積させることが可能となる。

10

【0058】

回転モータ 50 は、円筒状基体 10 に回転力を付与するものである。この回転モータ 50 は、たとえば円筒状基体 10 を 1rpm 以上 10rpm 以下で回転させるように動作制御される。回転モータ 50 としては、公知の種々のものを使用することができる。

【0059】

回転力伝達機構 51 は、回転モータ 50 からの回転力を円筒状基体 10 に伝達・入力するためのものであり、回転導入端子 52、絶縁軸部材 53 および絶縁平板 54 を有している。

【0060】

回転導入端子 52 は、真空反応室 3 内の真空を保ちながら回転力を伝達するためのものである。このような回転導入端子 52 としては、回転軸を二重構造もしくは三重構造として構成することにより、オイルシールやメカニカルシール等の真空シール手段を用いることができる。

20

【0061】

絶縁軸部材 53 および絶縁平板 54 は、第 1 および第 2 支持体 20A, 20B とプレート 31 との間の絶縁状態を維持しつつ、回転モータ 50 からの回転力を第 1 および第 2 支持体 20A, 20B に入力するためのものである。このような絶縁軸部材 53 は、たとえば絶縁部材 34 などと同様な絶縁材料により形成されている。ここで、絶縁軸部材 53 の外径 D1 は、成膜時において、第 1 および第 2 支持体 20A, 20B の外径 (後述する上ダミー基体 29 の内径) D2 よりも小さくなるように設定されている。より具体的には、成膜時における円筒状基体 10 の温度が 200 以上 400 以下に設定される場合、絶縁軸部材 53 の外径 D1 は、第 1 および第 2 支持体 20A, 20B の外径 (後述する上ダミー基体 29 の内径) D2 よりも 0.1mm 以上 5mm 以下、好適には 3mm 程度大きくなるように設定される。この条件を満たすために、非成膜時 (常温環境下 (たとえば 10 以上 40 以下)) においては、絶縁軸部材 53 の外径 D1 と第 1 および第 2 支持体 20A, 20B の外径 (後述する上ダミー基体 29 の内径) D2 との差は、0.6mm 以上 5.5mm 以下に設定される。

30

【0062】

絶縁平板 54 は、プレート 31 を着脱するとき上方から落下するゴミや粉塵などの異物が円筒状基体 10 や堆積膜へ付着するのを防止するためのものである。この絶縁平板 54 は、上ダミー基体 29 の内径 D2 より大きな外径 D3 を有する円板状に形成されている。絶縁平板 54 の直径 D3 は、円筒状基体 10 の直径 D2 の 1.5 倍以上 3.0 倍以下とされ、たとえば円筒状基体 10 として直径 D2 が 30mm のものを用いる場合には、絶縁平板 54 の直径 D3 は 50mm 程度とされる。

40

【0063】

このような絶縁平板 54 を設けた場合には、円筒状基体 10 に付着した異物に起因する異常放電を抑制することができるため、成膜欠陥の発生を抑制することができる。これにより、電子写真感光体 1 を形成する際の歩留まりを向上させ、また電子写真感光体 1 を用いて画像形成する場合における画像不良の発生を抑制することができる。

50

【0064】

図2に示したように、原料ガス供給手段6は、複数の原料ガスタンク60, 61, 62, 63、複数の配管60A, 61A, 62A, 63A、バルブ60B, 61B, 62B, 63B, 60C, 61C, 62C, 63C、および複数のマスフローコントローラ60D, 61D, 62D, 63Dを備えたものであり、配管64およびガス導入口45を介してガス吹き出し部30に接続されている。各原料ガスタンク60~63は、たとえば B_2H_6 、 H_2 （または He ）、 CH_4 あるいは SiH_4 が充填されたものである。バルブ60B~63B, 60C~63Cおよびマスフローコントローラ60D~63Dは、真空反応室3に導入する各原料ガス成分の流量、組成およびガス圧を調整するためのものである。もちろん、原料ガス供給手段6においては、各原料ガスタンク60~63に充填すべきガスの種類、あるいは複数の原料タンク60~63の数は、円筒状基体10に形成すべき膜の種類あるいは組成に応じて適宜選択すればよい。

10

【0065】

次に、プラズマCVD装置2を用いた堆積膜の形成方法について、円筒状基体10にa-Si膜が形成された電子写真感光体1（図1参照）を作製する場合を例にとって説明する。

【0066】

まず、円筒状基体10に堆積膜（a-Si膜）を形成するにあたっては、プラズマCVD装置2のプレート31を取り外した上で、複数の円筒状基体10（図面上は2つ）を支持させた第1および第2支持体20A, 20Bを、真空反応室3の内部にセットし、再びプレート31を取り付ける。

20

【0067】

第1および第2支持体20A, 20Bに対する2つの円筒状基体10の支持に当たっては、第1および第2支持体20A, 20Bの主要部を外套するように、フランジ部21A, 21B上に、下ダミー基体27、円筒状基体10、中間ダミー基体28、円筒状基体10、および上ダミー基体29が順次積み上げられる。

【0068】

各ダミー基体27~29としては、製品の用途に応じて、導電性または絶縁性基体の表面に導電処理を施したものが選択されるが、通常は、円筒状基体10と同様な材料により円筒状に形成されたものが使用される。

30

【0069】

ここで、下ダミー基体27は、円筒状基体10の高さ位置を調整するためのものである。中間ダミー基体28は、隣接する円筒状基体10の端部間で生じるアーク放電に起因する成膜不良の発生を抑制するためのものである。この中間ダミー基体28としては、その長さがアーク放電を防止できる最低限の長さ（本実施形態では1cm）以上を有し、その表面側角部が曲面加工で曲率0.5mm以上または端面加工でカットされた部分の軸方向の長さおよび深さ方向の長さが0.5mm以上となるように面取りがされたものが使用される。上ダミー基体29は、第1および第2支持体20A, 20Bに堆積膜が形成されるのを防止し、成膜中に一旦被着した成膜体の剥離に起因する成膜不良の発生を抑制するためのものである。上ダミー基体29は、一部が第1および第2支持体20A, 20Bの上方に突出した状態とされる。

40

【0070】

次いで、真空反応室3の密閉状態とし、回転手段5により第1および第2支持体20A, 20Bを介して円筒状基体10を回転させるとともに、円筒状基体10を加熱し、排気手段（図示略）により真空反応室3を減圧する。

【0071】

円筒状基体10の加熱は、たとえばヒータ26A, 26Bに対して外部から電力を供給してヒータ26A, 26Bを発熱させることにより行なわれる。このようなヒータ26A, 26Bの発熱により、円筒状基体10が目的とする温度に昇温される。円筒状基体10の温度は、その表面に形成すべき膜の種類および組成によって選択されるが、たとえばa

50

- Si膜を形成する場合には250 以上300 以下の範囲に設定され、ヒータ26A, 26Bをオン・オフすることにより略一定に維持される。

【0072】

一方、真空反応室3の減圧は、排気手段(図示略)によってガス排出口32A, 34Aを介して真空反応室3からガスを排出させることにより行なわれる。真空反応室3の減圧の程度は、たとえば10Pa程度とされる。このような真空状態は、真空反応室3の圧力を圧力計(図示略)によってモニタリングした結果に基づいて、排気手段の動作を制御することにより維持することができる。

【0073】

次いで、円筒状基体10の温度が所望温度となり、真空反応室3の圧力が所望圧力となった場合には、原料ガス供給手段6により真空反応室3に原料ガスを供給するとともに、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間にパルス状の直流電圧を印加する。これにより、第1支持体20Aと第2支持体20B(円筒状基体10)との間にグロー放電が起こり、原料ガス成分が分解され、原料ガスの分解成分が円筒状基体10の表面に堆積される。

10

【0074】

一方、排気手段(図示略)においては、真空反応室3の圧力計(図示略)をモニタリングしつつ、真空反応室3におけるガス圧を目的範囲に維持する。すなわち、真空反応室3の内部は、原料ガス供給手段6におけるマスフローコントローラ60D~63Dと排気手段によって安定したガス圧に維持される。真空反応室3におけるガス圧は、たとえば1

20

0Pa以上100Pa以下とされる。

【0075】

真空反応室3への原料ガスの供給は、バルブ60B~63B, 60C~63Cの開閉状態を適宜制御しつつ、マスフローコントローラ60D~63Dを制御することにより、原料ガスタンク60~63の原料ガスを、所望の組成および流量で、配管60A~63A, 64およびガス導入口35を介してガス吹き出し部30の内部に導入することにより行なわれる。ガス吹き出し部30の内部に導入された原料ガスは、複数のガス吹き出し孔36を介して円筒状基体10に向けて吹き出される。そして、バルブ60B~63B, 60C~63Cおよびマスフローコントローラ60D~63Dによって原料ガスの組成を適宜切り替えることにより、円筒状基体10の表面には、電荷注入阻止層11、光導電層12および表面保護層13が順次積層形成される。

30

【0076】

第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間へのパルス状の直流電圧を印加は、電圧印加手段4により行なわれる。

【0077】

一般に、13.56MHzのRF帯域以上の高周波電力を使用した場合、空間で生成されたイオン種が電界によって加速され、正・負の極性に応じた方向に引き寄せられることになるが、高周波交流により電界が連続して反転することから、前記イオン種が円筒状基体10あるいは放電電極に到達するより前に電界が反転することから、イオンの基板への衝突は少なくなる。空間中で再結合を繰り返し、再度ガスまたはポリシリコン粉体などのシリコン化合物となって排気される。

40

【0078】

これに対して、円筒状基体10側が正負いずれかの極性になるようなパルス状の直流電圧を印加してカチオンを加速させて円筒状基体10に衝突させ、その衝撃によって表面の微細な凹凸をスパッタリングしながらa-Siの成膜を行った場合には、極めて凹凸の少ない表面をもったa-Siが得られる。本発明者らはこの現象を“イオンスパッタリング効果”と名付けた。

【0079】

このようなプラズマCVD法において、効率よくイオンスパッタリング効果を得るには、イオンの拡散速度よりも速く極性が連続的に反転することを避けるような電力を印加す

50

ることが必要であるが、印加電圧の極性は、原料ガスの種類によってイオン種の密度や堆積種の極性などから決まる成膜速度などを考慮して自由に調整できる。

【0080】

ここで、パルス状の電圧により効率よくイオンスパッタリング効果を得るには、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間の電位差は、たとえば絶対値において50V以上3000V以下の範囲内とされ、成膜レートを考慮した場合、好ましくは絶対値において500V以上3000V以下の範囲内とされる。

【0081】

より具体的には、電圧印加手段4に接地されている場合には、切り替えスイッチ41, 42を切り替えて、切り替えスイッチ41, 42に接続される端子43~46を適宜選択することにより、第1支持体20A(導電性支柱22A)および第2支持体20B(導電性支柱22B)の一方に対して-3000V以上-50V以下の範囲内の負のパルス状直流電位V1を供給し(図5参照)、あるいは50V以上3000V以下の範囲内の正のパルス状直流電位V1を供給する(図6参照)。このとき、第1支持体20A(導電性支柱22A)および第2支持体20B(導電性支柱22B)のうち、直流電源40から直流電圧が印加されていない支持体20A, 20Bは接地電位とされる。

10

【0082】

一方、電圧印加手段4に基準電源が設けられている場合には、第1支持体20A(導電性支柱22A)および第2支持体20B(導電性支柱22B)の一方に対して供給するパルス状直流電位V1は、目的とする電位差Vから基準電源により供給される電位V2を差分した値($V - V2$)とされる。基準電源により供給する電位V2は、第1および第2支持体20A, 20B(円筒状基体10)に対して負のパルス状電圧(図5参照)を印加する場合には、-1500V以上1500V以下とされ、第1および第2支持体20A, 20B(円筒状基体10)に対して正のパルス状電圧(図6参照)を印加する場合には、-1500V以上1500V以下とされる。

20

【0083】

電圧印加手段4はさらに、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間に、第1支持体20Aが第2支持体20Bよりも高電位となる状態と、第2支持体20Bが第1支持体20Aよりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧を印加する。したがって、第1および第2支持体20Aの印加される電位は、パルス状の直流電圧が一定の周期毎に繰り返されたものとなるとともに、第1支持体20Aと第2支持体20Bの間では、位相が180°ずれたものとなる。

30

【0084】

ここで、第1および第2支持体20A, 20Bの印加されるパルス状の直流電圧の周波数($1/T(\text{sec})$)は、たとえば300kHz以下に設定される(図5および図6参照)。

【0085】

このようなイオンスパッタリング効果を利用して得られたa-Siの光導電層12は、その厚みが10 μm 以上となっても、表面の微細凹凸が小さく平滑性がほとんど損なわれない。そのため、光導電層12上に表面層13であるa-SiCを1 μm 程度積層した場合の表面層13の表面形状は、光導電層12の表面形状を反映した滑らかな面とすることが可能となる。その一方で、表面層13を積層する場合においても、イオンスパッタリング効果を利用することにより、表面層13を微細凹凸が小さい平滑な膜として形成することができる。

40

【0086】

ここで、電荷注入阻止層11、光導電層12および表面層13の形成に当たっては、原料ガス供給手段6におけるマスフローコントローラ60D~63Dおよびバルブ60B~63B, 60C~63Cを制御し、目的とする組成の原料ガスが真空反応室3に供給されるのは上述の通りである。

【0087】

50

たとえば、電荷注入阻止層 11 を a - Si 系の堆積膜として形成する場合には、原料ガスとして、SiH₄ (シランガス) などの Si 含有ガス、B₂H₆ などのドーパント含有ガス、および水素 (H₂) やヘリウム (He) などの希釈ガスの混合ガスが用いられる。ドーパント含有ガスとしては、ホウ素 (B) 含有ガスの他に、窒素 (N) あるいは酸素 (O) 含有ガスを用いることもできる。

【0088】

光導電層 12 を a - Si 系の堆積膜として形成する場合には、原料ガスとして、SiH₄ (シランガス) などの Si 含有ガスおよび水素 (H₂) やヘリウム (He) などの希釈ガスの混合ガスが用いられる。光導電層 12 においては、ダングリングボンド終端用に水素 (H) やハロゲン元素 (F、Cl) を膜中に 1 原子% 以上 40 原子% 以下含有させるように、希釈ガスとして水素ガスを用い、あるいは原料ガス中にハロゲン化合物を含ませてもよい。また、原料ガスには、暗導電率や光導電率などの電気的特性及び光学的バンドギャップなどについて所望の特性を得るために、周期律表第 13 族元素 (以下「第 13 族元素」と略す) や周期律表第 15 族元素 (以下「第 15 族元素」と略す) を含有させてもよく、上記諸特性を調整するために炭素 (C)、酸素 (O) などの元素を含有させてもよい。

【0089】

第 13 族元素および第 15 族元素としては、それぞれホウ素 (B) およびリン (P) が共有結合性に優れて半導体特性を敏感に変え得る点、および優れた光感度が得られるという点で望ましい。電荷注入阻止層 11 に対して第 13 族元素および第 15 族元素を炭素 (C)、酸素 (O) などの元素とともに含有させる場合には、第 13 族元素の含有量は 0.1 ppm 以上 20000 ppm 以下、第 15 族元素の含有量は 0.1 ppm 以上 10000 ppm 以下となるように調整される。また、光導電層 12 に対して第 13 族元素および第 15 族元素を炭素 (C)、酸素 (O) 等の元素とともに含有させる場合、あるいは、電荷注入阻止層 11 および光導電層 12 に対して炭素 (C)、酸素 (O) 等の元素を含有させない場合には、第 13 族元素は 0.01 ppm 以上 200 ppm 以下、第 15 族元素は 0.01 ppm 以上 100 ppm 以下となるように調整される。なお、原料ガスにおける第 13 族元素あるいは第 15 族元素の含有量を経時的に変化させることにより、これらの元素の濃度について層厚方向にわたって勾配を設けるようにしてもよい。この場合には、光導電層 12 における第 13 族元素および第 15 族元素の含有量は、光導電層 12 の全体における平均含有量が上記範囲内であればよい。

【0090】

また、光導電層 12 については、a - Si 系材料に微結晶シリコン (μc - Si) を含んでいてもよい。光導電層 12 に μc - Si を含ませた場合には、暗導電率・明導電率を高めることができるので、光導電層 12 の設計自由度が増すといった利点がある。このような μc - Si は、先に説明した成膜方法を採用し、その成膜条件を変えることにより形成することができる。たとえば、グロー放電分解法では、円筒状基体 10 の温度および直流パルス電力を高めに設定し、希釈ガスとしての水素流量を増すことによって形成できる。また、μc - Si を含む光導電層 12 においても、先に説明したのと同様な元素 (第 13 族元素、第 15 族元素、炭素 (C)、酸素 (O) など) を添加してもよい。

【0091】

表面層 13 を a - SiC 系の堆積膜として形成する場合には、原料ガスとして、SiH₄ (シランガス) などの Si 含有ガスおよび CH₄ などの C 含有ガスの混合ガスを供給する。原料ガスにおける Si と C との組成比については、連続的あるいは間欠的に変化させてもよい。すなわち、C の比率が高くなるほど成膜速度が遅くなる傾向があるため、表面層 13 における光導電層 12 に近い部分については C 比率が低くなるようにしつつ、自由表面側については C 比率が高くなるように表面層 13 を形成するようにしてもよい。たとえば、表面層 13 の光導電層 12 側 (界面側) においては、水素化アモルファスシリコンカーバイト (a - Si_{1-x}C_x:H) における x 値 (炭素比率) が 0 を超えて 0.8 未満の比較的 Si 構成比の高い第 1 の SiC 層を堆積した後、x 値 (炭素比率) が 0.9

10

20

30

40

50

5以上1.0未満程度までC濃度を高くした第2のSiC層を堆積した2層構造であってもよい。

【0092】

第1のSiC層は、その膜厚が、耐圧、残留電位、膜強度などから決定され、通常0.1μm以上2.0μm以下、好適には0.2μm以上1.0μm以下、最適には0.3μm以上0.8μm以下とされる。第2のSiC層は、その膜厚が、耐圧、残留電位、膜強度、寿命(耐摩耗性)等から決定され、通常0.01μm以上2μm以下、好適には0.02μm以上1.0μm以下、最適には0.05μm以上0.8μm以下とされる。

【0093】

表面層13は、上述のようにa-C層として形成することもできる。この場合、原料ガスとしては、C₂H₂(アセチレンガス)あるいはCH₄(メタンガス)などのC含有ガスが用いられる。また、表面層13は、その膜厚が、通常0.1μm以上2.0μm以下、好適には0.2μm以上1.0μm以下、最適には0.3μm以上0.8μm以下とされる。

【0094】

表面層13をa-C層として形成した場合には、Si-O結合に比べてC-O結合のほうが結合エネルギーが小さいため、表面層13をa-Si系材料により形成する場合に比べて、表面層13の表面が酸化することをより確実に抑制できる。そのため、表面層13をa-C層として形成した場合には、印刷時のコロナ放電により発生するオゾンなどによって、表面層13の表面が酸化されることが適切に抑制されるため、高温高湿環境下などで

【0095】

円筒状基体10に対する膜形成が終了した場合には、第1および第2支持体20A, 20Bから円筒状基体10を抜き取ることにより、図1に示した電子写真感光体1を得ることができる。そして、成膜後は、成膜残渣を取り除くため、真空反応室3内の各部材を分解し、酸、アルカリ、プラスト等の洗浄を行い、次回成膜時に欠陥不良となる発塵が無いようウエットエッチングを行う。ウエットエッチングに代えて、ハロゲン系(ClF₃、CF₄、O₂、NF₃、SiF₆またはこれらの混合ガス)のガスを用いてガスエッチングを行うことも有効である。

【0096】

本発明によれば、イオンパタリング効果を利用して成膜を行なうため、成膜速度を落とすことなく成膜時におけるアーク放電を抑制し、特性ムラおよび欠陥の少ない良好な堆積膜(電荷注入阻止層11、光導電層12および表面層13)を高速で形成することができる。そのため、膜厚ムラが少なく良質な堆積膜を備えた電子写真感光体1を効率良く提供できるようになる。したがって、本発明により製造された電子写真感光体1を用いて画像形成を行なった場合には、黒点の発生などの画像欠陥の発生を抑制して画像特性を向上させることができる。

【0097】

本発明ではさらに、第1および第2支持体20A, 20Bに対して、第1支持体20Aが第2支持体20Bよりも高電位となる状態と、第2支持体20Bが第1支持体20Aよりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧が印加される。そのため、より効率良くかつ凹凸の少ない堆積膜を形成することが可能となる。すなわち、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間にパルス状の直流電圧を印加するにすれば、電圧印加時のプラズマ放電によって生じるカチオンは、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間、ひいてはこれらの支持体20A, 20Bに支持された円筒状基体10の間において加速される。そして、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間に対するパルス状の直流電圧の印加を第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間で交互に行うにすれば、これらの支持体20A, 20Bの間で電界を反転させつつカチオンを加速させることができる。その結果、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間の領域に有効にカチオンを存在させることができるため、円筒状基体10に対して加速されたカチオンを効

10

20

30

40

50

率良く衝突させることができる。その結果、本発明では、極めて凹凸の少ない表面をもった堆積膜を得ることができるとともに、成膜速度を向上させることができる。

【0098】

また、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間に放電により生じたカチオンを有効に存在させることができれば、ガス吹き出し部30と支持体との間で放電を起こさせる場合に比べて、放電により生じたカチオンを第1および第2支持体20A、20Bに効率良く付着させることができるとともにガス吹き出し部30と支持体との距離を大きく確保することが可能となる。その結果、ガス吹き出し部30などにカチオンが付着し、不要な膜が形成されてしまうことを抑制することができる。これにより、装置2におけるガス吹き出し部30などの構成要素の洗浄が容易となり、1本の電子写真感光体1の作成に必要な時間を短縮し、生産性を向上させることが可能となる。

10

【0099】

次に、本発明の第2の実施の形態について、図7および図8を参照しつつ説明する。なお、図8(a)および図8(b)における「+」あるいは「-」は、第1および第2支持体20A、20Bが他方の支持体に対して相対的に「高電位」あるいは「低電位」であることを意味しており、必ずしも極性を示すものではない。

【0100】

図7に示した堆積膜形成装置2は、複数の第1支持体20Aおよび複数の第2支持体20Bを備えたものであり、それぞれ同数ずつ(図面上は3個ずつ)設けられている。複数の第1および第2支持体20A、20Bは、同一円周上において交互に配置されている。第1および第2支持体20A、20Bは、電圧印加手段(図示略)によって第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間に交互にパルス状の直流電圧(図5および図6参照)を印加することが可能とされている。すなわち、図8(a)に示したように第1支持体20Aが第2支持体20Bよりも高電位とされる状態と、図8(b)に示したように第2支持体20Bが第1支持体20Aよりも高電位とされる状態とが交互に達成される。その結果、第1支持体20Aと第2支持体20Bの間には、図5または図6に示したように一定の周期毎にパルス状の直流電圧が繰り返し印加されるとともに、第1支持体20Aと第2支持体20Bの間では、連続するパルス波形の位相が180°ずれたものとなる。

20

【0101】

ここで、パルス状の電圧により効率よくイオンスパッタリング効果を得るには、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間の電位差は、たとえば絶対値において50V以上3000V以下の範囲内とされ、成膜レートを考慮した場合、好ましくは絶対値において500V以上3000V以下の範囲内とされる。また、第1および第2支持体20A、20Bの印加されるパルス状の直流電圧の周波数は、たとえば300kHz以下に設定される(図5および図6参照)。

30

【0102】

このような堆積膜形成装置2においては、複数の第1および第2支持体20A、20Bが同一円周上において交互に配置されているとともに、第1支持体20Aが第2支持体20Bよりも高電位となる状態と、第2支持体20Bが第1支持体20Aよりも高電位となる状態とを交互に繰り返すようにパルス状の直流電圧が印加される。そのため、第1支持体20A(あるいは第2支持体20B)は、隣接する2つの第2支持体20B(第1支持体20A)との間でグロー放電を生じるとともに、それらの支持体20A、20Bの間においてグロー放電により生じたカチオンが移動する。その結果、堆積膜形成装置2においても、極めて凹凸の少ない表面をもった堆積膜を効率良く得ることができるとともに、成膜レートの向上や洗浄の容易さにとともなう生産性の向上を図ることができる。

40

【0103】

次に、本発明の第3の実施の形態について、図9および図10を参照しつつ説明する。なお、図10(a)および図10(b)における「+」および「-」は、第1および第2

50

支持体 20A , 20B が他方の支持体に対して「高電位」および「低電位」であることを意味しており、必ずしも極性を示すものではない。

【0104】

図9に示した堆積間形成装置2は、複数の第1支持体20Aおよび複数の第2支持体20Bを備えたものであり、それぞれ同数ずつ(図面上は12個ずつ)設けられている。複数の第1支持体20Aは同心円上に配置され、複数の第2支持体20Bも同心円上に配置されている。複数の第1支持体20Aの配置中心と複数の第2支持体20Bの配置中心とは一致または略一致させられており、複数の第1支持体20Aは、複数の第2支持体20Bを囲むように配置されている。複数の第1および第2支持体20A, 20Bは、周方向において千鳥状に並んで配置されている。

10

【0105】

第1および第2支持体20A, 20Bは、電圧印加手段(図示略)によって第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間に交互にパルス状の直流電圧(図5および図6参照)が印加することが可能とされている。すなわち、図10(a)に示したように第1支持体20Aが第2支持体20Bよりも高電位とされる状態と、図10(b)に示したように第2支持体20Bが第1支持体20Aよりも高電位とされる状態とが交互に達成される。その結果、第1支持体20Aと第2支持体20Bの間には、図5または図6に示したように一定の周期毎にパルス状の直流電圧が繰り返し印加されるとともに、第1支持体20Aと第2支持体20Bの間では、連続するパルス波形の位相が180°ずれたものとなる。

20

【0106】

ここで、パルス状の電圧により効率よくイオンスパッタリング効果を得るには、第1支持体20Aと第2支持体20Bとの間の電位差は、たとえば絶対値において50V以上3000V以下の範囲内とされ、成膜レートを考慮した場合、好ましくは絶対値において500V以上3000V以下の範囲内とされる。また、第1および第2支持体20A, 20Bの印加されるパルス状の直流電圧の周波数は、たとえば300kHz以下に設定される(図5および図6参照)。

【0107】

このような堆積膜形成装置2においては、複数の第1および第2支持体20A, 20Bは複数の第1支持体20Aが複数の第2支持体20Bを囲むようにして周方向において千鳥状に配置されている。一方、第1支持体20Aと第2支持体20Bの間には、第1支持体20Aが第2支持体20Bよりも高電位とされる状態と、第2支持体20Bが第1支持体20Aよりも高電位とされる状態とが交互に繰り返されるようにパルス状の直流電圧が印加される。そのため、第1支持体20A(あるいは第2支持体20B)は、隣接する2つの第2支持体20B(第1支持体20A)との間でグロー放電を生じるとともに、それらの支持体20A, 20Bの間においてグロー放電により生じたカチオンが移動する。その結果、堆積膜形成装置2においても、極めて凹凸の少ない表面をもった堆積膜を効率良く得ることができるとともに、成膜レートの向上や洗浄の容易さにとともなう生産性の向上を図ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

40

【0108】

【図1】本発明における製造対象となる電子写真感光体の一例を示す断面図およびその要部拡大図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る堆積膜形成装置を示す縦断面図である。

【図3】図2に示した堆積膜形成装置を示す横断面図である。

【図4】図2に示した堆積膜形成装置の要部拡大図である。

【図5】図2に示した堆積膜形成装置における電圧印加状態を説明するためのグラフである。

【図6】図2に示した堆積膜形成装置における他の電圧印加状態を説明するためのグラフである。

50

【図7】本発明の第2の実施の形態に係る堆積膜形成装置を示す横断面図である。

【図8】図7に示した堆積膜形成装置において、第1および第2支持体の間にパルス状の直流電圧を交互に印加したときの第1および第2支持体における電位の変化を示す模式図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態に係る堆積膜形成装置を示す横断面図である。

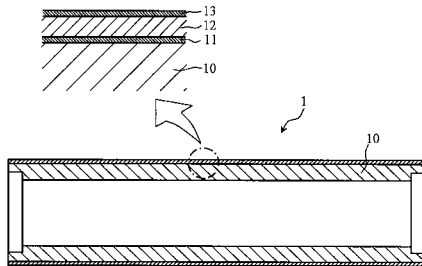
【図10】図9に示した堆積膜形成装置において、第1および第2支持体の間にパルス状の直流電圧を交互に印加したときの第1および第2支持体における電位の変化を示す模式図である。

【符号の説明】

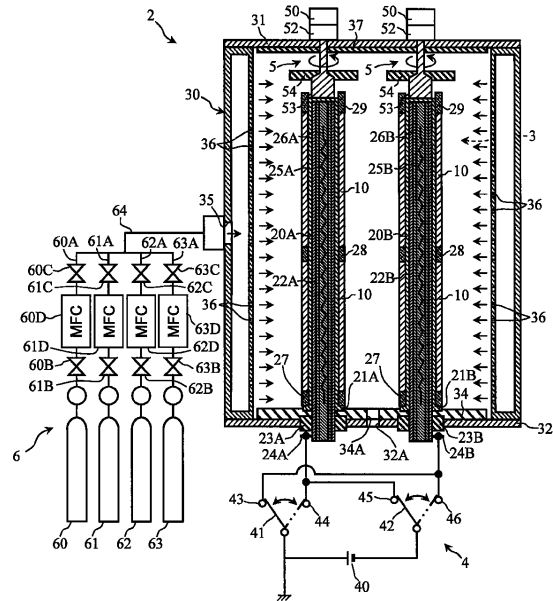
【0109】

- 1 電子写真感光体
- 10 円筒状基体（堆積膜形成対象物）
- 2, 2, 2 プラズマCVD装置（堆積膜形成装置）
- 20A, 20A, 20A 第1支持体（第1導体）
- 20B, 20B, 20B 第2支持体（第2導体）
- 3 真空反応室（反応室）
- 4 電圧印加手段
- 6 原料ガス供給手段

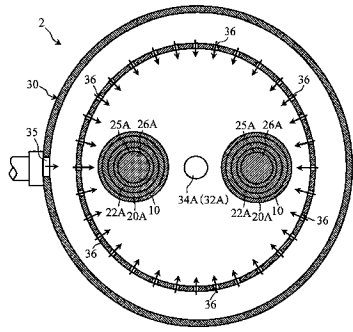
【図1】



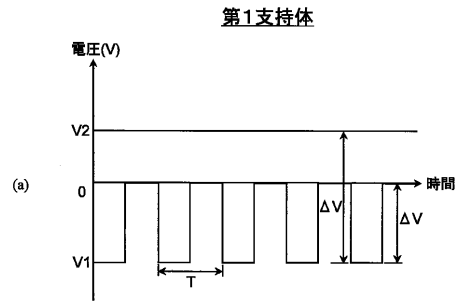
【図2】



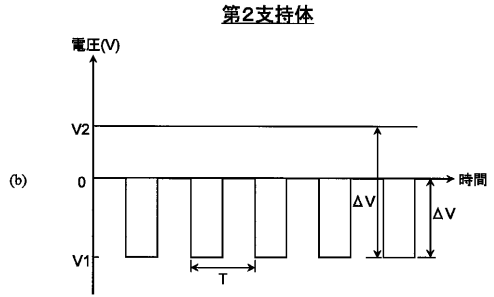
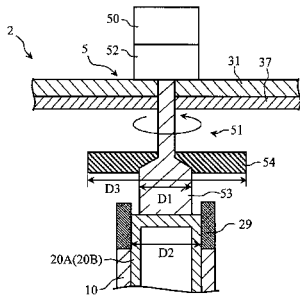
【図3】



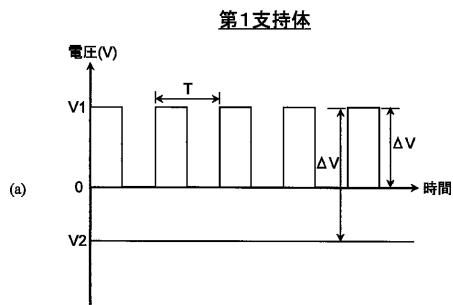
【図5】



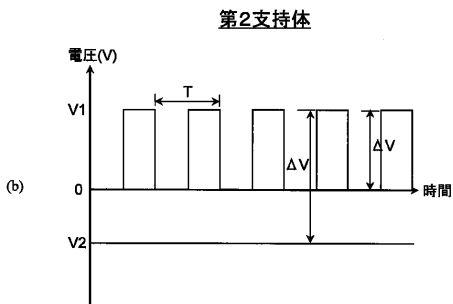
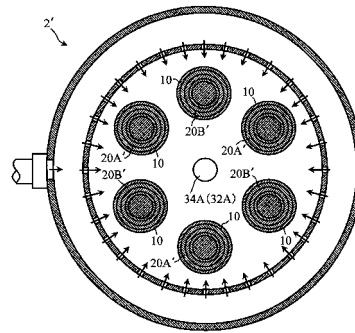
【図4】



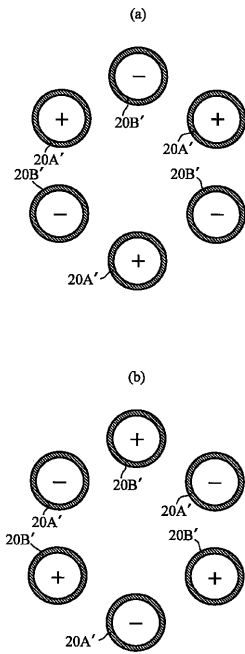
【図6】



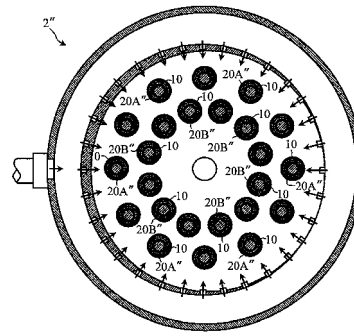
【図7】



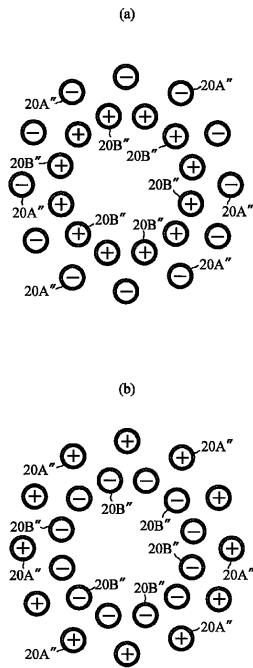
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭59-162118(JP,A)
国際公開第2006/134781(WO,A1)
特開昭62-047486(JP,A)
特開2001-335944(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C23C 16/00 - 16/56
G03G 5/08