

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6278018号  
(P6278018)

(45) 発行日 平成30年2月14日(2018.2.14)

(24) 登録日 平成30年1月26日(2018.1.26)

(51) Int.Cl. F 1  
**G 0 3 G 15/02 (2006.01)** G 0 3 G 15/02 1 0 1

請求項の数 7 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-184659 (P2015-184659)                  (22) 出願日 平成27年9月18日 (2015.9.18)                  (65) 公開番号 特開2017-58574 (P2017-58574A)                  (43) 公開日 平成29年3月23日 (2017.3.23)                  審査請求日 平成29年1月23日 (2017.1.23)</p>	<p>(73) 特許権者 000001270                  コニカミノルタ株式会社                  東京都千代田区丸の内二丁目7番2号                  (74) 代理人 110001900                  特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所                  (72) 発明者 永井 裕樹                  東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ                  ニカミノルタ株式会社内                  審査官 中澤 俊彦</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 帯電装置及び画像形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被帯電体表面を帯電させる電界放出型の帯電装置であって、  
 帯電素子と、  
 前記帯電素子に電流を供給する給電手段と、  
 電圧が印加されると電界を発生させて、前記帯電素子に放電させる引出電極と、を備え

、前記帯電素子は、

s p<sup>2</sup>型カーボン物質の単分子が複数本結合することによって形成されたフィラメントを、更に複数本結合されてなり、

密度が0.4 g / c m<sup>3</sup>以上であり、  
シート形状である

ことを特徴とする帯電装置。

【請求項2】

前記フィラメントは、直径が40 nm以上、400 nm以下の範囲内であることを特徴とする請求項1に記載の帯電装置。

【請求項3】

前記s p<sup>2</sup>型カーボン物質の単分子は、分子長が0.8 mm以上、2.1 mm以下の範囲内である

ことを特徴とする請求項1又は2に記載の帯電装置。

## 【請求項 4】

前記給電手段は、金属板であって、  
前記帯電素子は、前記金属板に受電可能に固定されている  
ことを特徴とする請求項 1 から 3 の何れかに記載の帯電装置。

## 【請求項 5】

前記  $sp^2$  型カーボン物質はカーボンナノチューブ、カーボンナノホーン、グラフェン  
及びグラファイトの何れかである  
ことを特徴とする請求項 1 から 4 の何れかに記載の帯電装置。

## 【請求項 6】

前記帯電素子に放電させる際に、当該帯電素子並びに前記引出電極に印加される電圧は 10  
、接地電位からの電位差が 1 kV 以下である  
ことを特徴とする請求項 1 から 4 の何れかに記載の帯電装置。

## 【請求項 7】

表面が一様に帯電した感光体を露光して静電潜像を形成し、当該静電潜像を現像して得  
られたトナー像を記録シートに転写し、定着する画像形成装置であって、  
請求項 1 から 6 の何れかに記載の帯電装置を備え、  
前記帯電装置によって、前記感光体表面を一様に帯電させる  
ことを特徴とする画像形成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

20

## 【0001】

本発明は、帯電装置及び画像形成装置に関し、特に、帯電に伴うオゾンや窒素酸化物な  
どの放電生成物の発生を抑える技術に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、電子写真の技術分野においては、帯電素子から電子を放出させて、静電潜像の形  
成に先立って感光体表面を帯電させる帯電装置が用いられる。

帯電素子としては、電子放出特性に優れる材料が好適である。電子放出材料としては、  
材料分子から比較的自由に外に飛び出すことのできる不対電子を比較的多く持ち、エネル  
ギーの比較的小さな電界や熱などを加えることによって電子を放出することができるもの  
が好ましい。

## 【0003】

カーボンナノチューブ (CNT: Carbon Nanotube) やカーボンナノホーン、グラフェン、  
グラファイト等の  $sp^2$  炭素が結合して形成された  $sp^2$  型カーボン物質や、ダイヤモンド  
といった所謂カーボン物質は高い電子放出特性を示すことから、近年、帯電素子にカーボ  
ンナノチューブを採用した帯電装置が検討されている。

例えば、電子写真の技術分野において主流になっているコロナ放電方式の帯電装置にお  
いては、櫛歯状や鋸歯状のコロナ電極の突起の先端部分にカーボンナノチューブを植毛し  
たり、コロナ電極そのものを 1 本以上のカーボンナノチューブの紡績糸で組成したりする  
構成が提案されている (例えば、特許文献 1、2 を参照)。

40

## 【0004】

また、カーボンナノチューブを採用した電界放出 (FE: Field Emission) 方式の帯電装  
置も提案されている (例えば、特許文献 3 を参照)。この提案は、絶縁膜に形成された細  
孔の開口部側に設けられた引出電極に電圧を印加し、当該細孔中に配設されたカーボン  
ナノチューブから放電させることによって帯電を行うというものである。

これらのようにすれば、高い電子放出特性を有するカーボンナノチューブを帯電素子と  
して利用することができる。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

50

【特許文献1】特開2006-084951号公報

【特許文献2】特開2009-251601号公報

【特許文献3】特開2002-279885号公報

【特許文献4】特開2009-196873号公報

【特許文献5】特開2013-216578号公報

【非特許文献1】井上 翼、「連続乾式紡績によるカーボンナノチューブ紡績糸」、日本画像学会誌 第53巻 第1号：71-76(2014)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、帯電素子としてカーボンナノチューブを採用しても、コロナ放電方式は、1kV前後またはそれ以上の高電圧の印加が必要となることから、オゾンやNO<sub>x</sub>等の放電生成物を大量に発生する。電界放出方式においても、引出電極に1.5kVもの高電圧を印加する必要があり、やはり放電生成物の大量発生を免れることができない。

放電生成物は感光体等に付着して画質を劣化させるおそれがある。また、放電生成物が機外へ拡散するのを防止するためにはフィルター等が必要となるため、装置コストの上昇を招く、という問題がある。

【0007】

本発明は、上述のような問題に鑑みて為されたものであって、高い電子放出特性を示すカーボン物質を用いながら、放電生成物の発生を抑制することができる帯電装置及び画像形成装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するため、本発明に係る帯電装置は、被帯電体表面を帯電させる電界放出型の帯電装置であって、帯電素子と、前記帯電素子に電流を供給する給電手段と、電圧が印加されると電界を発生させて、前記帯電素子に放電させる引出電極と、を備え、前記帯電素子は、sp<sup>2</sup>型カーボン物質の単分子が複数本結合することによって形成されたフィラメントを、更に複数本結合されてなり、密度が0.4g/cm<sup>3</sup>以上であり、シート形状であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

このようにすれば、sp<sup>2</sup>型カーボン物質の単分子が複数本結合することによって形成されたフィラメントを、更に複数本結合されてなり、密度が0.4g/cm<sup>3</sup>以上である帯電素子を用いるので、放電生成物の発生を抑制することができる。

この場合において、前記フィラメントは、直径が40nm以上、400nm以下の範囲内であるのが望ましく、前記sp<sup>2</sup>型カーボン物質の単分子は、分子長が0.8mm以上、2.1mm以下の範囲内であるのが好適である。

【0011】

前記給電手段は、金属板であって、前記帯電素子は、前記金属板に受電可能に固定されていてもよい。また、前記sp<sup>2</sup>型カーボン物質はカーボンナノチューブ、カーボンナノホーン、グラフェン及びグラファイトの何れかであるのが望ましい。

また、前記帯電素子に放電させる際に、当該帯電素子並びに前記引出電極に印加される電圧は、接地電位からの電位差が1kV以下であるのが好適である。

【0012】

本発明に係る画像形成装置は、表面が一様に帯電した感光体を露光して静電潜像を形成し、当該静電潜像を現像して得られたトナー像を記録シートに転写し、定着する画像形成装置であって、請求項1から10の何れかに記載の帯電装置を備え、本発明に係る帯電装置によって、前記感光体表面を一様に帯電させることを特徴とする。このようにすれば、上述のような効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 3 】

【図 1】本発明の実施の形態に係る画像形成装置の主要な構成を示す図である。

【図 2】帯電装置 100 の主要な構成を示す断面図である。

【図 3】帯電装置 100 の主要な構成を示す断面図である。

【図 4】CNT 分子の製造装置の概略を示す図である。

【図 5】図 5 は、CNT 系 200 a を製造する装置の概略を示す図であって、( a ) は甘燃り CNT 系の製造装置を示し、( b ) は合わせ燃り CNT 系の製造装置を示す。

【図 6】CNT 系 200 a の電子顕微鏡写真である。

【図 7】帯電素子 200 の評価実験に供した CNT 分子の特性を一覧する表である。

【図 8】CNT 系 200 a を用いた帯電素子 200 の評価結果を一覧する表である。

10

【図 9】従来技術に係る帯電装置の評価結果を一覧する表である。

【図 10】第 2 の実施の形態に係る帯電装置 100 の主要な構成を示す断面図である。

【図 11】第 2 の実施の形態に係る帯電装置 100 の主要な構成を示す断面図である。

【図 12】CNT シート 1000 の電子顕微鏡写真である。

【図 13】CNT シート 1000 を用いた帯電素子 200 の評価結果を一覧する表である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 4 】

以下、本発明に係る帯電装置及び画像形成装置の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

20

## [ 1 ] 第 1 の実施の形態

本発明の第 1 の実施の形態に係る画像形成装置は、帯電素子としてカーボンナノチューブ紡績系（以下、「CNT 系」という。）を用いることを特徴とする。

## 【 0 0 1 5 】

## ( 1 - 1 ) 画像形成装置の構成

まず、本実施の形態に係る画像形成装置の構成について説明する。

図 1 は、本実施の形態に係る画像形成装置の主要な構成を示す図である。図 1 に示されるように、画像形成装置 1 は、所謂タンドム型のカラー複合機（MFP: Multi-Function Peripheral）であって、原稿読取部 110、画像形成部 120 及び給紙部 140 を備えている。原稿読取部 110 は、原稿台トレイ 111 に載置された原稿を自動原稿搬送装置（ADF: Automatic Document Feeder）112 にて搬送しながら、光学的に読み取って画像データを生成する。画像データは後述の制御部 122 に記憶される。

30

## 【 0 0 1 6 】

画像形成部 120 は作像部 121 Y ~ 121 K、制御部 122、中間転写ベルト 123、2 次転写ローラー対 124、定着装置 125、排紙ローラー対 126、排紙トレイ 127、クリーナー 128 及びタイミングローラー対 129 を備えている。また、画像形成部 120 には Y（イエロー）、M（マゼンタ）、C（シアン）、K（ブラック）各色のトナーを供給するトナーカートリッジ 130 Y ~ 130 K が装着されている。

## 【 0 0 1 7 】

作像部 121 Y ~ 121 K は、それぞれトナーカートリッジ 130 Y ~ 130 K からトナーの供給を受けて、制御部 122 の制御の下、Y M C K 各色のトナー像を形成する。例えば、作像部 121 Y は、感光体ドラム 131、帯電装置 100、露光装置 132、現像装置 133 及び清掃装置 134 を備えている。制御部 122 の制御の下、帯電装置 100 は感光体ドラム 131 の外周面を一様に帯電させる。露光装置 132 は画像データに応じて感光体ドラム 131 の外周面を画像露光して、静電潜像を形成する。

40

## 【 0 0 1 8 】

現像装置 133 は、感光体ドラム 131 の外周面にトナーを供給して、静電潜像を現像（顕像化）する。1 次転写ローラー 135 には、転写電圧が印加されており、静電吸着により、感光体ドラム 131 の外周面上のトナー像を中間転写ベルト 123 に静電転写（1 次転写）する。その後、清掃装置 134 は、クリーニングブレードにて残留トナーを掻き

50

取る。

【 0 0 1 9 】

同様に、作像部 1 2 1 M ~ 1 2 1 K もまた M C K 各色のトナー像を形成し、これらのトナー像は互いに重なり合うように中間転写ベルト 1 2 3 上に 1 次転写される。中間転写ベルト 1 2 3 は無端状の回転体であって、矢印 A 方向に回転走行し、1 次転写されたトナー像を 2 次転写ローラー対 1 2 4 まで搬送する。

給紙部 1 4 0 は、それぞれ記録シート S を紙サイズ毎に格納する給紙カセット 1 4 1 を備え、画像形成部 1 2 0 に記録シート S を供給する。供給された記録シート S は、中間転写ベルト 1 2 3 がトナー像を搬送するのに並行して、1 枚ずつ搬出され、タイミングローラー対 1 2 9 を経由して、2 次転写ローラー対 1 2 4 まで搬送される。タイミングローラー対 1 2 9 は 1 対のローラーからなっており、記録シート S が 2 次転写ローラー対 1 2 4 に到達するタイミングを調整する。

10

【 0 0 2 0 】

2 次転写ローラー対 1 2 4 は、電位差を有する 1 対のローラーからなっており、このローラー対は互いに圧接して転写ニップ部を形成している。この転写ニップ部において中間転写ベルト 1 2 3 上のトナー像が記録シート S 上に静電転写 ( 2 次転写 ) される。トナー像を転写された記録シート S は定着装置 1 2 5 へ搬送される。また、2 次転写後、中間転写ベルト 1 2 3 上に残った残留トナーは、更に矢印 A 方向に搬送された後、クリーニングブレード 1 2 8 によって掻き取られ、廃棄される。

【 0 0 2 1 】

定着装置 1 2 5 はトナー像を加熱、溶融して、記録シート S に圧着する。トナー像を融着された記録シート S は排紙ローラー対 1 2 6 によって排紙トレイ 1 2 7 上に排出される。なお、制御部 1 2 2 は、上記並びに不図示の操作パネルを含む画像形成装置 1 の動作を制御する。また、制御部 1 2 2 は、パーソナルコンピューター ( PC: Personal Computer ) など、他の装置との間で画像データを送受信したり、ジョブを受け付けたりもする。

20

【 0 0 2 2 】

なお、トナー像を転写するに当たっては、転写ローラーに代えて転写チャージャーや転写ベルトを用いても良い。また、中間転写ベルト 1 2 3 上の残留トナーを除去する際に、クリーニングブレード 1 2 8 に代えて、クリーニングブラシやクリーニングローラー等を用いても良い。

30

( 1 - 2 ) 帯電装置 1 0 0 の構成

次に、帯電装置 1 0 0 の構成について説明する。

【 0 0 2 3 】

図 2 は、帯電装置 1 0 0 の主要な構成を示す断面図であって、感光体ドラム 1 3 1 の回転軸に垂直な断面における断面図である。図 3 も、帯電装置 1 0 0 の主要な構成を示す断面図であるが、感光体ドラム 1 3 1 の回転軸に平行な断面における断面図である。

帯電装置 1 0 0 は、いわゆる電界放出方式の帯電装置であって、帯電素子 2 0 0 、支持部材 2 0 1 、メッシュ状の引出電極 2 0 1 及びシールドケース 2 0 2 を備えている。

【 0 0 2 4 】

帯電素子 2 0 0 は、CNT 系 2 0 0 a をエポキシ樹脂 2 0 0 b にて支持部材 2 0 0 c に固定したものであって、CNT 系 2 0 0 a の両端は支持部材 2 0 0 c に電氣的に接続されている。CNT 系 2 0 0 a は、直径 3 0 μ m 以上であるのが好ましい。また、直径 1 2 0 μ m 以上の CNT 系 2 0 0 a を用いることも可能であるが、製造に要する時間やコストを考慮すると 1 2 0 μ m 以下であるのが好適である。

40

【 0 0 2 5 】

支持部材 2 0 0 c は S U S ( Stainless Use Steel ) 3 0 4 からなっており、導電性を有している。CNT 系 2 0 0 a は支持部材 2 0 0 c を経由して不図示の電流源から帯電素子印加電流  $I_{em}$  の供給を受ける。

なお、CNT 系 2 0 0 a は、空気中の酸素と接触すると、電流の供給状態によっては、酸化や燃焼が促進されるおそれがある。このような問題に対して、本実施の形態のように

50

、CNT系200aの支持部材200c側をエポキシ樹脂200bで被覆すれば、CNT系200aが空気中の酸素と接触するのを抑制することができる。従って、CNT系200aの長寿命化を図ることができる。なお、後述の評価実験においては、酸化や燃焼によるCNT系200aの劣化は確認されなかった。

#### 【0026】

引出電極201は、SUS304からなるスクリーンメッシュであって、メッシュ線径が0.1mmで、メッシュ線間の間隔が1mmである。帯電素子200から引出電極201までの距離は2mmから3mmまでの範囲内になっており、引出電極201から感光体ドラム131までの距離は3mmから5mmまでの範囲内になっている。

引出電極201に引出電極印加電圧 $V_{ex}$ を印加すると、帯電素子200の周辺に電界が発生して、帯電素子200から電子が放出される。放出された電子は、メッシュ形状の引出電極201の隙間を通過して感光体ドラム131の外周面に導かれる。引出電極201の形状は、メッシュ形状の他、グリッド形状などであってもよい。

#### 【0027】

シールドケース202は、SUS430を用いた鋼板をコの字形に折り曲げて形成されており、帯電素子200を三方から外囲する一方、感光体ドラム131に対向すべき側には開口を有している。シールドケース202は、引出電極印加電圧 $V_{ex}$ を印加されることによって、帯電素子200の周囲の電界を安定させる。なお、シールドケース202に用いる材料は、十分な寸法精度で加工できさえすればよく、SUS430以外の金属材料やプラスチック等の樹脂材料を用いてもよい。

#### 【0028】

##### (1-3) 帯電素子200の構成

次に、帯電素子200、特にCNT系200aの構成について説明する。

CNT系200aは、上述のようにCNTフィラメントからなっており、CNTフィラメントは $sp^2$ 型カーボン物質であるCNT分子がファンデルワールス力で結合したものである。本実施の形態においては、CNT分子として多層CNT(MWCNT: Multi-walled Carbon Nanotube)分子を用いる。

#### 【0029】

単層CNT分子は、グラファイトを形成しているシート状炭素層であるグラフェンを円筒状に丸めた構造となっている。複数の単層CNT分子を、断面が同心円状になるように入れ子構造にしたものが多層CNT分子である。多層CNT分子は、化学的に安定しており、機械的強度が高く、かつ良導電性である等の性質を有している。

##### (a) CNT分子

本実施の形態においては、CNT分子として単分子の直径が約40nmで長さが0.8mm以上であるものを用いている。単分子長が0.8mm以上であるCNT分子は、電子放出特性が優れており、後述のように、引出電極印加電圧 $V_{ex}$ を高くしなくても十分な電子を放出させることができる。従って、放電生成物の発生を抑制することができる。

#### 【0030】

また、スタントン-ポッツの仮説(Stanton-Pott hypothesis)によれば、直径0.031 $\mu$ m以上、2 $\mu$ m以下で、かつ長さ1.25 $\mu$ m以上、40 $\mu$ m以下の繊維状物質は発がん性などの有害性が認識されており、特に直径0.25 $\mu$ m、長さ20 $\mu$ m程度で有害性が最大となる。この意味において、単分子長が0.8mm以上であるCNT分子を用いれば有害性の懸念を回避することができる。

#### 【0031】

本実施の形態に係るCNT分子は、例えば、特許文献4、5に記載された製造方法を用いて製造することができる。図4は、当該製造方法を用いたCNT分子の製造装置の概略を示す図である。図4に示されるように、CVD(Chemical Vapor Deposition)装置410は電気炉412を備えており、電気炉412内には石英管414が通されている。また、石英管414の周囲にはヒータ416、熱電対418が配設されている。

#### 【0032】

10

20

30

40

50

石英管 4 1 4 の一方には、ガス供給部 4 2 2 が接続されており、石英管 4 1 4 の他方には圧力調整バルブ 4 2 3 及び排気部 4 2 4 が接続されている。制御部 4 2 0 は、排気部 4 2 4 を制御することによって石英管 4 1 4 内を真空排気し、ヒータ 4 1 6 により石英管 4 1 4 内を触媒 4 2 6 が昇華する温度に昇温させた後、ガス供給部 4 2 2 によりアセチレンガス 4 3 0 を石英管 4 1 4 に流入させる。

【 0 0 3 3 】

これにより触媒 4 2 6 とアセチレンガス 4 3 0 とが気相反応すると、石英基板 4 2 8 上に CNT 分子が垂直に配向成長する。なお、触媒 4 2 6 は塩化鉄であって、塩化第一鉄と塩化第二鉄との少なくとも一方を含んでいる。

( b ) CNT フィラメント

CNT フィラメントは、CNT 分子が複数、縦及び横方向にファンデルワールス力で結合したフィラメントである。CNT フィラメントの直径は、40 nm 以上で 400 nm 以下の範囲であるのが好適である。直径が 400 nm を超えると、CNT 系 200 a の密度や電子放出特性が低下して、放電生成物が増加する傾向がある。

【 0 0 3 4 】

CNT フィラメントは、例えば、非特許文献 1 に記載されているように、上述の石英基板 4 2 8 上で垂直に配向成長した CNT 分子を乾式紡績（ドライスピニング）によって次々と引き出すことによって得ることができる。このようにすれば、CNT 分子どうしが互いに長さ方向にずれた状態で結合することによって、CNT フィラメントが形成される。CNT 分子どうしは強いファンデルワールス力で結合されるため、撚りを加えなくても紡績できる。

【 0 0 3 5 】

( c ) CNT 系 200 a

CNT フィラメントに撚りを加えて CNT 系 200 a を作成するためには、例えば、非特許文献 1 に記載されているように、デスクトップの紡績システムを利用してよい。図 5 ( a ) に示されるように、石英基板 4 2 8 を固定台 5 0 1 上に設置し、移動台 5 0 2 上にはスピンドル 5 0 3 を設置する。固定台 5 0 1 に対して移動台 5 0 2 を後退させながら、スピンドル 5 0 3 を回転させることによって、CNT 系 5 0 0 が紡績される。

【 0 0 3 6 】

CNT 系 5 0 0 の密度は、スピンドル 5 0 3 の回転速度と引き出し速度とを調節することによって調節される。典型的な回転速度は毎分 32,000 回転で、引き出し速度は毎秒 120 mm である。この場合、CNT フィラメントが 5 mm 幅ならば撚り角度は 25° 程度になる。

また、甘撚りした CNT 系 5 0 0 を更に合わせ撚りしてもよい。図 5 ( b ) に示されるように、甘撚りした CNT 系 5 0 0 が複数本用意され、各一端に負荷 5 1 1 が固定され、他端は縦型のスピンドルに取り付けられる。スピンドル 5 1 2 は鉛直上方に滑動する移動台 5 1 3 上に設置されている。また、CNT 系 5 0 0 どうしが絡まないようにガイド 5 1 4、5 1 5 が設けられている。

【 0 0 3 7 】

スピンドル 5 1 2 は移動台 5 1 3 の滑動に従って、上方へ移動しながら、CNT 系 5 0 0 を撚り合わせる。典型的なスピンドル回転数は毎分 240 回転で、引き上げ速度は毎秒 1 mm である。この場合において、負荷 5 1 1 の重量が大きいほど撚り合わせた CNT 系 200 a の重量密度、引張強度及びヤング率が向上する。

図 6 は、走査型電子顕微鏡（SEM: Scanning Electron Microscope）を用いて CNT 系 200 a を撮影した写真である。図 6 から、CNT 分子が撚り合わされて CNT 系 200 a を構成していることが分かる。

【 0 0 3 8 】

CNT 系 200 a は断面がほぼ円形となっており、電子顕微鏡写真から CNT 系 200 a の直径も知ることができる。併せて CNT 系 200 a を長さ重量を計測すれば、CNT 系 200 a の密度を算出することができる。比較的作成が容易な CNT 系 200 a の密

10

20

30

40

50

度は  $0.4 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$  であり、後述する CNT シートについても同様である。

CNT 系 200a や後述の CNT シートは CNT フィラメントが多数結合して形成されており、各 CNT フィラメントの末端は髭状の自由端になっており、CNT 系 200a や CNT シートの各所から突出している。CNT フィラメントの末端は CNT 分子の末端が突出した形状となっており、引出電極に電圧が印加されると、CNT 分子の当該末端から電子が放出されるものと考えられる。

#### 【0039】

##### (1-4) 帯電素子 200 の特性

次に、望ましい特性を有する帯電素子 200 の要件を決定するために、様々な CNT 系 200a を用いて帯電素子 200 の電子放出特性とオゾン発生量を計測する評価実験を行ったので、その結果について説明する。

##### (a) CNT 分子

本実験には、分子長の異なる CNT 1 から CNT 4 までの 4 種類の CNT 分子からなる CNT 系 200a を用いた。図 7 に示されるように、これらの CNT 分子は、生成時におけるアセチレンガスの流量や CVD 条件が異なっており、その結果、分子長が 0.5 mm から 2.1 mm までの範囲で異なっている。CNT 分子の直径は何れも 40 nm である。

#### 【0040】

CNT 分子の直径及び長さは石英基板 428 上に形成された CNT 単分子アレイを、走査型電子顕微鏡を用いて観察することにより測定した。

##### (b) 実験装置

電子放出特性の計測に際しては、画像形成装置 1 から作像部 121 を取り出して、感光体表面電位測定治具にセットした状態で、引出電極印加電圧  $V_{ex}$  並びに帯電素子印加電流  $I_{em}$  を外部電源から徐々に印加して、感光体表面電位  $V_0$  が  $-500 \text{ V} \pm 5 \text{ V}$  の範囲内になる引出電極印加電圧  $V_{ex}$ 、帯電素子印加電流  $I_{em}$  及び感光体表面電位  $V_0$  を計測した。計測時の環境温度は  $23 \pm 2$ 、相対湿度は  $60 \pm 5\%$  であった。

#### 【0041】

なお、帯電素子 200 に印加された帯電素子印加電圧  $V_{em}$  も計測したところ、引出電極印加電圧  $V_{ex}$  とほぼ同じ値であることが確認された。作像部 121 としては、コニカミノルタ株式会社製 Bizhub 554e (Bizhub はコニカミノルタ株式会社の登録商標) のドラムカートリッジに本実施の形態に係る帯電装置 100 を搭載したものをを用いた。

#### 【0042】

オゾン発生量の計測に際しては、気温  $23 \pm 2$ 、相対湿度  $60 \pm 5\%$  に調節した内容積  $2.1 \text{ m}^3$  のチャンパー内に画像形成装置 1 を設置し、B/W 比 10% のハーフトーン画像を連続印刷させて、運転開始後 30 分経過後から 10 分間の平均濃度をオゾン濃度計 MODEL-1200 (ダイレック社製) にて測定した。画像形成装置 1 としては、コニカミノルタ株式会社製 Bizhub 554e のドラムカートリッジに本実施の形態に係る帯電装置 100 を搭載し、オゾンフィルターを取り外したものをを用いた。

#### 【0043】

本実験においては、電子放出特性やオゾン発生量に併せて、CNT フィラメントの直径と CNT 系 200a の直径及び密度も測定した。

CNT フィラメント及び CNT 系の直径は、走査型電子顕微鏡を用いて観察することによって計測した。CNT 系の密度は、まず、CNT 系の重量をマイクロ電子天秤により測定し、SEM 観察より測定した直径及びスケールで測定した長さより断面積、体積を求めることによって、CNT 系の密度を算出した。

#### 【0044】

また、CNT 系の炭素純度は、走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型 X 線分光法 (EDX: Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) とを併用した SEM-EDX 分析によって定性・定量分析を行った。

##### (c) 対照実験

対照実験として、従来技術に係る帯電装置についても帯電特性とオゾン発生量とを計測した。

【0045】

従来技術に係る帯電装置としては、コロナ放電方式の帯電装置であるスコロトロン帯電装置とローラー帯電方式の帯電装置とを用いた。

コロトロン、スコロトロンといったコロナ放電を用いたコロナ放電方式は大気圧雰囲気下で絶縁破壊が発生するほどの強電界をかけることから、オゾンやNO<sub>x</sub>等の放電生成物を大量に発生する。また、4～6kVの高圧電源が必要なためコストが高く、省エネルギーの要請にそぐわない。

【0046】

ローラー帯電方式は、導電性ゴムからなる帯電ローラーを感光体と接触させ感光体と帯電ローラーの微小空隙で放電を起こし感光体表面を帯電させる方法であり、コロナ放電方式に対しオゾン濃度を1/100程度まで低減することができる。ローラー帯電方式には、帯電ローラーに直流電圧のみを印加する直流印加方式と、直流電圧に交流電圧を重畳させて印加する重畳印加方式との2つの方式がある。直流印加方式では、帯電ローラーと感光体との接触ムラや帯電ローラー表面での抵抗ムラに起因して斑状の帯電ムラが発生し、感光体表面を均一に帯電できないといった問題がある。重畳印加方式では、帯電ムラは解決できる一方、直流印加方式よりもオゾン濃度が増加する傾向にある。

【0047】

対照実験に用いたスコロトロン帯電装置は、感光体ドラムに対向する箇所開口を有するケーシング内にコロナ電極を設置し、当該開口にグリッド電極を配設した構成となっている。このようなスコロトロン帯電装置を用いて、感光体ドラムの外周面を $-500V \pm 5V$ に一樣帯電させることができるグリッド電極電圧 $V_g$ 、コロナ電極電圧 $V_c$ 及びコロナ電極の通電量 $I_c$ を計測した。また、ローラー帯電装置については、帯電ローラーの印加電圧 $V_c$ を計測した。

【0048】

(d) 実験結果

図8に示されるように、HC1からHC8までの8つの条件で実験を行ったところ、実験条件HC1からHC6までについては、 $-600V$ という低い引出電極印加電圧 $V_{ex}$ で感光体ドラム131の外周面をほぼ一樣に帯電させることができた。感光体表面電位 $V_0$ は $-500 \pm 5V$ であった。また、オゾン発生量は $0.01ppm$ 以下で、オゾンフィルターが不要なレベルであった。従って、オゾン以外の放電生成物についても発生量を抑制できていると推察される。

【0049】

従来技術に係る帯電装置では、図9に示されるように、グリッド電極電圧 $V_g$ とコロナ電極電圧 $V_c$ との電圧差や、帯電ローラーの印加電圧 $V_c$ が $-1kV$ 以上になっており、高電圧を印加する必要がある。また、オゾン発生量は $0.01ppm$ 以上と多くなっている。

実験条件HC7は、甘燃りしたCNT系200aを用いた場合であり、CNT系200aの直径が小さく、密度が低いため、CNT系200aが切れ易くなる。従って、帯電素子200を組み立てるのが難しくなったり、帯電素子200を組み立てることができてもCNT系200aに帯電素子印加電流 $I_{em}$ を流そうとするとCNT200aが切れたりしたため電子放出特性やオゾン発生量を評価することができなかった。

【0050】

従って、CNT系200aの直径が $15\mu m$ 以下であったり、密度が $0.35g/cm^3$ 以下であったりするCNT系200aは帯電素子200に用いることが難しいと考えられる。実験条件HC1からHC6の場合を考慮すれば、CNT系200aの直径は $30\mu m$ 以上、密度は $0.4g/cm^3$ 以上であるのが帯電素子200として望ましい。

実験条件HC8では、分子長が短いCNT分子(図7のCNT4)を用いており、CNTフィラメントの直径は $450nm$ までと太く、CNT系200aの密度は $0.30g/cm^3$

10

20

30

40

50

$\text{cm}^3$ と低くなっている。この場合には、帯電素子印加電流  $I_{em}$  が  $-200\ \mu\text{A}$  と、実験条件 HC 1 から HC 6 までと比較して多くなっているが、感光体ドラム 131 の外周面を感光体表面電位  $V_0$  が  $-500 \pm 5\ \text{V}$  になるように一様に帯電させることができた。

#### 【0051】

オゾン濃度は、 $0.02\ \text{ppm}$  になっており、実験条件 HC 1 から HC 6 までと比較して高くなっているものの、オゾンフィルターを設けなくてもよいレベルに留まっている。

なお、実験条件 HC 8 では、電子放出特性やオゾン発生量を測定した後、画像形成を 10 分から 15 分程度連続実行すると CNT 系 200 a が切れた。これは CNT 200 a の密度が低いことが原因であると考えられる。CNT 分子の分子長が短く、且つ CNT 系 200 a の密度が低い場合に、帯電素子印加電流  $I_{em}$  を流し続けると、CNT 分子どうしの結合がほぐれて、CNT 200 a が切断するに至ったものと考えられる。言うまでもなく、CNT 200 a が切断した後は、帯電を継続することができない。

10

#### 【0052】

以上のように、CNT 系 200 a の密度は  $0.4\ \text{g}/\text{cm}^3$  以上であるのが望ましく、CNT 系 200 a の直径は  $30\ \mu\text{m}$  以上、 $120\ \mu\text{m}$  以下であるのが好適である。CNT 系 200 a を構成する CNT フィラメントの直径は  $40\ \text{nm}$  以上、 $400\ \text{nm}$  以下の範囲内であるのがよく、CNT 分子の分子長は  $0.8\ \text{mm}$  以上、 $2.1\ \text{mm}$  以下の範囲内であるのが好ましい。

#### 【0053】

このようにすれば、引出電極印加電圧  $V_{ex}$  の絶対値を  $1\ \text{kV}$  以下に抑えることができるので、オゾン等の放電生成物の発生を抑えることができる。従って、オゾンフィルターが不要になる。また、CNT 系 200 a を用いた帯電装置 200 の耐久性を高めることができる。

20

#### [2] 第2の実施の形態

本発明の第2の実施の形態に係る画像形成装置は、上記第1の実施の形態に係る画像形成装置と概ね共通の構成を備える一方、帯電素子として CNT 系に代えてカーボンナノチューブシート（以下、「CNTシート」という。）を用いる点において相違している。以下、主として相違点に着目して説明する。なお、実施の形態間で共通する部材には同じ符号が付与されている。

#### 【0054】

30

##### (2-1) 帯電装置 100 の構成

まず、本実施の形態に係る帯電装置 100 の構成について説明する。

図 10 は、帯電装置 100 の主要な構成を示す断面図であって、感光体ドラム 131 の回転軸に垂直な断面における断面図である。図 11 も、帯電装置 100 の主要な構成を示す断面図であるが、図 10 における矢印 A 方向から見た感光体ドラム 131 の回転軸に平行な断面における断面図である。

#### 【0055】

帯電素子 200 は、長尺の CNT シート 1000 をエポキシ樹脂 200 b にて支持部材 200 c に接着したものであって、CNT シート 1000 は支持部材 200 c に電氣的に接続されている。CNT シート 1000 の先端から引出電極 201 までの距離は  $2\ \text{mm}$  から  $3\ \text{mm}$  までの範囲内になっている。

40

帯電素子 200 を組み立てる際には、まずエポキシ系接着剤にて CNT シート 1000 を被覆して硬化させる。その後、硬化したエポキシ樹脂 200 b の感光体ドラム 131 に対向する先端部分を切り取ることによって、CNT シート 1000 の端部を露出させる。帯電時には、CNT シート 1000 の露出箇所から電子が放出される。

#### 【0056】

本実施の形態においても、CNT シート 1000 をエポキシ樹脂 200 b で被覆することによって、CNT シート 1000 が空気中の酸素と接触するのが抑制されるので、CNT シート 1000 の長寿命化を図ることができる。なお、後述の評価実験においては、酸化や燃焼による CNT シート 1000 の劣化は確認されなかった。

50

## (2-2) 帯電素子200の構成

次に、帯電素子200、特にCNTシート1000の構成について説明する。

### 【0057】

本実施の形態においては、浜松カーボニクス株式会社製のカーボンナノチューブシートワインダー（Carbon Nanotube Sheet Winding Machine）を用いてCNTシート1000を作成した。当該カーボンナノチューブワインダーは、石英基板428上で垂直に配向成長したCNT分子からCNTシート1000を作成する。

カーボンナノチューブワインダーの動作モードにはシートモードやテープモード等があり、CNTシート1000の形状に合った動作モードを選択することができる。また、層数を指定することによってCNTシート1000の単位面積当たりの重量を調節することができる。

10

### 【0058】

図12は、走査型電子顕微鏡を用いてCNTシート1000を撮影した写真である。図12から、CNTシート1000におけるCNTフィラメントの配向状態が観察される。

## (2-3) 帯電素子200の特性

次に、様々なCNTシート1000を用いて帯電素子200の電子放出特性とオゾン発生量を計測する評価実験を行ったので、その結果について説明する。

### 【0059】

CNTシート1000を構成するCNT分子としては、図7に示されたCNT分子からCNT2とCNT4を選択した。また、使用した実験装置は上記第1の実施の形態と概ね同じであるが、帯電装置200にCNTシート1000が用いられている点が異なっている。

20

実験結果は次の通りである。

### 【0060】

図13に示されるように、HC11、HC12の2つの条件で実験を行った。実験条件HC11では、-600Vという低い引出電極印加電圧 $V_{ex}$ で感光体ドラム131の外周面をほぼ一様に帯電させることができた。オゾン発生量は0.005ppmであり、放電生成物の発生を抑制できたと推察される。

実験条件HC12では、CNT分子の分子長が短く、CNTフィラメントの直径は450nmまでと太く、CNTシート1000の密度は $0.25\text{g/cm}^3$ と低くなっている。この場合には、帯電素子印加電流 $I_{em}$ が $-200\mu\text{A}$ と、実験条件HC11と比較して多くなっているが、感光体ドラム131の外周面を一様に帯電させることができた。

30

### 【0061】

オゾン濃度は、0.02ppmになっており、実験条件HC11と比較して高いが、オゾンフィルターは不要である。

なお、実験条件HC12では、上記第1の実施の形態における実験条件HC8と同様に、画像形成を連続実行するとCNTシート1000が部分的に断裂した。原因は実験条件HC8と同様であると考えられる。CNTシート1000が断裂すると、感光体ドラム131の外周面を一様に帯電させることができなくなる。

### 【0062】

上記第1の実施の形態における実験結果と併せて検討した結果、CNTシート1000においても密度は $0.4\text{g/cm}^3$ 以上であるのが好適である。CNTシート1000を構成するCNTフィラメントの直径は40nm以上、400nm以下の範囲内であるのがよく、CNT分子の分子長は0.8mm以上、2.1mm以下の範囲内であるのが好ましい。

40

### 【0063】

このようにすれば、引出電極印加電圧 $V_{ex}$ の絶対値を1kV以下に抑えることができるので、オゾン等の放電生成物の発生を抑えることができる。また、CNTシート1000を用いた帯電装置200の耐久性を高めることができる。

## [3] 変形例

50

以上、本発明を実施の形態に基づいて説明してきたが、本発明が上述の実施の形態に限定されないのは勿論であり、以下のような変形例を実施することができる。

【0064】

(1) 上記実施の形態においては、帯電素子200にカーボンナノチューブを用いる場合を例にとって説明したが、本発明がこれに限定されないのは言うまでもなく、カーボンナノチューブに代えてカーボンナノホーン、グラフェン、グラファイト等の $sp^2$ 型カーボン物質やダイヤモンドを用いてもよい。

帯電素子としては、電子放出特性に優れる電子放出材料が好適である。電子放出材料としては、分子から比較的自由に外に飛び出すことのできる不対電子を比較的多く持ち、比較的小さなエネルギー（電界、熱など）によって電子を放出する性能を有するものが好ましい。

10

【0065】

材質の電子放出特性を表す仕事関数の低い物質が電子放出材料に適しており、仕事関数が5 eV以下のものがよく用いられている。上述のような $sp^2$ 型カーボン物質は炭素のみからなるカーボン単体材料であるため、仕事関数は4~5 eVと他の電子放出材料と比較し特に低い値ではない。

しかしながら、分子径に対する分子長の比であるアスペクト比が高く、電子放出部位がナノサイズで極小であるといった他の電子放出材料にない特徴的な構造を有する $sp^2$ 型カーボン物質は、高い電子放出特性を示す。このため、帯電素子に $sp^2$ 型カーボン物質を採用すれば引出電極印加電圧 $V_{ex}$ を低く抑えることができるので、放電生成物の発生を抑制することができる。

20

【0066】

(2) 上記実施の形態においては、帯電素子200にCNT系200aとCNTシート1000とを適用する場合を例にとって説明したが、本発明がこれに限定されないのは言うまでもなく、系やシート以外の形状に成形されたカーボンナノチューブを用いてもよい。例えば、ブラシ形状としてもよいし、フェルト形状のように立体的な形状としてもよい。

【0067】

(3) 上記実施の形態においては、エポキシ系接着剤を用いてCNT系200aやCNTシート1000を支持部材200cに取り付ける場合を例にとって説明したが、本発明がこれに限定されないのは言うまでもなく、支持部材200cに固定したCNT系200aやCNTシート1000をエポキシ系接着剤に代えてポリイミドテープやフッ素樹脂テープなどの絶縁性テープで被覆してもよい。

30

【0068】

CNT系200bやCNTシート1000は、印加電流、使用時間などの電流印加条件によっては、CNT分子間のファンデルワールス力による結合が切れ、系やシートがほぐれた状態となり、やがては糸が切断したり、シートが部分断裂したりする恐れがある。

このような問題に対して、上述のように、CNT系200bやCNTシート1000を被覆すれば、切断や断裂を防止して、帯電素子200を長寿命化することができる。

【0069】

40

なお、画像形成装置1が廉価機種である場合などのように帯電素子200の長寿命化を考慮する必要がない場合や、次に述べるように、帯電素子200周辺が低酸素又は無酸素状態にある場合には、CNT系200aの両端のみを支持部材200cに接着固定することによって、CNT系200aを支持部材200cに張架してもよい。

(4) 上記実施の形態においては、引出電極201の隙間が通気できる場合を例にとって説明したが、本発明がこれに限定されないのは言うまでもなく、これに代えて、シールドケース202を気密性にしてもよい。

【0070】

具体的には、帯電素子200から放出される電子は通過させるが、酸素分子は通過することができないフィルムを用いてシールドケース202を被覆することによって、シール

50

ドケース 202 を密閉し、シールドケース 202 の内部を低真空状態にしたり、不活性ガスを封入したりしてもよい。

このようにすれば、帯電素子 200 周辺を無酸素状態、若しくは低酸素状態にすることができるので、帯電素子 200 に用いられている CNT 系 200 a や CNT シート 1000 が、空気中の酸素と接触によって酸化や燃焼を促進されるのを防止することができる。

【0071】

(5) 上記実施の形態においては、画像形成装置 1 がタンデム型のカラー複合機である場合を例にとって説明したが、本発明がこれに限定されないのは言うまでもなく、タンデム型以外のカラー複合機に本発明を適用してもよいし、モノクロ複合機であってもよい。また、プリンター装置や、スキャナーを備えた複写装置、更にファクシミリ通信機能を備えたファクシミリ装置に本発明を適用しても上述のような効果を得ることができる。

10

【産業上の利用可能性】

【0072】

本発明に係る帯電装置及び画像形成装置は、帯電に伴うオゾンや窒素酸化物などの放電生成物の発生を抑えた装置として有用である。

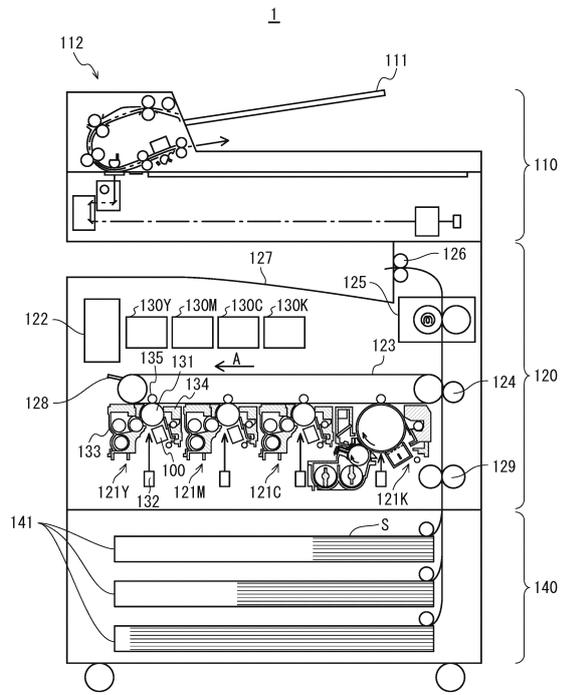
【符号の説明】

【0073】

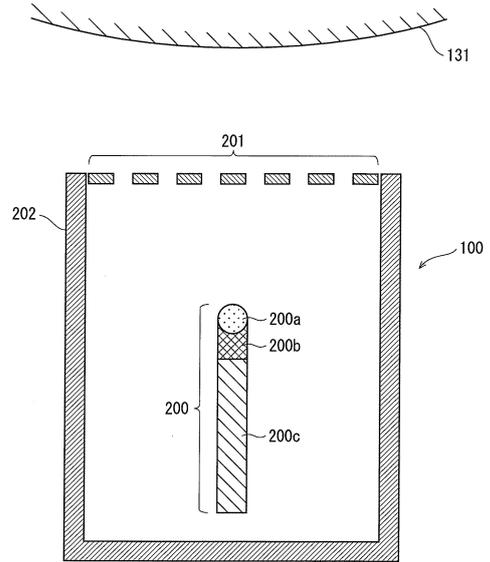
- 1 ..... 画像形成装置
- 100 ..... 帯電装置
- 200 ..... 帯電素子
- 201 ..... 支持部材
- 201 ..... 引出電極
- 202 ..... シールドケース
- 200 a ... CNT 系
- 200 b ... エポキシ樹脂
- 200 c ... 支持部材
- 1000 ... CNT シート

20

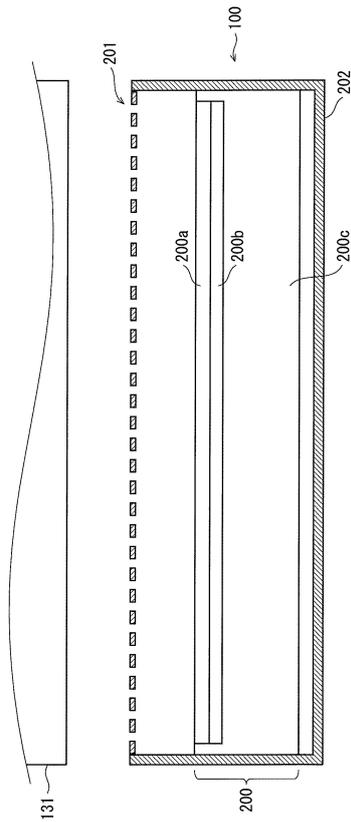
【図1】



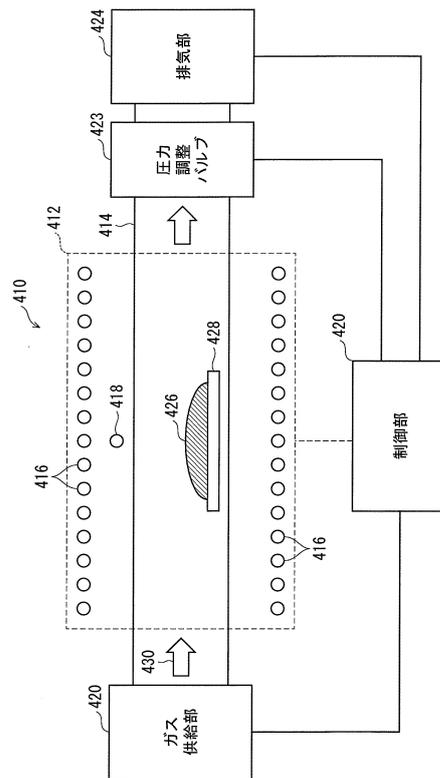
【図2】



【図3】

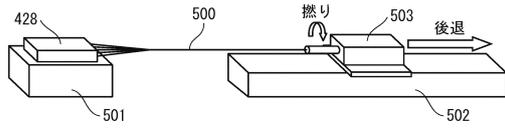


【図4】

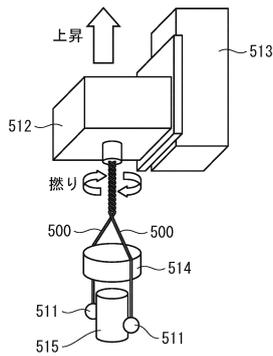


【図5】

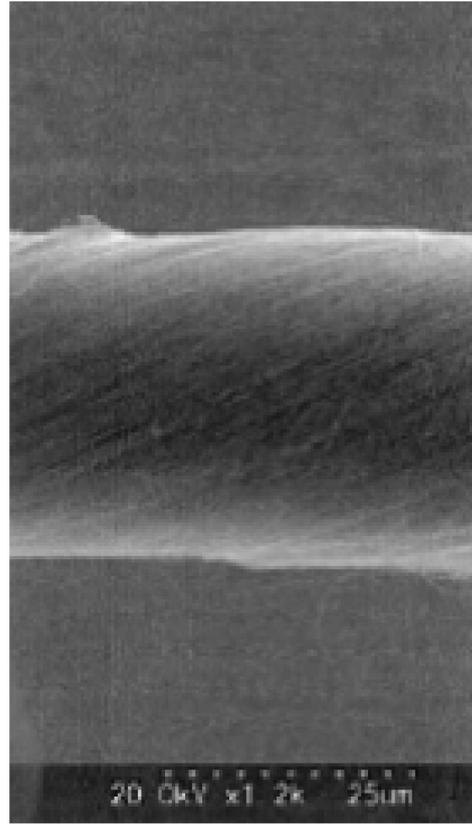
(a)



(b)



【図6】



【図7】

No	サイズ		アセチレンガス		CVD条件	
	直径 (nm)	長さ (mm)	流量 (sccm)	圧力 (Toor)	成長時間 (min)	温度 (°C)
CNT1	40	0.8	200	10	10	820
CNT2	40	1.1	100	10	20	820
CNT3	40	2.1	200	10	20	820
CNT4	40	0.5	200	10	5	820

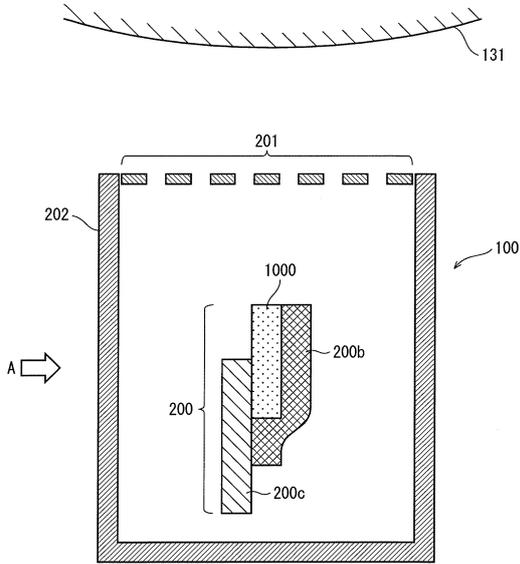
【図8】

No	CNT分子	フィラメント直径 (nm)	糸の直径 (μm)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	電子放出特性		オゾン発生量 (ppm)	
					Vex (V)	Iem (μA)		
H01	CNT1	40-400	60	0.41	-600	-100	-500	0.01
H02	CNT2	40-300	60	0.52	-600	-50	-500	0.005
H03	CNT3	40-200	60	0.77	-600	-10	-500	<0.001
H04	CNT2	40-300	30	1.02	-600	-50	-500	0.005
H05	CNT2	40-300	100	1.32	-600	-10	-500	<0.001
H06	CNT2	40-300	120	1.53	-600	-10	-500	<0.001
H07	CNT2	40-300	15	0.35	※	※	※	※
H08	CNT4	40-450	60	0.30	-600	-200	-500	0.02

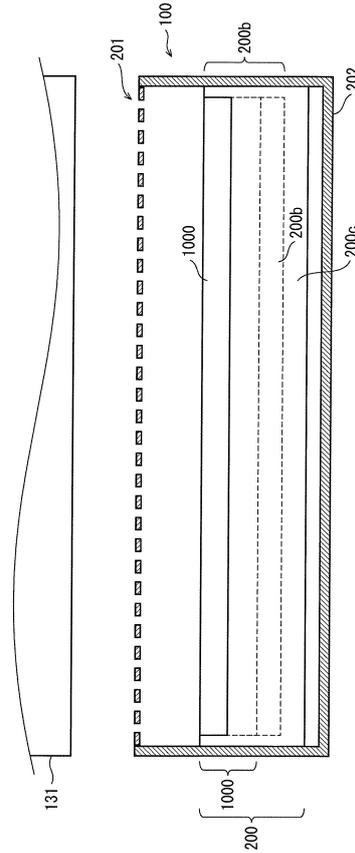
【図9】

No	方式	帯電特性				オゾン発生量 (ppm)
		V <sub>g</sub> (V)	V <sub>c</sub> (V)	I <sub>c</sub> (μA)	V <sub>0</sub> (V)	
STD1	スコロトロン	-500	-3,500	-700	-500	1
STD2	帯電ローラー	-	-1,100	-	-500	0.01

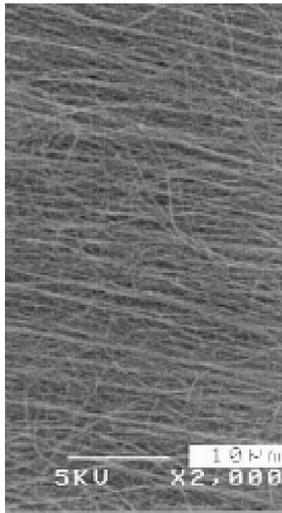
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

No	CNT分子	フィラメント直径 (nm)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	電子放出特性		オゾン発生量 (ppm)	
				V <sub>ex</sub> (V)	I <sub>em</sub> (μA)		
HCl1	CNT2	40-200	0.48	-600	-50	-500	0.005
HCl2	CNT4	40-450	0.25	-600	-200	-500	0.02

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-251601(JP,A)  
国際公開第2012/157506(WO,A1)  
特開2010-212309(JP,A)  
特開2009-251609(JP,A)  
米国特許出願公開第2003/0180640(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G03G 15/02