

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第4273139号  
(P4273139)

(45) 発行日 平成21年6月3日 (2009.6.3)

(24) 登録日 平成21年3月6日 (2009.3.6)

(51) Int.Cl.

F I

G O 3 G 5/08 (2006.01) G O 3 G 5/08 3 5 O

G O 3 G 5/10 (2006.01) G O 3 G 5/10 B

G O 3 G 5/08 3 6 O

請求項の数 2 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2006-182671 (P2006-182671)	(73) 特許権者	000006633
(22) 出願日	平成18年6月30日 (2006.6.30)		京セラ株式会社
(65) 公開番号	特開2008-14964 (P2008-14964A)		京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(43) 公開日	平成20年1月24日 (2008.1.24)	(74) 代理人	100117167
審査請求日	平成20年3月19日 (2008.3.19)		弁理士 塩谷 隆嗣
早期審査対象出願		(72) 発明者	中野 晃一
			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	藤井 勲
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 電子写真感光体およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の円筒状基体を基体支持体に支持させる第1工程と、  
前記円筒状基体の表面に堆積膜を形成する第2工程と、  
を含む電子写真感光体の製造方法において、

前記円筒状基体として、端面と外周面との間に形成された連続する複数の面取り面を有しており、かつ、前記複数の面取り面における最も内周面側に位置する面取り面が平坦面であるとともに前記端面に対する交差角度が3°以上25°以下とされているものを用い、

前記第1工程では、前記複数の円筒状基体を、互いに隣接する円筒状基体において、これらの円筒状基体の隣接する部分に前記面取り面が位置するように、前記基体支持体に支持させることを特徴とする、電子写真感光体の製造方法。

【請求項 2】

前記円筒状基体として、前記面取り面と前記端面との境界が、前記円筒状基体の軸方向視における前記外周面からの最短距離が0.5mm以上となる位置に設定されているものを用いる、請求項1に記載の電子写真感光体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、円筒状基体の外表面に、少なくとも感光層を含む成膜層が形成された電子写

10

20

真感光体、およびその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電子写真感光体としては、種々の形態が知られているが、ドラム状の形態が一般的である。ドラム状の電子写真感光体は、円筒状基体の表面に、アモルファスシリコン（以下「a-Si」とする）系光導電層などの所望とする層を形成したものである。円筒状基体上にa-Si系光導電層を形成する方法としては、種々のものが知られている。なかでも、プラズマCVD法は、現在実用化が非常に進んでいる。このプラズマCVD法は、原料ガスを直流または高周波、マイクロ波グロー放電等によって分解し、円筒状基体上に堆積膜を形成する方法である。

10

【0003】

このプラズマCVD法において電子写真感光体を作製する場合には、図11に示すようなグロー放電プラズマCVD装置9が用いられている（たとえば特許文献1参照）。

【0004】

同図に示したグロー放電プラズマCVD装置9は、円筒状の真空容器90のほぼ中央に配置した円筒状の導電性基体91上に、グロー放電プラズマによりa-Si系膜を成膜するものである。このグロー放電プラズマCVD装置9は、基体支持体92に対してリング部材93を介して支持された導電性基体91を接地電極とするとともに、これを等距離で囲んだ中空の円筒状の金属電極94を、高周波電力印加用の電極とするものである。金属電極94には、成膜用の原料ガスを導入するガス導入口95が設けられており、このガス導入口95を介して導入された原料ガスが、金属電極94の内周面に設けられたガス吹き出し孔94aから導電性基体91に向けて吹き出すように構成されている。金属電極94と導電性基体91との間には、高周波電源96により高周波電力を印加してグロー放電が起こるようになされている。基体支持体92の内部には、ニクロム線やカートリッジヒーターなどからなる基体加熱手段97が設けられており、導電性基体91を所望の温度に昇温することができる。基体支持体92および導電性基体91は、回転用のモータ98aを含めた回転駆動手段98により、一体で回転させることができる。

20

【0005】

このプラズマCVD装置9を用いて導電性基体91にa-Si系膜の成膜を行なうに当たっては、所定の流量やガス比に設定された原料ガスが、ガス導入管95からガス吹き出し孔94aを介して金属電極94と導電性基体91との間に導入される。その一方で、真空容器90でのガス圧は、真空ポンプ（図示せず）により排気口99からの排気量を調整することにより所定値に設定される。そして、高周波電源96により金属電極94と導電性基体91との間に高周波電力を印加し、金属電極94と導電性基体91との間にグロー放電プラズマを発生させて原料ガスを分解することにより、所望の温度に設定した導電性基体91上にa-Si系膜が成膜される。成膜時においては、導電性基体91は、基体支持体92とともに回転駆動手段98により回転させられるため、導電性基体91に対する周方向における膜厚や膜質の均一化が図られている。

30

【0006】

【特許文献1】特開2002-004050号公報

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

プラズマCVD装置9を用いて導電性基体91に所望の膜を形成する場合、たとえば生産性を向上させるために、図12に示したように、複数の導電性基体91を基体支持体92に支持させた状態で、プラズマCVD装置9にセットし、それらの導電性基体91に対して同時に成膜を行なうことも行われている。

【0008】

しかしながら、隣接する導電性基体91は、端面91Aが互いに接触した状態とされているため、導電性基体91の周りに存在するガス成分は、端面91Aに接触しにくいもの

50

となっている。そのため、導電性基体 9 1 の成膜を行った場合には、導電性基体 9 1 の外表面には形成されるものの、端面 9 1 A に堆積種が適切に付着しないため、端面 9 1 A に付着しなかった堆積種が粉体状となって導電性基体 9 1 に付着して微小突起として存在する。

#### 【 0 0 0 9 】

このような微小突起は、電子写真感光体を画像形成装置に組み込んで画像形成を行なった場合に、画像黒点を生じさせ、画像劣化の原因となる。したがって、微小突起の形成された電子写真感光体は、不良品として破棄せざるを得ず、これが歩留まりを悪化させる原因となるためにコスト低減が図れず、低価格化の要求に対応することができない。

#### 【 0 0 1 0 】

10

また、端面 9 1 A において堆積膜が形成されない場合には、隣接する導電性基体 9 1 の端部において膜の密着性が低くなる。そのため、成膜終了後において基体支持体 9 2 から導電性基体 9 1 を取り外すときに、導電性基体 9 1 の端部において膜剥がれが生じることがある。このような端部での膜剥がれもまた、歩留まりを低下させる原因となる。

#### 【 0 0 1 1 】

本発明は、円筒状基体に対して微小突起などの成膜欠陥の少ない膜を形成できるようにするとともに膜剥がれが生じることを抑制し、歩留まり良く電子写真感光体を製造できるようにすることを課題としている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【 0 0 2 1 】

20

本発明においては、複数の円筒状基体を基体支持体に支持させる第 1 工程と、前記円筒状基体の表面に堆積膜を形成する第 2 工程と、を含む電子写真感光体の製造方法において、前記円筒状基体として、端面と外周面との間に形成された連続する複数の面取り面を有しており、かつ、前記複数の面取り面における最も内周面側に位置する面取り面が平坦面であるとともに前記端面に対する交差角度が 3 ° 以上 2 5 ° 以下とされているものを用い、前記第 1 工程では、前記複数の円筒状基体を、互いに隣接する円筒状基体相互において、それらの円筒状基体の隣接する部分に前記面取り面が位置するように、前記基体支持体に支持させることを特徴とする、電子写真感光体の製造方法が提供される。

30

#### 【 0 0 2 2 】

前記円筒状基体としては、前記面取り面と前記端面との境界が、前記円筒状基体の軸方向視における前記外周面からの最短距離が 0 . 5 mm 以上となる位置に設定されているものを用いることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【 0 0 2 9 】

本発明によれば、電子写真感光体を製造するために複数の円筒状基体を基体支持体にさせたときに、隣接する円筒状基体の端部の間には隙間が形成される。

#### 【 0 0 3 0 】

たとえば、円筒状基体の外周面と端面との間に面取り面を設けた場合には、隣接する円筒状基体の面取り面どうしは互いに接触することではなく、面取り面と端面との境界よりも外方側に隙間が形成される。また、円筒状基体の外周面と端面との間に凹部を設けた場合も同様に、隣接する円筒状基体における凹部の底面どうしは互いに接触することではなく、凹部と端面との境界よりも外方側に隙間が形成される。

40

#### 【 0 0 3 1 】

一方、円筒状基体の端面を梨地状に粗面化した場合には、隣接する円筒状基体の端面どうしは接触するが、その接触部分においては、端面が粗面化されていることに起因して気体が流入可能な程度の微細な隙間が形成される。

#### 【 0 0 3 2 】

このように、本発明では、隣接する円筒状基体の間に隙間が形成され、その隙間には円

50

筒状基体の周りに存在する気体が流入可能となっている。そのため、円筒状基体の外表面に堆積膜を形成するときに、原料ガスの分解成分が隣接する円筒状基体の間の隙間に流入し、その分解成分ガスが隙間を規定する面に堆積する。その結果、円筒状基体には、外周面から連続して、面取り面、凹部の底面、あるいは梨地状の端面に堆積膜が形成される。その結果、円筒状基体に堆積膜を形成しているときに、円筒状基体の端部に粉体化した堆積物が付着して微小突起となり、あるいは円筒状基体の端部において堆積膜の剥離することが抑制される。また、外周面から連続して、面取り面、凹部の底面、あるいは梨地状の端面に堆積膜が形成されると、円筒状基体の端部における膜の密着性が向上する。そのため、成膜終了後において基体支持体から円筒状基体を取り外すときに、円筒状基体の端部において膜剥がれが生じることを抑制することができる。したがって、本発明では、円筒状基体に微小突起が形成されることが抑制され、円筒状基体の端部での膜剥がれや抑制されているために不良品の発生を抑制することができる。その結果、電子写真感光体を製造する際の歩留まりを向上させることができ、製造コストの低減を図ることができるようになる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下においては、本発明について図面を参照しつつ具体的に説明する。

【0034】

図1に示した電子写真感光体1は、円筒状基体10の外周面10Aに、電荷注入阻止層11A、光導電層11Bおよび表面層11Cを順次積層形成したものである。

20

【0035】

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、あるいは酸化インジウムスズ(Indium Tin Oxide、ITO)および二酸化スズ(SnO<sub>2</sub>)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。例示した材料のうち、円筒状基体10を形成するための材料としては、Al系材料を用いるのが最も好ましく、また円筒状基体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り、その上、電荷注入阻止層11Aや光導電層11B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。

30

【0036】

円筒状基体10の端部10Bは、たとえば図2(a)、図2(b)あるいは図2(c)に示した形態とされている。

【0037】

図2(a)に示した例は、端部10Bにおいて、3つの面取り面12, 13, 14が形成されたものである。面取り面12は、端面15に連続し、かつ端面15よりも内面側に設けられたものであり、たとえば図示しないフランジの挿入容易性を高める観点から端面15に対する交差角度 $\theta_1$ が30°以上60°以下とされている。面取り面13, 14は、端面15と外周面10Aとの間に形成されたものである。面取り面13は外周面10Aに連続して設けられたものであり、たとえば端面15に対する交差角度 $\theta_2$ が30°以上60°以下とされている。一方、面取り面14は、面取り面13および端面15に連続して設けられたものであり、たとえば端面15に対する交差角度 $\theta_3$ が3°以上25°以下とされている。面取り面14と端面15との境界16は、たとえば円筒状基体10の軸方向視における外周面10Aからの最短距離D1が0.5mm以上となる位置に設定されている。また、端面15の幅寸法(境界16と内周面までの最短距離)0.5mm以上、好

40

50

もしくは1.0mm以上とされる。端面15の幅寸法が0.5mm未満の場合には、円筒状基体10にフランジを組付けるときに、端面15を突き当て基準面として利用することが困難になってしまい、端面15の幅寸法が1mm未満の場合には、製造工程において円筒状基体10の端面15に押圧力がかかるプロセス（例えば円筒状基体を治具に立てたり、反応炉内に段積みでセットする場合）に端面15にキズおよび圧痕が発生し易くなってしまう。

#### 【0038】

図2(b)に示した例は、端部10Bにおいて、先と同様な面取り面12, 13が形成されているとともに、面取り面14に代えて、凹部17が形成されたものである。凹部17の深さD2は、たとえば0.025mm以上0.600mm以下とされている。凹部17と端面15との境界18は、たとえば円筒状基体10の軸方向視における外周面10Aからの最短距離D3が0.5mm以上となる位置に設定されている。

10

#### 【0039】

図2(c)に示した例は、端部10Bにおいて、先と同様な面取り面12, 13が形成されているとともに、端面15に代えて、梨地状に粗面化处理された端面19が形成されたものである。端面19の表面粗さは、たとえば算術平均粗さRaにおいて2.0μm以上4.5μm以下とされている。なお、算術平均粗さRaは、JIS B 0601-1994に準拠して測定すればよい。

#### 【0040】

なお、図2(a)ないし図2(c)に示した例においては、面取り面12, 13の一方または双方を省略してもよい。

20

#### 【0041】

図1に示した電荷注入阻止層11A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11A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おり、その厚みは2μm以上10μm以下とされている。

#### 【0042】

光導電層11B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、As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>などのアモルファスセレン（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、繰り返し安定性、耐熱性あるいは耐久性）および表面層11Cをa-Si系材料により形成した場合における表面層11Cとの整合性を考慮した場合には、光導電層11B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。また、光導電層11B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11Bを形成する場合には、光導電層11Bの厚みは、たとえば5μm以上100μm以下、好適には10μm以上80μm以下とされる。

30

#### 【0043】

表面層11C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、たとえばアモルファスシリコンカーバイト（a-SiC）や窒化アモルファスシリコン（a-SiN）などのa-Si系材料、あるいはアモルファスカーボン（a-C）などにより形成されている。この表面層11C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のを十分に抑制すべく、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出来得る抵抗値（一般的には10<sup>11</sup>・cm以上）を有している。

40

#### 【0044】

電子写真感光体1における電荷注入阻止層11A、光導電層11Bおよび表面層11Cは、たとえば図3および図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。

50

## 【 0 0 4 5 】

プラズマ C V D 装置 2 は、支持体 3 を真空反応室 4 に収容したものであり、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。

## 【 0 0 4 6 】

支持体 3 は、円筒状基体 1 0 を支持するためのものであるとともに、第 1 導体として機能するものである。この支持体 3 は、フランジ部 3 0 を有する中空状に形成されているとともに、円筒状基体 1 0 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。支持体 3 は、2 つの円筒状基体 1 0 を支持できる長さ寸法に形成されており、導電性支柱 3 1 に対して着脱自在とされている。そのため、支持体 3 では、支持した 2 つの円筒状基体 1 0 の表面に直接触れることなく、真空反応室 4 に対して 2 つの円筒状基体 1 0 の出し入れを行なうことができる。

10

## 【 0 0 4 7 】

導電性支柱 3 1 は、円筒状基体 1 0 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、真空反応室 4 ( 後述する円筒状電極 4 0 ) の中心において、後述するプレート 4 2 に対して絶縁材 3 2 を介して固定されている。導電性支柱 3 1 には、導板 3 3 を介して直流電源 3 4 が接続されている。この直流電源 3 4 は、制御部 3 5 によってその動作が制御されている。制御部 3 5 は、直流電源 3 4 を制御することにより、導電性支柱 3 1 を介して、支持体 3 にパルス状の直流電圧を供給させるように構成されている ( 図 9 および図 1 0 参照 ) 。

## 【 0 0 4 8 】

20

導電性支柱 3 1 の内部には、セラミックパイプ 3 6 を介してヒータ 3 7 が収容されている。セラミックパイプ 3 6 は、絶縁性および熱伝導性を確保するためのものである。ヒータ 3 7 は、円筒状基体 1 0 を加熱するためのものである。ヒータ 3 7 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。

## 【 0 0 4 9 】

ここで、支持体 3 の温度は、たとえば支持体 3 あるいは導電性支柱 3 1 に取り付けられた熱電対 ( 図示略 ) によりモニタされており、この熱電対におけるモニタ結果に基づいて、ヒータ 3 7 をオン・オフさせることにより、円筒状基体 1 0 の温度が目的範囲、たとえば 2 0 0 以上 4 0 0 以下から選択される一定の範囲に維持される。

## 【 0 0 5 0 】

30

真空反応室 4 は、円筒状基体 1 0 に対して堆積膜を形成するための空間であり、円筒状電極 4 0 および一对のプレート 4 1 , 4 2 により規定されている。

## 【 0 0 5 1 】

円筒状電極 4 0 は、第 2 導体として機能するものであり、支持体 3 の周囲を囲む円筒状に形成される。この円筒状電極 4 0 は、円筒状基体 1 0 と同様な導電性材料により中空に形成されており、絶縁部材 4 3 , 4 4 を介して一对のプレート 4 1 , 4 2 に接合されている。

## 【 0 0 5 2 】

円筒状電極 4 0 は、支持体 3 に支持させた円筒状基体 1 0 と円筒状電極 4 0 との間の距離 D 4 が 1 0 mm 以上 1 0 0 mm 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 1 0 と円筒状電極 4 0 との距離 D 4 が 1 0 mm よりも小さい場合は真空反応室 4 に対する円筒状基体 1 0 の出し入れなどにおいて作業性を十分に確保できず、また円筒状基体 1 0 と円筒状電極 4 0 との間で安定した放電を得ることが困難となり、逆に、円筒状基体 1 0 と円筒状電極 4 0 との距離 D 4 が 1 0 0 mm よりも大きい場合は、プラズマ C V D 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。

40

## 【 0 0 5 3 】

円筒状電極 4 0 は、ガス導入口 4 5 および複数のガス吹き出し孔 4 6 が設けられているとともに、その一端において接地されている。なお、円筒状電極 4 0 は、必ずしも接地する必要はなく、直流電源 3 4 とは別の基準電源に接続してもよい。円筒状電極 4 0 を直流電源 3 4 とは別の基準電源に接続する場合、基準電源における基準電圧は、支持体 3 ( 円

50

筒状基体 10) に対して負のパルス状電圧 (図 9 参照) を印加する場合には、- 1500 V 以上 1500 V 以下とされ、支持体 3 (円筒状基体 10) に対して正のパルス状電圧 (図 10 参照) を印加する場合には、- 1500 V 以上 1500 V 以下とされる。

【0054】

ガス導入口 45 は、真空反応室 4 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。

【0055】

複数のガス吹き出し孔 46 は、円筒状電極 40 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、図の上下方向等間隔で配置されているとともに、周方向にも等間隔で配置されている。複数のガス吹き出し孔 46 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 0.5 mm 以上 2.0 mm 以下とされている。もちろん、複数のガス吹き出し孔 46 の孔径、形状および配置については、適宜変更可能である。

【0056】

プレート 41 は、真空反応室 4 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 41 を開閉することによって真空反応室 4 に対する支持体 3 の出し入れが可能とされている。プレート 41 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 47 が取着されている。これにより、プレート 41 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 47 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 47 はプレート 41 に対して着脱自在とされている。そのため、防着板 47 は、プレート 41 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。

【0057】

プレート 42 は、真空反応室 4 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 42 と円筒状電極 40 との間に介在する絶縁部材 44 は、円筒状電極 40 とプレート 42 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 44 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が、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。ただし、絶縁部材 44 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 44 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 44 の厚みは 10 mm 以上に設定される。このような範囲に絶縁部材 44 の厚みを設定した場合には、絶縁部材 44 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 200 mm 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 1 mm 以下とすることができ、絶縁部材 44 を繰り返し使用することが可能となる。

【0058】

プレート 42 および絶縁部材 44 には、ガス排出口 42A, 44A および圧力計 49 が設けられている。排気口 42A, 44A は、真空反応室 4 の内部の気体を排出するためのものであり、排気手段 7 に接続されている、圧力計 49 は、真空反応室 4 の圧力をモニタリングするためのものであり、公知の種々のものを使用することができる。

【0059】

図 3 に示したように、回転手段 5 は、支持体 3 を回転させるためのものであり、回転モ

10

20

30

40

50

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により支持体3を回転させて成膜を行なった場合には、支持体3とともに円筒状基体10が回転させられるために、円筒状基体10の外周に対して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。

#### 【0060】

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。

#### 【0061】

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。

10

#### 【0062】

回転導入端子52は、真空反応室4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、回転軸を二重もしくは三重構造として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。

#### 【0063】

絶縁軸部材53は、支持体3とプレート41との間の絶縁状態を維持しつつ、回転モータ50からの回転力を支持体3に輸入するためのものであり、たとえば絶縁部材44などの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の外径は、成膜時において、支持体3の外径（後述する上ダミー基体38Bの内径）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の外径は、支持体3の外径（後述する上ダミー基体38Bの内径）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の外径と支持体3の外径（後述する上ダミー基体38Bの内径）との差は、0.6mm以上5.5mm以下に設定される。

20

#### 【0064】

絶縁平板54は、プレート41を取り外しするときに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へ付着するのを防止するためのものであり、上ダミー基体38Bの内径より大きな外径を有する円板状に形成されている。絶縁平板54の直径は、円筒状基体10の直径の1.5倍以上3.0倍以下とされ、たとえば円筒状基体10として直径が30mmのものをを用いる場合には、絶縁平板54の直径は50mm程度とされる。

30

#### 【0065】

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。

#### 【0066】

図3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を介して円筒状電極40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4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。

40

50



## 【 0 0 6 7 】

排気手段 7 は、真空反応室 4 のガスをガス排出口 4 2 A , 4 4 A を介して外部に排出するためのものであり、メカニカルブースタポンプ 7 1 およびロータリーポンプ 7 2 を備えている。これらのポンプ 7 1 , 7 2 は、圧力計 4 9 でのモニタリング結果により動作制御されるものである。すなわち、排気手段 7 では、圧力計 4 9 でのモニタリング結果に基づいて、真空反応室 4 を真空に維持できるとともに、真空反応室 4 のガス圧を目的値に設定することができる。真空反応室 4 の圧力は、たとえば 1 . 0 P a 以上 1 0 0 P a 以下とされる。

## 【 0 0 6 8 】

次に、プラズマ C V D 装置 2 を用いた堆積膜の形成方法について、円筒状基体 1 0 に a - S i 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。

## 【 0 0 6 9 】

まず、円筒状基体 1 0 に堆積膜 ( a - S i 膜 ) を形成にあたっては、プラズマ C V D 装置 2 のプレート 4 1 を取り外した上で、複数の円筒状基体 1 0 ( 図面上は 2 つ ) を支持させた支持体 3 を、真空反応室 4 の内部にセットし、再びプレート 4 1 を取り付け。

## 【 0 0 7 0 】

支持体 3 に対する 2 つの円筒状基体 1 0 の支持に当たっては、支持体 3 の主要部を外装した状態で、フランジ部 3 0 上に、下ダミー基体 3 8 A、円筒状基体 1 0、円筒状基体 1 0、および上ダミー基体 3 8 B が順次積み上げられる。

## 【 0 0 7 1 】

各ダミー基体 3 8 A , 3 8 B 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 1 0 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。

## 【 0 0 7 2 】

ここで、下ダミー基体 3 8 A は、円筒状基体 1 0 の高さ位置を調整するためのものである。上ダミー基体 3 8 B は、支持体 3 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 3 8 B は、一部が支持体 3 の上方に突出した状態とされる。

## 【 0 0 7 3 】

一方、円筒状基体 1 0 としては、端部 1 5 の形状が図 2 ( a ) ないし図 2 ( c ) に示したいずれかのものが使用される。そのため、上ダミー基体 3 8 B と下ダミー基板 3 8 A との間に 2 つの円筒状基体 1 0 を隣接させて配置させた場合には、それらの円筒状基体 1 0 の端部 1 0 B の間には隙間が形成される。

## 【 0 0 7 4 】

たとえば、図 2 ( a ) に示したような円筒状基体 1 0 の外周面 1 0 A と端面 1 5 との間に面取り面 1 4 を設けた円筒状基体 1 0 を用いた場合には、図 6 ( a ) に示したように、隣接する円筒状基体 1 0 の面取り面 1 4 どうしは互いに接触することではなく、面取り面 1 4 と端面 1 5 との境界 1 6 よりも外方側に隙間が形成される。このような隙間は、図 6 ( b ) に示したように、隣接する円筒状基体 1 0 が位置ズレすることなく隣接する場合であっても、図 6 ( c ) に示したように隣接する円筒状基体 1 0 が位置ズレして隣接する場合であっても、面取り面 1 4 を露出させるものとなる。

## 【 0 0 7 5 】

また、図 2 ( b ) に示したような円筒状基体 1 0 の外周面 1 0 A と端面 1 5 との間に凹部 1 7 を設けた円筒状基体 1 0 を用いた場合も同様に、図 7 ( a ) に示したように、隣接する円筒状基体 1 0 における凹部 1 7 の底面 1 7 A どうしは互いに接触することではなく、凹部 1 7 と端面 1 5 との境界 1 8 よりも外方側に隙間が形成される。このような隙間は、図 7 ( b ) に示したように、隣接する円筒状基体 1 0 が位置ズレすることなく隣接する場合であっても、図 7 ( c ) に示したように隣接する円筒状基体 1 0 が位置ズレして隣接する場合であっても、凹部 1 7 の底面 1 7 A を露出させるものとなる。

## 【 0 0 7 6 】

一方、図 2 ( c ) に示したような円筒状基体 1 0 の端面 1 9 を梨地状に粗面化した円筒状基体 1 0 を用いた場合には、図 8 ( a ) に示したように隣接する円筒状基体 1 0 の端面 1 9 どうしが接触するが、その接触部分においては、それぞれの円筒状基体 1 0 の端面 1 9 が粗面化されていることに起因して気体が流入可能な程度の微細な隙間が形成される。このような隙間は、図 8 ( b ) に示したように、隣接する円筒状基体 1 0 が位置ズレすることなく隣接する場合であっても、図 8 ( c ) に示したように隣接する円筒状基体 1 0 が位置ズレして隣接する場合であっても、端面 1 9 の間に気体が流入可能な程度のものとして形成される。

## 【 0 0 7 7 】

次いで、真空反応室 4 の密閉状態とし、回転手段 5 により支持体 3 を介して円筒状基体 1 0 を回転させるとともに、円筒状基体 1 0 を加熱し、排気手段 7 により真空反応室 4 を減圧する。

## 【 0 0 7 8 】

円筒状基体 1 0 の加熱は、たとえばヒータ 3 7 に対して外部から電力を供給してヒータ 3 7 を発熱させることにより行なわれる。このようなヒータ 3 7 の発熱により、円筒状基体 1 0 が目的とする温度に昇温される。円筒状基体 1 0 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 - S i 膜を形成する場合には 2 5 0 以上 3 0 0 以下の範囲に設定され、ヒータ 3 7 のオン・オフすることにより略一定に維持される。

## 【 0 0 7 9 】

一方、真空反応室 4 の減圧は、排気手段 7 によってガス排出口 4 2 A , 4 4 A を介して真空反応室 4 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 4 の減圧の程度は、圧力計 4 9 ( 図 3 参照 ) での真空反応室 4 の圧力をモニタリングしつつ、メカニカルブースタポンプ 7 1 ( 図 3 参照 ) およびロータリーポンプ 7 2 ( 図 3 参照 ) の動作を制御することにより、たとえば  $1.0 \times 10^{-3}$  Pa 程度とされる。

## 【 0 0 8 0 】

次いで、円筒状基体 1 0 の温度が所望温度となり、真空反応室 4 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 4 に原料ガスを供給するとともに、円筒状電極 4 0 と支持体 3 との間にパルス状の直流電圧を印加する。これにより、円筒状電極 4 0 と支持体 3 ( 円筒状基体 1 0 ) 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 1 0 の表面に堆積される。

## 【 0 0 8 1 】

一方、排気手段 7 においては、圧力計 4 9 をモニタリングしつつ、メカニカルブースタポンプ 7 1 およびロータリーポンプ 7 2 の動作を制御することにより、真空反応室 4 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 4 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 6 0 D ~ 6 3 D と排気手段 7 におけるポンプ 7 1 , 7 2 によって安定したガス圧に維持される。真空反応室 4 におけるガス圧は、たとえば 1 . 0 Pa 以上 1 0 0 Pa 以下とされる。

## 【 0 0 8 2 】

真空反応室 4 への原料ガスの供給は、バルブ 6 0 B ~ 6 3 B , 6 0 C ~ 6 3 C の開閉状態を適宜制御しつつ、マスフローコントローラ 6 0 D ~ 6 3 D を制御することにより、原料ガスタンク 6 0 ~ 6 3 の原料ガスを、所望の組成および流量で、配管 6 0 A ~ 6 3 A , 6 4 およびガス導入口 4 5 を介して円筒状電極 4 0 の内部に導入することにより行なわれる。円筒状電極 4 0 の内部に導入された原料ガスは、複数のガス吹き出し孔 4 6 を介して円筒状基体 1 0 に向けて吹き出される。そして、バルブ 6 0 B ~ 6 3 B , 6 0 C ~ 6 3 C およびマスフローコントローラ 6 0 D ~ 6 3 D 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 1 0 の外周面 1 0 A には、電荷注入阻止層 1 1 A、光導電層 1 1 B および表面保護層 1 1 C が順次積層形成される。

## 【 0 0 8 3 】

円筒状電極 40 と支持体 3 との間へのパルス状の直流電圧を印加は、制御部 35 によって直流電源 34 を制御することにより行なわれる。

【0084】

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、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。

【0085】

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。

【0086】

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、極性の連続的な反転を避けるような電力を印加することが必要であり、前記パルス状の矩形波の他には、三角波、直流電力、直流電圧が有用である。また、全ての電圧が正負いずれかの極性になるように調整された交流電力等でも同様の効果が得られる。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。

【0087】

ここで、パルス状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、支持体 3 (円筒状基体 10) と円筒状電極 40 との間の電位差は、たとえば 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 500V 以上 3000V 以下の範囲内とされる。

【0088】

より具体的には、制御部 35 は、円筒状電極 40 が接地されている場合には、支持体 3 (導電性支柱 31) 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 9 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 10 参照)。

【0089】

一方、円筒状電極 40 が基準電極 (図示略) に接続されている場合には、支持体 3 (導電性支柱 31) 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、支持体 3 (円筒状基体 10) に対して負のパルス状電圧 (図 9 参照) を印加する場合には、-1500V 以上 1500V 以下とされ、支持体 3 (円筒状基体 10) に対して正のパルス状電圧 (図 10 参照) を印加する場合には、-1500V 以上 1500V 以下とされる。

【0090】

制御部 35 はまた、直流電圧の周波数 (1/T (sec)) が 300kHz 以下に、duty 比 (T1/T) が 20% 以上 90% 以下となるように直流電源 34 を制御する。

【0091】

なお、本発明における duty 比とは、図 9 および図 10 に示したようにパルス状の直流電圧の 1 周期 (T) (円筒状基体 10 と円筒状電極 40 との間に電位差が生じた瞬間から、次に電位差が生じた瞬間までの時間) における電位差発生 T1 が占める時間割合と定義される。たとえば、duty 比 20% とは、パルス状の電圧を印加する際の、1 周期に占める電位差発生 (ON) 時間が 1 周期全体の 20% であることを言う。

【0092】

この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 11B は、その

10

20

30

40

50

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11B上に表面層11Cであるa-SiCを1 μm程度積層した場合の表面層11Cの表面形状は、光導電層11B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11Cを積層する場合においても、イオンスパッタリグ効果を利用することにより、表面層11C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。

#### 【0093】

ここで、電荷注入阻止層11A、光導電層11Bおよび表面層11C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4に供給されるのは上述の通りである。

10

#### 【0094】

たとえば、電荷注入阻止層11A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、SiH<sub>4</sub>（シランガス）などのSi含有ガス、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>などのドーパント含有ガス、および水素（H<sub>2</sub>）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。

#### 【0095】

光導電層11B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、SiH<sub>4</sub>（シランガス）などのSi含有ガスおよび水素（H<sub>2</sub>）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11B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おいてもよい。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。

20

#### 【0096】

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11A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2000 ppm以下、第15族元素の含有量は0.1 ppm以上1000 ppm以下となるように調整される。また、光導電層11B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11Aおよび光導電層11B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11B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11Bの全体における平均含有量が上記範囲内であればよい。

30

40

#### 【0097】

また、光導電層11Bについては、a-Si系材料に微結晶シリコン（μc-Si）を含んでいてもよく、このμc-Siを含ませた場合には、暗導電率・光導電率を高めることができるので、光導電層22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、

50

$\mu\text{c-Si}$ を含む光導電層 11B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。

【0098】

表面層 11C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、 $\text{SiH}_4$ （シランガス）などのSi含有ガスおよび $\text{CH}_4$ 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 11Cにおける光導電層 11B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 11Cを形成するようにしてもよい。たとえば、表面層 11Cの光導電層 11B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（ $\text{a-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ ）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0.95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。

10

【0099】

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0.1  $\mu\text{m}$ 以上2.0  $\mu\text{m}$ 以下、好適には0.2  $\mu\text{m}$ 以上1.0  $\mu\text{m}$ 以下、最適には0.3  $\mu\text{m}$ 以上0.8  $\mu\text{m}$ 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0.01  $\mu\text{m}$ 以上2  $\mu\text{m}$ 以下、好適には0.02  $\mu\text{m}$ 以上1.0  $\mu\text{m}$ 以下、最適には0.05  $\mu\text{m}$ 以上0.8  $\mu\text{m}$ 以下とされる。

20

【0100】

表面層 11C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、 $\text{C}_2\text{H}_2$ （アセチレンガス）あるいは $\text{CH}_4$ （メタンガス）などのC含有ガスが用いられる。また、表面層 11Cは、その膜厚が、通常0.1  $\mu\text{m}$ 以上2.0  $\mu\text{m}$ 以下、好適には0.2  $\mu\text{m}$ 以上1.0  $\mu\text{m}$ 以下、最適には0.3  $\mu\text{m}$ 以上0.8  $\mu\text{m}$ 以下とされる。

【0101】

表面層 11C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 11Cをa-Si系材料により形成する場合に比べて、表面層 11C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 11C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 11C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の画像流れの発生を抑制することができる。

30

【0102】

円筒状基体 10に対する膜形成が終了した場合には、支持体 3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 4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（ $\text{ClF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{SiF}_6$ 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。

40

【0103】

上述のように、隣接する円筒状基体 10の間に隙間が形成され、その隙間には円筒状基体 10の周りに存在する気体が流入可能となっている。そのため、円筒状基体 10の外周面 10Aに堆積膜を形成するときに、原料ガスの分解成分が隣接する円筒状基体 10の間の隙間に流入し、その分解成分ガスが隙間を規定する面に堆積する。その結果、円筒状基体 10には、外周面 10Aから連続して、面取り面 13、14、凹部 17の底面 17A、あるいは梨地状の端面 19に堆積膜が形成される。その結果、円筒状基体 10に堆積膜を形成しているときに、円筒状基体 10の端部に粉体化した堆積物が付着して微小突起となることもなく、また円筒状基体 10の端部 10Bにおいて堆積膜の剥離することが抑制される。また、外周面 10Aから連続して、面取り面 13、14、凹部 17の底面 17A、

50

あるいは梨地状の端面 19 に堆積膜が形成されると、円筒状基体 10 の端部 10B における膜の密着性が向上する。そのため、成膜終了後において基体支持体 3 から円筒状基体 10 を取り外すときに、円筒状基体 10 の端部 10B において膜剥がれが生じることを抑制することができる。したがって、本発明では、円筒状基体 10 に微小突起が形成されることが抑制され、円筒状基体 10 の端部 10B での膜剥がれや抑制されているために不良品の発生を抑制することができる。その結果、電子写真感光体 1 を製造する際の歩留まりを向上させることができ、製造コストの低減を図ることができるようになる。

#### 【実施例 1】

##### 【0104】

本実施例では、図 2(a) に示した形態の円筒状を用いて堆積膜を形成した場合に、端面 15 に対する面取り面 14 の交差角度 3 が微小突起の発生に与える影響について検討した。

##### 【0105】

円筒状基体 10 の外周面 10A に対する堆積膜の形成は、図 3 および図 4 に示したプラズマ CVD 装置 2 を用いて、円筒状基体 10 (支持体 3) と円筒状電極 40 と間に負のパルス状直流電圧 (図 9 参照) を印加することにより行なった。円筒状基体 10 としては、A5052 アルミニウム合金製の抽伸管 (外径: 30 mm、肉厚: 2.5 mm、長さ: 340 mm) の両端部に対して旋盤により所定の切削加工を施したうえで、脱脂洗浄を行ったものを用いた。本実施例では、支持体 3 の軸方向にダミー基体 38A, 38B を用いて円筒状基体 10 を 2 段積み重ねてセットした。また、プラズマ CVD 装置 2 においては、円筒状基体 10 と円筒状電極 40 との間の距離 D4 を 25 mm に設定するとともに円筒状電極 40 を接地状態とした。成膜条件は、下記表 1 に示した通りとした。なお、成膜時における円筒状基体 10 の回転速度は 10 rpm とした。

##### 【0106】

##### 【表 1】

層の種類		電荷注入阻止層	光導電層	表面層
原料ガス	SiH <sub>4</sub> [sccm]	170	340	30
	H <sub>2</sub> [sccm]	200	200	0
	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> [ppm]	1150	0.3	0
	CH <sub>4</sub> [sccm]	0	0	600
圧力[Pa]		80	80	86.5
基体温度[°C]		300	320	250
直流電圧[V]		-665	-735	-280
パルス周波数[kHz]		30	30	30
duty 比[%]		50	50	50
膜厚[μm]		5	14	1

##### 【0107】

円筒状基体 10 の交差角度 3 を変化させて、微小突起の発生状況を目視により確認した。微小突起の発生状況については、下記表 2 に示した。なお、D1 = 1.0 mm とし、面取り面 12 は C0.5 (交差角度 1 = 45°、距離 = 0.5 mm)、面取り面 13 は C0.2 (交差角度 2 = 45°、距離 = 0.2 mm) として各々一定とした。

##### 【0108】

【表 2】

交差角度 $\theta_3$	0°	3°	10°	20°	25°	30°
評価	×	◎	◎	◎	○	×

◎：微小突起の発生がしないか、微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題なし

○：微小突起が多少発生しているものの、実用上問題なし

×：微小突起が多数発生しており、実用上問題あり

## 【0109】

10

表 2 から分かるように、面取り面 14 を形成しない場合 ( $\theta_3 = 0^\circ$ ) および面取り面 14 の交差角度  $\theta_3$  が  $30^\circ$  の場合には、微小突起が多数発生し、実用上問題の生じ得るものとなった。面取り面 14 の交差角度  $\theta_3$  が  $25^\circ$  の場合には、実用上問題ないものの、多少の微小突起が発生した。一方、面取り面 14 の交差角度  $\theta_3$  が  $3^\circ$  以上  $20^\circ$  以下の場合には、微小突起の発生がしないか、あるいは微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題ないものとなった。したがって、微小突起の発生を回避する観点からは、面取り面 14 の交差角度  $\theta_3$  は、 $3^\circ$  以上  $25^\circ$  以下に設定するのが好ましい。

## 【実施例 2】

## 【0110】

20

本実施例では、図 2 (a) に示した形態の円筒状を用いて堆積膜を形成した場合に、軸方向視における境界 16 と外周面 10A との距離 D1 が微小突起の発生に与える影響について検討した。

## 【0111】

円筒状基体 10 に対する堆積膜の形成および微小突起の発生状況の検討については、実施例 1 と同様とした。微小突起の発生状況については、下記表 3 に示した。なお、本実施例において面取り面 12 および面取り面 13 は形成されていない。

## 【0112】

## 【表 3】

距離 D1 [mm]	0	0.2	0.5	1.5	2.0	2.4
評価	×	×	◎	◎	◎	◎

30

◎：微小突起の発生がしないか、微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題なし

×：微小突起が多数発生しており、実用上問題あり

## 【0113】

表 3 から分かるように、境界 16 と外周面 10A との距離 D1 が  $0.2\text{ mm}$  以下の場合には、微小突起が多数発生し、実用上問題の生じ得るものとなった。一方、境界 16 と外周面 10A との距離 D1 が  $0.5\text{ mm}$  以上の場合には、微小突起の発生がしないか、あるいは微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題ないものとなった。したがって、微小突起の発生を回避する観点からは、境界 16 と外周面 10A との距離 D1 は、 $0.5\text{ mm}$  以上

40

## 【実施例 3】

## 【0114】

本実施例では、図 2 (b) に示した形態の円筒状を用いて堆積膜を形成した場合に、端面と外周面の間に形成された凹部の深さ D2 が微小突起の発生に与える影響について検討した。

## 【0115】

円筒状基体 10 については、円筒状基体 10 の端部の切削加工により図 2 (b) に示した形態に作製した。凹部 17 と端面 15 との境界 18 から外周面 10A までの最短距離 D3 =  $1.0\text{ mm}$ 、内表面側の面取り面 12 は C  $0.5$ 、外表面側の面取り面 13 は C  $0.5$

50

2として各々一定とした。円筒状基体10に対する堆積膜の形成および微小突起の発生状況の検討については、実施例1と同様とした。微小突起の発生状況については、円筒状基体10の対する堆積膜の成膜条件は実施例1と同様とした。微小突起の発生状況については、下記表4に示した。

【0116】

【表4】

距離D2 (mm)	0	0.025	0.1	0.2	0.6	1
評価	×	◎	◎	◎	○	×

◎：微小突起の発生がしないか、微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題なし

○：微小突起が多少発生しているものの、実用上問題なし

×：微小突起が多数発生しており、実用上問題あり

【0117】

表4から分かるように、円筒状基体10の端面と外周面との間に凹部を形成しない場合(D2=0)には、微小突起が多数発生し、実用上問題の生じ得るものとなった。また、凹部の深さD2=1mmにおいても、微小突起が多数発生し、実用上問題の生じ得るものとなった。凹部の深さD2=0.6mmの場合には、実用上問題ないものの、多少の微小突起が発生した。一方、凹部の深さD2が0.025mm以上0.2mm以下の場合には、微小突起の発生がしないか、あるいは微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題ないものとなった。したがって、微小突起の発生を回避する観点からは、端面と外周面の間に形成する凹部の深さD2は0.025mm以上0.6mm以下に設定するのが好ましい。

【実施例4】

【0118】

本実施例では、図2(b)に示した形態の円筒状を用いて堆積膜を形成した場合に、軸方向視における境界18と外周面10Aとの距離D3が微小突起の発生に与える影響について検討した。

【0119】

円筒状基体10に対する堆積膜の形成および微小突起の発生状況の検討については、実施例3と同様とし、端面と外周面の間に形成する凹部の深さD2=0.1mmとし、内表面側の面取り面12および外表面側の面取り面13はともに省略した。微小突起の発生状況については、下記表5に示した。

【0120】

【表5】

距離D3 (mm)	0	0.2	0.5	1.5	2.0	2.2
評価	×	×	◎	◎	◎	◎

◎：微小突起の発生がしないか、微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題なし

×：微小突起が多数発生しており、実用上問題あり

【0121】

表5から分かるように、境界18と外周面10Aとの距離D3が0.2mm以下の場合には、微小突起が多数発生し、実用上問題の生じ得るものとなった。一方、境界18と外周面10Aとの距離D3が0.5mm以上の場合には、微小突起の発生がしないか、あるいは微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題ないものとなった。またD3が2.2mmでは微小突起の発生はないが、端面15の面積が少ないことにより、フランジ組付けの際に面振れが生じることがあった。微小突起の発生を回避する観点より境界18と外周面10Aとの距離D3は、0.5mm以上が好ましく、また、画像形成装置搭載時のフランジ組付けの観点より、端面の距離は0.5mm以上残すことが好ましい。(今回の場合は円筒状基体10の肉厚が2.5mmであることからD1=2.0mm以下となる。)

10

20

30

40

50



## 【実施例 5】

## 【0122】

本実施例では、図2(c)に示した形態の円筒状を用いて堆積膜を形成した場合に、端面を梨地状に粗面化することによる微小突起の発生に与える影響について検討した。

## 【0123】

円筒状基体10については、円筒状基体10の端部の切削加工を行なった後に端面19に対してショットブラスト処理を行うことにより図2(c)に示した形態に作製した。内表面側の面取り面12はC0.5、外表面側の面取り面13はC0.2とした。円筒状基体10の端面19の算術平均粗さRa(JIS B 0601-1994に基づく)は、下記表6に示した範囲で変化させ、微小突起の発生状況を目視により確認した。微小突起の発生状況については、下記表6に示した。

## 【0124】

## 【表6】

端面粗さRa (μm)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.5	5.5
評価	×	×	◎	◎	◎	◎

◎：微小突起の発生がしないか、微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題なし

×：微小突起が多数発生しており、実用上問題あり

## 【0125】

表6に示す円筒状基体10の端面粗さRa = 0.5 μmは端面19に梨地処理を施していない場合であるが、微小突起が多数発生し、実用上問題の生じ得るものとなった。また、端面粗さRa = 1.0 μmは端面19に梨地処理を施しているが、微小突起が多数発生し、実用上問題の生じ得るものとなった。端面粗さRa = 2.0 μm以上4.5 μmはいずれも梨地処理を施しており、微小突起の発生がしないか、あるいは微小突起の発生がほとんどなく、実用上問題ないものとなった。端面粗さRa = 5.5 μmは端面19に梨地処理を施しており微小突起の発生はないが、端面19の粗さが大きいことにより、フランジ組付けの際に面振れが生じることがあった。したがって、微小突起の発生を回避する観点より端面19の表面粗さは、算術平均粗さRaにおいて2.0 μm以上が好ましく、また、画像形成装置搭載時のフランジ組付けの観点より、端面19の表面粗さは、算術平均粗さRaにおいて4.5 μm以下が好ましい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0126】

【図1】本発明に係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】図1に示した電子写真感光体における端部の断面図である。

【図3】本発明に係る電子写真感光体の製造方法において用いる堆積膜形成装置の一例を示す縦断面図である。

【図4】図3に示した堆積膜形成装置の横断面図である。

【図5】図3および図4に示した堆積膜形成装置の基体支持体に2つの円筒状基体を支持させた状態を示す断面図である。

【図6】図5に示した2つの円筒状基体の連結部分を説明するための要部を示す断面図である。

【図7】図5に示した2つの円筒状基体の連結部分を説明するための要部を示す断面図である。

【図8】図5に示した2つの円筒状基体の連結部分を説明するための要部を示す断面図である。

【図9】図3および図4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10】図3および図4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。

【図 1 1】従来の堆積膜形成方法の一例を、プラズマ C V D 法を例にとって説明するための断面図である。

【図 1 2】図 1 1 に示した C V D 装置における基体支持体に 2 つの円筒状基体を支持させた状態を示す断面図である。

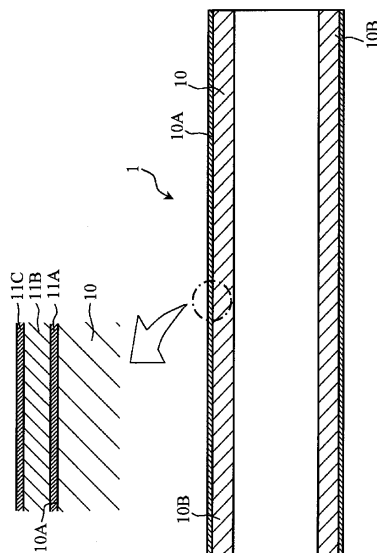
【符号の説明】

【 0 1 2 7 】

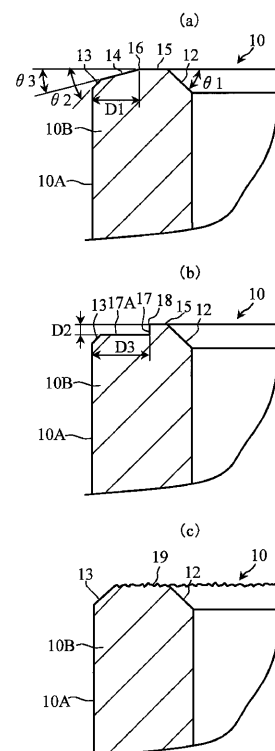
- 1 電子写真感光体
- 1 0 円筒状基体
- 1 0 A (円筒状基体の) 外周面
- 1 1 A 電荷注入阻止層 (成膜層)
- 1 1 B 光導電層 (成膜層)
- 1 1 C 表面層 (成膜層)
- 1 3 (円筒状基体の) 面取り面
- 1 4 (円筒状基体の) 面取り面
- 1 5 , 1 9 (円筒状基体の) 端面
- 1 6 , 1 8 境界
- 1 7 (円筒状基体の) 凹部
- 1 7 A (凹部の) 底面
- 3 基体支持体

10

【図 1】

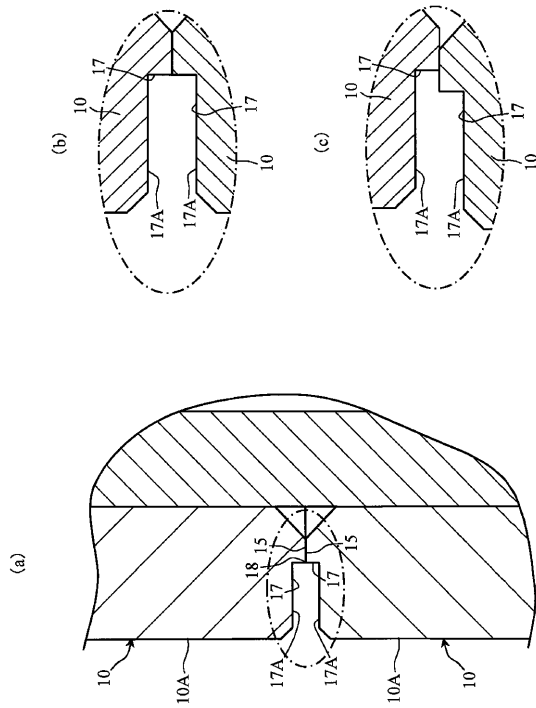


【図 2】

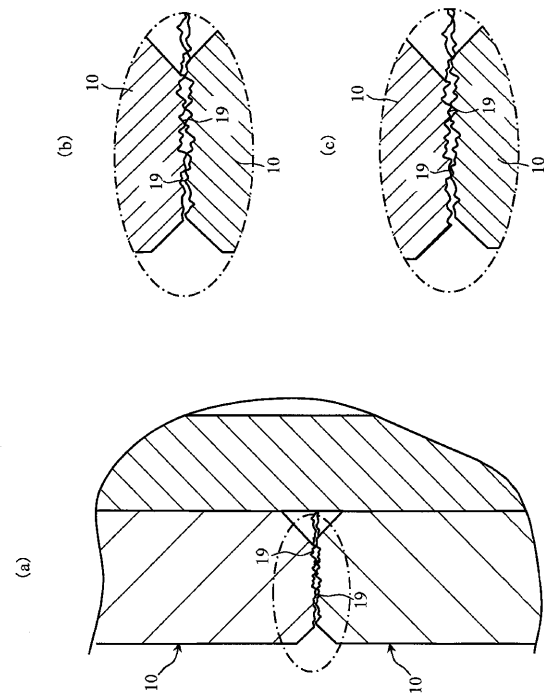




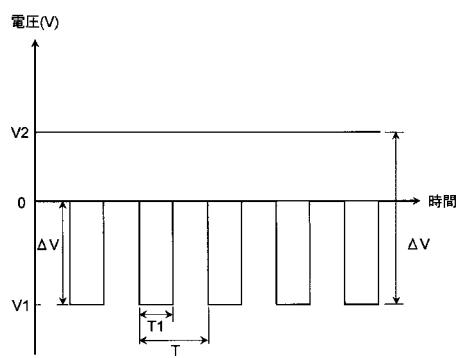
【図 7】



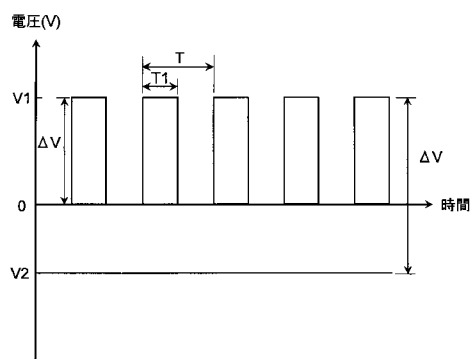
【図 8】



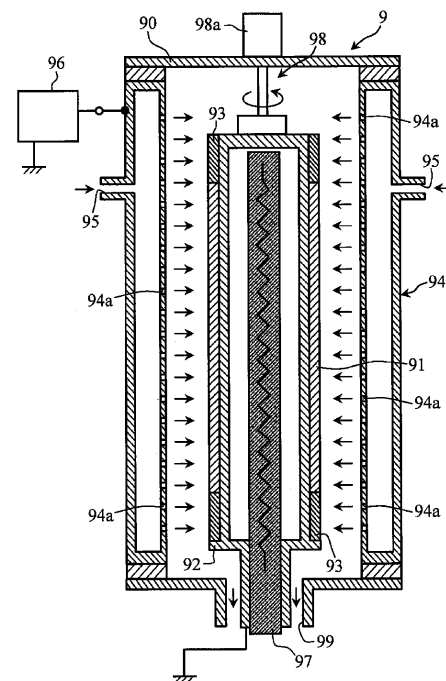
【図 9】



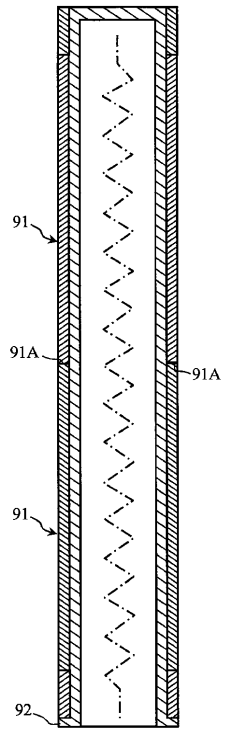
【図 10】



【図 11】



【図 12】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 実開昭60-133478(JP,U)  
特開平06-167823(JP,A)  
実開平01-037465(JP,U)  
特開平09-044033(JP,A)  
実開昭62-071635(JP,U)  
特開昭60-154278(JP,A)  
特開2000-039729(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G03G 5/08  
G03G 5/10