

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7632047号
(P7632047)

(45)発行日 令和7年2月19日(2025.2.19)

(24)登録日 令和7年2月10日(2025.2.10)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 1 F	1/153(2006.01)	H 0 1 F	1/153 1 0 8
H 0 1 F	27/255(2006.01)	H 0 1 F	1/153 1 5 8
C 2 2 C	33/02 (2006.01)	H 0 1 F	27/255
B 2 2 F	9/08 (2006.01)	C 2 2 C	33/02 N
C 2 2 C	38/00 (2006.01)	B 2 2 F	9/08 A
請求項の数 7 (全18頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2021-81263(P2021-81263)	(73)特許権者	000002369
(22)出願日	令和3年5月12日(2021.5.12)		セイコーエプソン株式会社
(65)公開番号	特開2022-175110(P2022-175110 A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43)公開日	令和4年11月25日(2022.11.25)	(74)代理人	100091292
審査請求日	令和6年3月11日(2024.3.11)		弁理士 増田 達哉
		(74)代理人	100091627
			弁理士 朝比 一夫
		(72)発明者	佐野 世樹
			青森県八戸市大字河原木字海岸4-44
			エプソンアトミックス株式会社内
		審査官	右田 勝則
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 軟磁性粉末、圧粉磁心、磁性素子、電子機器および移動体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】
組成式 $F e_{100-a-b-c-d-e-f-g} C r_a S i_b B_c C_d A l_e T i_f C o_g$
[ただし、a、b、c、d、e、fおよびgは、原子%を表す数であって、
 $0 < a \leq 3.0$ 、
 $5.0 \leq b \leq 15.0$ 、
 $7.0 \leq c \leq 15.0$ 、
 $0.1 \leq d \leq 3.0$ 、
 $0 < e \leq 0.016$ 、
 $0 < f \leq 0.009$ 、
 $0 \leq g \leq 0.025$ 、

を満たす。]
で表される組成を有するアモルファス金属粒子を含むことを特徴とする軟磁性粉末。
【請求項2】
前記組成式のeおよびfは、 $0.20 \leq e / f \leq 2.50$ を満たす請求項1に記載の軟磁性粉末。
【請求項3】
前記組成式のeおよびgは、 $0.10 \leq e / g \leq 3.00$ を満たす請求項1または2に記載の軟磁性粉末。
【請求項4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の軟磁性粉末を含むことを特徴とする圧粉磁心。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の圧粉磁心を備えることを特徴とする磁性素子。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の磁性素子を備えることを特徴とする電子機器。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の磁性素子を備えることを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、軟磁性粉末、圧粉磁心、磁性素子、電子機器および移動体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、組成式 $(\text{Fe}_{1-s-t}\text{Co}_s\text{Ni}_t)_{100-x-y}\{(\text{Si}_a\text{B}_b)_m(\text{P}_c\text{C}_d)_n\}_x\text{M}_y$ で表され、組成式における x 、 y 、 s および t は、 $19 \leq x \leq 30$ 、 $0 < y \leq 6$ 、 $0 \leq s \leq 0.35$ 、 $0 \leq t \leq 0.35$ 、および、 $s + t \leq 0.35$ である鉄基金属ガラス合金粉末が開示されている。また、この鉄基金属ガラス合金粉末には、耐食性改質成分として、Cr または Zr の少なくとも 1 種以上が添加され、耐食性改質副成分として、V、Ti、Ta、Cu、Mn のうち少なくとも 1 種が添加されている。

【0003】

このような鉄基金属ガラス合金粉末は、アモルファス単相を含むため、磁気特性の向上が図られる。また、この鉄基金属ガラス合金粉末では、耐食性改質成分および耐食性改質副成分が添加されているため、耐食性および比抵抗が向上する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2014-169482 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

軟磁性粉末を用いて製造された圧粉磁心等の圧粉体は、高周波域において用いられることも多い。高周波域では、圧粉体のコアロスを増大する傾向があるため、コアロスの抑制を図ることが課題になっている。軟磁性粉末の組成は、コアロスのうち、ヒステリシス損失の抑制に寄与しやすい。ヒステリシス損失を抑制するためには、軟磁性粉末の保磁力を低下させることが必要となる。

【0006】

しかしながら、特許文献 1 に記載の鉄基金属ガラス合金粉末では、その組成が保磁力に及ぼす影響について考慮されていない。このため、アモルファス合金による良好な磁気特性を有するとともに、低保磁力化が図られた軟磁性粉末の実現が課題となっている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の適用例に係る軟磁性粉末は、

組成式 $\text{Fe}_{100-a-b-c-d-e-f-g}\text{Cr}_a\text{Si}_b\text{B}_c\text{C}_d\text{Al}_e\text{Ti}_f\text{Co}_g$

【ただし、 a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f および g は、原子%を表す数であって、

$0 < a \leq 3.0$ 、

$5.0 \leq b \leq 15.0$ 、

$7.0 \leq c \leq 15.0$ 、

$0.1 \leq d \leq 3.0$ 、

$0 < e \leq 0.016$ 、

10

20

30

40

50

$$0 < f \leq 0.009、$$

$$0 \leq g \leq 0.025、$$

を満たす。]

で表される組成を有するアモルファス金属粒子を含むことを特徴とする。

【0008】

本発明の適用例に係る圧粉磁心は、

本発明の適用例に係る軟磁性粉末を含むことを特徴とする。

【0009】

本発明の適用例に係る磁性素子は、

本発明の適用例に係る圧粉磁心を備えることを特徴とする。

【0010】

本発明の適用例に係る電子機器は、

本発明の適用例に係る磁性素子を備えることを特徴とする。

【0011】

本発明の適用例に係る移動体は、

本発明の適用例に係る磁性素子を備えることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】トロイダルタイプのコイル部品を模式的に示す平面図である。

【図2】閉磁路タイプのコイル部品を模式的に示す透過斜視図である。

【図3】実施形態に係る磁性素子を備える電子機器であるモバイル型のパーソナルコンピュータを示す斜視図である。

【図4】実施形態に係る磁性素子を備える電子機器であるスマートフォンを示す平面図である。

【図5】実施形態に係る磁性素子を備える電子機器であるデジタルスチルカメラを示す斜視図である。

【図6】実施形態に係る磁性素子を備える移動体である自動車を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の軟磁性粉末、圧粉磁心、磁性素子、電子機器および移動体を添付図面に示す好適実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0014】

1. 軟磁性粉末

実施形態に係る軟磁性粉末は、軟磁性を示す金属粉末である。かかる軟磁性粉末は、いかなる用途にも適用可能であるが、例えば、結合材を介して粒子同士が結着され、圧粉磁心や電磁波吸収材等の各種圧粉体を製造するのに用いられる。

【0015】

1. 1. 組成

実施形態に係る軟磁性粉末は、組成式 $Fe_{100-a-b-c-d-e-f-g}Cr_aSi_bB_cCdAl_eTi_fCo_g$ で表される組成を有するアモルファス金属粒子を含む。

a、b、c、d、e、f および g は、原子%を表す数である。a、b、c、d、e、f および g は、

$$0 < a \leq 3.0、$$

$$5.0 \leq b \leq 15.0、$$

$$7.0 \leq c \leq 15.0、$$

$$0.1 \leq d \leq 3.0、$$

$$0 < e \leq 0.016、$$

$$0 < f \leq 0.009、$$

$$0 \leq g \leq 0.025、$$

を満たす。

【0016】

このような軟磁性粉末では、アモルファス金属粒子を含むため、結晶金属粒子を含む場合に比べて、磁気異方性が減少して透磁率等の磁気特性の向上が図られるとともに、保磁力の低下が図られる。

【0017】

また、アモルファス金属粒子が上記組成を有するため、軟磁性粉末は、熱処理が施されたとき、さらなる低保磁力化が図られる粉末となる。熱処理は、軟磁性粉末を製造するときに導入される各種欠陥や異方性（応力誘起異方性）を減少させる役割を果たす。したがって、軟磁性粉末は、熱処理による保磁力の低下を見越して設計されるが、組成によっては低下が限定的となってしまう。

【0018】

これに対し、上述した組成を有するアモルファス金属粒子を含むことにより、本実施形態に係る軟磁性粉末では、熱処理によるアモルファス金属の結晶化を抑制しつつ、熱処理によって保磁力を十分に低下させることができる。したがって、熱処理後の軟磁性粉末では、高透磁率と低保磁力とを両立させることができる。このような軟磁性粉末を用いることにより、磁性素子の小型化および高効率化に寄与する圧粉体を実現することができる。なお、本明細書では、各種欠陥や異方性を「歪み」ともいう。

【0019】

軟磁性粉末は、上述した組成を有するアモルファス金属粒子以外に、任意の軟磁性粉末や非磁性粉末を含んでもよいが、アモルファス金属粒子の含有率は50質量%以上であるのが好ましく、80質量%以上であるのがより好ましく、90質量%以上であるのがさらに好ましい。

【0020】

以下、アモルファス金属粒子が有する組成について説明する。

Fe（鉄）は、実施形態に係るアモルファス金属粒子の基本的な磁気特性や機械的特性に大きな影響を与える。

【0021】

Feの含有率は、 $100 - a - b - c - d - e - f - g$ で表される。ただし、不純物の影響によって、 $100 - a - b - c - d - e - f - g$ を中心値とする ± 0.50 原子%以下のずれが許容される。

【0022】

Feの含有率は、特に限定されないが、70.0原子%以上81.0原子%以下であるのが好ましく、72.0原子%以上75.0原子%以下であるのがより好ましい。

【0023】

なお、Feの含有率が前記下限値を下回ると、アモルファス金属粒子の透磁率や飽和磁束密度が低下するおそれがある。一方、Feの含有率が前記上限値を上回ると、アモルファス金属粒子の製造時に非晶質組織を安定的に形成することが困難になるおそれがある。

【0024】

Cr（クロム）は、アモルファス金属粒子の耐食性を向上させるよう作用する。これは、Crの酸化物を主成分とする不働態皮膜が形成されることに起因していると考えられる。耐食性の向上によってアモルファス金属粒子の酸化が抑えられ、酸化に伴う磁気特性の低下を抑制することができる。また、不働態皮膜は、アモルファス金属粒子の粒子間の絶縁性を高め、圧粉体の渦電流損失を抑制することにも寄与する。

【0025】

Crの含有率aは、 $0 < a \leq 3.0$ を満たすが、好ましくは $1.1 \leq a \leq 2.7$ を満たし、より好ましくは $1.2 \leq a \leq 2.5$ を満たす。Crの含有率aが前記下限値を下回ると、耐食性が低下し、アモルファス金属粒子の磁気特性が経時的に悪化するおそれがある。一方、Crの含有率aが前記上限値を上回ると、アモルファス金属粒子の製造時にアモルファス化が阻害されるため、磁気異方性が大きくなり、透磁率が低下するおそれがある。

【0026】

S i (ケイ素) は、アモルファス金属粒子の製造時にアモルファス化を促進する。これにより、軟磁性粉末に熱処理が施されたとき、アモルファス金属粒子の結晶化が抑制される。また、S i は、アモルファス金属粒子の透磁率を高めることにも寄与する。

【0027】

S i の含有率 b は、 $5.0 \leq b \leq 15.0$ を満たすが、好ましくは $8.0 \leq b \leq 13.5$ を満たし、より好ましくは $10.5 \leq b \leq 12.0$ を満たす。S i の含有率 b が前記下限値を下回ると、アモルファス化が阻害され、アモルファス金属粒子の透磁率が低下するおそれがある。一方、S i の含有率 b が前記上限値を上回ると、飽和磁束密度が低下するおそれがある。

【0028】

B (ホウ素) は、アモルファス金属粒子の製造時にアモルファス化を促進する。これにより、軟磁性粉末に熱処理が施されたとき、アモルファス金属粒子の結晶化が抑制される。また、B は、アモルファス金属粒子の透磁率を高めることにも寄与する。さらに、S i と B とを併用することによって、両者の原子半径の差に基づき、相乗的にアモルファス化を促進することができる。

【0029】

B の含有率 c は、 $7.0 \leq c \leq 15.0$ を満たすが、好ましくは $8.0 \leq c \leq 13.5$ を満たし、より好ましくは $10.5 \leq c \leq 12.0$ を満たす。B の含有率 c が前記下限値を下回ると、アモルファス化が阻害され、アモルファス金属粒子の透磁率が低下するおそれがある。一方、B の含有率 c が前記上限値を上回ると、飽和磁束密度が低下するおそれがある。

【0030】

C (炭素) は、アモルファス金属粒子の原料が溶融したとき、溶融物の粘性を下げ、アモルファス化および微粉化を容易にする。これにより、小径で透磁率が高いアモルファス金属粒子を実現することができる。その結果、高周波域において、ヒステリシス損失だけでなく、渦電流損失を抑制することができる。

【0031】

C の含有率 d は、 $0.1 \leq d \leq 3.0$ を満たすが、好ましくは $1.3 \leq d \leq 2.8$ を満たし、より好ましくは $1.7 \leq d \leq 2.5$ を満たす。C の含有率 d が前記下限値を下回ると、溶融物の粘性が十分に下がらず、アモルファス金属粒子の形状が異形状になりやすくなる。このため、圧粉時の充填性が低下し、圧粉体の飽和磁束密度を十分に高めることができないおそれがある。一方、C の含有率 d が前記上限値を上回ると、アモルファス化が阻害され、アモルファス金属粒子の透磁率が低下するおそれがある。

【0032】

Al (アルミニウム) は、微量に添加されることによって、アモルファス金属粒子に熱処理が施されたとき、歪みの減少を促進する。したがって、熱処理後の軟磁性粉末では、高透磁率と低保磁力とを両立させることができる。

【0033】

Al の含有率 e は、 $0 < e \leq 0.016$ を満たすが、好ましくは $0.001 \leq e \leq 0.009$ を満たし、より好ましくは $0.003 \leq e \leq 0.007$ を満たす。Al の含有率 e が前記下限値を下回ると、アモルファス金属粒子に熱処理が施されたとき、保磁力を十分に低下させることができないおそれがある。一方、Al の含有率 e が前記上限値を上回ると、アモルファス化が阻害され、アモルファス金属粒子に熱処理が施されたときに結晶化しやすくなるおそれがある。

【0034】

Ti (チタン) は、微量に添加されることによって、アモルファス金属粒子に熱処理が施されたとき、歪みの減少を促進する。したがって、熱処理後の軟磁性粉末では、高透磁率と低保磁力とを両立させることができる。

【0035】

Ti の含有率 f は、 $0 < f \leq 0.009$ を満たすが、好ましくは $0.001 \leq f \leq 0.$

10

20

30

40

50

008を満たし、より好ましくは $0.003 \leq f \leq 0.007$ を満たす。Tiの含有率fが前記下限値を下回ると、アモルファス金属粒子に熱処理が施されたとき、保磁力を十分に低下させることができないおそれがある。一方、Tiの含有率fが前記上限値を上回ると、アモルファス化が阻害され、アモルファス金属粒子に熱処理が施されたときに結晶化しやすくなるおそれがある。

【0036】

Co（コバルト）も、AlまたはTiとともに微量に添加されることによって、アモルファス金属粒子に熱処理が施されたとき、AlまたはTiと協働して歪みの減少を促進する。したがって、熱処理後の軟磁性粉末では、高透磁率と低保磁力とを両立させることができる。

【0037】

Coの含有率gは、 $0 \leq g \leq 0.025$ を満たすが、好ましくは $0.001 \leq g \leq 0.020$ を満たし、より好ましくは $0.003 \leq g \leq 0.015$ を満たす。Coの含有率gが前記下限値を下回ると、アモルファス金属粒子に熱処理が施されたとき、保磁力を十分に低下させることができないおそれがある。一方、Coの含有率gが前記上限値を上回ると、アモルファス化が阻害され、アモルファス金属粒子に熱処理が施されたときに結晶化しやすくなるおそれがある。

【0038】

また、AlおよびTiで、量比を最適化することにより、熱処理時の歪みの減少を特に促進することができる。

【0039】

具体的には、組成式のeおよびfは、 $0.20 \leq e/f \leq 2.50$ を満たすのが好ましく、 $0.40 \leq e/f \leq 2.00$ を満たすのがより好ましく、 $0.60 \leq e/f \leq 1.50$ を満たすのがさらに好ましい。e/fが前記範囲内にあるとき、AlとTiの量的バランスが最適化されるため、熱処理によってアモルファス金属粒子の高透磁率化および低保磁力化を特に進行させることができる。

【0040】

さらに、AlおよびCoで、量比を最適化することにより、熱処理時の歪みの減少を特に促進することができる。

【0041】

具体的には、組成式のeおよびgは、 $0.10 \leq e/g \leq 3.00$ を満たすのが好ましく、 $0.20 \leq e/g \leq 2.00$ を満たすのがより好ましく、 $0.30 \leq e/g \leq 1.00$ を満たすのがさらに好ましい。e/gが前記範囲内にあるとき、AlとCoの量的バランスが最適化されるため、熱処理によってアモルファス金属粒子の高透磁率化および低保磁力化を特に進行させることができる。

【0042】

また、実施形態に係るアモルファス金属粒子は、前述した組成式 $Fe_{100-a-b-c-d-e-f-g}Cr_aSi_bB_cCdAl_eTi_fCo_g$ で表される組成の他、不純物を含んでいてもよい。不純物としては、上記以外のあらゆる元素が挙げられるが、不純物の含有率の合計が0.50原子%以下であるのが好ましい。この範囲内であれば、不純物が本発明の効果を阻害しにくい。

【0043】

不純物の各元素の含有率は、それぞれ0.05原子%以下であるのが好ましい。この範囲内であれば、不純物が本発明の効果を阻害しにくいと、含有が許容される。

【0044】

以上、実施形態に係るアモルファス金属粒子が有する組成について説明したが、上記組成および不純物は、以下のような分析手法により特定される。

【0045】

分析手法としては、例えば、JIS G 1257:2000に規定された鉄及び鋼－原子吸光分析法、JIS G 1258:2007に規定された鉄及び鋼－ICP発光分光分

10

20

30

40

50

析法、JIS G 1253:2002に規定された鉄及び鋼－スパーク放電発光分光分析法、JIS G 1256:1997に規定された鉄及び鋼－蛍光X線分析法、JIS G 1211～G 1237に規定された重量・滴定・吸光光度法等が挙げられる。

【0046】

具体的には、例えばSPECTRO社製固体発光分光分析装置、特にスパーク放電発光分光分析装置、モデル：SPECTROLAB、タイプ：LAVMB08Aや、株式会社リガク製ICP装置CIROS120型が挙げられる。

【0047】

また、特にC（炭素）およびS（硫黄）の特定に際しては、JIS G 1211:2011に規定された酸素気流燃焼（高周波誘導加熱炉燃焼）－赤外線吸収法も用いられる。具体的には、LECO社製炭素・硫黄分析装置、CS-200が挙げられる。

【0048】

また、特にN（窒素）およびO（酸素）の特定に際しては、JIS G 1228:1997に規定された鉄および鋼の窒素定量方法、JIS Z 2613:2006に規定された金属材料の酸素定量方法通則も用いられる。具体的には、LECO社製酸素・窒素分析装置、TC-300/EF-300が挙げられる。

【0049】

軟磁性粉末の粒子表面には、必要に応じて、絶縁被膜が設けられていてもよい。絶縁被膜としては、例えば、ガラス材料、セラミックス材料、樹脂材料等が挙げられる。

【0050】

1.2. 粉末特性

実施形態に係る軟磁性粉末の平均粒径D50は、特に限定されないが、1 μm以上50 μm以下であるのが好ましく、3 μm以上30 μm以下であるのがより好ましく、5 μm以上20 μm以下であるのがさらに好ましい。このような平均粒径の軟磁性粉末を用いることにより、渦電流が流れる経路を短くすることができる。その結果、粒子内において発生する渦電流損失を十分に抑制可能な軟磁性粉末が得られる。

【0051】

軟磁性粉末の平均粒径が前記下限値を下回ると、軟磁性粉末が細くなり過ぎるため、軟磁性粉末の充填性が低下するおそれがある。これにより、圧粉体の一例である圧粉磁心の成形密度が低下するため、圧粉磁心の透磁率や磁束密度が低下するおそれがある。一方、軟磁性粉末の平均粒径が前記上限値を上回ると、粒子内において発生する渦電流損失を十分に抑制することができず、圧粉磁心のコアロスが増加するおそれがある。

【0052】

軟磁性粉末の平均粒径D50は、レーザー回折法により取得された体積基準の粒度分布において、小径側から累積50%となるときの粒径として求められる。

【0053】

実施形態に係る軟磁性粉末について、レーザー回折法により取得された体積基準の粒度分布において、小径側から累積10%となるときの粒径をD10とし、小径側から累積90%となるときの粒径をD90とする。このとき、 $(D90 - D10) / D50$ は1.0以上1.5以下であるのが好ましく、1.0以上1.3以下であるのがより好ましい。 $(D90 - D10) / D50$ は粒度分布の広がり の程度を示す指標であるが、この指標が前記範囲内であることにより、軟磁性粉末の充填性が良好になる。このため、透磁率、磁束密度のような磁気特性が特に高い圧粉体 が得られる。

【0054】

1.3. 物性

実施形態に係る軟磁性粉末の保磁力は、特に限定されないが、3.0 [Oe] 以下（239 [A/m] 以下）であるのが好ましく、0.1 [Oe] 以上2.0 [Oe] 以下（8.0 [A/m] 以上159 [A/m] 以下）であるのがより好ましい。このように保磁力が小さい軟磁性粉末を用いることにより、高周波域で用いられてもヒステリシス損失を十分に抑制可能な圧粉体を製造することができる。

10

20

30

40

50

【0055】

軟磁性粉末の保磁力は、例えば、株式会社玉川製作所製、TM-VSM1230-MHHLのような振動試料型磁力計により測定することができる。

【0056】

実施形態に係る軟磁性粉末は、圧粉体としたときの透磁率が測定周波数100kHzにおいて15以上であるのが好ましく、17以上であるのがより好ましい。このような軟磁性粉末は、磁気特性に優れた圧粉磁心の実現に寄与する。

【0057】

圧粉体の透磁率とは、例えば、圧粉体をトロイダル形状とし、閉磁路磁心コイルの自己インダクタンスから求められる比透磁率、すなわち実効透磁率のことである。透磁率の測定には、インピーダンスアナライザを用い、測定周波数は100kHzとする。また、巻線の巻き数は7回、巻線の線径は0.6mmとする。

【0058】

2. 軟磁性粉末の製造方法

次に、前述した軟磁性粉末の製造方法の一例について説明する。

【0059】

前述したアモルファス金属粒子は、いかなる方法で製造された粉末であってもよい。製造方法の例としては、例えば、水アトマイズ法、ガスアトマイズ法、回転水流アトマイズ法等の各種アトマイズ法その他、粉碎法等が挙げられる。このうち、アモルファス金属粒子には、アトマイズ法で製造された粒子が好ましく用いられる。アトマイズ法によれば、微小で粒子形状が良好な粉末を効率よく製造することができる。したがって、特に充填性の高い軟磁性粉末が得られる。

【0060】

アトマイズ法は、熔融金属を、高速で噴射された液体または気体に衝突させることにより、溶湯を微粉化するとともに冷却して、金属粉末を製造する方法である。

【0061】

このうち、水アトマイズ法は、冷却液として水等の液体を使用し、これを一点に集束する逆円錐状に噴射するとともに、この集束点に向けて熔融金属を流下させ、衝突させることにより、熔融金属から金属粉末を製造する方法である。

【0062】

また、回転水流アトマイズ法は、冷却用筒体の内周面に沿って冷却液を供給し、内周面に沿って旋回させる一方、熔融金属に液体または気体のジェットを吹き付け、飛散させた熔融金属を冷却液中に取り込むことにより、金属粉末を製造する方法である。

【0063】

アトマイズ法において熔融金属を冷却する際の冷却速度は、 $1 \times 10^4 \text{ }^\circ\text{C} / \text{s}$ 以上であるのが好ましく、 $1 \times 10^5 \text{ }^\circ\text{C} / \text{s}$ 以上であるのがより好ましい。このような急速な冷却により、熔融金属の状態における原子配列が保存されたまま固化に至るので、とりわけアモルファス化度の高いアモルファス金属粒子が得られるとともに、アモルファス金属粒子間における組成比のバラツキが抑えられる。その結果、均質な軟磁性粉末が得られる。

【0064】

上記のような方法で製造されたアモルファス金属粒子に対し、熱処理を施すことで、磁気特性を高めるとともに、さらなる低保磁力化を図ることができる。

【0065】

熱処理における加熱温度は、アモルファス金属粒子における結晶化温度を T_x としたとき、 $T_x - 100 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上 T_x 未満であるのが好ましく、 $T_x - 50 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上 T_x 未満であるのがより好ましい。

【0066】

熱処理における加熱時間は、加熱温度を前記範囲としたとき、5分以上120分以下であるのが好ましく、5分以上60分以下であるのがより好ましい。

【0067】

このような加熱条件で熱処理を施すことにより、アモルファス金属粒子の製造時に生じた急凝固による残留応力を緩和することができる。これにより、アモルファス金属粒子において歪みが緩和され、低保磁力化を図るとともに、磁気特性の向上を図ることができる。

【0068】

また、製造した軟磁性粉末に対し、必要に応じて、分級を行ってもよい。分級の方法としては、例えば、ふるい分け分級、慣性分級、遠心分級のような乾式分級、沈降分級のような湿式分級等が挙げられる。

【0069】

3. 圧粉磁心および磁性素子

次に、実施形態に係る圧粉磁心および磁性素子について説明する。

【0070】

実施形態に係る磁性素子は、例えば、チョークコイル、インダクター、ノイズフィルター、リアクトル、トランス、モーター、アクチュエーター、電磁弁、発電機等のような、磁心を備えた各種磁性素子に適用可能である。また、実施形態に係る圧粉磁心は、これらの磁性素子が備える磁心に適用可能である。

【0071】

以下、磁性素子の一例として、2種類のコイル部品を代表に説明する。

3. 1. トロイダルタイプ

まず、実施形態に係る磁性素子の一例であるトロイダルタイプのコイル部品について説明する。

図1は、トロイダルタイプのコイル部品を模式的に示す平面図である。

【0072】

図1に示すコイル部品10は、リング状の圧粉磁心11と、この圧粉磁心11に巻き回された導線12と、を有する。このようなコイル部品10は、一般に、トロイダルコイルと称される。

【0073】

圧粉磁心11は、実施形態に係る軟磁性粉末と結合材とを混合し、得られた混合物を成形型に供給するとともに、加圧、成形して得られる。すなわち、圧粉磁心11は、実施形態に係る軟磁性粉末を含む圧粉体である。このような圧粉磁心11では、軟磁性粉末の保磁力が低く、透磁率が高い。このため、圧粉磁心11を備えるコイル部品10は、高周波域におけるコアロスが低く、透磁率や磁束密度等の磁気特性が高いものとなる。したがって、コイル部品10を電子機器等に搭載したとき、電子機器等の消費電力を低減したり高性能化および小型化を図ったりすることができる。

【0074】

圧粉磁心11の作製に用いられる結合材の構成材料としては、例えば、シリコン系樹脂、エポキシ系樹脂、フェノール系樹脂、ポリアミド系樹脂、ポリイミド系樹脂、ポリフェニレンサルファイド系樹脂等の有機材料、リン酸マグネシウム、リン酸カルシウム、リン酸亜鉛、リン酸マンガン、リン酸カドミウムのようなリン酸塩、ケイ酸ナトリウムのようなケイ酸塩等の無機材料等が挙げられるが、特に、熱硬化性ポリイミドまたはエポキシ系樹脂が好ましい。これらの樹脂材料は、加熱されることによって容易に硬化するとともに、耐熱性に優れたものである。したがって、圧粉磁心11の製造容易性および耐熱性を高めることができる。なお、結合材は、必要に応じて添加されればよく、省略されてもよい。

【0075】

また、軟磁性粉末に対する結合材の割合は、作製する圧粉磁心11の目的とする磁気特性や機械的特性、許容される渦電流損失等に応じて若干異なるが、0.5質量%以上5質量%以下程度であるのが好ましく、1質量%以上3質量%以下程度であるのがより好ましい。これにより、軟磁性粉末の各粒子同士を十分に結着させつつ、磁気特性に優れたコイル部品10を得ることができる。

混合物中には、必要に応じて、任意の目的で各種添加剤を添加するようにしてもよい。

【0076】

導線12の構成材料としては、導電性の高い材料が挙げられ、例えば、Cu、Al、Ag、Au、Ni等を含む金属材料が挙げられる。また、導線12の表面には、必要に応じて絶縁膜が設けられる。

【0077】

なお、圧粉磁心11の形状は、図1に示すリング状に限定されず、例えばリングの一部が欠損した形状であってもよく、長手方向の形状が直線状である形状であってもよく、シート状、フィルム状等であってもよい。

【0078】

また、圧粉磁心11は、必要に応じて、前述した実施形態に係る軟磁性粉末以外の軟磁性粉末や非磁性粉末を含んでいてもよい。

【0079】

以上のように、磁性素子であるコイル部品10は、前述した軟磁性粉末を含む圧粉磁心11を備えている。これにより、コアロスが低く、磁気特性に優れたコイル部品10を実現することができる。

【0080】

3.2. 閉磁路タイプ

次に、実施形態に係る磁性素子の一例である閉磁路タイプのコイル部品について説明する。

図2は、閉磁路タイプのコイル部品を模式的に示す透過斜視図である。

【0081】

以下、閉磁路タイプのコイル部品について説明するが、以下の説明では、トロイダルタイプのコイル部品との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0082】

本実施形態に係るコイル部品20は、図2に示すように、コイル状に成形された導線22を、圧粉磁心21の内部に埋設してなるものである。すなわち、磁性素子であるコイル部品20は、前述した軟磁性粉末を含む圧粉磁心21を備え、導線22を圧粉磁心21でモールドしてなる。この圧粉磁心21は、前述した圧粉磁心11と同様の構成を有する。これにより、コアロスが低く、磁気特性に優れたコイル部品20を実現することができる。

【0083】

このような形態のコイル部品20は、比較的小型のものが容易に得られる。また、コイル部品20は、磁気特性が高く、かつ、コアロスが低い。したがって、コイル部品20を電子機器等に搭載したとき、電子機器等の消費電力を低減したり高性能化および小型化を図ったりすることができる。

【0084】

また、導線22が圧粉磁心21の内部に埋設されているため、導線22と圧粉磁心21との間に隙間が生じ難い。このため、圧粉磁心21の磁歪による振動を抑制し、この振動に伴う騒音の発生を抑制することもできる。

【0085】

なお、圧粉磁心21の形状は、図2に示す形状に限定されず、シート状、フィルム状等であってもよい。

【0086】

また、圧粉磁心21は、必要に応じて、前述した実施形態に係る軟磁性粉末以外の軟磁性粉末や非磁性粉末を含んでいてもよい。

【0087】

4. 電子機器

次に、実施形態に係る磁性素子を備える電子機器について、図3～図5に基づいて説明する。

【0088】

図3は、実施形態に係る磁性素子を備える電子機器であるモバイル型のパーソナルコンピュータを示す斜視図である。図3に示すパーソナルコンピュータ1100は、キーボード1102を備えた本体部1104と、表示部100を備えた表示ユニット1106と、を備える。表示ユニット1106は、本体部1104に対しヒンジ構造部を介して回動可能に支持されている。このようなパーソナルコンピュータ1100には、例えばスイッチング電源用のチョークコイルやインダクター、モーター等の磁性素子1000が内蔵されている。

【0089】

図4は、実施形態に係る磁性素子を備える電子機器であるスマートフォンを示す平面図である。図4に示すスマートフォン1200は、複数の操作ボタン1202、受話口1204および送話口1206を備える。また、操作ボタン1202と受話口1204との間には、表示部100が配置されている。このようなスマートフォン1200には、例えばインダクター、ノイズフィルター、モーター等の磁性素子1000が内蔵されている。

【0090】

図5は、実施形態に係る磁性素子を備える電子機器であるデジタルスチルカメラを示す斜視図である。デジタルスチルカメラ1300は、被写体の光像をCCD（Charge Coupled Device）等の撮像素子により光電変換して撮像信号を生成する。

【0091】

図5に示すデジタルスチルカメラ1300は、ケース1302の背面に設けられた表示部100を備える。表示部100は、被写体を電子画像として表示するファインダーとして機能する。また、ケース1302の正面側、すなわち図中裏面側には、光学レンズやCCDなどを含む受光ユニット1304が設けられている。

【0092】

撮影者が表示部100に表示された被写体像を確認し、シャッターボタン1306を押下すると、その時点におけるCCDの撮像信号が、メモリー1308に転送・格納される。このようなデジタルスチルカメラ1300にも、例えばインダクター、ノイズフィルター等の磁性素子1000が内蔵されている。

【0093】

実施形態に係る電子機器としては、図3のパーソナルコンピュータ、図4のスマートフォン、図5のデジタルスチルカメラの他に、例えば、携帯電話、タブレット端末、時計、インクジェットプリンターのようなインクジェット式吐出装置、ラップトップ型パーソナルコンピュータ、テレビ、ビデオカメラ、ビデオテープレコーダー、カーナビゲーション装置、ページャー、電子手帳、電子辞書、電卓、電子ゲーム機器、ワードプロセッサ、ワークステーション、テレビ電話、防犯用テレビモニター、電子双眼鏡、POS端末、電子体温計、血圧計、血糖計、心電図計測装置、超音波診断装置、電子内視鏡のような医療機器、魚群探知機、各種測定機器、車両、航空機、船舶の計器類、自動車制御機器、航空機制御機器、鉄道車両制御機器、船舶制御機器のような移動体制御機器類、フライトシミュレーター等が挙げられる。

【0094】

このような電子機器は、前述したように、実施形態に係る磁性素子を備えている。これにより、低保磁力および高透磁率という磁性素子の効果を享受し、電子機器の高性能化を図ることができる。

【0095】

5. 移動体

次に、本実施形態に係る磁性素子を備える移動体について、図6に基づき説明する。

図6は、実施形態に係る磁性素子を備える移動体である自動車を示す斜視図である。

【0096】

自動車1500には、磁性素子1000が内蔵されている。具体的には、磁性素子1000は、例えば、カーナビゲーションシステム、アンチロックブレーキシステム（ABS

10

20

30

40

50

）、エンジンコントロールユニット、ハイブリッド自動車や電気自動車の電池制御ユニット、車体姿勢制御システム、自動運転システムのような電子制御ユニット（ECU：electronic control unit）、駆動用モーター、ジェネレーター、エアコンユニット等の各種自動車部品に内蔵される。

【0097】

このような移動体は、前述したように、実施形態に係る磁性素子を備えている。これにより、低保磁力および高透磁率という磁性素子の効果を享受し、移動体の高性能化を図ることができる。

【0098】

なお、本実施形態に係る移動体は、図6に示す自動車の他にも、例えば、二輪車、自転車、航空機、ヘリコプター、ドローン、船舶、潜水艦、鉄道、ロケット、宇宙船等であってもよい。

【0099】

以上、本発明の軟磁性粉末、圧粉磁心、磁性素子、電子機器および移動体について、好適な実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0100】

例えば、前記実施形態では、本発明の軟磁性粉末の用途例として圧粉磁心等の圧粉体を挙げて説明したが、用途例はこれに限定されず、例えば磁性流体、磁気ヘッド、磁気遮蔽シート等の磁性デバイスであってもよい。

【0101】

また、圧粉磁心や磁性素子の形状も、図示したものに限定されず、いかなる形状であってもよい。

【実施例】

【0102】

次に、本発明の具体的実施例について説明する。

6. 軟磁性粉末の製造

6. 1. サンプルNo. 1

まず、原材料を高周波誘導炉で溶融するとともに、水アトマイズ法により粉末化してアモルファス金属粒子を得た。次いで、ふるいを用いて分級した。

【0103】

次に、分級したアモルファス金属粒子に対し、300℃、30分間、窒素雰囲気下で熱処理を施し、サンプルNo. 1の軟磁性粉末を得た。

【0104】

得られたアモルファス金属粒子の組成を表1に示す。なお、組成の特定には、SPECTRO社製固体発光分光分析装置（スパーク発光分析装置）、モデル：SPECTROLAB、タイプ：LAVMB08Aを用いた。また、C（炭素）の定量分析には、LECO社製炭素・硫黄分析装置、CS-200を用いた。

【0105】

6. 2. サンプルNo. 2～21

アモルファス金属粒子の組成を表1または表2に示すようにした以外は、サンプルNo. 1と同様にして軟磁性粉末を得た。

【0106】

なお、表1および表2では、各サンプルNo. の軟磁性粉末のうち、本発明に相当するものには「実施例」、本発明に相当しないものには「比較例」と記載している。

【0107】

7. 軟磁性粉末の評価

7. 1. 粒度分布

各サンプルNo. の軟磁性粉末について、粒度分布測定を行った。なお、この測定は、日機装株式会社製のレーザー回折方式の粒度分布測定装置、マイクロトラック、HRA9320-X100により行った。そして、粒度分布から軟磁性粉末の粒径D10、D50

10

20

30

40

50

、D 9 0、および (D 9 0 - D 1 0) / D 5 0 を算出した。算出結果を表 1 または表 2 に示す。

【0 1 0 8】

7. 2. 保磁力

各サンプル N o . の軟磁性粉末について、磁化測定装置として玉川製作所社 V S M システム T M - V S M 1 2 3 0 - M H H L を用い、保磁力を測定した。測定結果を表 1 または表 2 に示す。

【0 1 0 9】

8. 圧粉磁心および磁性素子の製造

各サンプル N o . の軟磁性粉末を用い、以下のようにして圧粉磁心および磁性素子を製造した。

【0 1 1 0】

まず、軟磁性粉末、エポキシ樹脂（結合材）およびメチルエチルケトン（有機溶媒）を混合して、混合物を得た。なお、エポキシ樹脂の添加量は、軟磁性粉末 1 0 0 質量部に対して 2 質量部とした。

【0 1 1 1】

次に、得られた混合物を攪拌したのち、温度 1 5 0 °C で 3 0 分間加熱して乾燥させ、塊状の乾燥体を得た。次いで、この乾燥体を、目開き 5 0 0 μ m のふるいにかけて、乾燥体を粉砕して、造粒粉末を得た。

【0 1 1 2】

次に、得られた造粒粉末を、成形型に充填し、下記の成形条件に基づいて成形体を得た。

【0 1 1 3】

- ・成形方法 : プレス成形
- ・成形体の形状 : リング状
- ・成形体の寸法 : 外径 φ 1 4 mm、内径 φ 7 mm、厚さ 3 mm
- ・成形圧力 : 成形圧力 2 9 4 M P a

【0 1 1 4】

次に、成形体中の結合材を加熱により硬化させた。これにより、圧粉磁心（トロイダルコア）を得た。

【0 1 1 5】

次に、得られた圧粉磁心を用い、以下の作製条件に基づいて、図 1 に示す磁性素子を作製した。

【0 1 1 6】

- ・導線の構成材料 : C u
- ・導線の線径 : 0 . 6 mm
- ・巻き数（透磁率測定時） : 7 ターン
- ・巻き数（コアロス測定時） : 1 次側 3 6 ターン、2 次側 3 6 ターン

【0 1 1 7】

9. 磁性素子の評価

9. 1. 透磁率

各サンプル N o . の軟磁性粉末を用いて製造した磁性素子について、A g i l e n t 社の 4 2 9 4 A プレシジョン・インピーダンス・アナライザーを用いて周波数 1 0 0 k H z における透磁率を測定した。そして、得られた透磁率を、以下の評価基準に照らして評価した。

【0 1 1 8】

- A : 透磁率が 2 0 以上である
- B : 透磁率が 1 7 以上 2 0 未満である
- C : 透磁率が 1 4 以上 1 7 未満である
- D : 透磁率が 1 4 未満である

評価結果を表 1 または表 2 に示す。

【0119】

9.2. コアロス

各サンプルNo.の軟磁性粉末を用いて製造した磁性素子について、コアロスPcvを測定した。なお、測定条件として、測定周波数を1MHz、最大磁束密度Bmを50mT、とした。そして、得られたコアロスを、以下の評価基準に照らして評価した。

【0120】

A：コアロスが非常に低い（表1では200kW/m³未満、表2では400kW/m³未満）

B：コアロスがやや低い（表1では200kW/m³以上250kW/m³未満、表2では400kW/m³以上500kW/m³未満）

C：コアロスがやや高い（表1では250kW/m³以上300kW/m³未満、表2では500kW/m³以上600kW/m³未満）

D：コアロスが非常に高い（表1では300kW/m³以上、表2では600kW/m³以上）

評価結果を表1または表2に示す。

【0121】

【表1】

表1

サンプルNo.		アモルファス金属粒子の組成										アモルファス 金属粒子の 製造方法	軟磁性粉末および磁性素子の評価結果						
		Fe	Cr	Si	B	C	Al	Ti	Co	e/f	e/g		D10	D50	D90	(D90-D10) /D50	保磁力	透磁率	コアロス
			a	b	c	d	e	f	g									100kHz	Bm=50mT 1MHz
			原子%															μm	μm
No.1	実施例	73.87	2.28	10.89	11.05	1.89	0.005	0.004	0.012	1.25	0.42	水アトマイズ	1.71	3.11	5.09	1.09	1.3	A	A
No.2	実施例	74.10	2.01	11.06	10.78	2.03	0.002	0.006	0.009	0.33	0.22	水アトマイズ	1.67	3.08	5.00	1.08	1.8	B	B
No.3	実施例	73.49	2.45	11.21	10.59	2.23	0.003	0.005	0.020	0.60	0.15	水アトマイズ	1.87	3.36	5.40	1.05	1.5	B	B
No.4	実施例	74.07	1.86	11.34	10.75	1.97	0.007	0.003	0.003	2.33	2.33	水アトマイズ	1.67	3.08	5.00	1.08	1.9	B	B
No.5	実施例	73.10	1.54	11.75	11.23	2.36	0.004	0.006	0.012	0.67	0.33	水アトマイズ	2.05	3.71	5.92	1.04	1.3	A	A
No.6	実施例	73.80	2.35	11.11	10.85	1.87	0.012	0.005	0.008	2.40	1.50	水アトマイズ	1.69	3.14	5.10	1.09	1.8	B	B
No.7	実施例	73.83	2.31	10.74	11.34	1.75	0.015	0.004	0.012	3.75	1.25	水アトマイズ	1.50	2.80	4.30	1.00	2.2	B	C
No.8	実施例	73.78	1.97	11.23	10.95	2.04	0.002	0.009	0.021	0.22	0.10	水アトマイズ	1.66	3.05	4.97	1.09	2.5	B	C
No.9	実施例	73.79	2.25	11.03	11.04	1.88	0.005	0.004	0.000	1.25	-	水アトマイズ	1.75	3.19	5.16	1.07	1.6	B	B
No.10	実施例	73.96	2.14	10.78	11.10	2.00	0.009	0.004	0.003	2.25	3.00	水アトマイズ	1.76	3.18	5.16	1.07	2.1	B	C
No.11	実施例	75.52	0.25	12.05	10.20	1.96	0.006	0.005	0.008	1.20	0.75	水アトマイズ	1.66	3.35	5.31	1.09	2.0	B	B
No.12	実施例	74.52	2.22	12.25	9.03	1.97	0.005	0.004	0.005	1.25	1.00	水アトマイズ	1.74	3.21	5.26	1.10	1.9	B	B
No.13	実施例	74.96	1.97	8.87	12.15	2.03	0.006	0.003	0.007	2.00	0.86	水アトマイズ	1.66	3.01	5.23	1.19	2.0	B	C
No.14	比較例	73.81	2.28	11.12	10.78	1.99	0.000	0.004	0.015	0.00	0.00	水アトマイズ	1.50	2.76	4.32	1.02	3.1	C	D
No.15	比較例	73.56	2.26	10.98	11.06	2.12	0.005	0.000	0.012	-	0.42	水アトマイズ	2.10	3.75	5.96	1.03	3.1	C	D
No.16	比較例	73.84	2.31	11.03	10.78	2.01	0.021	0.005	0.009	4.20	2.33	水アトマイズ	1.74	3.25	5.27	1.09	5.2	D	D
No.17	比較例	74.04	1.87	10.78	11.23	2.05	0.005	0.013	0.008	-	0.63	水アトマイズ	1.83	3.31	5.33	1.06	4.9	D	D
No.18	比較例	73.85	2.05	11.04	11.06	1.96	0.006	0.004	0.035	-	0.17	水アトマイズ	1.80	3.28	5.31	1.07	6.3	D	D

【0122】

10

20

30

40

50

【表 2】

表2

		アモルファス金属粒子の組成										アモルファス 金属粒子の 製造方法	軟磁性粉末および磁性素子の評価結果						
		Fe	Cr	Si	B	C	Al	Ti	Co	e/f	e/g		D10	D50	D90	(D90-D10) /D50	保磁力	透磁率	コアロス
			a	b	c	d	e	f	g				100kHz	Bm=50mT 1MHz					
サンプルNo.		原子%										μm	μm	μm	-	Oe	-	kW/m ³	
No.19	実施例	73.77	2.25	11.10	10.89	1.97	0.004	0.005	0.010	0.80	0.40	回転水流	13.31	24.20	39.60	1.09	1.0	A	A
No.20	実施例	73.64	2.35	10.75	11.25	1.99	0.007	0.004	0.006	1.75	1.17	回転水流	11.26	20.50	33.03	1.06	1.1	A	A
No.21	実施例	73.80	1.89	11.38	10.76	2.15	0.003	0.008	0.012	0.38	0.25	回転水流	19.30	35.20	57.12	1.07	1.2	A	B

10

【 0 1 2 3 】

表 1 および表 2 から明らかなように、実施例の軟磁性粉末では、比較例の軟磁性粉末に比べて低保磁力化が図られていた。また、実施例の軟磁性粉末を用いた磁性素子では、透磁率およびコアロスも良好であった。

【 0 1 2 4 】

なお、実施例および比較例の軟磁性粉末について、熱処理を施さなかった場合、保磁力は 8 . 0 [O e] 以上であった。したがって、本発明によれば、熱処理によって十分な低保磁力化が可能であり、かつ、高い透磁率を実現可能な軟磁性粉末を実現可能であることが明らかとなった。

20

【符号の説明】

【 0 1 2 5 】

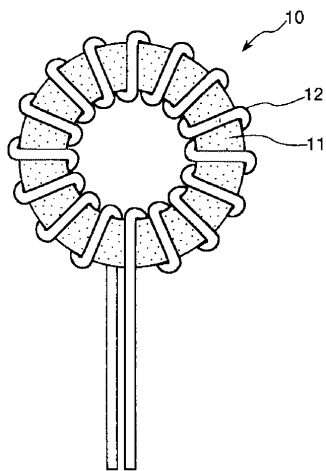
1 0 …コイル部品、1 1 …圧粉磁心、1 2 …導線、2 0 …コイル部品、2 1 …圧粉磁心、2 2 …導線、1 0 0 …表示部、1 0 0 0 …磁性素子、1 1 0 0 …パーソナルコンピューター、1 1 0 2 …キーボード、1 1 0 4 …本体部、1 1 0 6 …表示ユニット、1 2 0 0 …スマートフォン、1 2 0 2 …操作ボタン、1 2 0 4 …受話口、1 2 0 6 …送話口、1 3 0 0 …デジタルスチルカメラ、1 3 0 2 …ケース、1 3 0 4 …受光ユニット、1 3 0 6 …シャッターボタン、1 3 0 8 …メモリー、1 5 0 0 …自動車

30

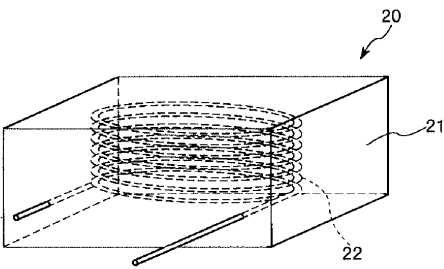
40

50

【図面】
【図 1】



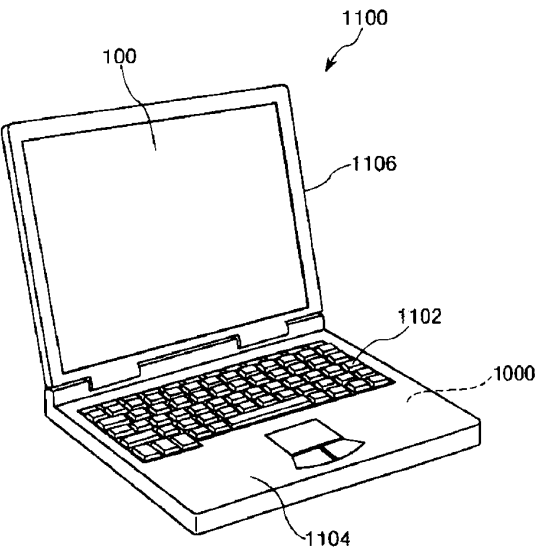
【図 2】



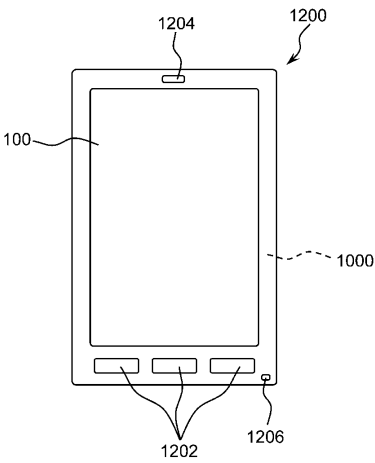
10

20

【図 3】



【図 4】

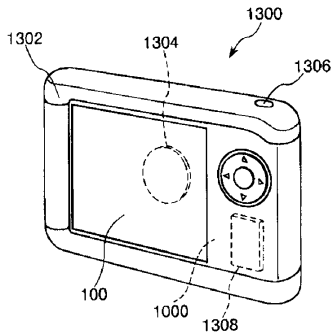


30

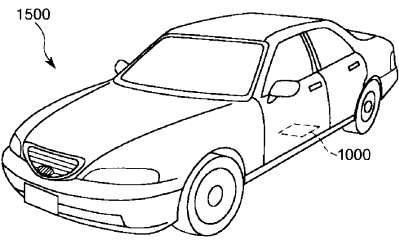
40

50

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

C 2 2 C 45/02 (2006.01)

F I

C 2 2 C 38/00

C 2 2 C 45/02

3 0 3 S

A

(56)参考文献

特開 2 0 1 4 - 1 6 7 1 3 7 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 0 1 2 6 9 9 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 0 0 7 1 0 0 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 1 1 8 3 4 8 (J P , A)

米国特許第 0 6 0 5 3 9 8 9 (U S , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 1 F 1 / 1 5 3

H 0 1 F 2 7 / 2 5 5

C 2 2 C 3 3 / 0 2

B 2 2 F 9 / 0 8

C 2 2 C 3 8 / 0 0

C 2 2 C 4 5 / 0 2