

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009年10月15日(15.10.2009)

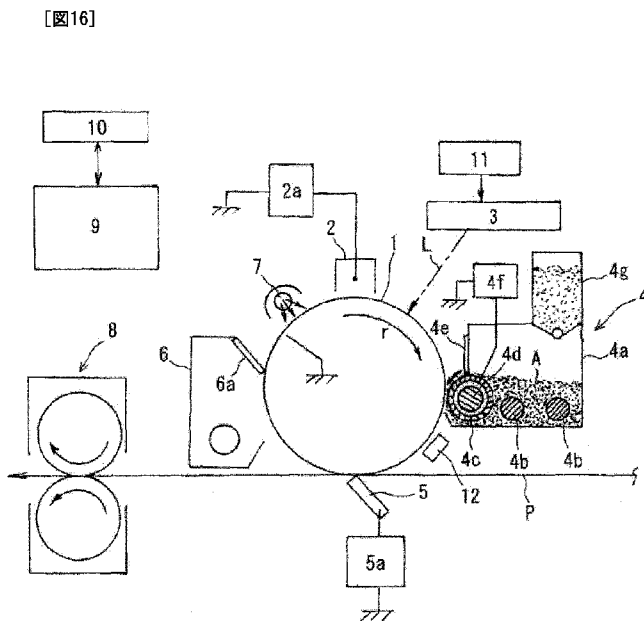
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/125856 A1

- (51) 国際特許分類:
G03G 15/06 (2006.01) G03G 9/10 (2006.01)
G03G 5/08 (2006.01) G03G 9/113 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/057402
 - (22) 国際出願日: 2009年4月10日(10.04.2009)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2008-102084 2008年4月10日(10.04.2008) JP
 - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): キヤノン株式会社 (CANON KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者; および
 - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 久保健太 (KUBO, Kenta). 山本毅 (YAMAMOTO, Takeshi). 原口真奈実 (HARAGUCHI, Manami). 宮澤知明 (MIYAZAWA, Tomoaki). 堀江寿雲 (HORIE, Juun).
 - (74) 代理人: 世良和信, 外 (SERA, Kazunobu et al.); 〒1030004 東京都中央区東日本橋3丁目4番10号 アクロポリス21ビル6階 Tokyo (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: IMAGE FORMATION DEVICE

(54) 発明の名称: 画像形成装置



(57) 要約:

(57) Abstract: An image formation device includes a charging device that charges an image carrier, an exposing device that exposes the image carrier to form an electrostatic image, a developing device that includes a developing agent carrier that carries a developing agent containing toner and a magnetic carrier, and a power supply that applies a developing bias to the developing agent carrier. The developing bias is an oscillatory voltage which alternately repeats a peak voltage V_1 and a peak voltage V_2 , and the duty ratio Du (%) is $60 \leq Du \leq 80$. The magnetic carrier has the following characteristics. The electric resistivity ρ decreases and the relative permittivity ϵ increases as the electric field strength increases. The product of the electric field strength E_{2D} determined by the peak voltage V_2 and a dark potential V_D and the time constant $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) of the charge decay represented by the vacuum permittivity ϵ_0 , the relative permittivity ϵ of the magnetic carrier and the electric resistivity ρ satisfies the relation $20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ (s V/cm). When the magnetic carrier is placed in an electric field strength E_{1L} determined by the peak voltage V_1 and a light potential V_L , the time constant $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) and the relative permittivity ϵ satisfies the relation $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) $\leq 6.0 \times 10^{-4}$ and the relation $30 \leq \epsilon$, respectively.

[続葉有]

WO 2009/125856 A1



像担持体を帯電する帯電装置と、像担持体を露光して静電像を形成する露光装置と、トナーと磁性キャリアとを含む現像剤を担持する現像剤担持体を備える現像装置と、現像剤担持体に現像バイアスを印加する電源とを有する画像形成装置において、現像バイアスは、ピーク電圧 V_1 とピーク電圧 V_2 とを交互に繰り返す振動電圧であり、デューティ比 D_u (%)が $60 \leq D_u \leq 80$ であり、磁性キャリアは、電界強度の増加に伴い抵抗率 ρ が減少しかつ比誘電率 ϵ が増加し、ピーク電圧 V_2 と暗電位 V_D により決定される電界強度 E_{2D} における、真空の誘電率 ϵ_0 、磁性キャリアの比誘電率 ϵ 、抵抗率 ρ により表される電荷減衰の時定数 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s)と、電界強度 E_{2D} との積が、 $20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ (s · V/cm)の関係を満たし、ピーク電圧 V_1 と明電位 V_L により決定される電界強度 E_{1L} における、時定数 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s)と比誘電率 ϵ が、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) $\leq 6.0 \times 10^{-4}$ かつ、 $30 \leq \epsilon$ の関係を満たすような特性を有する。

明 細 書

発明の名称： 画像形成装置

技術分野

[0001] 本発明は、電子写真方式の画像形成装置に関し、特に、高静電容量の像担持体に好適な画像形成装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、画像形成装置における技術の進展により、電子写真方式による複写機等の印刷市場への進出が期待されている。しかし、本格的に印刷市場に参入するためには、今以上の高画質化且つ高安定化が必須の課題である。

現在までに、画質を向上するための取り組みが盛んに行なわれてきているが、その中の一つに像担持体の取り組みが挙げられる。画質を決定する重要な要因に像担持体の静電潜像がある。静電潜像は一次帯電器により、暗電位 V_D に帯電された像担持体に対して、レーザー露光により、露光部を明電位 V_L に減衰することにより形成される。

[0003] ここで、一般的な静電潜像の形成過程について詳細を説明する。

図1は像担持体として一般的な有機感光体（OPC）の層構成である。

すなわち、支持体105上に、下引き層104を介して電荷発生層103、電荷輸送層102、表面層101が積層されている。露光された光は、電荷発生層103で吸収され、電荷キャリアを生成する。生成された電荷キャリアは電荷輸送層2に注入され、電荷輸送層102を移動し、暗電位 V_D を中和する。これにより、露光部は明電位 V_L に減衰され、静電潜像は形成される。一般的に、像担持体の膜厚が厚いと、静電潜像が劣化することが知られている。当然、静電潜像が劣化すれば、ドット再現性が悪化し、所望の高画質な画像を得ることができない。

[0004] このため、高画質化に向けた像担持体の取り組みの一つとして、像担持体の薄膜化が行なわれている。発明者らの検討によると、OPCにおいて許容されるドット再現性を実現するためには、膜厚を $20\mu\text{m}$ 以下（以下、薄膜

OPC) にする必要があったことがわかった。

[0005] 一方、高画質に向けたもう一つの取り組みとして、アモルファスシリコン感光体（以下 α -Si感光体）が挙げられる。図2は、 α -Si感光体の層構成である。この α -Si感光体は、支持体115上に、電荷（hole）阻止層114を介して電荷発生層113、電荷（electron）阻止層112、表面層111が積層されている。図2のように、 α -Si感光体は、電荷発生層113を表面層111近傍に作ることが可能なため、電荷の拡散を大幅に抑えることができる。

本発明者らの検討によると、 α -Si感光体において、許容されるドット再現性を実現するためには、膜厚を60 μ m以下にする必要があることがわかった。また、 α -Si感光体は、OPCに比べて非常に硬度が高いために、印刷市場で要求される耐久性に対しても十分、許容されるレベルであることがわかった。

[0006] 以上のように、電子写真方式による画像形成装置において、高画質化の取り組みとして、像担持体における電荷輸送層の薄膜化や、 α -Si感光体が挙げられる。その中でも、 α -Si感光体は、印刷レベルの高画質な画像出力が可能であり、且つ、印刷市場で要求される耐久性を兼ね備える像担持体であると言える。

なお、 α -Si感光体を用いた画像形成装置としては、たとえば特許文献1に記載されるようなものがある。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2002-258587号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、 α -Si感光体は、現像が正規に終了しない「充電不良」が発生し易い。以下、「充電不良」について検討した。

図3は、画像部における最高濃度部（以下ベタ部）における潜像電位を示す。ベタ部の明電位 V_L に対し、最高濃度を出力するために必要な現像バイアスを印加する。このとき、印加した現像バイアスのDC成分を V_{dc} 、 V_{dc} と V_L の差を現像コントラスト（ V_{cont} ）と呼ぶ。ベタ部の現像は、トナーが現像されることにより発生する電位（以下、充電電位（ ΔV ））が、現像コントラスト（ V_{cont} ）を埋めるように行なわれる。そして、現像は充電電位が V_{cont} を十分埋めきったところで正規に終了する（図4）。 V_D は非画像部の暗電位、暗電位（ V_D ）と現像バイアス（ V_{dc} ）間のかぶり取り電位である。

[0009] ところが、 $\alpha-Si$ 感光体を使用すると、図5のように、現像終了時においても充電電位が V_{cont} を全く埋めきれずに終了してしまう。このような現象を「充電不良」と呼ぶ。

[0010] $\alpha-Si$ 感光体が充電不良を引き起こしやすい理由について説明する。潜像がトナーで現像されることにより発生する充電電位は、理論的には ΔV_{th} として式1のように表される。

[数1]

$$\begin{aligned} \Delta V_{th} &= \Delta V_t + \Delta V_c \\ &= \frac{dt}{2\varepsilon_0 \varepsilon_t} \left\langle \frac{Q}{S} \right\rangle + \frac{dm}{\varepsilon_0 \varepsilon_m} \left\langle \frac{Q}{S} \right\rangle \end{aligned}$$

[0011] 上記式1において、

d_t : トナー層高さ

d_m : 像担持体の膜厚（支持体を除く総膜厚）

Q/S : 単位面積当りのトナー電荷量

ε_0 : 真空の誘電率

ε_t : トナー層の誘電率

ε_m : 像担持体の比誘電率

但し、それぞれの単位については、当然、式のディメンジョンが合うように代入する。

- [0012] 式1において、第1項はトナー層自身が周辺に作り出す電位 ΔV_t 、第2項はトナー層と像担持体の基層との間でコンデンサーの効果により作り出される電位 ΔV_c である。この両項の足し合わせが、トナーで現像される際に発生する電位、つまり充電電位 ΔV_{th} となる。なお、 ΔV は充電電位の実測値、 ΔV_{th} は充電電位の理論値（式1から導出される値）である。
- [0013] また、像担持体の膜厚 d_m は実際の感光層の膜厚を指し、支持体を除いた層の膜厚を指す。具体的には、 $\alpha-Si$ 感光体の場合、像担持体の膜厚 d_m は、図2の支持体115を除いた、表面層111と電荷阻止層112、114と電荷発生層113とを足した膜厚である。
- [0014] 一方、OPCの場合、像担持体の膜厚 d_m は、図1の支持体105、下引き層104を除いた、表面層101と電荷輸送層102と電荷発生層103を足した膜厚であり、表面層101が無い場合は、電荷輸送層102と電荷発生層103を足した膜厚である。なお、支持体105の上に下引き層104を形成した場合、像担持体の膜厚 d_m に下引き層104の厚さは含まない。
- [0015] ここで、高画質化のために、 $\alpha-Si$ 感光体を使用した際、 $\alpha-Si$ 感光体の比誘電率はOPCに比べて約3倍大きくなる。つまり、同膜厚において、 $\alpha-Si$ 感光体の単位面積当りの静電容量 $C/S (= \epsilon_0 \epsilon_m / d_m)$ はOPCに比べて、約3倍大きくなる。静電容量が大きければ、同じ電荷量のトナーが現像されても、 $Q = CV$ の関係から、式1の第2項の ΔV_c は低下してしまう。
- [0016] この理由により、 $\alpha-Si$ 感光体は充電不良を引き起こし易い。同様な事が薄膜OPCにおいても言える。薄膜OPCは従来膜厚に対して、膜厚が薄くなることにより静電容量が大きくなり、 ΔV_c は低下してしまい、結果的に充電不良を引き起こし易い。
- [0017] 図6は、現像剤担持体と像担持体の最近接距離（以下SDギャップ）が300 μm 、400 μm のときに、 V_{cont} におけるベタ部の像担持体上トナー量（ mg/cm^2 ）を示している。SDギャップが300 μm のとき、従来

膜厚（ $30\ \mu\text{m}$ ）のOPCが充電効率100%であるのに対し、 $\alpha\text{-Si}$ 感光体（ $30\ \mu\text{m}$ ）は70%に低下する。このとき、SDギャップが $100\ \mu\text{m}$ の振れ（SD $400\ \mu\text{m}$ ）に対して、OPCは現像されるトナー量にほとんど変化が無いのに対し、 $\alpha\text{-Si}$ 感光体は現像されるトナー量に大きな変化がある。

[0018] この理由について説明する。 $\alpha\text{-Si}$ 感光体は充電不良のため、現像が正規に終了していない。つまり、静電潜像にとっては、トナーが現像される余力を十分残した状態で現像が終了している。このため、SDギャップの振れなどによる電界強度の変化で、大きく現像量の変動してしまう。

[0019] 逆に、OPCのように、正規に現像が終了している場合、例えば電界強度が変化しても、現像する余力が少ないため、現像量の変化が少ない。以上より、高静電容量化による充電不良により、現像されるトナー量の安定性が極端に低下することがわかった。印刷市場では、全ての出力画像が高画質であると同時に、同画質であることを求められる。つまり、画像濃度を決定するトナー量は、全ての出力画像で変化が無いことを求められる。このためには、上記充電不良を解決することが必須となる。

[0020] OPCの膜厚（ $30\ \mu\text{m}$ 、 $25\ \mu\text{m}$ 、 $20\ \mu\text{m}$ ）を変え、充電率を測定した結果、充電率はそれぞれ100%（ $30\ \mu\text{m}$ ）、90%（ $25\ \mu\text{m}$ ）、75%（ $20\ \mu\text{m}$ ）であった。このとき、上記測定を行なったところ、SDギャップ $100\ \mu\text{m}$ の振れに対して、膜厚 $30\ \mu\text{m}$ （充電率100%）、膜厚 $25\ \mu\text{m}$ （充電率90%）は現像量の変動が少なく、安定性の許容レベルであることがわかった。以上の技術的理由により、充電効率は90%以上である必要がある。

[0021] 上記像担持体の高静電容量化に伴う充電不良を解決するべく、従来は、積極的に現像剤担持体から像担持体へとトナーを飛翔させるような現像バイアスを採用することが行われた。

しかしながら、このような現像バイアスを用いると、画像部以外の非画像部に対してもトナーが付着してしまう、いわゆる「かぶり」という別の課題

を生じてしまっていた。

従って、充電率を向上させつつ、かぶりという問題も生じないという画像形成装置が望まれていた。

[0022] そこで本発明の目的は、高静電容量の像担持体を使用する際に、かぶりを悪化させずに、充電不良を解決し、高画質且つ高安定を両立させ得る画像形成装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0023] 上記目的を達成するための画像形成装置は、 静電像を担持する像担持体と、

前記像担持体を帯電する帯電装置と、

前記帯電装置により暗電位 V_D に帯電された前記像担持体の表面を露光して明電位 V_L に変化させることで、前記静電像を形成する露光装置と、

トナーと磁性キャリアとを含む現像剤を担持する現像剤担持体を備える現像装置と、

前記現像剤担持体に現像バイアスを印加する電源と、を有し、

前記現像バイアスは、前記トナーに対して前記現像剤担持体から前記像担持体に向かう第1の方向の静電気力を生じさせる第1のピーク電圧 V_1 と、前記トナーに対して前記像担持体から前記現像剤担持体に向かう第2の方向の静電気力を生じさせる第2のピーク電圧 V_2 とを交互に繰り返す振動電圧であり、前記第1の方向の静電気力を生じさせる位相時間を T_1 、前記第2の方向の静電気力を生じさせる位相時間を T_2 としたとき、 $(T_2 / (T_1 + T_2)) \times 100$ で表されるデューティ比 D_u (%) が、 $60 \leq D_u \leq 80$ であり、

前記磁性キャリアは、

電界強度の増加に伴い、抵抗率 ρ が減少しかつ比誘電率 ϵ が増加し、

前記第2のピーク電圧 V_2 と前記暗電位 V_D により決定される電界強度 E_{2D} における、真空の誘電率 ϵ_0 、前記磁性キャリアの比誘電率 ϵ 、前記抵抗率 ρ により表される電荷減衰の時定数 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) と、前記電界強度 E_{2D} との

積が、 $20 \leq \varepsilon_0 \varepsilon \rho E_{2D} \text{ (s} \cdot \text{V/cm)}$ の関係を満たし、

前記第1のピーク電圧 V_1 と前記明電位 V_L により決定される電界強度 E_{1L} における、前記時定数 $\varepsilon_0 \varepsilon \rho \text{ (s)}$ と前記比誘電率 ε が、
 $\varepsilon_0 \varepsilon \rho \text{ (s)} \leq 6.0 \times 10^{-4}$ かつ、 $30 \leq \varepsilon$ の関係を満たすような特性を有する。

発明の効果

[0024] キャリアCとデューティバイアスを、所定の条件下で用いることで、かぶりと充電性の両立を図れる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]有機感光体の一例の層構成模型図である。
[図2] α -Si感光体の一例の層構成模型図である。
[図3]潜像電位を示す図である。
[図4]充電状態の潜像電位を示す図である。
[図5]充電不良状態の潜像電位を示す図である。
[図6]SDギャップ変動におけるトナー量と V_{cont} の関係を示す図である。
。
[図7]本実施例で使用したバイアスを示す波形図である。
[図8]デューティ波のデューティ比と充電率の関係を示す図である。
[図9]デューティ波のデューティ比とかぶりの関係を示す図である。
[図10]デューティ波のデューティ比とかぶりの関係を示す図である。
[図11] $\varepsilon_0 \varepsilon \rho E_{2D} \text{ (s} \cdot \text{V/cm)}$ とかぶりの関係を示す図である。
[図12]デューティ波のデューティ比と充電率の関係を示す図である。
[図13]電界強度 $E \text{ (V/cm)}$ と磁性キャリアの抵抗率 $\rho \text{ (}\Omega \cdot \text{cm)}$ の関係を示す図である。
[図14]電界強度 $E \text{ (V/cm)}$ と磁性キャリアの比誘電率 ε の関係を示す図である。
[図15]電界強度 $E \text{ (V/cm)}$ と磁性キャリアの $\varepsilon_0 \varepsilon \rho \text{ (s)}$ の関係を示す図である。

[図16]本発明の画像形成装置の一実施例を示す概略構成図である。

[図17]現像前、現像後に表面電位計で得られる潜像電位を示す図である。

[図18]現像後の充電電位を示す図である。

[図19]磁性キャリアの抵抗率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)、比誘電率 ϵ の測定に用いた装置の概要図である。

[図20]測定により得られたコール・コール (C o l e - C o l e) プロットを示す図である。

[図21]実施例で用いた磁性キャリアA、B、Cにおける電界強度 E (V/cm)と磁性キャリアの抵抗率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)の関係を示す図である。

[図22]実施例で用いた磁性キャリアA、B、Cにおける電界強度 E (V/cm)と磁性キャリアの比誘電率 ϵ の関係を示す図である。

[図23]Q/Mの実測方法に用いたファラデーゲージの略図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下に本発明を図示の実施の形態に基づいて詳細に説明する。

(1) 画像形成装置例

図16は画像形成装置の一例の概略構成図である。この画像形成装置は電子写真プロセス利用、デジタルイメージ露光方式、反転現像方式のレーザービームプリンタである。

[0027] 本実施例では、デジタルイメージ露光方式、反転現像方式としたが、バックグラウンド露光方式、正規現像方式などにおいても、本請求項の範囲内に含まれる。

1は像担持体としてのドラム型の電子写真感光体である。ドット再現性の向上のためには、像担持体表面の表面電荷密度を高くすることが有効である。そこで、この像担持体1は高静電容量のものとなっており、特に、単位面積当りの静電容量 (C/S) が $\text{C}/\text{S} \geq 1.5 \times 10^{-6}$ (F/m^2) のものである。許容されるドット再現性を実現するためには、 $\alpha - \text{Si}$ 感光体は $60 \mu\text{m}$ 以下、薄膜OPCは $20 \mu\text{m}$ 以下である必要があり、このときの、 $\text{C}/\text{S} (= \epsilon_0 \epsilon m/dm) = 1.5 \times 10^{-6}$ (F/m^2) を下限値としている。

高画質化のためには、 $C/S \geq 1.5 \times 10^{-6}$ (F/m^2) を満たすことが好適である。よって、 C/S の値は大きい程ドット再現性は良化する方向なので、ドット再現性の観点だけで言えば、 C/S の値に上限はない。但し、静電容量 (C/S) の値を大きくしていくと、前述のように、充電不良を引き起こしやすくなる。そして、充電不良により、現像の安定性が極端に低下する。

- [0028] 本例において、該像担持体 1 は、アモルファスシリコン感光体 (α -Si 感光体) である。 α -Si 感光体は、基本的には、導電性基体上にアモルファスシリコンを含む感光層を備えるものである。感光層は、Si、SiC、SiO、SiON 等のアモルファスシリコン系材料から形成されたものであり、例えばグロー放電分解法、スパッタリング法、ECR 法、蒸着法などによって形成される。
- [0029] 像担持体 1 は矢印 r の時計方向に所定の速度で回転駆動され、その表面が一次帯電器 (帯電装置) 2 によって所定の暗電位 V_D に均一に帯電される。2a は一次帯電器 2 に対する帯電バイアス印加電源である。3 はデジタル露光手段としてのレーザースキャナー (レーザ露光装置) である。このスキャナー 3 にはイメージスキャナー等のホスト装置 11 から時系列電気デジタル画素信号が入力される。
- [0030] すなわち、ホスト装置 11 においては、CCD などによって得られた画像信号が A/D コンバータによりデジタル化された後、信号処理部に送られて画像濃度に対応して 2 値の画像信号に変換される。
- [0031] この画像信号がスキャナー 3 に送られる。スキャナー 3 は、レーザードライバー、レーザー、ポリゴンミラー、ミラー等を有し、レーザードライバーに上記の画像信号が入力される。レーザードライバーはその入力する画像信号に応じてレーザーの発光を変調する。
- [0032] 変調されたレーザー光により像担持体 1 の暗電位面が走査露光 L (イメージ露光) される。露光部の暗電位 V_D が減衰して明電位 V_L となり、静電潜像が形成される。イメージ露光方式とは、現像時にトナーを付着すべき像担持

体の部分をあらかじめ露光しておくものであり、像担持体の明電位部分がトナーで現像される方式である。

- [0033] 4は、像担持体1の表面に形成された静電潜像をトナー像として現像する現像装置である。本例の現像装置4は、現像剤として、磁性キャリアと非磁性トナーからなる2成分現像剤Aを用いた反転現像装置である。トナーとキャリアの重量比は所定に調整されている。現像剤Aは、現像容器4a内に收容されていて、攪拌部材4bで攪拌されて、トナーが負極性に摩擦帯電される。その現像剤Aが現像剤担持体としての現像スリーブ4cに供給される。
- [0034] 現像スリーブ4cは矢印の反時計方向に所定の速度で回転駆動される。現像スリーブ4c内には、複数の磁極を有する磁性体からなるマグネットローラ4dを配設してある。現像スリーブ4cに供給された現像剤Aは現像スリーブ4cの表面にマグネットローラ4dの磁気力により磁気ブラシ層として担持され、現像スリーブ4cの回転により搬送される。その搬送途中で、ブレード4eにより層厚の規制を受け、現像スリーブ4cと像担持体1との対向部である現像領域へと搬送される。
- [0035] 現像スリーブ4cには現像バイアス印加電源4fから所定の現像バイアスが印加される。このバイアス印加により現像領域に現像電界を発生させて、キャリアに付着しているトナーをキャリアから引き離し、像担持体1側の静電潜像をネガトナーで反転現像する。反転現像方式は、像担持体が帯電器によって帯電される極性と、トナーの帯電極性が同じものである。
- [0036] 現像領域で現像に供された現像剤磁気ブラシ層は引き続き現像スリーブ4cの回転により現像容器4a内に戻し搬送されて、現像スリーブ4c面から磁氣的に剥ぎ取られる。そして、現像スリーブ4cにはフレッシュな現像剤が供給される。現像容器4a内の現像剤Aは、トナーが現像により消費されることで、トナー濃度が低下する。これを補償するために、不図示のセンサにより現像容器4a内の現像剤A中のトナー濃度を監視している。そして、トナー濃度が許容下限濃度まで低下したら、補給用トナー容器4gから現像容器4a内の現像剤Aに適量のトナーを補給する動作を間欠的に実行させる

。これにより、トナー濃度を所定の範囲内に維持させている。

[0037] 像担持体 1 に形成されたトナー像は転写装置としての転写帯電器 5 により、不図示の給紙部から像担持体 1 と転写帯電器 5 との対向部に所定の制御タイミングで給送されたシートなどの記録材（転写材）P に順次に転写される。転写帯電器 5 には転写バイアス印加電源 5 a よりトナーの帯電極性とは逆である正極性の転写バイアスが所定の制御タイミングで印加される。これにより、像担持体 1 側のトナー像が記録材 P の面に静電転写される。

[0038] 転写部を通過した記録材 P は、像担持体 1 の面から分離されて、定着器 8 へ導入される。定着器 8 は記録材 P 上の未定着トナー像を永久固着画像として熱と圧力で定着して、記録材 P を排紙する。記録材分離後の像担持体 1 は、クリーナー 6 のクリーニングブレード 6 a により拭掃されて、転写残りトナー等の残留付着物の除去処理を受け、更に、前露光装置 7 による全面露光を受けて除電され、繰り返して画像形成に供される。

[0039] 9 は制御回路部（制御手段）である。この制御回路部 9 は画像形成装置の各種プロセス機器から入力する信号や各種プロセス機器への指令信号の処理、所定の作像シーケンス処理を司る。ROM 内に格納された制御プログラムや参照テーブルにしたがって装置を制御する。

[0040] 10 は操作パネル部である。この操作パネル部 10 から制御回路部 9 に各種の画像形成条件が入力される。また、制御回路部 9 から操作パネル部 10 に各種の情報が入力されて表示部に表示される。

[0041] (2) 像担持体の静電容量 (C/S)、比誘電率 ϵ [m]、膜厚 d [m] の測定方法

本検討で使用した像担持体の静電容量 (C/S) の測定方法について説明する。金属基体上に実際の感光層（電荷発生層、電荷阻止層、表面層）と同様の層構成を施した平板状感光板を用意し、感光板よりも小さな電極を接触させる。電極に、200V、400V、600V、800V、1000V の直流電圧を各々印加した時に流れる電流をモニターし、得られた電流曲線を時間積分することで、感光層にたまった電荷量 q を求める。

これを直流電圧の値を可変しながら行い、電荷量 q と電圧値 V の傾きから、感光板の静電容量 (C) を求めた。このとき、使用した電極の面積 (S) から、単位面積における静電容量 (C/S) を求めた。

[0042] 次に、本検討で使用した像担持体の膜厚 d_m 、比誘電率 ϵ_m の測定方法について説明する。上記の感光板に対して、感光層を施す前後の厚みを膜厚計で測定し、その差分を算出することにより、感光層の膜厚 d_m を求めた。また、比誘電率 ϵ_m は上記方法で求めた静電容量 (C/S)、膜厚 (d_m) を理論式 ($\epsilon_m = (C \cdot d_m) / (S \cdot \epsilon_0)$) に代入することにより求めた。

[0043] (3) 充電効率の測定方法

以下の検証で充電不良の程度を数値化するために導入した「充電効率」について説明する。充電効率は、式 3 に表す通り、現像コントラスト V_{cont} に対する充電電位 ΔV の割合である。ここで V_{cont} は、現像バイアスの DC 成分と、像担持体の画像部分となるべき部分の明電位 V_L との電位差である。

[0044] ΔV は、潜像電位部分の現像後のトナー層表面電位と、現像前の潜像電位との電位差である。即ち、ベタ画像部に対応する像担持体の ΔV は、ベタ画像部に対応する像担持体の部分である明電位部分の現像後のトナー層表面電位と、ベタ画像部に対応する像担持体の部分である現像前の明電位との電位差である。明電位、トナー層電位などの電位の測定は現像位置もしくは現像位置近傍で、表面電位計により測定した。ここで用いた表面電位計は、トレック社製の MODEL 347 である。

[0045] [数3]

$$\text{充電効率} = \frac{\text{充電電位 } \Delta V}{\text{現像コントラスト } V_{cont}} \times 100 \text{ (\%)}$$

[0046] 充電効率の測定方法について説明する。

始めに 2 成分現像剤 A を入れない空の現像装置 4 を用意し、帯電、潜像形成後における、トナーで現像されていない像担持体 1 上の表面電位 (現像前

潜像電位)を現像装置直下に配置した表面電位計12により計測する。

[0047] 次に、2成分現像剤Aを入れた現像装置4を用意し、実際に、帯電、潜像形成後に現像バイアスを印加することにより、像担持体1上にトナー像を形成する。現像直後の像担持体表面の電位(現像後潜像電位)を同様に表面電位計12により計測する。

[0048] 上記の2通りの方法により得られた、現像前潜像電位と現像後潜像電位の電位プロフィールを図17に示す。図18のように、現像前潜像電位と現像後潜像電位のそれぞれの表面電位値を差し引くことにより、実際にトナーが現像されることによって作られる ΔV を求めることができる。このときの V_{cont} に対する ΔV の割合が充電効率となる(式3)。

[0049] なお、当然、 V_{cont} は現像位置で決定される。つまり、現像装置4の位置に専用の表面電位計を設置し、現像位置の潜像電位を測定し、その潜像電位に対して V_{dc} を決定し、現像位置における V_{cont} を保証している。

[0050] (4) 磁性キャリアの抵抗率 ρ 、比誘電率 ϵ の測定方法

磁性キャリアの抵抗率 ρ 、比誘電率 ϵ の測定方法について説明する。図19は測定に用いた装置の概要図である。この装置は、キヤノン製複合機IRC-6800を改造したものをを用いる。この複合機の感光ドラムを、感光層のない $\phi 84\text{mm}$ のアルミニウム製の円筒体201(以下A1ドラム)に置き換えて回転駆動可能とする。A1ドラムは周速が 286mm/sec の速さで回転する。そして改造機の現像器203内には、測定を行いたい磁性キャリア202を単体で充填する。そして、磁性キャリア202を担持した $\phi 20\text{mm}$ の現像スリーブ231を、A1ドラムに対向させる。この際、現像スリーブ231は、A1ドラムとの対向部においてA1ドラムと同じ方向に移動するように回転し、その周速は 500mm/sec である。なお、A1ドラムと現像スリーブとは、その対向部において $300\mu\text{m}$ の空隙(SDギャップ)を形成するように位置決めされている。

[0051] そして、上記の条件でA1ドラム201及び現像スリーブ231を回転さ

せながら、A I ドラム 2 0 1 と現像スリーブ 2 3 1 間に電源 2 0 4 (N F 社製 H V A 4 3 2 1) により、互いに電圧値が異なる A C 電圧 (S i n 波) を各々印加する。このとき、この複数の電圧値は、キャリアのインピーダンスの電界依存性を調べたい電界範囲が得られる範囲内の値が適宜設定される。そして、この各電圧値における S i n 波において、周波数を 1 H z ~ 1 0 K H z の間で変化させ、各印加電圧における応答電流を計測することにより、インピーダンスを測定することができる。本発明においては、英国ソーラトロン社製の誘電体測定システム 2 0 5 (1 2 6 0 9 6 W) により、この周波数変化は自動で行われ、インピーダンスの測定は自動で行われる。

[0052] 解析方法について説明する。周波数を 1 H z から 1 0 k H z まで変化させた際の各測定値 (R e (Z) 、 I m a (Z)) をプロットしたコール-コール (C o l e - C o l e) プロットより (図 2 0 参照) 、等価回路を導出する。

C o l e - C o l e プロットが、図 2 0 のような半円の場合、磁性キャリアの等価回路が R C の並列回路であることを示唆している。そして、前記ソーラトロン社製の解析ソフト (Z v i e w) により、R C 並列回路でフィッティングすることにより、磁性キャリアの R 成分、C 成分を求めることができる。

[0053] なお、上記解析方法により求めた静電容量 C t には、現像スリーブ 2 3 1 と A I ドラム 2 0 1 における現像領域 (以下現像ニップ) 外の空気層 (比誘電率 1) による影響も含まれる。つまり、磁性キャリア 2 0 2 の静電容量 C を求めるためには、上記解析方法により求められる静電容量 C t に対して、現像ニップ外の空気層による静電容量 C a を引く必要がある。

[0054] C a の導出方法について説明する。磁性キャリア 2 0 2 を内包していない空の現像器 2 0 3 を上記測定方法により測定する。上記解析方法により求められる C a t は、現像ニップ内の空気層による静電容量 C a n と現像ニップ外の空気層による静電容量 C a の合成値となる。静電容量 C a n は、空気層の比誘電率 ($\epsilon = 1$) と S D ギャップ (c m) 、磁性キャリアの A I ドラム

1に対する接触面積 (cm^2) から求めることができる。求められる C_{at} と C_{an} から、 C_a を導出することができる ($C_a = C_{at} - C_{an}$)。最終的に、磁性キャリアの静電容量 C は $C = C_t - C_a$ で決定される。

[0055] 上記解析方法により求めた磁性キャリア202の抵抗 R と静電容量 C に対して、SDギャップ (cm)、磁性キャリア202のA1ドラム201に対する接触面積 (cm^2) から、それぞれ磁性キャリア202の抵抗率 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)、比誘電率 ε を求めた。

[0056] なお、本出願の請求項における磁性キャリアの比誘電率 ε 、抵抗率 ρ は上記測定方法により求められた値を使用している。つまり、本請求項において使用される磁性キャリアの比誘電率 ε 、抵抗率 ρ は、磁性キャリア単体の物性値ではなく、現像ニップ内に存在する磁性キャリアと空気層を含めた比誘電率 ε 、抵抗率 ρ を表している。

[0057] また、上記測定方法により求められる抵抗率 ρ 、比誘電率 ε はトナーを考慮していない。実際にトナーと混合された2成分現像剤の各物性値は異なることが予想される。しかしながら、現像バイアス印加下においては、トナーは磁性キャリアと像担持体間を絶えず運動しているため、現像ニップ中の各物性値において、トナーの影響は小さいと考えられる。従って、本発明において、抵抗率 ρ 、誘電率 ε を規定するにあたり、トナーを考慮していない。

[0058] (5) 磁性キャリアの抵抗率 ρ 、比誘電率 ε の電界強度依存性測定方法

磁性キャリアの抵抗率 ρ 、比誘電率 ε の電界強度依存性の測定方法について説明する。前述したように、図19の電源204により、印加される Sin 波の振幅を変化させることにより、抵抗率 ρ と比誘電率 ε の電界強度依存性を測定することができる。このとき、電界強度は Sin 波の振幅 (V) をSDギャップ (cm) で割ったものである。

測定例を、図21 (ρ)、図22 (ε) に示す。Aは本実施例で使用した高誘電率キャリア、Bは本実施例で使用した低誘電率キャリア、Cは本実施例で使用した本発明に従うキャリアCである。

[0059] (6) 現像バイアス印加下における電界強度の決定方法

現像バイアス印加下における電界強度は次の通り決定される。

例えば、図7のような現像バイアスの場合、トナーを像担持体方向へ移動させる位相時間を T_1 とし、現像剤担持体方向へ移動させる位相時間を T_2 とする。磁性キャリアに拘束されたトナーに対し、画像部 (V_L) 方向へ働く力が最も強く印加される電界強度は E_{1L} ($= (V_1 - V_L) / SD$ ギャップ) [V/cm] である。一方、像担持体上の非画像部 (V_D) のトナーに対し、現像剤担持体方向へ働く力が最も強く印加される電界強度は、電界強度 E_{2D} ($= (V_2 - V_D) / SD$ ギャップ) [V/cm] である。現像バイアス印加下における磁性キャリアの抵抗率 ρ 、比誘電率 ϵ は、上記電界強度における抵抗率 ρ 、比誘電率 ϵ を測定方法(5)により求めた。

[0060] (7) 実施例1

本実施例1では、物性値 (ϵ 、 ρ) の異なる磁性キャリアにおいて、画像出力条件を固定の下、充電性、かぶりの測定を行なった。

検証結果について説明する。検討機は、前述したIRC-6800 (キヤノン株式会社製のコピー複合機の型番) の改造機を用い、デジタルイメージ露光方式、反転現像方式により現像を行なった。

[0061] 使用した像担持体は、膜厚 $d_m = 30 \mu m$ 、比誘電率 $\epsilon_m = 10$ 、単位面積の静電容量 $C/S = 3.0 \times 10^{-6}$ (F/m^2) の $\alpha-Si$ 感光体である。膜厚 d_m 、単位面積当りの静電容量 C/S 、比誘電率 ϵ_m は上記測定方法(2)により測定した。

[0062] 上記像担持体は、図16に示す一次帯電器2によって、現像位置において、像担持体1表面を所望の暗電位 V_D ($-480V$) に均一に帯電し、スキャナー3により、現像位置において、ベタ部の電位を所望の明電位 V_L ($-130V$) に調整した。

[0063] 現像スリーブ4cと像担持体1との距離 (SDギャップ) は $300 \mu m$ である。

[0064] このとき使用した現像バイアスは、図7に示すようなDC成分にAC成分を重畳した波形である。具体的には、周波数 $5kHz$ 、デューティ比 60%

、ピーク・ツウ・ピーク電圧（以下 V_{pp} ）が1.54kVのデューティ波である。

[0065] 現像バイアスと明電位 V_L 、暗電位 V_D とで決定される引き戻し方向と現像方向の電界強度 E_{1L} 、 E_{2D} は、

$E_{1L}=3.7 \times 10^4$ [V/cm]、 $E_{2D}=2.6 \times 10^4$ [V/cm]であった。

DC成分の V_{dc} は、像担持体の静電潜像、詳しくはベタ部に対応する明電位 V_L （-130V）、暗電位 V_D （-480V）に対して、必要な現像コントラスト（200V）、かぶり取り電位（150V）を確保する。そのために、 $V_{dc}=-330$ [V]で検討を行なった。ここで、現像コントラストとは V_{dc} と明電位 V_L との差であり、かぶり取り電位とは V_{dc} と暗電位 V_D との差である。

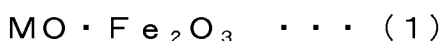
[0066] なお、本検討において周波数は5kHzとしたが、周波数は3kHz～8kHzであることが好ましい。発明者らの検討によると、周波数が3kHzより小さい場合、どの条件においても、かぶりが許容レベルに達せず、周波数が8kHzより大きい場合、どの条件においても、充電性が許容レベルに達しないことがわかった。

[0067] 次に、本発明で使用した現像剤について説明する。

現像剤としては非磁性トナーと磁性キャリアを有する2成分現像剤を使用している。使用した非磁性トナーとしては、従来公知の粉砕法により作成されたトナーを使用した。一方、使用した磁性キャリアとしては、物性値（ ϵ 、 ρ ）の異なる3種類のキャリアを用意した。それぞれの特徴を具体的に挙げる。

[0068] ・高誘電率（低抵抗）キャリアA：

高誘電率キャリアAとしては、例えば、コア材として下記式（1）又は（2）で表される磁性を有するマグネタイト及びフェライトを用いるものが挙げられる。





(式中、Mは3価、2価又は1価の金属イオンを示す)

[0069] Mとしては、Be、Mg、Ca、Rb、Sr、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Cd、Pb及びLiが挙げられ、これらは単独或いは複数で用いることができる。

[0070] 上記の磁性を有する金属化合物粒子の具体的化合物としては、例えば、Cu-Zn-Fe系フェライト、Mn-Mg-Fe系フェライト、Mn-Mg-Sr-Fe系フェライト及びLi-Fe系フェライトなどの鉄系酸化物が挙げられる。

[0071] フェライト粒子の製造方法としては、公知の方法を採用することができる。例えば、次のような方法を挙げることができる。

即ち、サブミクロンサイズに粉碎されたフェライト組成物に、バインダー、水、分散剤等を混合し、スプレードライヤー法や流動造粒法を用いて粒子を形成する。

その後、ロータリーキルンや回分式焼成炉で700～1400℃、好ましくは800～1300℃の範囲の温度で焼成する。次いで、篩分級して粒度分布を制御して、キャリア用の芯材粒子とする。

[0072] 更にフェライト粒子表面に、浸漬法によりシリコーン樹脂等の樹脂を0.1～1.0質量%程度コートする。このようにして作製された磁性キャリアを、ここでは高誘電率キャリアAと呼ぶ。

[0073] ・低誘電率（高抵抗）キャリアB：

低誘電率キャリアBとしては、例えば、次のようなものが挙げられる。

第一には、マグネタイト粒子と熱可塑性樹脂とを溶融混練し、粉碎して製造する磁性体分散型樹脂キャリアをコア材として用いるものである。

[0074] 第二には、マグネタイト粒子と熱可塑性樹脂とを溶媒中に溶融分散させたスラリーをスプレードライヤー等により噴霧乾燥させて製造する磁性体分散型樹脂キャリアをコア材として用いるものである。

[0075] 第三には、マグネタイト粒子及びヘマタイト粒子存在下で、フェノールを

直接重合により反応硬化させた磁性体分散型樹脂キャリアをコア材として用いるものである。

[0076] これらのキャリアコア材に、更に流動層コーティング装置などにより、熱可塑性樹脂等の樹脂を1.0～4.0質量%程度コートする。このようにして作製された磁性キャリアを、ここでは低誘電率キャリアBと呼ぶ。

[0077] ・本発明に従うキャリアC：

一方、本発明に従うキャリアCとしては、例えば、ポーラス状のコアにシリコン樹脂等の樹脂を流し込み、コア内の空隙を樹脂で充填したポーラス状樹脂充填キャリアを用いることができる。

[0078] キャリアCの作製方法としては、次のような方法を挙げることができる。

初めに、上記高誘電率キャリアAに用いられるようなNi、Cu、Zn、Li、Mg、Mn、Sr、Ca、Baからなる群から1種または2種以上選ばれる金属酸化物、酸化鉄(Fe₂O₃)を所定量秤量し、混合する。

[0079] 次に、得られた混合物を700～1000℃の範囲で5時間仮焼し、その後、0.3～3μm程度の粒径に粉碎する。得られた粉碎物に、バインダー、水、分散剤、必要に応じて有機微粒子やNa₂CO₃の如き空孔形成剤を加え、100～200℃の加熱雰囲気下でスプレードライヤーにより噴霧乾燥し、20～50μm程度の大きさに造粒する。

[0080] その後、酸素濃度5%以下の不活性ガス(例えば、N₂ガス等)の雰囲気下において焼結温度800～1400℃で8～12時間焼成する。これにより、ポーラス状のコアが得られる。次いで、シリコン樹脂を減圧した状態で浸漬法により8～15質量%充填し、180～220℃不活性ガス雰囲気下でそのシリコン樹脂を硬化させる。また、必要な場合は、更に、浸漬法により、熱硬化性樹脂等の樹脂を0.1～5.0質量%程度被覆(コート)する。

[0081] 上記製造方法において、コアのポーラス度、並びに、コア材の抵抗、更には、充填するシリコン樹脂等の樹脂量、被覆樹脂であるコート樹脂の樹脂量等を制御することにより、キャリアの比誘電率ε、抵抗率ρを制御するこ

とができる。

[0082] 次に、このようなキャリアを用いた画像形成装置において、充電性やかぶりを改善するべく、発明者らが行った検討結果を、以下に示していく。

まず、充電率を改善するための有効な手段として、振動電圧による現像バイアスによりトナー運動を制御する方法を検討した。具体的には、図7に示すように、1周期に対してトナーに対して現像剤担持体から像担持体方向に向かう第1の方向の静電気力を生じさせる位相時間を T_1 、 T_1 におけるピーク電圧を第1のピーク電圧 V_1 とする。また、トナーに対して像担持体から現像剤担持体方向に向かう第2の方向の静電気力を生じさせる位相時間を T_2 、 T_2 におけるピーク電圧を第2のピーク電圧 V_2 とし、 V_1 と V_2 を交互に繰り返す。そのとき、現像バイアスのDC成分 V_{dc} や現像方向のピーク電圧 V_1 をある電圧値に維持したまま、1周期に占める T_2 の割合（以下デューティ（Duty）比という）を上げる。この際、周期 T_1 における V_{dc} を基準軸としたと波形の積分値と、周期 T_2 における V_{dc} を基準軸とした波形の積分値とが、同じ値となるように、 V_1 と V_2 の値、及び T_1 と T_2 の割合が決定される。これにより、引き戻し方向のピーク電圧 V_2 を弱める振動バイアス（以下デューティ（Duty）波という）とする。なお、ここでのデューティ比（Du）（%）は、 $(T_2 / (T_1 + T_2)) \times 100$ という関係式で算出されるものである。

[0083] このようなデューティ波は、位相時間 T_2 において、トナーを現像剤担持体方向へ引き戻す力を弱めるために、トナーが像担持体近傍に局在する。これにより、最終的に像担持体上に現像されるトナー量が増加し、充電不良が改善される。

[0084] 図8は、キャリアAを用いて上記デューティ波のデューティ比Duを可変した際に、充電性の変化を示した図である。上記理由により、デューティ比Duを上げるに伴い、矩形波（デューティ比50%）に比べて、充電性は飛躍的に改善される。しかし、デューティ比が80%を超えると、トナーを像担持体方向へ移動させる時間に対し、現像剤担持体方向へ移動させる位相時間

が長くなり過ぎ、結果的にトナーを像担持体方向へ移動させることができなくなり、充電性は大きく減少してしまう。なおこの特性については、図12のようにキャリアの種類を変更して検討しても、同様な傾向の結果が得られた。

[0085] よって発明者らの検討結果によれば、キャリアの種類や現像バイアスの周波数によらず、デューティ比 D_u が60%から80%のときに、矩形波に比べて十分優位性が得られることがわかった。

[0086] ところで、デューティ波のようにピーク電圧 V_2 を弱めれば、当然ながら非画像部へのトナー付着（以下かぶり）が悪化してしまう。また、発明者らの検討によれば、高静電容量の像担持体は低静電容量の像担持体に比べて、弱帯電したトナーが、強い鏡映力により非画像部に付着しやすくなるため、かぶりが悪化し易いことがわかった。

[0087] 図9は、キャリアAを用いかつ $\alpha-Si$ 感光体を備えた画像形成装置に対し、デューティ波のデューティ比 D_u を可変した際の、かぶりの変化を示した図である。

図に示した通り、デューティ比 D_u を上げるに伴い、かぶりは飛躍的に悪化してしまうことがわかった。ここでかぶりの数値化は、以下の方法を用いた。画像白地部（非画像部）の反射濃度 D_s をマクベス社製の反射濃度計（SERISE1200）により測定する。一方、紙自身の反射濃度 D_r を同様に測定し、かぶり濃度を、かぶり濃度（%） $=D_r - D_s$ とした。

[0088] 以上のように、高静電容量の像担持体に対し、デューティ波により充電不良は著しく改善されるものの、このデューティ波だけでは、かぶりとの両立が困難であった。

[0089] そこで、充電効率の向上が望めるデューティ波を使用する際に、かぶりを改善するための方法について、発明者らは更なる検討を行った。その中でも有効な手段として、使用する磁性キャリアの抵抗を高抵抗化する方法を見出した。

図10は $\alpha-Si$ 感光体に対し、使用する磁性キャリアの抵抗を可変した

際のかぶりとデューティ比 D_u の関係である。図 10 において低抵抗キャリアは上述のキャリア A であり、高抵抗キャリアは上述のキャリア B である。図 10 の通り、磁性キャリアの抵抗を高抵抗化することにより、かぶりは飛躍的に改善されることが判明した。

[0090] かぶりが改善される理由は、以下のように考えられる。

磁性キャリアは一般的に、抵抗成分 R と容量成分 C からなる RC 並列回路とみなすことができる。磁性キャリアがトナーと摩擦帯電することにより、磁性キャリアの容量成分にはトナー電荷と逆極性の電荷 Q_c （以下カウンターチャージ）が蓄えられる。このとき、カウンターチャージは式 2 のように、 $\epsilon \rho$ の時定数で減衰すると考えられる。

[0091] [数2]

$$Q_c(t) = Q_0 \exp(-t / \epsilon_0 \epsilon \rho) \quad (Q_0: \text{初期カウンターチャージ})$$

[0092] 本発明者らの検討によると、かぶりは、トナーを現像剤担持体に移動させる位相での電界強度 E_{2D} における磁性キャリアの、比誘電率 ϵ 、抵抗率 ρ により表される電荷減衰の時定数 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) と電界強度 E_{2D} の積に相関があることが確認された。

図 11 は $\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ (s · V / cm) に対するかぶりの関係である。図 11 の通り、 $\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ の増加に伴い、かぶりは改善され、 $20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ (s · V / cm) のとき、かぶりは許容レベル (2% 以下) に達することが確認された。なお、 $\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ の値が大きいほどカウンターチャージ保持能力が高くなり、かぶり防止にはより有効となるので、かぶり防止という観点だけから言えば、 $\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ の値に上限はない。

[0093] この理由は次のように考えられる。

磁性キャリアが非画像部に付着した弱帯電したかぶりトナーを捕集するために、必要なカウンターチャージを q とする。このとき、磁性キャリアが q 以上の電荷を有す時間 t は、式 2 から、 $t = -\epsilon_0 \epsilon \rho \log(q')$ となる。但し、 $q' = q / Q_0$ である。

[0094] かぶりレベルは、この時間 t と、現像剤担持体方向へ移動させる電界強度

E_{2D} に起因していると考えられる。以上の理由により、かぶりと $\epsilon_0 \epsilon \rho$
 E_{2D} は相関関係にあると考えられる。

- [0095] 磁性キャリアの抵抗 (ρ) を高抵抗化することによりかぶりが改善した理由は、磁性キャリアの $\epsilon_0 \epsilon \rho$ が増加し、必要なカウンターチャージを保持する時間が長くなったためと考えられる。この残留したカウンターチャージにより、非画像部に付着した弱帯電したかぶりトナーを捕集し、かぶりが改善されたと考えられる。
- [0096] しかし、発明者らの検討によれば、かぶり改善を狙って単純に磁性キャリアを高抵抗化するだけでは、充電性が悪化することが判明した。図12は、磁性キャリアの抵抗を可変した際の充電性とデューティ比の関係である。図12の通り、磁性キャリアの抵抗を高抵抗化することにより、充電性は悪化する。図13は、上記で用いた高抵抗キャリア、低抵抗キャリアにおける抵抗率の電界強度依存性である。電界強度増大に伴い、抵抗率は減少する。
- [0097] 一方、図14は、これら磁性キャリアにおける比誘電率の電界強度依存性である。一般的に磁性キャリアを高抵抗化した場合、それに伴い磁性キャリアの比誘電率は減少する。
- [0098] 図15は、抵抗率 ρ と比誘電率 ϵ から求められる $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) と、電界強度の関係である。磁性キャリアを高抵抗化すると充電性が悪化する理由は上記物性値から以下のように説明できる。
- [0099] 磁性キャリアを高抵抗化することにより、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) が増大し、磁性キャリアにはカウンターチャージが残留し易くなる。このため、トナーが磁性キャリアのカウンターチャージにより、磁性キャリアに引き戻され、結果的に充電性が悪化すると考えられる。
- [0100] また、本発明者らの検討によると、比誘電率自身が充電性に影響を及ぼすことが確認されている。具体的には、比誘電率の小さい磁性キャリアは大きい磁性キャリアに比べて、充電性が低い。これは現像スリーブと像担持体を平行平板に見立てて説明することができる。
- [0101] 平行平板に電圧を印加した場合、平行平板内の電場は一様になる。一方、

平行平板内に誘電体を入れた場合、境界条件から平行平板内の誘電体周辺の間は大きく歪むことになる。このため、誘電体の誘電率が増加するに伴い、等電位面から求められる誘電体周辺に加わる電場は増加する。

[0102] つまり、現像スリーブと像担持体間に磁性キャリアがあるとき、磁性キャリアの誘電率が大きいほど、磁性キャリア周辺に加わる電場は大きくなり、トナーが磁性キャリアから飛翔し易くなる。一方、誘電率が小さい場合、トナーが磁性キャリアから飛翔し難くなり、結果的に充電性が悪化すると考えられる。

[0103] 上記の通り、かぶりの抑制を目的として磁性キャリアを高抵抗化すると、カウンターチャージ、及び誘電率による電場の影響を受けて充電性が悪化するものと考えられる。

以上のように、デューティバイアスを用いる画像形成装置において、単にキャリアAやキャリアBを用いるだけでは、高静電容量の像担持体において、かぶりと充電性を両立することは難しい。

そこで、本発明者らが鋭意検討した結果、先述のキャリアCとデューティバイアスとを、所定の条件下で用いることで、かぶりと充電性の両立を図れる構成を見出す事に成功した。

[0104] 高誘電率キャリアA、低誘電率キャリアB、本発明に従うキャリアCの抵抗率 ρ と比誘電率 ϵ の電界強度依存性の測定結果を図21、22に示す。

高誘電率キャリアAは、電界強度増加に伴い、抵抗率 ρ が減少し、比誘電率 ϵ が増加した。低誘電率キャリアBは電界強度増加に伴い、抵抗率 ρ 、比誘電率 ϵ ともに、変化が非常に小さい。一方、本発明に従うキャリアCは、所定の電界強度付近、この例では電界強度 2.6×10^4 (V/cm) 付近までは、電界強度増加に伴う変化率が小さい。しかし、電界強度 2.6×10^4 (V/cm) 付近を過ぎると、電界強度増加に伴い、抵抗率 ρ の減少度合い(減少率)が大きくなり、抵抗率 ρ は急激に減少し、比誘電率 ϵ の増加度合い(増加率)は大きくなり、比誘電率 ϵ は急激に増加した。

よってキャリアCは、所定の電界強度よりも大きい電界強度における電界強

度の変化に対する抵抗率の減少率が、前記所定の電界強度よりも小さい電界強度における電界強度の変化に対する抵抗率の減少率よりも大きい特性を有する。更にキャリアCは、所定の電界強度よりも大きい電界強度における電界強度の変化に対する比誘電率の増加率が、前記所定の電界強度よりも小さい電界強度における電界強度の変化に対する比誘電率の増加率よりも大きい特性を有する。

[0105] 上記物性値の変化は、次のような原因だと考えられる。

例えば、高誘電率キャリアAのように、コア材が導電性の材料で形成された磁性キャリアの場合、電圧が印加された際、磁性キャリア内、及び磁性キャリア間で電氣的なパスが出来やすい。電界強度増加に伴い、電気物性値 (ϵ 、 ρ) が変化すると考えられる。一方、本発明に従うキャリアCの場合、コアが導電性の材料で形成されたポーラス構造であり、且つ、その中を絶縁性の樹脂を充填しているために、コア内部は絶縁性の樹脂部と導電性のポーラス部が存在する。

[0106] ここで、絶縁性の樹脂部や導電性のポーラス部との境界において、電荷の流れをある程度遮断することができると考えられる。しかし、遮断できる限界値（この場合、電界強度 2.6×10^4 (V/cm)）を超えると、コアの導電性部により、急激な電気物性値 (ϵ 、 ρ) の変化が起きると考えられる。前述の通り、コアのポーラス度、並びに、コア材の抵抗、更には、充填するシリコン樹脂等の樹脂量、コート樹脂の樹脂量等を制御することにより、磁性キャリアの比誘電率 ϵ 、抵抗率 ρ を制御することができる。また、上記の限界値を制御することも可能となる。

この例では、引き戻し方向の電界強度 E_{2D} は 2.6×10^4 (V/cm) であり、この付近までは、抵抗率 ρ は大きく、比誘電率 ϵ は小さい特性を有する。現像方向の電解強度 E_{1L} は、 3.7×10^4 [V/cm] であり、特性の変化が大きい領域で、抵抗率 ρ は低抵抗のキャリアAと同等にまで大きく低下し、比誘電率 ϵ は急激に高くなって、高誘電率キャリアAの比誘電率を大きく超えた値となっている。

[0107] 本発明で使用した2成分現像剤は、トナーの摩擦帯電量が等しくなるように調整した。具体的には、上記非磁性トナーと磁性キャリアの混合比を可変した。実際に、全重量に対する非磁性トナーの重量%は8%~10%であった。また、このとき、トナーの摩擦帯電量（以下Q/M）は約-50μC/gであった。

[0108] ここで、使用したQ/Mの実測方法について説明する。

図23に示したファラデーゲージ300は、軸径の異なる金属製の内筒301と外筒302を同軸になるように配置した2重筒と、内筒301内に更にトナーを取り入れるためのフィルター303を備えている。内筒301と外筒302間は絶縁部材302によって絶縁されている。エア吸引により、像担持体上のトナーをフィルター303内に取り込むことにより、内筒301と外筒302が絶縁されているために、トナーの電荷量Qによる静電誘導を引き起こす。

[0109] この誘起された電荷量Qを測定し、内筒301内のトナー重量Mで割った値をQ/M（μC/g）とした。測定は、ケースレーインstruments株式会社製の計測器「KEITHLEY 616 DIGITAL ELECTROMETER」を使用した。

表1には、以上の条件下において、高誘電率キャリアA、低誘電率キャリアB、本発明に従うキャリアCを使った際の各充電率、かぶり評価の結果を示す。

[0110] [表1]

	E_{2D}	E_{1L}		画像出力結果	
	$\epsilon_0 \epsilon_r E_{2D}$	$\epsilon_0 \epsilon_r D$	ϵ	かぶり	充電率
キャリアA	8	1×10^{-4}	15	D	78%
キャリアB	78	2.8×10^{-4}	4	A	60%
キャリアC	60	2×10^{-4}	35	A	95%

[0111] ここでかぶり評価方法について説明する。画像白地部の反射濃度Dsをマクベス社製の反射濃度計（SERISE1200）により測定する。一方、

紙自身の反射濃度 D_r を同様に測定し、かぶり濃度を以下のように決定した。
。

[0112] かぶり濃度 (%) = $D_r - D_s$

求めたかぶり濃度に対して、下記の評価基準に従って評価した。

- A : 0.5%以下・・・非常に良い
- B : 0.6～1%以下・・・良い
- C : 1～2.0%以下・・・許容レベル
- D : 2%～・・・悪い

[0113] 表1に示されるように、充電率、かぶりを両立する磁性キャリアは本発明に従うキャリアCのみであった。

[0114] (8) 実施例2

本実施例2では、キャリア物性値 (ϵ 、 ρ) と充電率、かぶりの関係を明確にするために、実施例1に磁性キャリアD～Hを加えて検討を行なった。キャリアD～HはキャリアCと同様の製造方法で作成した。このとき、コアのポラス度、並びに、コア材の抵抗、更には、充填するシリコーン樹脂等の樹脂量、コート樹脂の樹脂量等を制御することにより、キャリアの比誘電率 ϵ 、抵抗率 ρ を下記のように制御した。磁性キャリアA～Hの物性値 (ϵ 、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$)、かぶり、充電率の測定結果は以下のとおりである。真空の誘電率 ϵ_0 は定数である。

[0115] [表2]

	E_{2D}	E_{1L}		画像出力結果	
	$\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$	$\epsilon_0 \epsilon \rho$	ϵ	かぶり	充電率
キャリアA	8	1×10^{-4}	15	D	78%
キャリアB	78	2.8×10^{-3}	4	A	60%
キャリアC	60	2×10^{-4}	35	A	95%
キャリアD	31	1×10^{-4}	40	B	100%
キャリアE	20	6×10^{-4}	30	C	90%
キャリアF	13	1×10^{-4}	40	D	100%
キャリアG	78	6×10^{-4}	20	A	75%
キャリアH	73	1.0×10^{-3}	30	A	75%

[0116] 表2に示される通り、かぶりが許容レベルであり、且つ充電率が90%以上を両立する磁性キャリアは、キャリアC、D、Eであった。

理由は以下のように考えられる。本条件において、かぶりの許容レベルを満たす磁性キャリアは、キャリアB、C、D、E、G、Hであった。

これらの磁性キャリアは電界強度 E_{2D} (V/cm)において、

$$20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D} \text{ (s} \cdot \text{V/cm)}$$

を満たす。

[0117] このため、非画像部 (V_D) に対し、現像バイアスのトナーを現像剤担持体方向へ移動させる位相時間 T_2 で決定される電界強度 E_{2D} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分大きい。このカウンターチャージにより、非画像部に付着したかぶりトナーを回収することができる。

[0118] 次に、本条件において、充電率の許容レベルを満たすキャリアは、キャリアC、D、E、Fであった。これらのキャリアは電界強度 E_{1L} (V/cm)において、 $\epsilon_0 \epsilon \rho \text{ (s)} \leq 6.0 \times 10^{-4}$ 且つ $30 \leq \epsilon$ を満たす。このため、画像部 (V_L) に対し、現像バイアスのトナーを像担持体方向へ移動させる位相時間 T_1 で印加される電界強度 E_{1L} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分小さい。

[0119] このように時定数 $\epsilon_0 \epsilon \rho \text{ (s)}$ を 6.0×10^{-4} 以下とすることで、カウンターチャージが消失し易い状態になり、カウンターチャージによるトナー飛翔運動の阻害を防止できる。これにより、画像部での充電性を向上させることができる。また、磁性キャリアの比誘電率 ϵ を30以上と大きな値にするため、磁性キャリア周辺に加わる電場が大きくなり、トナーが磁性キャリアから飛翔し易くなる。なお、比誘電率 ϵ の値については、大きいほど電場が大きくなり飛翔が促進されることになる為、充電不良の改善という観点だけから言えば比誘電率 ϵ の値に上限はない。以上により、本発明に従うキャリアC、D、Eのみが、本願請求項1の範囲を満たす。

[0120] (9) 実施例3

実施例2の電界強度 E_{1L} を 3.7×10^4 [V/cm]で固定したまま、

E_{2D} を可変するために、デューティ比、 V_{pp} をそれぞれ、70%、1.33 kV に代えて同様の検討を行った。

[0121] 具体的には、周波数5 kHz、デューティ比70%、 V_{pp} 1.33 kV のデューティ波である。現像バイアスと明電位 V_L 、暗電位 V_D とで決定される電界強度 E_{1L} 、 E_{2D} は、 $E_{1L} = 3.7 \times 10^4$ [V/cm]、 $E_{2D} = 1.9 \times 10^4$ [V/cm] であった。

表3に、このときの磁性キャリアA~Gの物性値 (ϵ 、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$)、かぶり、充電率の測定結果を示している。

[0122] [表3]

	E_{2D}	E_{1L}		画像出力結果	
	$\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$	$\epsilon_0 \epsilon \rho$	ϵ	かぶり	充電率
キャリアA	9	1×10^{-4}	15	D	88%
キャリアB	61	2.8×10^{-3}	4	A	70%
キャリアC	61	2×10^{-4}	35	A	100%
キャリアD	44	1×10^{-4}	40	B	100%
キャリアE	24	6×10^{-4}	30	C	100%
キャリアF	16	1×10^{-4}	40	D	100%
キャリアG	61	6×10^{-4}	20	A	85%
キャリアH	71	1.0×10^{-3}	30	A	85%

[0123] 表3に示す通り、かぶりが許容レベルであり、且つ充電率が90%以上を両立する磁性キャリアは、キャリアC、D、Eであった。

[0124] 理由は以下のように考えられる。本条件において、かぶりの許容レベルを満たす磁性キャリアは、キャリアB、C、D、E、G、Hであった。これらの磁性キャリアは電界強度 E_{2D} (V/cm) において、 $20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ [s · V/cm] を満たす。このため、非画像部 (V_D) に対し、現像バイアスのトナーを現像剤担持体方向へ移動させる位相時間 T_2 で決定される電界強度 E_{2D} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分大きい。このカウンターチャージにより、非画像部に付着したかぶりトナーを回収することができる。

[0125] 次に、本条件において、充電率の許容レベルを満たすキャリアは、キャリ

アC、D、E、Fであった。これらのキャリアは、電界強度 E_{1L} (V/cm) において、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) $\leq 6.0 \times 10^{-4}$ 且つ、 $30 \leq \epsilon$ を満たす。このため、画像部 (V_L) に対し、現像バイアスのトナーを像担持体方向へ移動させる位相時間 T_1 で印加される電界強度 E_{1L} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分小さい。カウンターチャージにより、トナーの運動を阻害し、充電性を悪化させることを軽減することができる。また、磁性キャリアの比誘電率 ϵ が十分大きいため、磁性キャリア周辺に加わる電場が大きくなり、トナーが磁性キャリアから飛翔し易くなる。

以上により、本発明に従うキャリアC、D、Eのみが、本請求項1の範囲を満たす。

[0126] (10) 実施例4

実施例2の電界強度 E_{1L} を 3.7×10^4 [V/cm] で固定したまま、 E_{2D} を可変するために、デューティ比、 V_{pp} をそれぞれ、80%、1.16 kVに代えて同様の検討を行った。具体的には、周波数5 kHz、デューティ比80%、 V_{pp} 1.16 kVのデューティ波である。現像バイアスと明電位 V_L 、暗電位 V_D とで決定される電界強度 E_{1L} 、 E_{2D} は、

$$E_{1L} = 3.7 \times 10^4 \text{ [V/cm]、}$$

$$E_{2D} = 1.4 \times 10^4 \text{ [V/cm]、であった。}$$

このとき、磁性キャリアA~Gの物性値 (ϵ 、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$)、かぶり、充電率の測定結果は以下の通りである。

[0127]

[表4]

	E_{2D}	E_{1L}		画像出力結果	
	$\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$	$\epsilon_0 \epsilon \rho$	ϵ	かぶり	充電率
キャリアA	8	1×10^{-4}	15	D	78%
キャリアB	45	2.8×10^{-3}	4	B	60%
キャリアC	45	2×10^{-4}	35	B	95%
キャリアD	40	1×10^{-4}	40	B	100%
キャリアE	22	6×10^{-4}	30	C	90%
キャリアF	15	1×10^{-4}	40	D	98%
キャリアG	45	6×10^{-4}	20	B	75%
キャリアH	52	1.0×10^{-3}	30	B	75%

[0128] かぶりが許容レベルであり、且つ充電率が90%以上を両立する磁性キャリアは、キャリアC、D、Eであった。

[0129] 理由は以下のように考えられる。本条件において、かぶりの許容レベルを満たす磁性キャリアは、キャリアB、C、D、E、G、Hであった。これらの磁性キャリアは電界強度 E_{2D} (V/cm)において、
 $20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ (s · V/cm)
 を満たす。

[0130] このため、非画像部 (V_D) に対し、現像バイアスのトナーを現像剤担持体方向へ移動させる位相時間T2で決定される電界強度 E_{2D} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分大きい。このため、このカウンターチャージにより、非画像部に付着したかぶりトナーを回収することができる。

[0131] 次に、本条件において、充電率の許容レベルを満たすキャリアは、キャリアC、D、E、Fであった。これらのキャリアは電界強度 E_{1L} (V/cm)において、
 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) $\leq 6.0 \times 10^{-4}$ 且つ $30 \leq \epsilon$
 を満たす。

[0132] このため、画像部 (V_L) に対し、現像バイアスのトナーを像担持体方向へ移動させる位相時間T1で印加される電界強度 E_{1L} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分小さい。したがって、カウンターチャ

ージにより、トナーの運動を阻害し、充電性を悪化させることを軽減することができる。また、磁性キャリアの比誘電率 ϵ が十分大きいため、磁性キャリア周辺に加わる電場が大きくなり、トナーが磁性キャリアから飛翔し易くなる。

[0133] 以上により、本発明に従うキャリア C、D、E のみが、本請求項 1 の範囲を満たす。

[0134] (11) 実施例 5

実施例 2 の電界強度 E_{1L} を可変するために、デューティ比、 V_{pp} をそれぞれ、60%、0.85 kV に代えて同様の検討を行った。具体的には、周波数 5 kHz、デューティ比 60%、 V_{pp} 0.85 kV のデューティ波である。現像バイアスと明電位 V_L 、暗電位 V_D とで決定される電界強度 E_{1L} 、 E_{2D} は、 $E_{1L} = 2.3 \times 10^4$ (V/cm)、 $E_{2D} = 1.6 \times 10^4$ (V/cm) であった。このときの、磁性キャリア I~L の物性値 (ϵ 、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$)、かぶり、充電率の測定結果は、表 5 に示すとおりである。キャリア I~L もキャリア C と同様の製造方法で作成した。

[0135] [表5]

	E_{2D}	E_{1L}		画像出力結果	
	$\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$	$\epsilon_0 \epsilon \rho$	ϵ	かぶり	充電率
キャリア I	2.4	6×10^{-4}	30	C	90%
キャリア J	8	1×10^{-4}	40	D	95%
キャリア K	4.8	6×10^{-4}	20	B	73%
キャリア L	4.0	1.5×10^{-3}	30	B	70%

[0136] かぶりが許容レベルであり、且つ充電率が 90% 以上を両立する磁性キャリアは、キャリア I であった。

[0137] 理由は以下のように考えられる。本条件において、かぶりの許容レベルを満たす磁性キャリアは、キャリア I、K、L であった。これらの磁性キャリアは、電界強度 E_{2D} (V/cm) において、

$$20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D} \text{ (s} \cdot \text{V/cm)}$$

を満たす。

[0138] このため、非画像部 (V_D) に対し、現像バイアスのトナーを現像剤担持体方向へ移動させる位相時間 T_2 で決定される電界強度 E_{2D} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分大きい。したがって、このカウンターチャージにより、非画像部に付着したかぶりトナーを回収することができる。

[0139] 次に、本条件において、充電率の許容レベルを満たすキャリアは、キャリア I 、 J であった。これらのキャリアは電界強度 E_{1L} (V/cm) において、

$$\varepsilon_0 \varepsilon \rho (s) \leq 6.0 \times 10^{-4} \quad \text{且つ} \quad 30 \leq \varepsilon \quad \text{を満たす。}$$

[0140] このため、画像部 (V_L) に対し、現像バイアスのトナーを像担持体方向へ移動させる位相時間 T_1 で印加される電界強度 E_{1L} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分小さい。したがって、カウンターチャージにより、トナーの運動を阻害し、充電性を悪化させることを軽減することができる。また、磁性キャリアの比誘電率 ε が十分大きいため、磁性キャリア周辺に加わる電場が大きくなり、トナーが磁性キャリアから飛翔し易くなる。

以上により、本発明に従うキャリア I のみが、本請求項 1 の範囲を満たす。

[0141] (12) 実施例 6

実施例 5 の電界強度 E_{1L} を 2.3×10^4 (V/cm) で固定したまま、 E_{2D} を可変するために、デューティ比、 V_{pp} をそれぞれ、70%、0.74 kV に代えて同様の検討を行った。

[0142] 具体的には、周波数 5 kHz、デューティ比 70%、 V_{pp} 0.74 kV のデューティ波である。現像バイアスと明電位 V_L 、暗電位 V_D とで決定される電界強度 E_{1L} 、 E_{2D} は、

$$E_{1L} = 2.3 \times 10^4 \quad (V/cm)$$

$$E_{2D} = 1.3 \times 10^4 \quad (V/cm)$$

であった。

[0143] このとき、磁性キャリア I ~ L の物性値 (ϵ 、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$)、かぶり、充電率の測定結果は表 6 に示す通りである。

[0144] [表6]

	E_{2D}	E_{1L}		画像出力結果	
	$\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$	$\epsilon_0 \epsilon \rho$	ϵ	かぶり	充電率
キャリア I	2.3	6×10^{-4}	3.0	C	95%
キャリア J	1.7	1×10^{-4}	4.0	D	100%
キャリア K	5.5	6×10^{-4}	2.0	B	80%
キャリア L	5.2	1.5×10^{-3}	3.0	B	78%

[0145] 表 6 に示される通り、かぶりが許容レベルであり、且つ充電率が 90% 以上を両立する磁性キャリアは、キャリア I であった。

[0146] 理由は以下のように考えられる。本条件において、かぶりの許容レベルを満たす磁性キャリアは、キャリア I、K、L であった。これらの磁性キャリアは電界強度 E_{2D} (V/cm) において、

$$2.0 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D} \text{ (s} \cdot \text{V/cm)}$$

を満たす。このため、非画像部 (V_D) に対し、現像バイアスのトナーを現像剤担持体方向へ移動させる位相時間 T2 で決定される電界強度 E_{2D} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分大きい。したがって、このカウンターチャージにより、非画像部に付着したかぶりトナーを回収することができる。

[0147] 次に、本条件において、充電率の許容レベルを満たすキャリアは、キャリア I、J であった。これらのキャリアは、電界強度 E_{1L} (V/cm) において、

$$\epsilon_0 \epsilon \rho \text{ (s)} \leq 6.0 \times 10^{-4} \text{ 且つ } 3.0 \leq \epsilon$$

を満たす。

[0148] このため、画像部 (V_L) に対し、現像バイアスのトナーを像担持体方向へ移動させる位相時間 T1 で印加される電界強度 E_{1L} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分小さい。したがって、カウンターチャージにより、トナーの運動を障害し、充電性を悪化させることを軽減するこ

とができる。また、磁性キャリアの比誘電率 ϵ が十分大きいいため、磁性キャリア周辺に加わる電場が大きくなり、トナーが磁性キャリアから飛翔し易くなる。以上により、本発明に従うキャリア I のみが、本請求項 1 の範囲を満たす。

[0149] (13) 実施例 7

実施例 5 の電界強度 E_{1L} を 2.3×10^4 (V/cm) で固定したまま、 E_{2D} を可変するために、デューティ比、 V_{pp} をそれぞれ、80%、0.67 kV に代えて同様の検討を行った。具体的には、周波数 5 kHz、デューティ比 80%、 V_{pp} 0.67 kV のデューティ波である。

[0150] 現像バイアスと明電位 V_L 、暗電位 V_D とで決定される電界強度 E_{1L} 、 E_{2D} は、 $E_{1L} = 2.3 \times 10^4$ (V/cm)
 $E_{2D} = 1.0 \times 10^4$ (V/cm)
 であった。このとき、磁性キャリア I ~ L の物性値 (ϵ 、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$)、かぶり、充電率の測定結果は表 7 に示す通りである。

[0151] [表7]

	E_{2D}	E_{1L}		画像出力結果	
	$\epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$	$\epsilon_0 \epsilon \rho$	ϵ	かぶり	充電率
キャリア I	2.4	6×10^{-4}	3.0	C	90%
キャリア J	1.8	1×10^{-4}	4.0	D	95%
キャリア K	5.0	6×10^{-4}	2.0	B	73%
キャリア L	4.0	1.5×10^{-3}	3.0	C	70%

[0152] 表 7 に示されるとおり、かぶりが許容レベルであり、且つ充電率が 90% 以上を両立する磁性キャリアは、キャリア I であった。

[0153] 理由は以下のように考えられる。本条件において、かぶりの許容レベルを満たす磁性キャリアは、キャリア I、K、L であった。これらの磁性キャリアは電界強度 E_{2D} (V/cm) において、 $20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ (s · V/cm) を満たす。

[0154] このため、非画像部 (V_D) に対し、現像バイアスのトナーを現像剤担持体方向へ移動させる位相時間 T2 で決定される電界強度 E_{2D} において、磁性キ

キャリアに残留するカウンターチャージが十分大きい。したがって、このカウンターチャージにより、非画像部に付着したかぶりトナーを回収することができる。

[0155] 次に、本条件において、充電率の許容レベルを満たすキャリアは、キャリア I、Jであった。これらのキャリアは電界強度 E_{1L} (V/cm) において、

、

$$\epsilon_0 \epsilon \rho \text{ (s)} \leq 6.0 \times 10^{-4} \quad \text{且つ} \quad 30 \leq \epsilon$$

を満たす。

[0156] このため、画像部 (V_L) に対し、現像バイアスのトナーを像担持体方向へ移動させる位相時間 T_1 で印加される電界強度 E_{1L} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージが十分小さい。したがって、カウンターチャージにより、トナーの運動を阻害し、充電性を悪化させることを軽減することができる。また、磁性キャリアの比誘電率 ϵ が十分大きいため、磁性キャリア周辺に加わる電場が大きくなり、トナーが磁性キャリアから飛翔し易くなる。以上により、本発明に従うキャリア I のみが、本請求項 1 の範囲を満たす。

以上述べてきたように、本発明にあつては、 $60 \leq$ デューティ比 (D_u) (%) ≤ 80 であるとき、電界強度 E_{2D} における磁性キャリアの $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) を、 $20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ (s · V/cm) であるように、磁性キャリアの比誘電率 ϵ 、抵抗率 ρ を設定する。

これにより、非画像部 (V_D) に対し、現像バイアスのトナーを現像剤担持体方向へ移動させる位相時間 T_2 で印加される電界強度 E_{2D} において、磁性キャリアに残留するカウンターチャージを利用して、かぶりトナーを回収する。これによりかぶりが改善される。

また、磁性キャリアの比誘電率 ϵ 、抵抗率 ρ が電界強度依存性を有することを利用して、電界強度 E_{1L} ($= (V_1 - V_L) / SD$ ギャップ) (V/cm) における磁性キャリアの $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) について、次式を満たすように制御する。すなわち、 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) $\leq 6.0 \times 10^{-4}$ 、且つ、 $30 \leq \epsilon$

を満たすように、磁性キャリアの比誘電率 ϵ 、抵抗率 ρ を制御する。

これにより、画像部 (V_L) に対し、現像バイアスのトナーを像担持体方向へ移動させる位相時間 T_1 で印加される電界強度 E_{1L} において、磁性キャリアのカウンターチャージにより、トナーの運動を阻害し、充電性を悪化させることを軽減することができる。また、磁性キャリアの比誘電率 ϵ を、 $30 \leq \epsilon$ にすることにより、磁性キャリア周辺に加わる電場は大きくなり、トナーが磁性キャリアから飛翔し易くなる。

以上のように、かぶりを決定する電界強度 E_{2D} ($= (V_2 - V_D) / SD$ ギャップ) (V/cm)、充電性を決定する電界強度 E_{1L} ($= (V_1 - V_L) / SD$ ギャップ) (V/cm) において、磁性キャリアの ϵ 、 $\epsilon \rho$ を所望の範囲に制御した。これにより、とくに、高静電容量の像担持体に対し、かぶりを悪化させずに、充電不良を改善することができる。これにより、高画質、高安定を両立する画像出力が可能になる。

[0157] また、現像方向の電界強度 E_{1L} については、本実施例 1~4 では、 3.7×10^4 (V/cm)、実施例 5~7 では、 2.3×10^4 (V/cm) としたが、以下の理由で範囲が設定される。上限については、放電により、像担持体上に傷が発生することを防ぐために、

E_{1L} (V/cm) $\leq 4.2 \times 10^4$ である必要がある。

また、下限については、現像性の悪化を防ぐために、

$2.0 \times 10^4 \leq E_{1L}$ (V/cm) である必要がある。

以上、本発明を適用可能な実施例について説明したが、本発明は上記実施例に何ら限定されるものではなく、本発明の技術思想内であらゆる変形が可能である。

請求の範囲

[請求項1]

静電像を担持する像担持体と、
 前記像担持体を帯電する帯電装置と、
 前記帯電装置により暗電位 V_D に帯電された前記像担持体の表面を露光して明電位 V_L に変化させることで、前記静電像を形成する露光装置と、
 トナーと磁性キャリアとを含む現像剤を担持する現像剤担持体を備える現像装置と、
 前記現像剤担持体に現像バイアスを印加する電源と、を有する画像形成装置であって、
 前記現像バイアスは、前記トナーに対して前記現像剤担持体から前記像担持体に向かう第1の方向の静電気力を生じさせる第1のピーク電圧 V_1 と、前記トナーに対して前記像担持体から前記現像剤担持体に向かう第2の方向の静電気力を生じさせる第2のピーク電圧 V_2 とを交互に繰り返す振動電圧であり、前記第1の方向の静電気力を生じさせる位相時間を $T1$ 、前記第2の方向の静電気力を生じさせる位相時間を $T2$ としたとき、 $(T2 / (T1 + T2)) \times 100$ で表されるデュティ比 D_u (%) が、 $60 \leq D_u \leq 80$ であり、
 前記磁性キャリアは、
 電界強度の増加に伴い、抵抗率 ρ が減少しかつ比誘電率 ϵ が増加し、
 前記第2のピーク電圧 V_2 と前記暗電位 V_D により決定される電界強度 E_{2D} における、真空の誘電率 ϵ_0 、前記磁性キャリアの比誘電率 ϵ 、前記抵抗率 ρ により表される電荷減衰の時定数 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) と、前記電界強度 E_{2D} との積が、 $20 \leq \epsilon_0 \epsilon \rho E_{2D}$ (s · V / cm) の関係を満たし、
 前記第1のピーク電圧 V_1 と前記明電位 V_L により決定される電界強度 E_{1L} における、前記時定数 $\epsilon_0 \epsilon \rho$ (s) と前記比誘電率 ϵ が

、 $\varepsilon_0 \varepsilon \rho (s) \leq 6.0 \times 10^{-4}$ かつ、 $30 \leq \varepsilon$ の関係を満たすような特性を有する画像形成装置。

[請求項2] 前記像担持体の単位面積当たりの静電容量 (C/S) の値が、 1.5×10^{-6} (C/S) 以上である請求項1に記載の画像形成装置。

[請求項3] 前記像担持体は、アモルファスシリコンを含む感光層を備える請求項2に記載の画像形成装置。

[請求項4] 前記現像バイアスの周波数 f が、 $3 \leq f (\text{kHz}) \leq 8$ の範囲を満たす請求項1に記載の画像形成装置。

[請求項5] 前記電界強度 E_{1L} が、 $2.0 \times 10^4 \leq E_{1L} (\text{V/cm}) \leq 4.2 \times 10^4$ の範囲を満たす請求項1に記載の画像形成装置。

[請求項6] 前記磁性キャリアは、

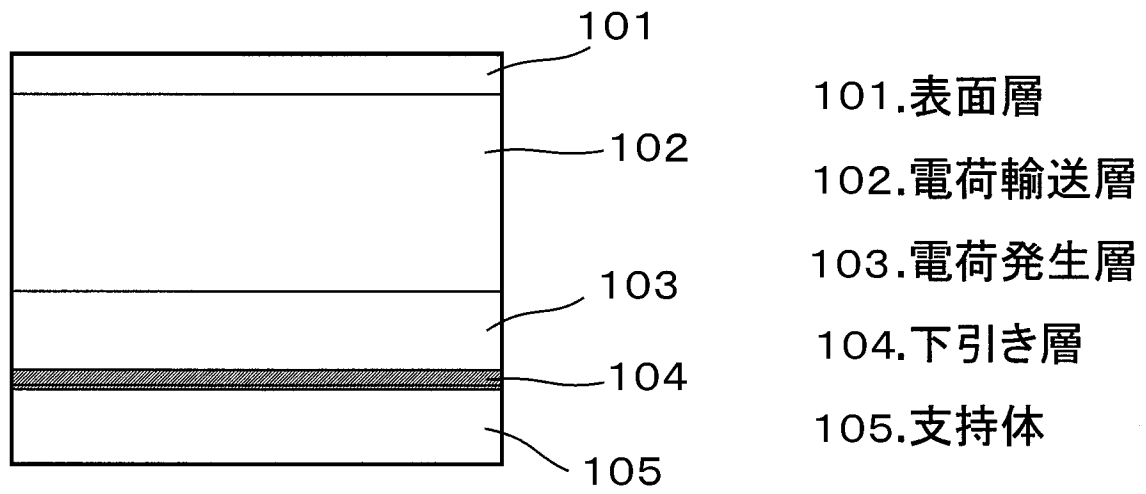
所定の電界強度よりも大きい電界強度における電界強度の変化に対する抵抗率の減少率が、前記所定の電界強度よりも小さい電界強度における電界強度の変化に対する抵抗率の減少率よりも大きく、

かつ、前記所定の電界強度よりも大きい電界強度における電界強度の変化に対する比誘電率の増加率が、前記所定の電界強度よりも小さい電界強度における電界強度の変化に対する比誘電率の増加率よりも大きいような特性を有する請求項1に記載の画像形成装置。

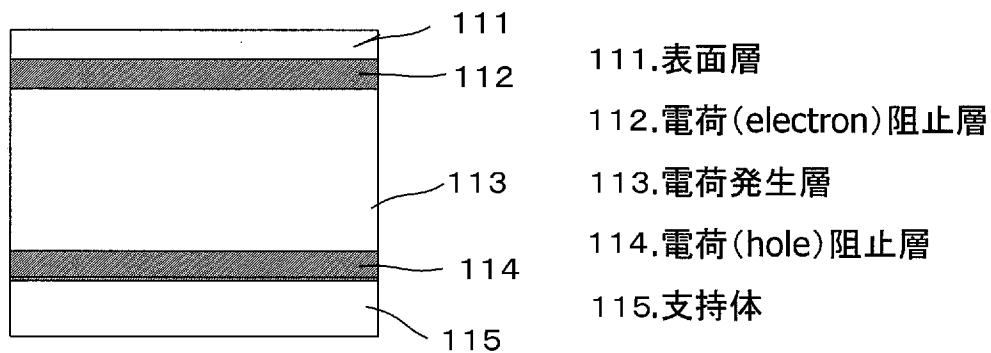
[請求項7] 前記磁性キャリアは、ポーラス状のコア内の空隙が樹脂で充填された構成である請求項6に記載の画像形成装置。

[請求項8] 前記コアは、樹脂で被覆された構成である請求項6に記載の画像形成装置。

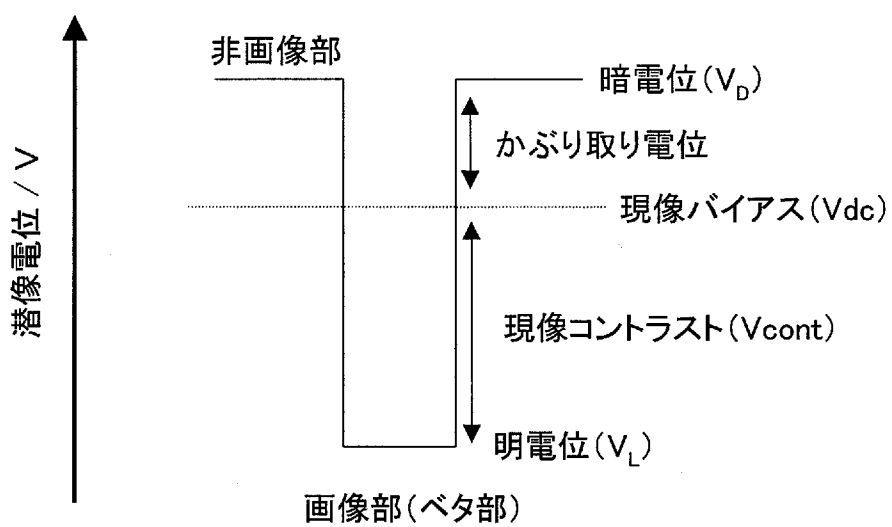
[図1]



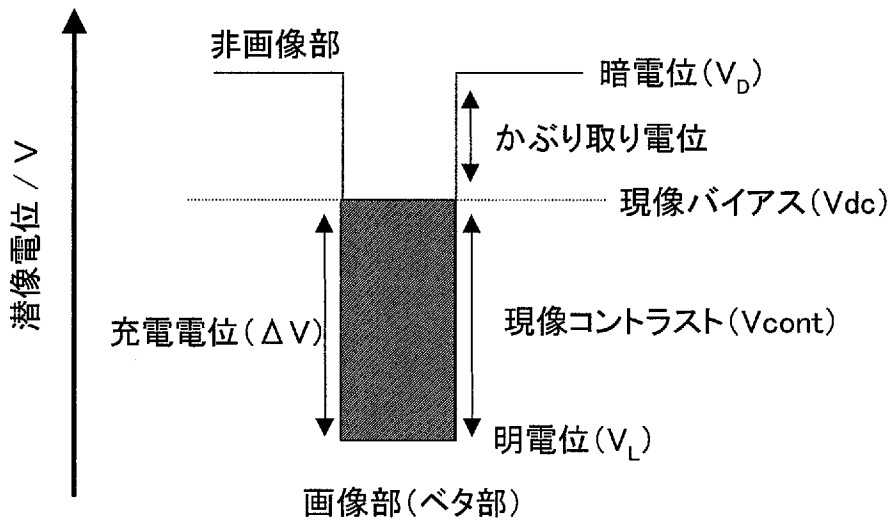
[図2]



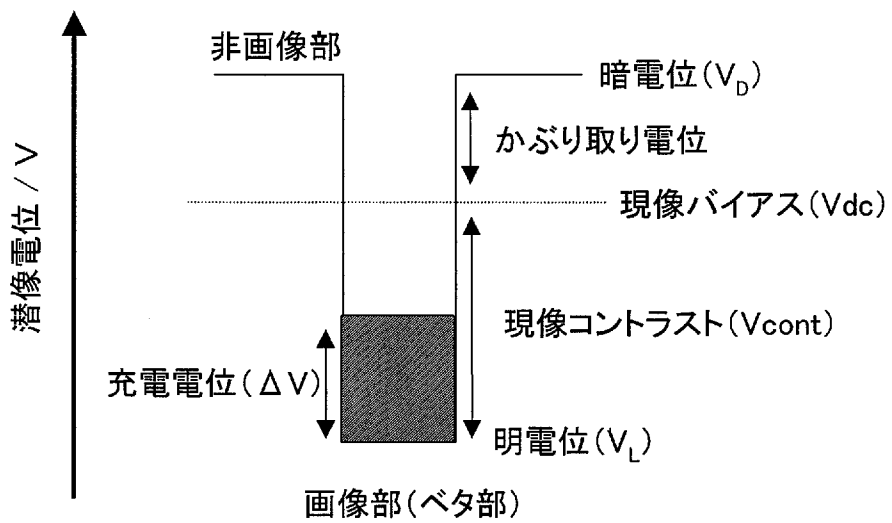
[図3]



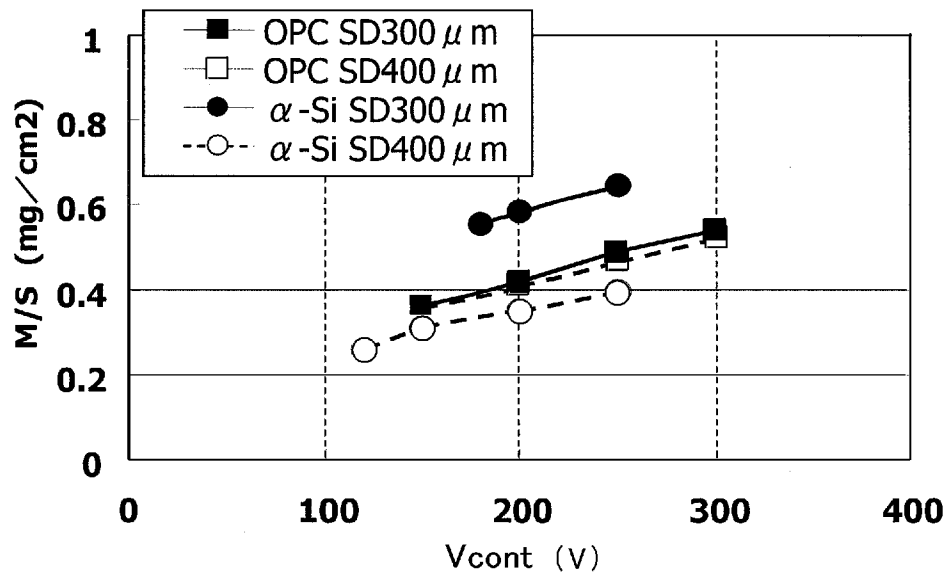
[図4]



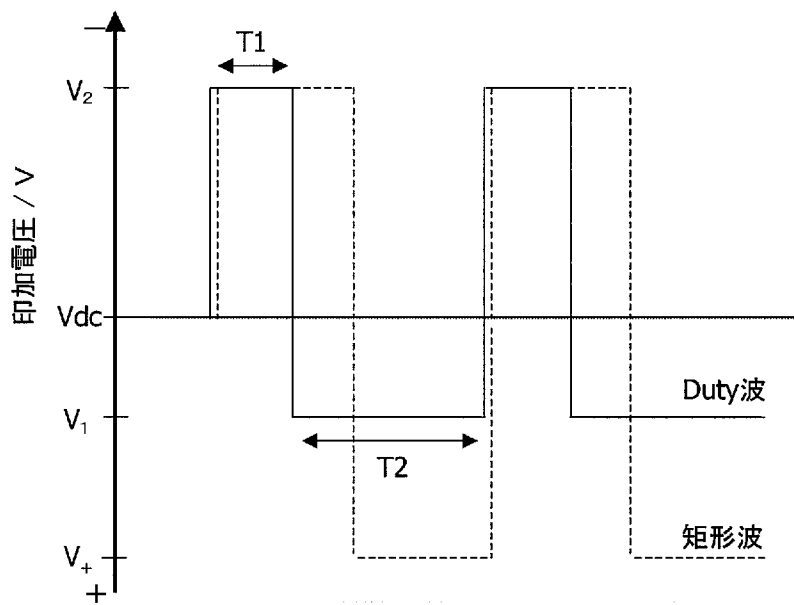
[図5]



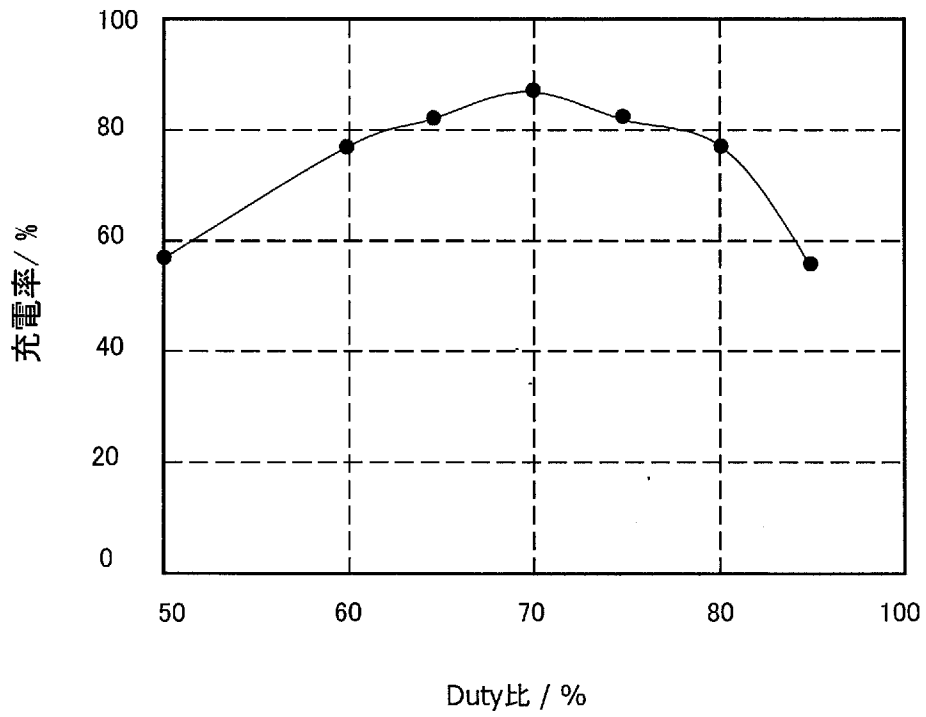
[图6]



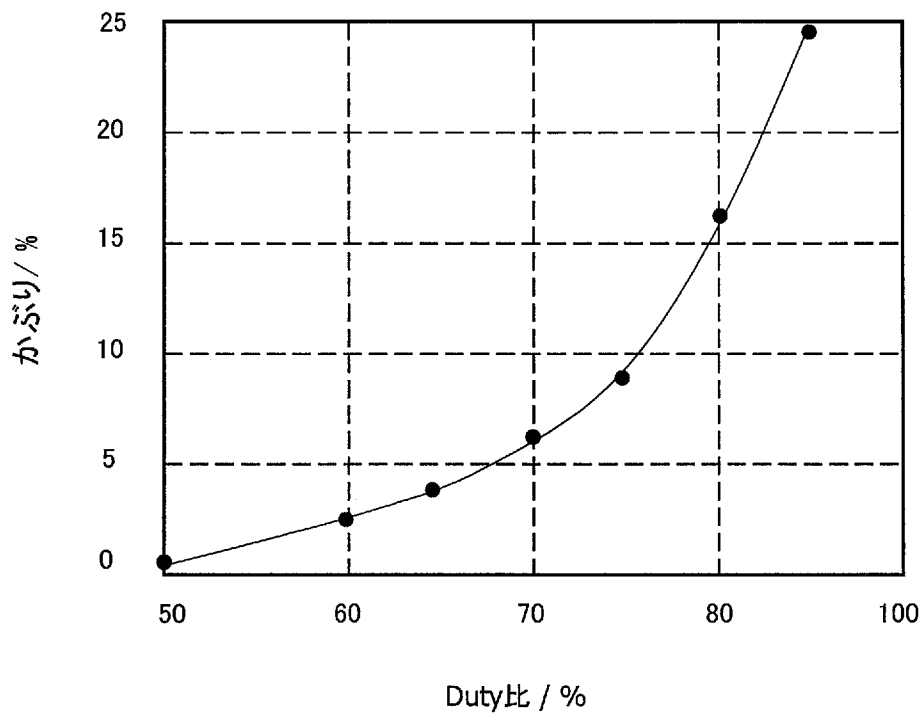
[图7]



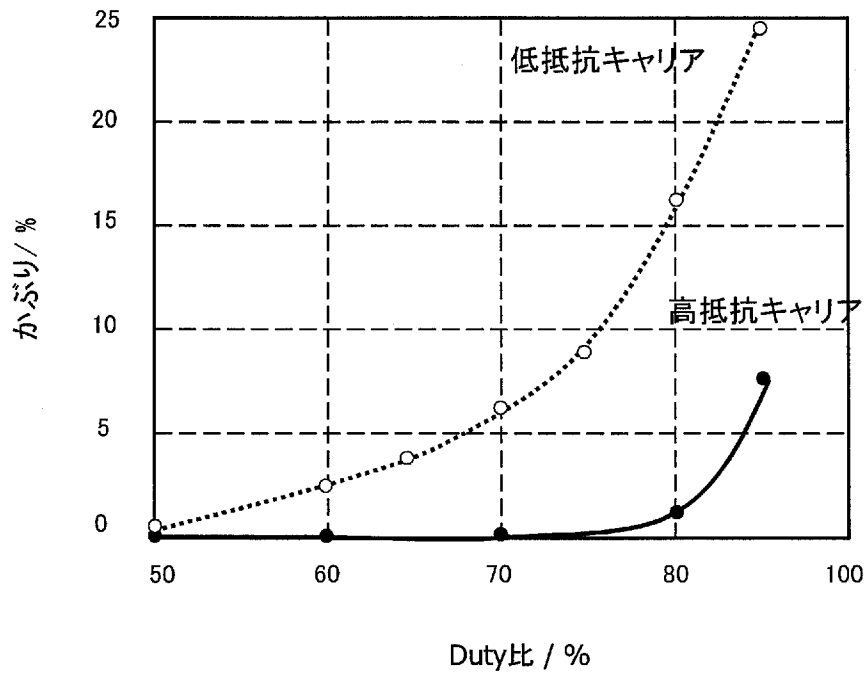
[図8]



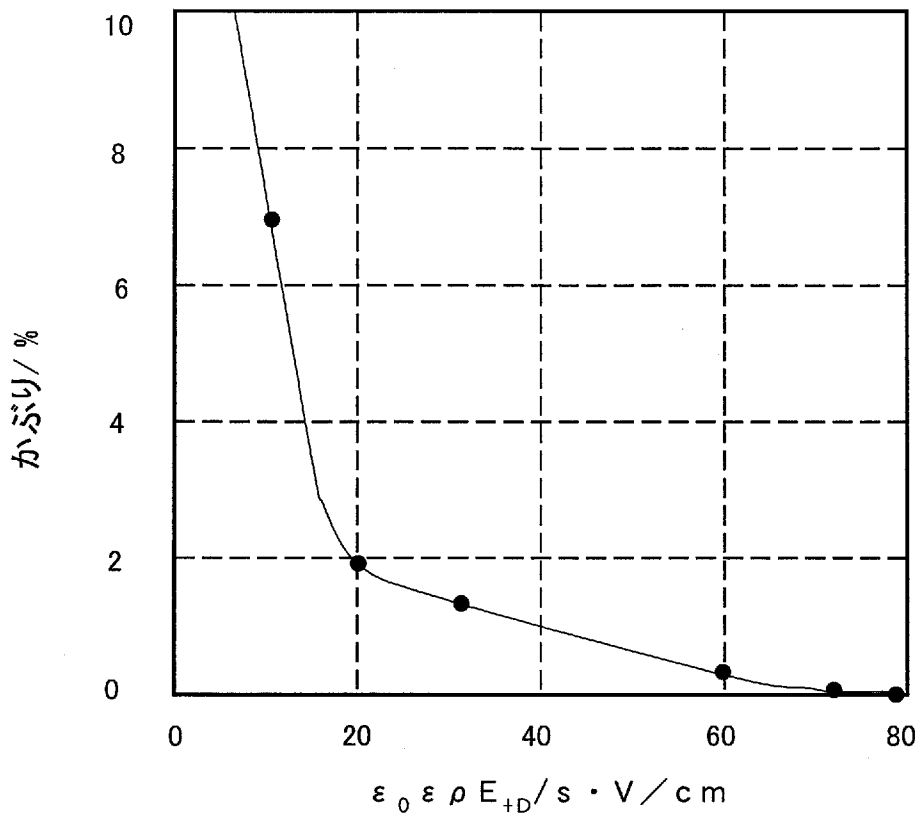
[図9]



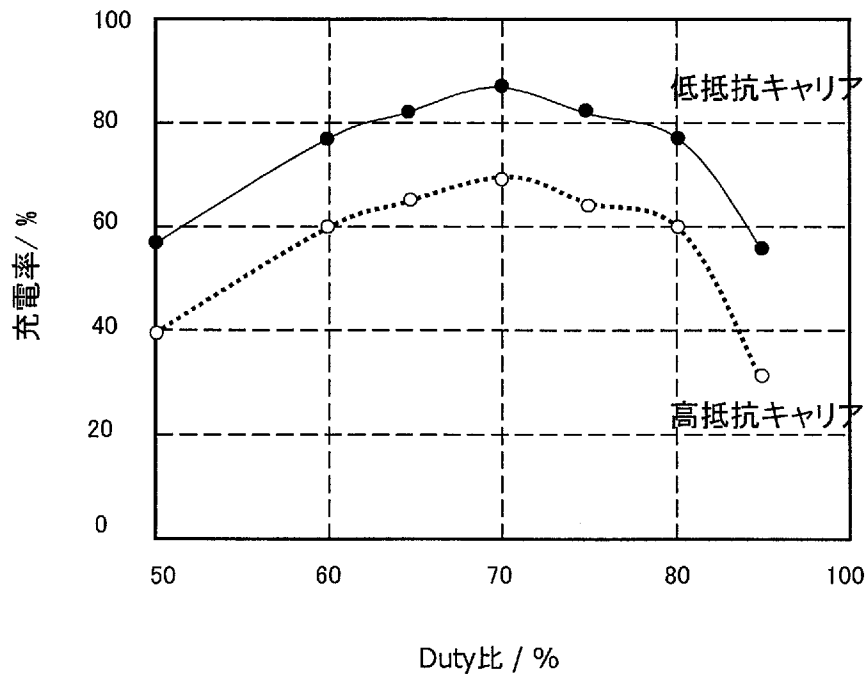
[図10]



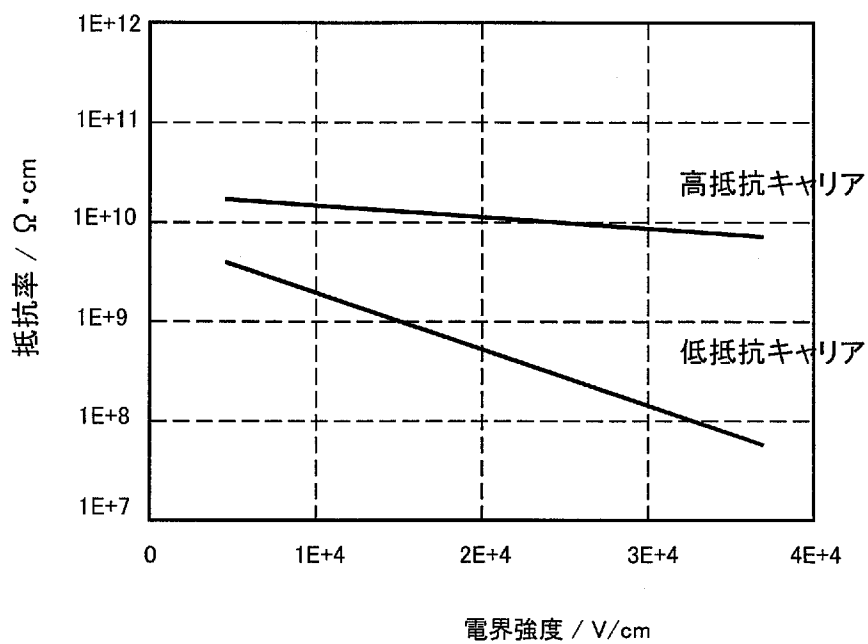
[図11]



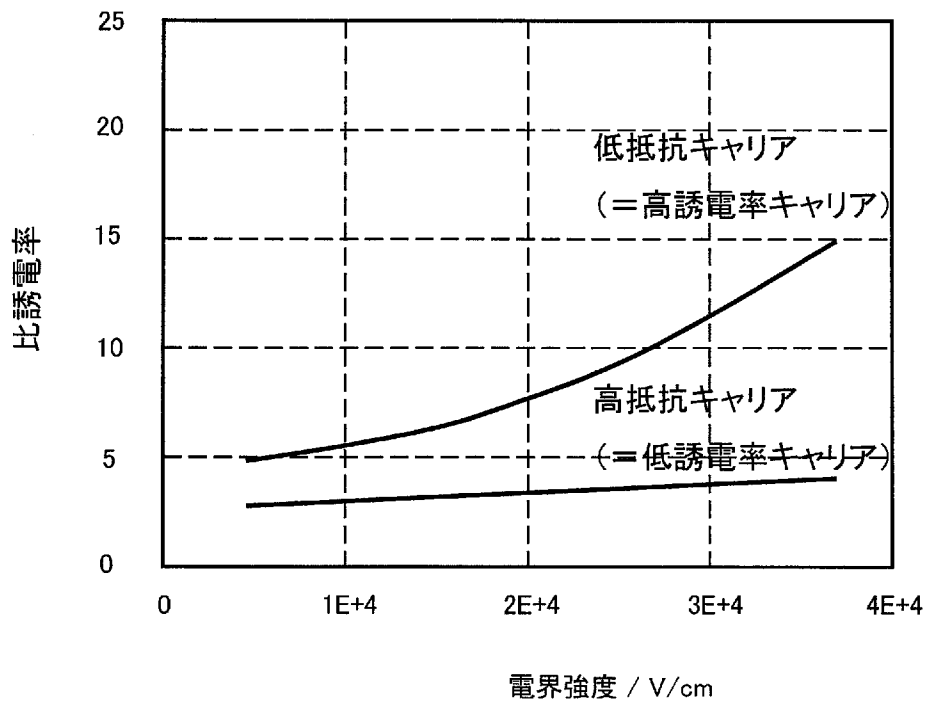
[図12]



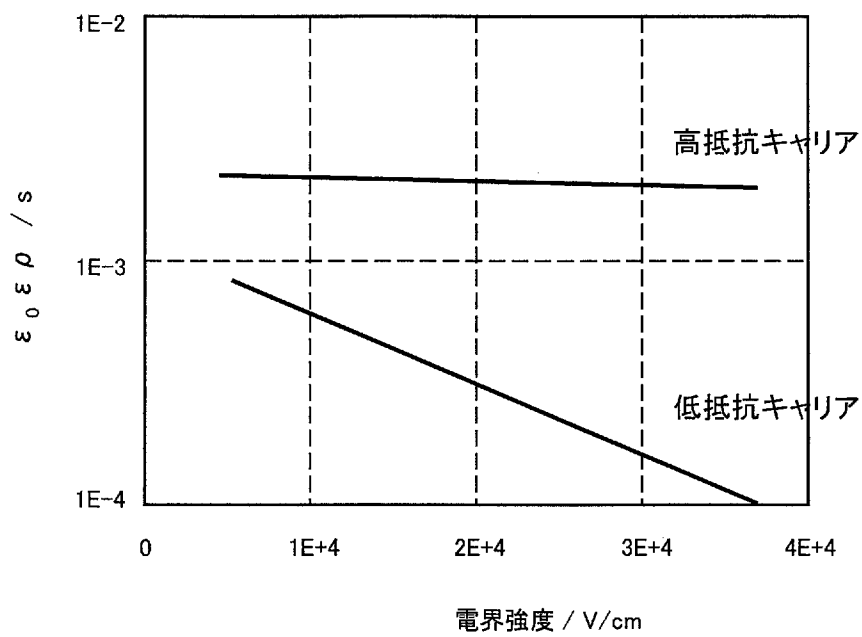
[図13]



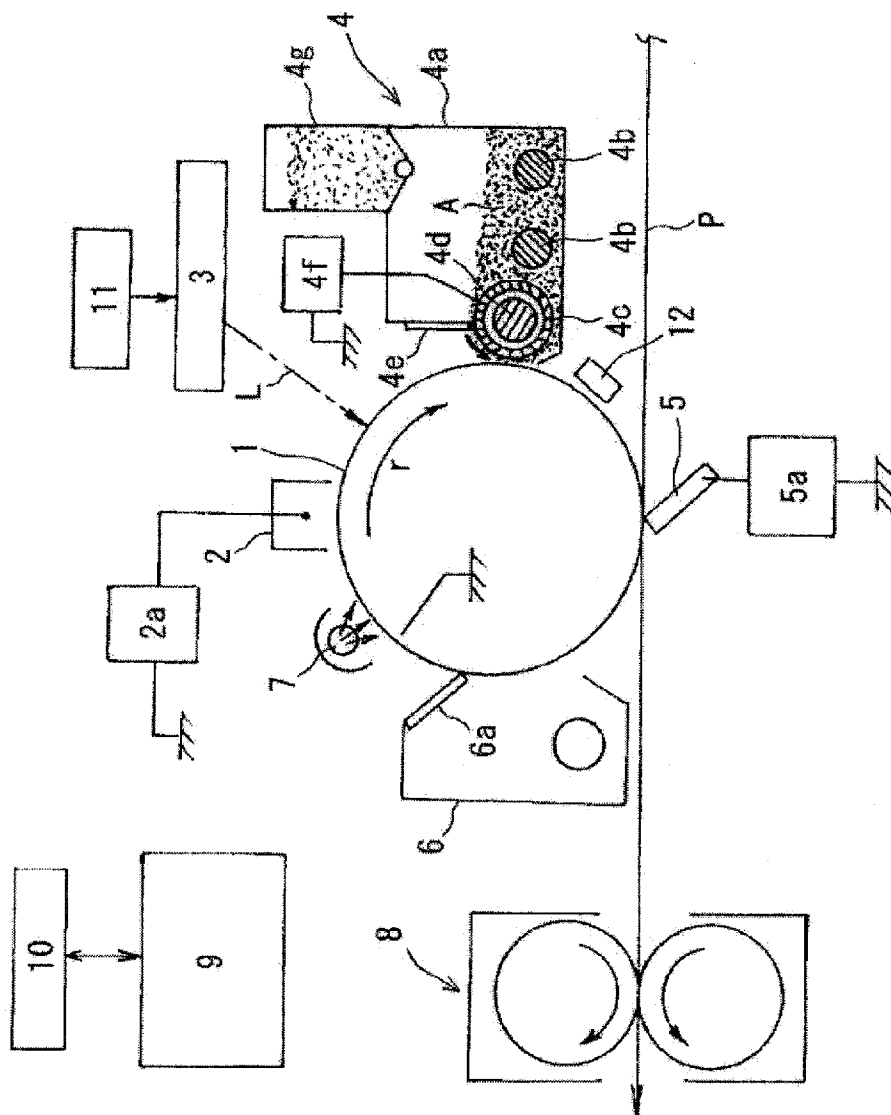
[図14]



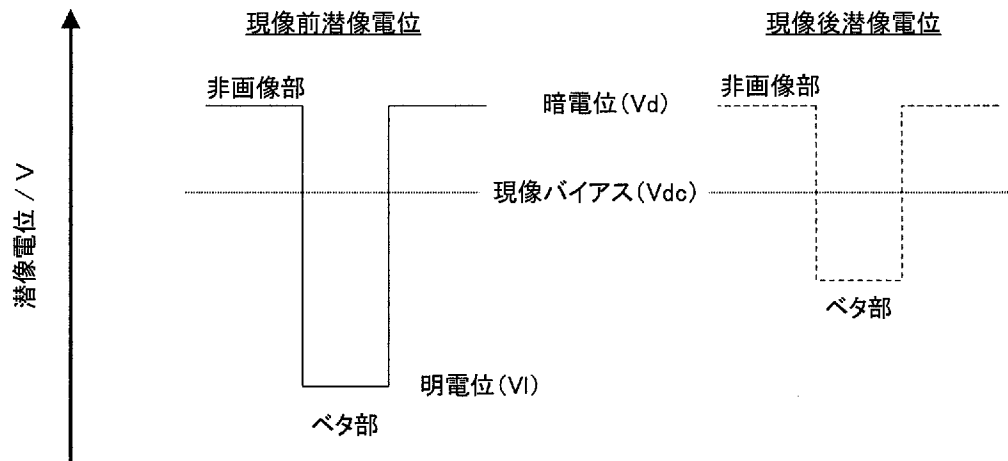
[図15]



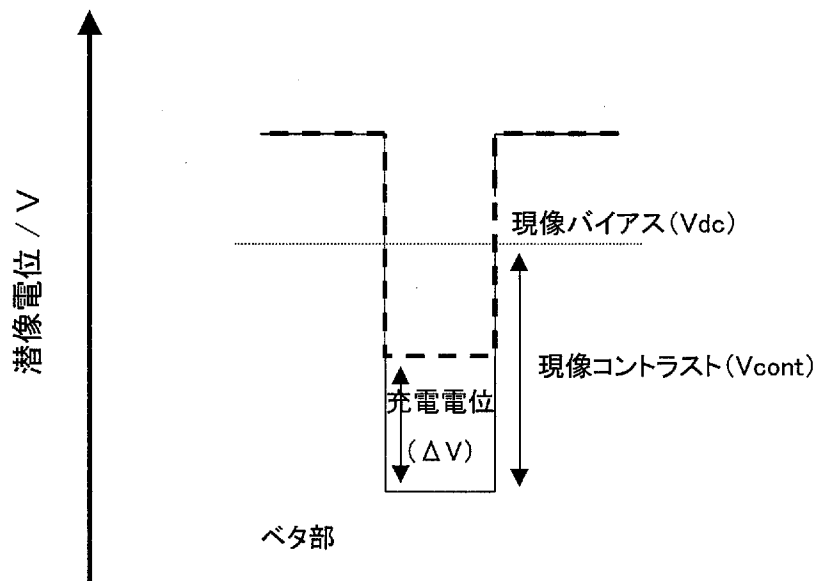
[図16]



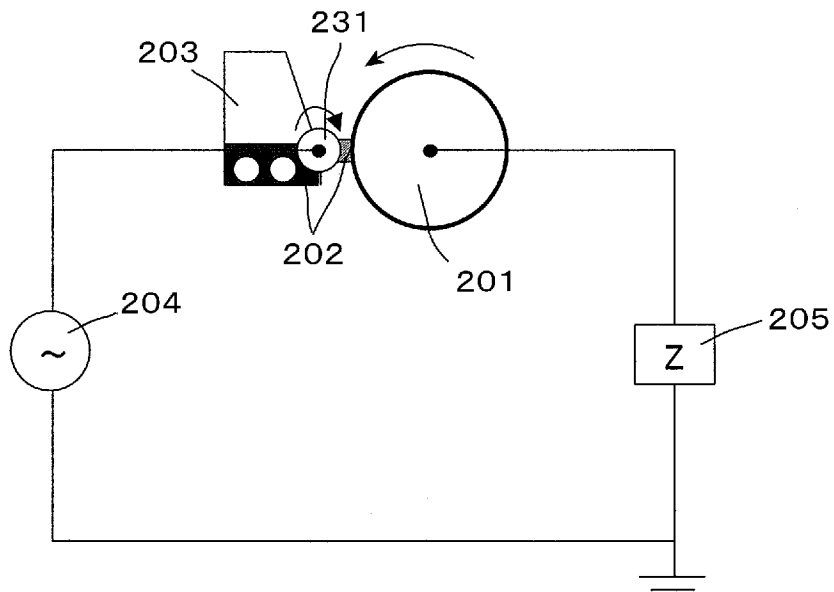
[図17]



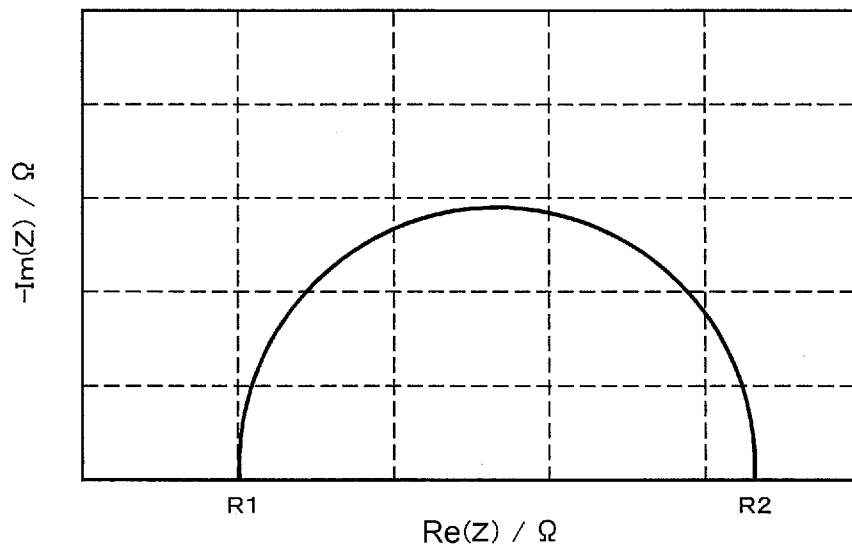
[図18]



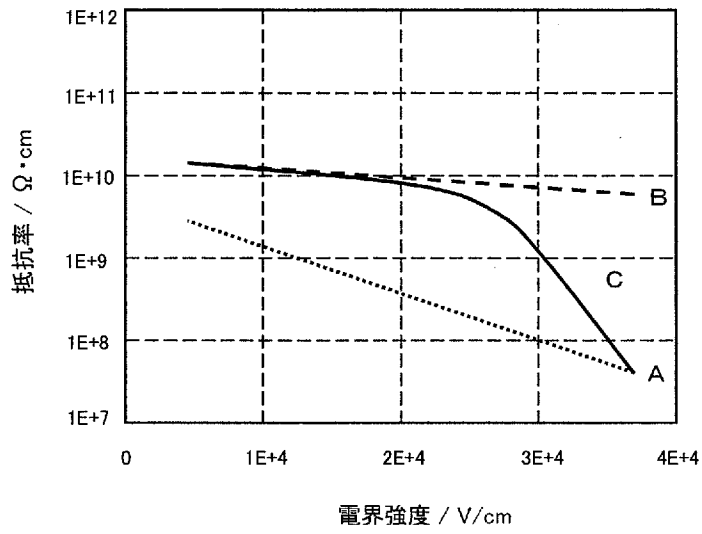
[図19]



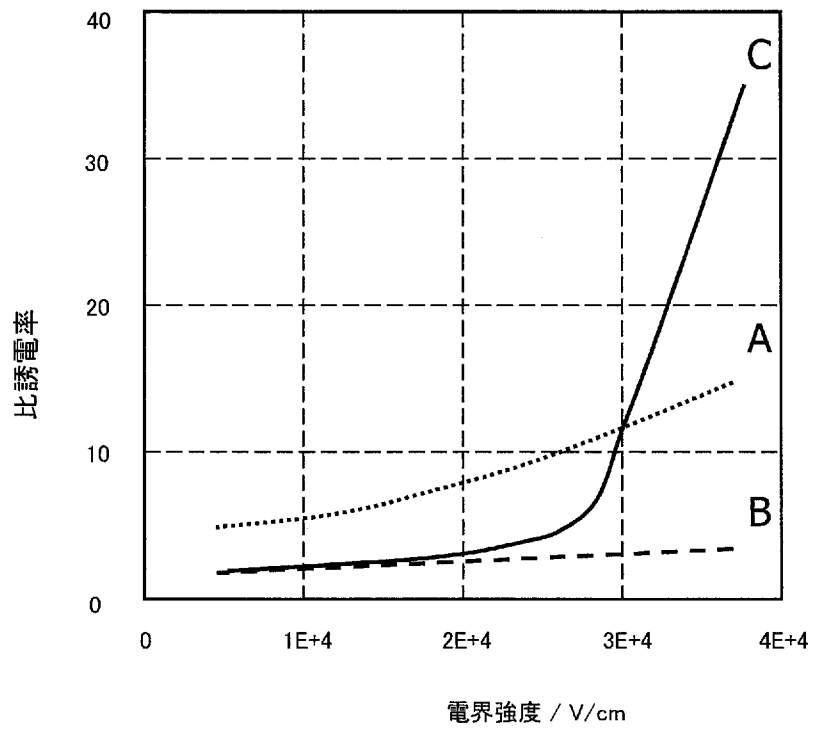
[図20]



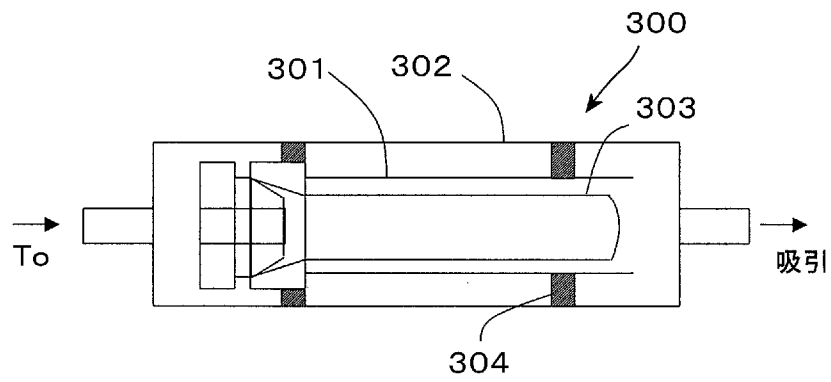
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/057402

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G03G15/06(2006.01)i, G03G5/08(2006.01)i, G03G9/10(2006.01)i, G03G9/113(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G03G15/06, G03G5/08, G03G9/10, G03G9/113

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-215626 A (Canon Inc.), 11 August, 2005 (11.08.05), Full text; Figs. 1, 2, 7, 8 (Family: none)	1-8
Y	JP 2002-116582 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 19 April, 2002 (19.04.02), Par. Nos. [0002] to [0007], [0014] to [0016] (Family: none)	1-8
Y	JP 2000-284523 A (Ricoh Co., Ltd.), 13 October, 2000 (13.10.00), Par. Nos. [0012] to [0013], [0035] to [0057]; Fig. 1 (Family: none)	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 June, 2009 (04.06.09)	Date of mailing of the international search report 16 June, 2009 (16.06.09)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/057402

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-259010 A (Ricoh Co., Ltd.), 28 September, 2006 (28.09.06), Par. Nos. [0013], [0015] to [0021] (Family: none)	1-8
Y A	JP 2007-183592 A (Canon Inc.), 19 July, 2007 (19.07.07), Par. Nos. [0022] to [0024] & EP 1960840 A & WO 2007/066800 A1	6-8 1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G03G15/06(2006.01)i, G03G5/08(2006.01)i, G03G9/10(2006.01)i, G03G9/113(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G03G15/06, G03G5/08, G03G9/10, G03G9/113

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2009年
 日本国実用新案登録公報 1996-2009年
 日本国登録実用新案公報 1994-2009年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	J P 2 0 0 5 - 2 1 5 6 2 6 A (キヤノン株式会社) 2005.08.11, 全文, 第1, 2, 7, 8図 (ファミリーなし)	1-8
Y	J P 2 0 0 2 - 1 1 6 5 8 2 A (富士ゼロックス株式会社) 2002.04.19, 段落【0002】-【0007】, 【0014】-【0016】 (ファミリーなし)	1-8
Y	J P 2 0 0 0 - 2 8 4 5 2 3 A (株式会社リコー) 2000.10.13, 段落【0012】-【0013】, 【0035】-【0057】, 第1図 (ファミリーなし)	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 04.06.2009	国際調査報告の発送日 16.06.2009
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 佐藤 孝幸 電話番号 03-3581-1101 内線 3221

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-259010 A (株式会社リコー) 2006.09.28, 段落【0013】、【0015】 - 【0021】 (ファミリーなし)	1-8
Y A	JP 2007-183592 A (キヤノン株式会社) 2007.07.19, 段落【0022】 - 【0024】 & EP 1960840 A & WO 2007/066800 A1	6-8 1-5