

明細書

ブースターアンテナおよびその製造方法

5

技術分野

本発明は、ブースターアンテナおよびその製造方法に関し、特に、RFIDタグ用ブースターアンテナおよびその製造方法に関する。

背景技術

10 RFIDタグは、RFID (Radio Frequency Identification (無線通信による個体識別技術)) を利用したタグであり、識別番号などのデータを記憶する半導体チップと、電波を送受信するためのアンテナとを備えた薄型で軽量の小型電子装置である。

このようなRFIDタグは、物流管理などの様々な分野において様々な使用環境で広く利用されることが期待されており、大量生産により製造コストを低減して普及させることが望まれている。また、RFIDタグ用アンテナは、データ送受信可能距離（通信距離）を拡大し、送受信時のデータ損失を低減するために、電気抵抗が低いことが必要である。さらに、RFIDタグは、（例えば、輸送容器のトラッキング、トレーサビリティ、位置情報の管理や、ランドリータグの
15 ように衣類洗濯業者による衣類の管理などの）様々な物流管理などの分野において使用されることから、使用環境により繰り返し折り曲げられる場面が多いので、繰り返し折り曲げられても、アンテナの金属疲労による断線や電気抵抗の増大など、アンテナの特性の劣化によってRFIDタグとして使用することができなくなるのを防止する必要があるため、屈曲性が良好であることが必要である。

25 RFIDタグ用アンテナ回路（導電回路）を形成する方法として、銅線のコイルや針金をアンテナとして利用する方法、銅箔やアルミニウム箔などの金属箔を基材に転写する方法、プラスチックフィルムなどの基材に積層した金属箔に耐エッチング性インクをアンテナ回路パターン印刷してマスキングした後に金属箔をエッチングする方法などがある。

しかし、これらの方法では、生産性に制限があり、大量生産には向いていないことから、製造コストをさらに低減させるのが困難である。また、これらの方法のうち、金属箔を基材に転写する方法や金属箔をエッチングする方法では、金属箔が圧延などより製造されているが、金属箔中の金属の割合がほぼ100%と高い値であるため、金属箔によってアンテナ回路が形成されたRFIDタグは、電気特性が良好になるものの、屈曲性が悪くなるという問題がある。また、金属箔によってアンテナ回路が形成されたRFIDタグでは、一般に膜厚10～50 μ m程度の金属箔が使用されているが、金属箔が厚過ぎると、金属板の性質に近くなって基材との密着性が低下し、RFIDタグの屈曲時に金属箔が基材から剥離する可能性がある。さらに、金属箔中の金属の割合が高いため、RFIDタグの屈曲時に屈曲面に応力が集中してしまい、屈曲面にクラックが発生し易くなり、その結果、電気特性の悪化や断線が生じ、RFIDタグ用アンテナとして機能しなくなる。一方、RFIDタグの屈曲性を向上させるために、金属箔の代わりに、金属成分と樹脂成分からなる導電膜を使用して金属の割合を低下させると、一般に応力緩和により屈曲性を向上させることができるが、金属成分の量が低下することにより、電気抵抗が悪化して、RFIDタグ用アンテナとして十分な特性を満たさなくなる。

金属箔を使用しないで基材との密着性が良好な導電回路を形成するRFIDタグ用アンテナを製造する方法として、40質量%以下の銀粒子を含む水性導電性インクを、フレキソ印刷によりフィルム状基材の表面に塗布して乾燥させることによって、フィルム状基材の表面に厚さ0.1～0.5 μ mの導電膜を形成してRFIDタグの一種であるICタグ用のアンテナを製造する方法が提案されている（例えば、特開2010-268073号公報参照）。

しかし、特開2010-268073号公報の方法では、電気抵抗が低いICタグ用アンテナを大量生産して製造コストを低減することができるが、銀粒子の含有量が少ない導電性インクを使用して厚さ0.1～0.5 μ mの薄い導電膜を形成しており、導電膜中の銀の割合がほぼ100%と高いため、金属箔を基材に転写する方法や金属箔をエッチングする方法と同様に、屈曲性が悪いという問題がある。

また、アンテナが一体に形成されたRFIDタグチップでは、通信距離が短いという問題があるため、通信距離を延長することが望まれている。そのため、アンテナが一体に形成されたRFIDタグチップに（RFIDタグチップのアンテナと電磁結合するように形成された）ブースターアンテナを取り付けて通信距離
5 を延長することが望まれている。

しかし、RFIDタグチップにブースターアンテナを取り付ける場合、RFIDタグチップに一体に形成されたアンテナと同様に、電気特性および屈曲性に優れ且つ安価に大量生産可能なブースターアンテナを取り付ける必要がある。

10

発明の開示

したがって、本発明は、上述した従来の問題点に鑑み、電気特性および屈曲性に優れ且つ安価に大量生産可能なブースターアンテナおよびその製造方法を提供することを目的とする。

15

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究した結果、10～50体積%の銀粒子の焼結体を含み且つ体積抵抗率が $3 \sim 100 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ の銀導電膜が基材上に形成されたブースターアンテナを製造することによって、電気特性および屈曲性に優れ且つ安価に大量生産可能なブースターアンテナを製造することができることを見出し、本発明を完成するに至った。

20

すなわち、本発明によるブースターアンテナは、10～50体積%の銀粒子の焼結体を含み且つ体積抵抗率が $3 \sim 100 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ の銀導電膜が基材上に形成されていることを特徴とする。このブースターアンテナにおいて、銀導電膜の表面抵抗率が $0.5 \Omega/\square$ 以下であるのが好ましく、厚さが $1 \sim 6 \mu\text{m}$ であるのが好ましい。

25

また、本発明によるブースターアンテナの製造方法は、50～70質量%の銀粒子を含む銀粒子分散液を基板に塗布した後に焼成することにより、上記の銀導電膜を基材上に形成することを特徴とする。このブースターアンテナの製造方法において、銀粒子分散液の基板への塗布が、フレキソ印刷によって行われるのが好ましい。また、銀粒子の平均粒径が 20 nm 以下であるのが好ましい。

なお、本明細書中において、「銀粒子の平均粒径」とは、銀粒子の透過型電子

顕微鏡写真（TEM像）による一次粒子径の平均値である一次粒子平均径をいう。

本発明によれば、電気特性および屈曲性に優れ且つ安価に大量生産可能なブースターアンテナを製造することができる。

5

図面の簡単な説明

Fig. 1は、実施例および比較例において基材上にAgインクを印刷した形状を説明する図である。

Fig. 2Aは、実施例および比較例において作成した導電膜を使用して作成したブースターアンテナの形状を示す図である。

10 Fig. 2Bは、Fig. 2AのブースターアンテナにRFIDタグチップを取り付けた状態を示す図である。

Fig. 3は、実施例および比較例において使用した屈曲試験用サンプルを概略的に示す図である。

Fig. 4は、実施例および比較例において行った屈曲試験を説明する図であり、（b）は（a）の点線の丸で囲まれた部分を拡大した屈曲試験用サンプルを概略的に示す図である。

15

発明を実施するための最良の形態

本発明によるブースターアンテナの実施の形態は、10～50体積%の銀粒子の焼結体を含み且つ体積抵抗率が $3 \sim 100 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ の銀導電膜が基材上に形成されている。銀導電膜中の銀粒子の焼結体の量が10体積%未満では、銀導電膜中の銀粒子の焼結体の量が少な過ぎて導電性が悪化し、RFIDタグ用ブースターアンテナとして使用した場合に、ブースターアンテナとして機能しなくなる。一方、銀導電膜中の銀粒子の量が50体積%を超えると、RFIDタグ用ブースターアンテナとして使用した場合に、RFIDタグの屈曲時に屈曲面に応力が集中してしまい、屈曲面にクラックが発生し易くなる。その結果、電気特性の悪化や断線が生じ易くなり、ブースターアンテナとして機能しない可能性が高くなる。また、銀導電膜の体積抵抗率が $3 \sim 100 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ の範囲では、RFIDタグ用ブースターアンテナとして使用した場合に、通信距離を長くしてリーダライタ

20

25

とのRFIDタグのデータの送受信を確実に行うことができるため、ブースターアンテナによる送受信時のデータ損失が生じ難くなる。

また、銀導電膜の表面抵抗率は $0.5\ \Omega/\square$ 以下であるのが好ましい。銀導電膜の表面抵抗率が $0.5\ \Omega/\square$ 以下の範囲では、RFIDタグ用ブースターアンテナとして使用した場合に、通信距離を長くしてリーダライタとのRFIDタグのデータの送受信を確実に行うことができるため、ブースターアンテナによる送受信時のデータ損失が生じ難くなる。

さらに、銀導電膜の厚さは $1\sim 6\ \mu\text{m}$ であるのが好ましい。銀導電膜の厚さは、薄くなるほどコスト的に有利になるが、 $1\ \mu\text{m}$ 未満になると、RFIDタグ用ブースターアンテナとして使用した場合に、表皮効果によりUHF帯における電気抵抗が増大して通信距離が短くなる。

また、本発明によるブースターアンテナの製造方法の実施の形態では、 $50\sim 70$ 質量%の銀粒子を含む銀粒子分散液を基板に塗布した後に焼成することにより、上記の銀導電膜を基板上に形成する。銀粒子分散液中の銀粒子の含有量が 50 質量%未満では、上記の銀導電膜を基板上に形成し難くなり、銀導電膜中の銀粒子の焼結体の量が少な過ぎるために導電性が悪化して電気抵抗が高くなり、 70 質量%を超えると、銀粒子分散液の粘度が高くなって、フレキソ印刷などにより塗布するのが困難になる。

このブースターアンテナの製造方法において、銀粒子分散液の基板への塗布が、フレキソ印刷によって行われるのが好ましく、フレキソ印刷を複数回繰り返してもよい。また、銀粒子の平均粒径が $20\ \text{nm}$ 以下であるのが好ましく、 $5\sim 15\ \text{nm}$ であるのが好ましい。銀粒子の平均粒径が数 $\text{nm}\sim$ 十数 nm 程度になると、比表面積が大きくなって融点が劇的に低下するため、 300°C 以下の低温で焼成しても銀粒子同士を焼結させることができる（すなわち、銀ナノ粒子の低温焼結性を得ることができる）が、銀粒子の平均粒径が $20\ \text{nm}$ より大きくなると、銀ナノ粒子の低温焼結性を得ることが困難になる。

なお、銀粒子の平均粒径（一次粒子平均径）は、例えば、 60 質量%のAg粒子（平均粒径 $10\ \text{nm}$ の銀粒子）と 3.0 質量%の塩化ビニルコポリマーラテックスと 2.0 質量%のポリウレタンシックナーと 2.5 質量%のプロピレングリ

- コールとを含むAgインク（ピーケム アソシエイツ インク社製のPFI-700型）などの銀粒子を含むAgインク2質量部をシクロヘキサン96質量部とオレイン酸2質量部の混合溶液に添加し、超音波によって分散させた後、得られた分散溶液を支持膜付きCuマイクログリッドに滴下して乾燥させ、このマイクログリッド上の銀粒子を透過型電子顕微鏡（日本電子株式会社製のJEM-100CXMark-II型）により加速電圧100kVとして明視野で観察した像を倍率300,000倍で撮影し、得られたTEM像から算出することができる。この銀粒子の一次粒子平均径の算出は、例えば、画像解析ソフト（旭化成エンジニアリング株式会社製のA像くん（登録商標））を使用して行うことができる。
- 10 この画像解析ソフトは、色の濃淡で個々の粒子を識別して解析するものであり、例えば、300,000倍のTEM像に対して「粒子の明度」を「暗」、「雑音除去フィルタ」を「有」、「円形しきい値」を「20」、「重なり度」を「50」とする条件で円形粒子解析を行って、200個以上の粒子について一次粒子径を測定し、その数平均径を求めて一次粒子平均径とすることができる。なお、TEM像中に凝結粒子や異形粒子が多数ある場合には、測定不能とすればよい。
- 15

以下、本発明によるブースターアンテナおよびその製造方法の実施例について詳細に説明する。

実施例1～4

- まず、60質量%のAg粒子（平均粒径10nmの銀粒子）と、3.0質量%の塩化ビニルコポリマーラテックスと、2.0質量%のポリウレタンシックナーと、2.5質量%のプロピレングリコールとを含むAgインク（ピーケム アソシエイツ インク社製のPFI-700型）を用意した。
- 20

- 次に、フレキシ印刷機（日本電子精機株式会社製の多目的微細印刷機JEM Flex）と、フレキシ印刷版（株式会社渡辺護三堂製、印刷版の材質は旭化成株式会社製の板状感光性樹脂AWP グレードDEF、表面加工150ライン、96DOT%）を使用し、アニロックス容量8cc/m²（400線/インチ）、印刷速度20m/分、印刷回数をそれぞれ1回（実施例1）、2回（実施例2）、3回（実施例3）および4回（実施例4）として、基材（デュポンティジンフィルム社製のPET（ポリエチレンテレフタレート）フィルム メリネックス54
- 25

5 (Melinex : 登録商標)) 10 上に、Fig. 1 に示すように、3 cm × 15 cm 程度の大きさの略矩形の 5 枚の膜 12 を形成するように上記の Ag インクを印刷した後、ホットプレート上で印刷物を 140 °C で 30 秒間熱処理して焼成することによって導電膜 (銀導電膜) を得た。

- 5 次に、作製した導電膜を基板とともに Fig. 2 A に示す略 J 形に切断し、Fig. 2 B に示すように、粘着性剥離フィルム (リンテック株式会社製の型式 PET 38) 上に貼り付けてブースターアンテナ 14 を作製した後、このブースターアンテナ 14 上に (アンテナが一体に形成された) RFID タグチップ (Impinj 社製の Trap Monza 3) 16 を (ブースターアンテナ 14 が RFID タグチップ 16 のアンテナと電磁結合するように) 取り付けた。

このようにして作製した RFID タグチップ搭載ブースターアンテナについて、導電膜の膜厚、電気抵抗 (ライン抵抗) および表面抵抗率を測定するとともに、導電膜の体積抵抗率および導電膜中の金属 (Ag) の割合を算出した。

- 導電膜の膜厚は、レーザーマイクロスコープ (KEYENCE 社製の型式 VK-9700) を用いて、導電膜が形成された基材の表面と導電膜の表面との高低差を 100 箇所測定し、平均値を算出することによって求めた。その結果、導電膜の膜厚は、実施例 1 では 1.4 μm、実施例 2 では 2.1 μm、実施例 3 では 3.0 μm、実施例 4 では 3.6 μm であった。

- 導電膜の電気抵抗 (ライン抵抗) は、ブースターアンテナの一方の導電膜の最長直線部 (5.0 mm × 70 mm の矩形部分) の長手方向の電気抵抗をテスター (CUSTOM 社製の型式 CDM-03D) により測定した。その結果、導電膜の電気抵抗は、実施例 1 では 7.7 Ω、実施例 2 では 1.8 Ω、実施例 3 では 1.2 Ω、実施例 4 では 0.8 Ω であった。

- 導電膜の表面抵抗率は、導電膜を 2.0 cm × 2.0 cm の大きさにカットし、表面抵抗率測定器 (三菱化学アナリティック株式会社製のロレスター GP) を用いて、4 端子法により測定した。その結果、導電膜の表面抵抗率は、実施例 1 では 0.25 Ω/□、実施例 2 では 0.06 Ω/□、実施例 3 では 0.03 Ω/□、実施例 4 では 0.02 Ω/□ であった。

導電膜の体積抵抗率は、導電膜の膜厚、電気抵抗および面積 (基材の表面に形

成された面積) から求めた。その結果、導電膜の体積抵抗率は、実施例 1 では $44.6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、実施例 2 では $17.4 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、実施例 3 では $15.3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、実施例 4 では $13.6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であった。

導電膜中の金属 (Ag) の割合は、印刷面積 $2.6 \text{ cm} \times 13.1 \text{ cm}$ の導電膜を (既知の重量の) 濃硝酸溶液に溶解し、溶液中の Ag 濃度を ICP 発光分析法より求めて、導電膜中の Ag の重量 (g) を算出した後、Ag の密度 10.5 g/cm^3 から Ag の体積 (cm^3) を求めるとともに、導電膜の膜厚と印刷面積 ($2.6 \text{ cm} \times 13.1 \text{ cm}$) から導電膜の体積を求め、Ag の体積 (cm^3) $\times 100$ / 導電膜の体積 (cm^3) から算出した。その結果、導電膜中の Ag の割合は、実施例 1 では 22.4 体積%、実施例 2 では 31.0 体積%、実施例 3 では 37.1 体積%、実施例 4 では 48.3 体積% であった。

次に、作製した RFID タグチップ搭載ブースターアンテナについて、電波暗箱 (マイクロニクス社製の MY1530) 中において、通信距離測定器 (Voyantic 社製の tagformance) を用いて、 $800 \text{ MHz} \sim 1100 \text{ MHz}$ の周波数領域 (ISO/IEC 18000-6C 規格に準拠) の通信距離 (Theoretical read range forward) を測定した。なお、この測定に先立って、この条件における環境設定 (tagformance 付属のリファレンスタグによる設定) を行った。その結果、周波数 955 MHz の通信距離は、実施例 1 では 3.2 m、実施例 2 では 4.0 m、実施例 3 では 4.2 m、実施例 4 では 4.0 m であった。

次に、Fig. 3 に示すように、本実施例で作製した導電膜を $5.0 \text{ mm} \times 20.0 \text{ mm}$ の大きさの略矩形の導電膜 12' に切断して、粘着性剥離フィルム (リソテック株式会社製の型式 PET38) 18 上に貼り付けて屈曲試験用サンプル 20 を作製した。この屈曲試験用サンプル 20 の導電膜 12' の部分を、Fig. 4 に示すように、 $R = 0.5 \text{ mm}$ の鉄製の柱 22 に 5.0 N の力で擦り付けて、 90° 屈曲させた状態で矢印方向に 10 cm 動かす動作をそれぞれ 10 回、100 回および 500 回行った後のライン抵抗 (テスター) を測定し、それぞれの (動作後のライン抵抗 $\times 100$ / 試験前のライン抵抗) から抵抗悪化率 (ライン抵抗が変化しない場合では 100%) を求めた。その結果、抵抗悪化率は、実施例 1

および2では10回後、100回後、500回後のいずれも100%であり、実施例3では10回後および100回後で100%、500回後で125%であり、実施例4では10回後で100%、100回後で150%、500回後で180%であった。

5 これらの実施例1～4の条件および結果を表1～表3に示す。

表1

	成膜 方法	インク中の Ag 濃度 (質量%)	印刷条件	
			アニロックス容量 (cc/m ²)	印刷 回数
実施例1	印刷	60	8	1
実施例2	印刷	60	8	2
実施例3	印刷	60	8	3
実施例4	印刷	60	8	4
比較例1	印刷	50	8	1
実施例5	印刷	50	8	2
実施例6	印刷	50	8	3
実施例7	印刷	50	8	4
実施例8	印刷	70	8	1
実施例9	印刷	70	8	2
実施例10	印刷	70	8	3
比較例2	印刷	70	8	4
実施例11	印刷	60	20	1
実施例12	印刷	60	20	2
実施例13	印刷	60	20	3
比較例3	印刷	60	20	4
比較例4	印刷	60	20	8
比較例5	印刷	40	8	1
比較例6	印刷	40	8	2
比較例7	印刷	40	8	3
比較例8	印刷	40	8	4
比較例9	箔	—	—	—
比較例10	箔	—	—	—
比較例11	箔	—	—	—
比較例12	箔	—	—	—
比較例13	箔	—	—	—

表 2

	膜厚 (μm)	電気抵抗 (Ω)	表面抵抗率 ($\Omega/\square$)	体積抵抗率 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	金属の割合 (体積%)
実施例 1	1.4	7.7	0.25	44.6	22.4
実施例 2	2.1	1.8	0.06	17.4	31.0
実施例 3	3.0	1.2	0.03	15.3	37.1
実施例 4	3.6	0.8	0.02	13.6	48.3
比較例 1	1.7	○ L	○ L	○ L	8.5
実施例 5	2.5	8.9	0.43	78.7	15.5
実施例 6	3.4	3.9	0.18	53.5	17.5
実施例 7	4.8	2.8	0.10	46.1	18.8
実施例 8	1.7	5.5	0.19	32.8	25.6
実施例 9	2.5	1.8	0.06	17.4	32.7
実施例 10	2.8	1.0	0.03	10.8	43.3
比較例 2	3.1	0.6	0.01	7.9	54.7
実施例 11	2.2	1.6	0.06	15.4	28.5
実施例 12	3.6	0.9	0.02	11.5	38.5
実施例 13	5.6	0.2	0.01	3.6	49.2
比較例 3	7.5	0.2	0.01	4.8	54.9
比較例 4	11.4	0.2	0.01	7.3	70.1
比較例 5	1.5	○ L	○ L	○ L	5.7
比較例 6	2.4	820.0	114.0	4280	6.4
比較例 7	3.6	185.0	35.5	1705	5.9
比較例 8	5.0	70.0	7.4	1140	7.0
比較例 9	1.0	0.3	0.01	1.6	100
比較例 10	3.0	0.2	0.01	1.9	100
比較例 11	3.0	0.3	0.01	3.8	100
比較例 12	6.0	0.2	0.01	7.6	100
比較例 13	12.0	0.2	0.01	15.3	100

表 3

	屈曲性 (抵抗悪化率%)			通信距離 (m)
	10 回	100 回	500 回	
実施例 1	100	100	100	3.2
実施例 2	100	100	100	4.0
実施例 3	100	100	125	4.2
実施例 4	100	150	180	4.0
比較例 1	測定不能	測定不能	測定不能	0.0
実施例 5	100	100	100	2.7
実施例 6	100	100	100	3.5
実施例 7	100	100	100	3.4
実施例 8	100	100	100	3.6
実施例 9	100	100	120	4.0
実施例 10	100	110	150	4.0
比較例 2	100	350	1200	4.2
実施例 11	100	100	100	3.8
実施例 12	100	100	125	4.1
実施例 13	100	150	180	4.2
比較例 3	200	400	1400	4.2
比較例 4	断線	断線	断線	4.2
比較例 5	測定不能	測定不能	測定不能	0.0
比較例 6	100	100	100	0.0
比較例 7	100	100	100	0.7
比較例 8	100	100	100	1.8
比較例 9	100	200	800	3.8
比較例 10	100	150	400	4.2
比較例 11	167	633	断線	4.2
比較例 12	100	100	1200	4.0
比較例 13	100	100	800	4.0

比較例 1、実施例 5～7

まず、実施例 1～4 で使用した A g インクに、塩化ビニルコポリマーラテックスとポリウレタンシックナーとプロピレングリコールを加えて、50 質量%の A g 粒子（平均粒径 10 nm の銀粒子）と、18.4 質量%の塩化ビニルコポリマーラテックスと、2.0 質量%のポリウレタンシックナーと、2.5 質量%のプロピレングリコールとを含む A g インクを用意した。

この A g インクを用いた以外は、実施例 1～4 と同様の方法により、印刷回数

をそれぞれ1回（比較例1）、2回（実施例5）、3回（実施例6）および4回（実施例7）として、導電膜を得た後、RFIDタグチップ搭載ブースターアンテナおよび屈曲試験用サンプルを作製し、導電膜の膜厚、電気抵抗および表面抵抗率を測定するとともに、導電膜の体積抵抗率および導電膜中のAgの割合を算出した。また、実施例1～4と同様の方法により、RFIDタグチップ搭載ブースターアンテナの通信距離を測定するとともに、屈曲試験用サンプルの抵抗悪化率を求めた。

その結果、導電膜の膜厚は、比較例1では $1.7\mu\text{m}$ 、実施例5では $2.5\mu\text{m}$ 、実施例6では $3.4\mu\text{m}$ 、実施例7では $4.8\mu\text{m}$ であり、導電膜の電気抵抗は、比較例1ではオーバーロード（OL）で測定不能、実施例5では 8.9Ω 、実施例6では 3.9Ω 、実施例7では 2.8Ω であり、導電膜の表面抵抗率は、比較例1ではオーバーロード（OL）で測定不能、実施例5では $0.43\Omega/\square$ 、実施例6では $0.18\Omega/\square$ 、実施例7では $0.10\Omega/\square$ であった。また、導電膜の体積抵抗率は、比較例1ではオーバーロード（OL）で算出不能、実施例5では $78.7\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、実施例6では $53.5\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、実施例7では $46.1\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であった。また、導電膜中のAgの割合は、比較例1では8.5体積%、実施例5では15.5体積%、実施例6では17.5体積%、実施例7では18.8体積%であった。また、周波数 955MHz の通信距離は、比較例1では0.0m、実施例5では2.7m、実施例6では3.5m、実施例7では3.4mであった。さらに、抵抗悪化率は、比較例1ではオーバーロード（OL）で算出不能であり、実施例5～7では10回後、100回後、500回後のいずれも100%であった。

これらの実施例5～7および比較例1の条件および結果を表1～表3に示す。

実施例8～10、比較例2

まず、実施例1～4で使用したAgインクを 3000rpm で10分間遠心分離処理を行った後、上澄み液を除去して、Ag粒子の濃度を70質量%に調整したAgインクを用意した。

このAgインクを用いた以外は、実施例1～4と同様の方法により、印刷回数をそれぞれ1回（実施例8）、2回（実施例9）、3回（実施例10）および4

回（比較例 2）として、導電膜を得た後、RFID タグチップ搭載ブースターアンテナおよび屈曲試験用サンプルを作製し、導電膜の膜厚、電気抵抗および表面抵抗率を測定するとともに、導電膜の体積抵抗率および導電膜中の Ag の割合を算出した。また、実施例 1～4 と同様の方法により、RFID タグチップ搭載ブースターアンテナの通信距離を測定するとともに、屈曲試験用サンプルの抵抗悪化率を求めた。

その結果、導電膜の膜厚は、実施例 8 では $1.7 \mu\text{m}$ 、実施例 9 では $2.5 \mu\text{m}$ 、実施例 10 では $2.8 \mu\text{m}$ 、比較例 2 では $3.1 \mu\text{m}$ であり、導電膜の電気抵抗は、実施例 8 では 5.5Ω 、実施例 9 では 1.8Ω 、実施例 10 では 1.0Ω 、比較例 2 では 0.6Ω であり、導電膜の表面抵抗率は、実施例 8 では $0.19 \Omega/\square$ 、実施例 9 では $0.06 \Omega/\square$ 、実施例 10 では $0.03 \Omega/\square$ 、比較例 2 では $0.01 \Omega/\square$ であった。また、導電膜の体積抵抗率は、実施例 8 では $32.8 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、実施例 9 では $17.4 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、実施例 10 では $10.8 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、比較例 2 では $7.9 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ であった。また、導電膜中の Ag の割合は、実施例 8 では 25.6 体積%、実施例 9 では 32.7 体積%、実施例 10 では 43.3 体積%、比較例 2 では 54.7 体積% であった。また、周波数 955 MHz の通信距離は、実施例 8 では 3.6 m、実施例 9 では 4.0 m、実施例 10 では 4.0 m、比較例 2 では 4.2 m であった。さらに、抵抗悪化率は、実施例 8 では 10 回後、100 回後、500 回後のいずれも 100% であり、実施例 9 では 10 回後および 100 回後で 100%、500 回後で 120% であり、実施例 10 では 10 回後で 100%、100 回後で 110%、500 回後で 150% であり、比較例 2 では 10 回後で 100%、100 回後で 350%、500 回後で 1200% であった。

これらの実施例 8～10 および比較例 2 の条件および結果を表 1～表 3 に示す。

25 実施例 11～13、比較例 3、4

アニロックス容量 $20 \text{ cc}/\text{m}^2$ （150 線/インチ）とした以外は、実施例 1～4 と同様の方法により、印刷回数をそれぞれ 1 回（実施例 11）、2 回（実施例 12）、3 回（実施例 13）、4 回（比較例 3）および 8 回（比較例 4）として、導電膜を得た後、RFID タグチップ搭載ブースターアンテナおよび屈曲試

験用サンプルを作製し、導電膜の膜厚、電気抵抗および表面抵抗率を測定するとともに、導電膜の体積抵抗率および導電膜中のAgの割合を算出した。また、実施例1～4と同様の方法により、RFIDタグチップ搭載ブースターアンテナの通信距離を測定するとともに、屈曲試験用サンプルの抵抗悪化率を求めた。

- 5 その結果、導電膜の膜厚は、実施例11では2.2 μm 、実施例12では3.6 μm 、実施例13では5.6 μm 、比較例3では7.5 μm 、比較例4では11.4 μm であり、導電膜の電気抵抗は、実施例11では1.6 Ω 、実施例12では0.9 Ω 、実施例13では0.2 Ω 、比較例3では0.2 Ω 、比較例4では0.2 Ω であり、導電膜の表面抵抗率は、実施例11では0.06 $\Omega/\square$ 、実施例12では0.02 $\Omega/\square$ 、実施例13では0.01 $\Omega/\square$ 、比較例3では0.01 $\Omega/\square$ 、比較例4では0.01 $\Omega/\square$ であった。また、導電膜の体積抵抗率は、実施例11では15.4 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、実施例12では11.5 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、実施例13では3.6 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、比較例3では4.8 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 、比較例4では7.3 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ であった。また、導電膜中のAgの割合は、実施例11では28.5体積%、実施例12では38.5体積%、実施例13では49.2体積%、比較例3では54.9体積%、比較例4では70.1体積%であった。また、周波数955MHzの通信距離は、実施例11では3.8m、実施例12では4.1m、実施例13では4.2m、比較例3では4.2m、比較例4では4.2mであった。さらに、抵抗悪化率は、実施例11では10回後、100回後、500回後のいずれも100%であり、実施例12では10回後および100回後で100%、500回後で125%であり、実施例13では10回後で100%、100回後で150%、500回後で180%であり、比較例3では10回後で200%、100回後で400%、500回後で1400%であった。なお、比較例4では、10回以内に断線したため、抵抗悪化率を求めることができなかった。
- 25 た。

これらの実施例11～13および比較例3～4の条件および結果を表1～表3に示す。

比較例5～8

まず、実施例1～4で使用したAgインクに、塩化ビニルコポリマーラテック

スとポリウレタンシクナーとプロピレングリコールを加えて、40質量%のAg粒子（平均粒径10nmの銀粒子）と、33.8質量%の塩化ビニルコポリマーテックスと、2.0質量%のポリウレタンシクナーと、2.5質量%のプロピレングリコールとを含むAgインクを用意した。

- 5 このAgインクを用いた以外は、実施例1～4と同様の方法により、印刷回数をそれぞれ1回（比較例5）、2回（比較例6）、3回（比較例7）および4回（比較例8）として、導電膜を得た後、RFIDタグチップ搭載ブースターアンテナおよび屈曲試験用サンプルを作製し、導電膜の膜厚、電気抵抗および表面抵抗率を測定するとともに、導電膜の体積抵抗率および導電膜中のAgの割合を算
- 10 出した。また、実施例1～4と同様の方法により、RFIDタグチップ搭載ブースターアンテナの通信距離を測定するとともに、屈曲試験用サンプルの抵抗悪化率を求めた。

- その結果、導電膜の膜厚は、比較例5では1.5 μ m、比較例6では2.4 μ m、比較例7では3.6 μ m、比較例8では5.0 μ mであり、導電膜の電気抵抗は、比較例5ではオーバーロード（OL）で測定不能、比較例6では820.0 Ω 、比較例7では185.0 Ω 、比較例8では70.0 Ω であり、導電膜の表面抵抗率は、比較例5ではオーバーロード（OL）で測定不能、比較例6では114.0 $\Omega/\square$ 、比較例7では35.5 $\Omega/\square$ 、比較例8では7.4 $\Omega/\square$ であった。また、導電膜の体積抵抗率は、比較例5ではオーバーロード（OL）で算
- 15 出不能、比較例6では4280 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、比較例7では1705 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、比較例8では1140 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であった。また、導電膜中のAgの割合は、比較例5では5.7体積%、比較例6では6.4体積%、比較例7では5.9体積%、比較例8では7.0体積%であった。また、周波数955MHzの通信距離は、比較例5では0.0m、比較例6では0.0m、比較例7では0.7m、比較例
- 20 8では1.8mであった。さらに、抵抗悪化率は、比較例5ではオーバーロード（OL）で算出不能であり、比較例6～8では10回後、100回後、500回後のいずれも100%であった。

これらの比較例5～8の条件および結果を表1～表3に示す。

比較例9～10

- 実施例 1～4において得られた導電膜の代わりに、それぞれ厚さ $1.0\ \mu\text{m}$ (比較例 9) および $3.0\ \mu\text{m}$ (比較例 10) の Ag 箔 (竹内金属箔工業株式会社製、 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$) を切断して導電膜 (導電膜中の Ag の割合は 100%) として使用した以外は、実施例 1～4 と同様の方法により、RFID タグチップ
- 5 搭載ブースターアンテナおよび屈曲試験用サンプルおよび屈曲試験用サンプルを作製し、導電膜の電気抵抗および表面抵抗率を測定するとともに、導電膜の体積抵抗率を算出した。また、実施例 1～4 と同様の方法により、RFID タグチップ搭載ブースターアンテナの通信距離を測定するとともに、屈曲試験用サンプルの抵抗悪化率を求めた。
- 10 その結果、導電膜の電気抵抗は、比較例 9 では $0.3\ \Omega$ 、比較例 10 では $0.2\ \Omega$ であり、導電膜の表面抵抗率は、比較例 9 では $0.01\ \Omega/\square$ 、比較例 10 では $0.01\ \Omega/\square$ であった。また、導電膜の体積抵抗率は、比較例 9 では $1.6\ \mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、比較例 10 では $1.9\ \mu\Omega\cdot\text{cm}$ であった。また、周波数 955MHz の通信距離は、比較例 9 では 3.8m 、比較例 10 では 4.2m であった。
- 15 さらに、抵抗悪化率は、比較例 9 では 10 回後で 100%、100 回後で 200%、500 回後で 800% であり、比較例 10 では 10 回後で 100%、100 回後で 150%、500 回後で 400% であった。

これらの比較例 9～10 の条件および結果を表 1～表 3 に示す。

比較例 11～13

- 20 実施例 1～4において得られた導電膜の代わりに、それぞれ厚さ $3.0\ \mu\text{m}$ (比較例 11)、 $6.0\ \mu\text{m}$ (比較例 12) および $12.0\ \mu\text{m}$ (比較例 13) の Al 箔 (竹内金属箔工業株式会社製、 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$) を切断して導電膜 (導電膜中の Al の割合は 100%) として使用した以外は、実施例 1～4 と同様の方法により、RFID タグチップ搭載ブースターアンテナおよび屈曲試験用
- 25 サンプルおよび屈曲試験用サンプルを作製し、導電膜の電気抵抗および表面抵抗率を測定するとともに、導電膜の体積抵抗率を算出した。また、実施例 1～4 と同様の方法により、RFID タグチップ搭載ブースターアンテナの通信距離を測定するとともに、屈曲試験用サンプルの抵抗悪化率を求めた。

その結果、導電膜の電気抵抗は、比較例 11 では $0.3\ \Omega$ 、比較例 12 では $0.$

2 Ω、比較例 1 3 では 0. 2 Ω であり、導電膜の表面抵抗率は、比較例 1 1 ～ 1 3 のいずれも 0. 0 1 Ω/□であった。また、導電膜の体積抵抗率は、比較例 1 1 では 3. 8 μΩ・cm、比較例 1 2 では 7. 6 μΩ・cm、比較例 1 3 では 1 5. 3 μΩ・cm であった。また、周波数 9 5 5 MHz の通信距離は、比較例 1 1 では 4. 2 m、比較例 1 2 では 4. 0 m、比較例 1 3 では 4. 0 m であった。さらに、抵抗悪化率は、比較例 1 1 では 1 0 回後で 1 6 7 %、1 0 0 回後で 6 3 3 %、5 0 0 回後で断線し、比較例 1 2 では 1 0 回後で 1 0 0 %、1 0 0 回後で 1 0 0 %、5 0 0 回後で 1 2 0 0 % であり、比較例 1 3 では 1 0 回後は 1 0 0 %、1 0 0 回後で 1 0 0 %、5 0 0 回後で 8 0 0 % であった。

10 これらの比較例 1 1 ～ 1 3 の条件および結果を表 1 ～ 表 3 に示す。

本発明によるブースターアンテナをRFIDタグ用のブースターアンテナとして使用すれば、実用的な通信距離のブースターアンテナを備えたFEIDタグを製造することができる。

請求の範囲

1. 10～50体積%の銀粒子の焼結体を含み且つ体積抵抗率が3～100 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ の銀導電膜が基板上に形成されていることを特徴とする、ブースターアンテナ。
5
2. 前記銀導電膜の表面抵抗率が0.5 $\Omega/\square$ 以下であることを特徴とする、請求項1に記載のブースターアンテナ。
- 10 3. 前記銀導電膜の厚さが1～6 μm であることを特徴とする、請求項1に記載のブースターアンテナ。
4. 50～70質量%の銀粒子を含む銀粒子分散液を基板に塗布した後に焼成することにより、請求項1乃至3のいずれかに記載の銀導電膜を基板上に形成すること
15 ことを特徴とする、ブースターアンテナの製造方法。
5. 前記銀粒子分散液の基板への塗布が、フレキソ印刷によって行われることを特徴とする、請求項4に記載のブースターアンテナの製造方法。
- 20 6. 前記銀粒子の平均粒径が20 nm以下であることを特徴とする、請求項4に記載のブースターアンテナの製造方法。