

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 6 部門第 4 区分
 【発行日】平成 19 年 12 月 13 日 (2007.12.13)

【公開番号】特開 2001-176034 (P2001-176034A)
 【公開日】平成 13 年 6 月 29 日 (2001.6.29)
 【出願番号】特願 2000-312489 (P2000-312489)
 【国際特許分類】

G 1 1 B 5/39 (2006.01)
H 0 1 F 41/22 (2006.01)
H 0 1 L 43/08 (2006.01)
H 0 1 L 43/12 (2006.01)
G 0 1 R 33/09 (2006.01)

【F I】

G 1 1 B 5/39
 H 0 1 F 41/22
 H 0 1 L 43/08 Z
 H 0 1 L 43/12
 G 0 1 R 33/06 R

【手続補正書】
 【提出日】平成 19 年 10 月 25 日 (2007.10.25)

【手続補正 1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0 0 2 2
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【0 0 2 2】

次に、DSMR 素子 10 に対して、約 250 °C から約 300 °C という範囲の高い温度（好ましくは約 280 °C）の下で、かつ、 $1000 \times 10^3 / 4$ [A / m]（から $2000 \times 10^3 / 4$ [A / m] という範囲の強い外部磁界下において、約 5 時間、第 1 の（最初の）磁気アニール工程を行う。

【手続補正 2】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0 0 2 6
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【0 0 2 6】

第 2 のアニール工程では、DSMR 素子 10 に対して、例えば、約 200 °C から約 260 °C という範囲の温度（好ましくは約 250 °C）の下で、 $100 \times 10^3 / 4$ [A / m] から $300 \times 10^3 / 4$ [A / m] という範囲の弱い外部磁界 (H_{ann})（好ましくは約 $250 \times 10^3 / 4$ [A / m]）を印加して、約 2 時間から約 5 時間の範囲の継続時間をもって、第 2 の磁気アニール処理を行う。

【手続補正 3】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0 0 3 3
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【0 0 3 3】

次に、SVMR 形素子 30 に対して、第 1 の（最初の）磁気アニール工程を行う。この

工程は、約 250°C から約 300°C という範囲の高い温度(好ましくは約 280°C)の下で、図 2 (A) の矢印で示した方向に約 $1000 \times 10^3 / 4$ [A/m] から約 $2000 \times 10^3 / 4$ [A/m] という範囲の強い外部磁界 (H_{ann1}) (好ましくは、約 $2000 \times 10^3 / 4$ [A/m]) を印加した状態で行う。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

第 2 のアニール工程では、上部 SVMR 構造 T と下部 SVMR 構造 B とを含む SVMR 形素子 30 に対して、弱い第 2 のアニール磁界 (H_{ann2}) の下で、第 2 の磁気アニール処理を行う。具体的には、例えば、約 200°C から約 260°C の範囲の温度(好ましくは、約 250°C)の下で、約 $100 \times 10^3 / 4$ [A/m] から約 $300 \times 10^3 / 4$ [A/m] の範囲の弱い外部アニール磁界 (H_{ann2}) (好ましくは約 $250 \times 10^3 / 4$ [A/m]) を印加して、SVMR 形素子 30 のアニール処理を行う。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0043】

図 3 は、下部 SVMR 構造 B (AFM/FM 構造) に対する上部 SVMR 構造 T (FM/AFM 構造) の熱安定性が第 2 の垂直なアニール磁界 (H_{ann2}) およびアニール温度にどのように依存するかを示す磁化安定領域境界 (the Boundary of the M-Stable Region) を表す図である。ここで、AFM/FM という表記は、反強磁性層 (AFM) の上に強磁性層 (FM) を積層した構造であることを意味し、FM/AFM という表記は、強磁性層 (FM) の上に反強磁性層 (AFM) を積層した構造であることを意味する。本明細書の他の箇所においても同様である。なお、この図 3 に示した例では、AFM/FM 構造として、Ta/MnPt (20nm)/CoFe (3nm)/Ta という積層構造を用い、FM/AFM 構造として、Cu/CoFe (3nm)/MnPt (20nm)/Ta という積層構造を用いた。括弧内の数字は膜厚を表す。これらの 2 つの試料は、最初に高温かつ強磁界 (例えば $280^{\circ}\text{C} \times 5\text{時間} \times 2000 \times 10^3 / 4$ [A/m]) でアニールされた。ここで、磁化安定領域境界は、アニール磁界および温度の値の各組合せごとに、12 時間アニールを行った後、試料の磁化固定方向を最初のアニール方向に対して 5 度回転させるようにして行った場合のものとして定義した。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0044】

図 4 は、温度 250°C , $2000 \times 10^3 / 4$ [A/m] の強磁界下で 5 時間アニールした後、交換結合 (exchange coupling) が完全に成立した NiFe (3nm)/CoFe (5nm)/MnPt (25nm)/Ta について、測定温度に対する交換磁界 H_{ex} を表したものである。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0045】

図5は、弱磁界 ($30 \times 10^3 / 4$ [A/m]) の存在下で、第2の反強磁性層 (S V M R 形素子30における第2の反強磁性層 A F M B に相当) を 250°C で5時間アニールした後の Ni Fe (3 nm) / Co Fe (5 nm) / Mn Pt (25 nm) / Ta について、測定温度に対する交換磁界 H_{ex} を表したものである。この条件下では、隣接する第1の反強磁性層 (既に形成されている第1の反強磁性層 A F M A に相当) に対する影響はなかった。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0046】

図6～図10は、Ni Fe / Ni Mn についての5通りの異なる M - H (Magnetization-Magnetic Field; 磁化 - 磁界) ループを表すものである。このうち、図6は、Ni Fe (11 nm) / Ni Mn (30 nm) / Ta という積層構造のサンプルを、温度 300°C , $2000 \times 10^3 / 4$ [A/m] の磁界下で5時間アニールしたときの M - H ループを表す。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0047】

図7は、Ni Fe (11 nm) / Ni Mn (30 nm) / Ta という積層構造のサンプルを、温度 260°C , $260 \times 10^3 / 4$ [A/m] の弱い外部磁界下で1時間アニールした場合の M - H ループを表す。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0048】

図8は、Ni Fe (11 nm) / Ni Mn (30 nm) / Ta という積層構造のサンプルを、最初に図6に示した条件でアニールしたのち、アニール磁界方向を最初の逆にして、温度 260°C , $260 \times 10^3 / 4$ [A/m] の弱い外部磁界下で1時間再アニールした場合の M - H ループを表す。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0049】

図9は、Ni Fe (11 nm) / Ni Mn (30 nm) / Ta という積層構造のサンプルを、図6および図8に示した条件でアニールしたのち、外部磁界を印加せずに温度 280°C で3時間再アニールした場合の M - H ループを表す。この図9から、低下した交換磁界 H_{ex} (図8参照) が回復していることが分かる。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0050

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0050】

図10は、 $\text{NiFe}(\underline{11\text{nm}})/\text{NiMn}(\underline{30\text{nm}})/\text{Ta}$ という積層構造のサンプルを、図7に示したようにアニールしたのち、外部磁界を印加せずに温度 280°C で3時間再アニールした場合のM-Hループを表す。この図10から分かるように、交換磁界 H_{ex} (図8参照)の強度はさらに向上している。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図4】

強磁界下でアニールされ、その後交換結合が完全に成立した $\text{NiFe}(\underline{3\text{nm}})/\text{CoFe}(\underline{5\text{nm}})/\text{MnPt}(\underline{25\text{nm}})/\text{Ta}$ について、測定温度に対する交換磁界 H_{ex} を表す図である。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図5】

隣接する第1の反強磁性層に影響を及ぼさない弱磁界の存在下で第2の反強磁性層をアニールした後の $\text{NiFe}(\underline{3\text{nm}})/\text{CoFe}(\underline{5\text{nm}})/\text{MnPt}(\underline{25\text{nm}})/\text{Ta}$ について、測定温度に対する磁界 H_{ex} を表す図である。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図6】

2000Oe で5時間、 300°C でアニールされた $\text{NiFe}(\underline{11\text{nm}})/\text{NiMn}(\underline{30\text{nm}})/\text{Ta}$ について、M-Hループを表す図である。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図7】

$260 \times 10^3 / 4 [\text{A/m}]$ の弱い外部磁界下で1時間、 260°C でアニールされた $\text{NiFe}(\underline{11\text{nm}})/\text{NiMn}(\underline{30\text{nm}})/\text{Ta}$ 試料について、M-Hループを表す図である。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図8】

最初に図6に示した条件でアニールされ、次に反対のアニール方向で弱い外部磁界下で

再アニールされた $\text{NiFe} (11 \text{ nm}) / \text{NiMn} (30 \text{ nm}) / \text{Ta}$ について、M - H ループを表す図である。

【手続補正 18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 9】

図 6 および図 8 に示した条件でアニールし、次に外部磁界を印加せずに再アニールした後の $\text{NiFe} (11 \text{ nm}) / \text{NiMn} (30 \text{ nm}) / \text{Ta}$ 試料について、M - H ループを表す図である。

【手続補正 19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図 10

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 10】

図 7 に示したようにアニールし、次に外部磁界を印加せずに再アニールした後の $\text{NiFe} (11 \text{ nm}) / \text{NiMn} (30 \text{ nm}) / \text{Ta}$ について、M - H ループを表す図である。

【手続補正 20】

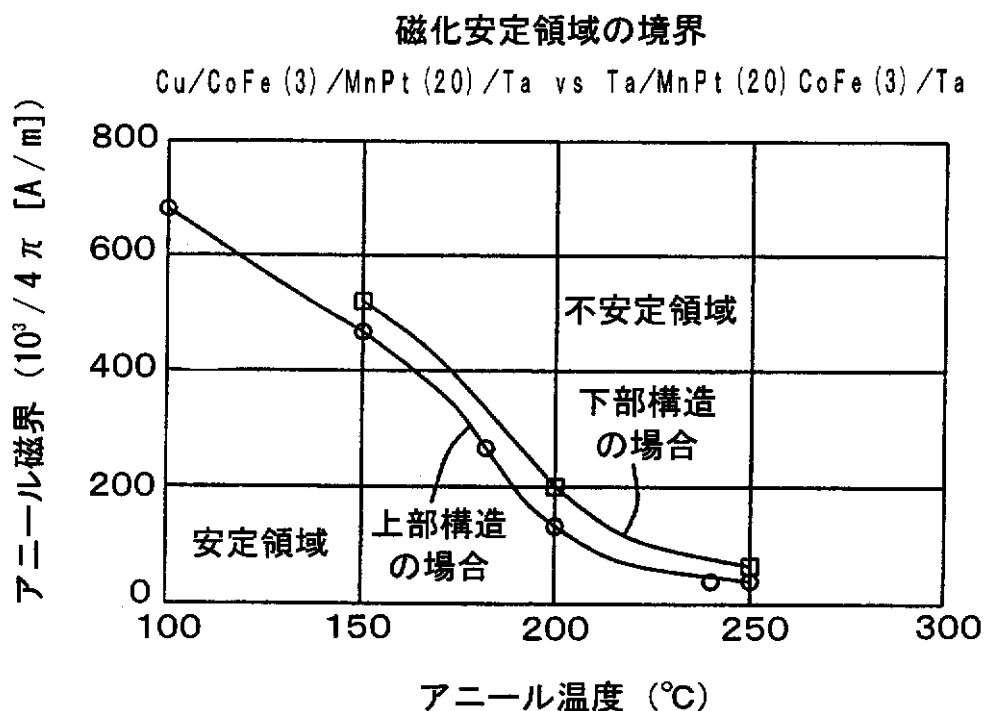
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 3】



【手続補正 21】

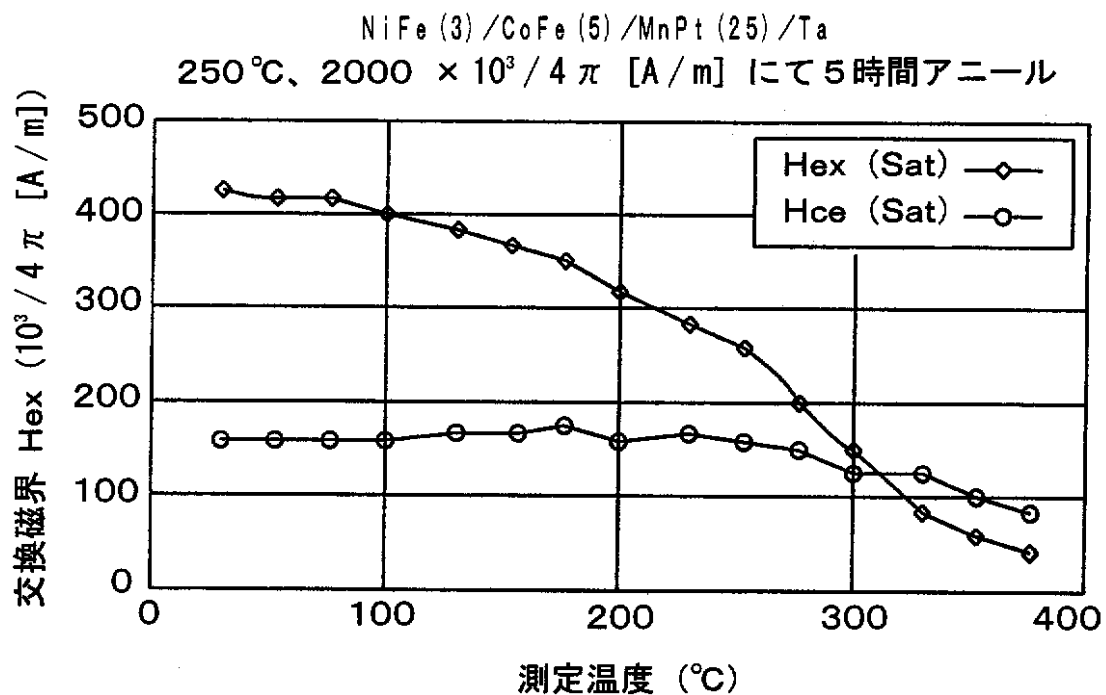
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 4】



【手続補正 2 2】

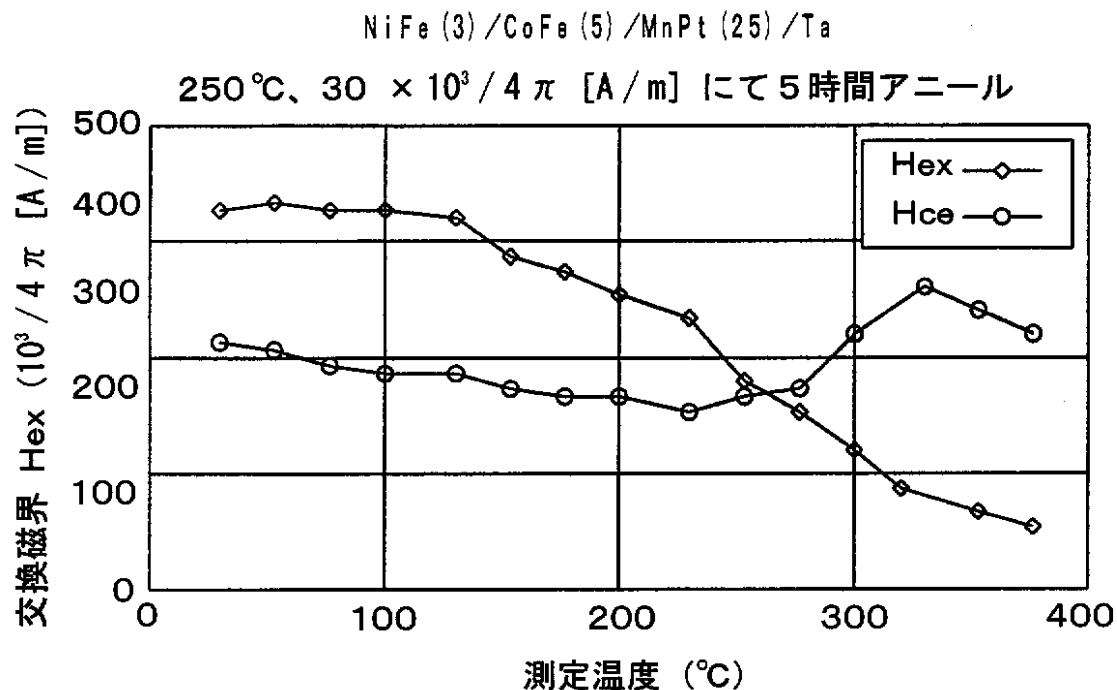
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 5】



【手続補正 2 3】

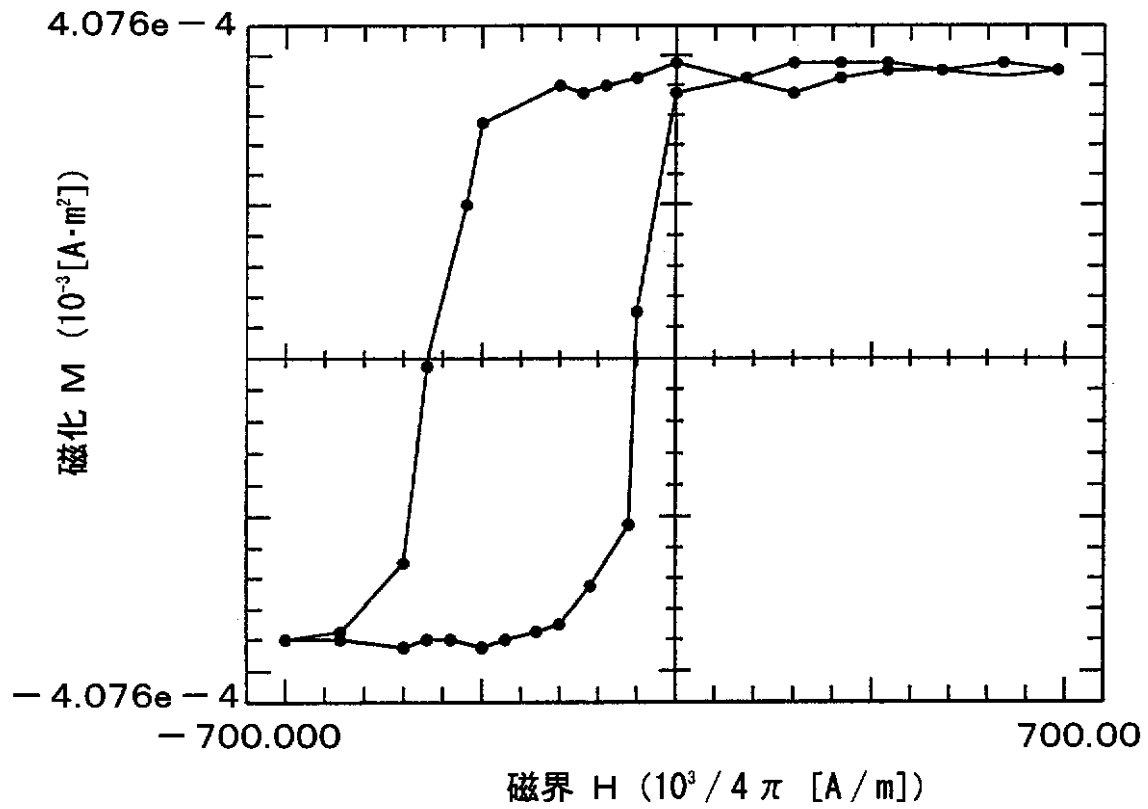
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 6】



【手続補正 2 4】

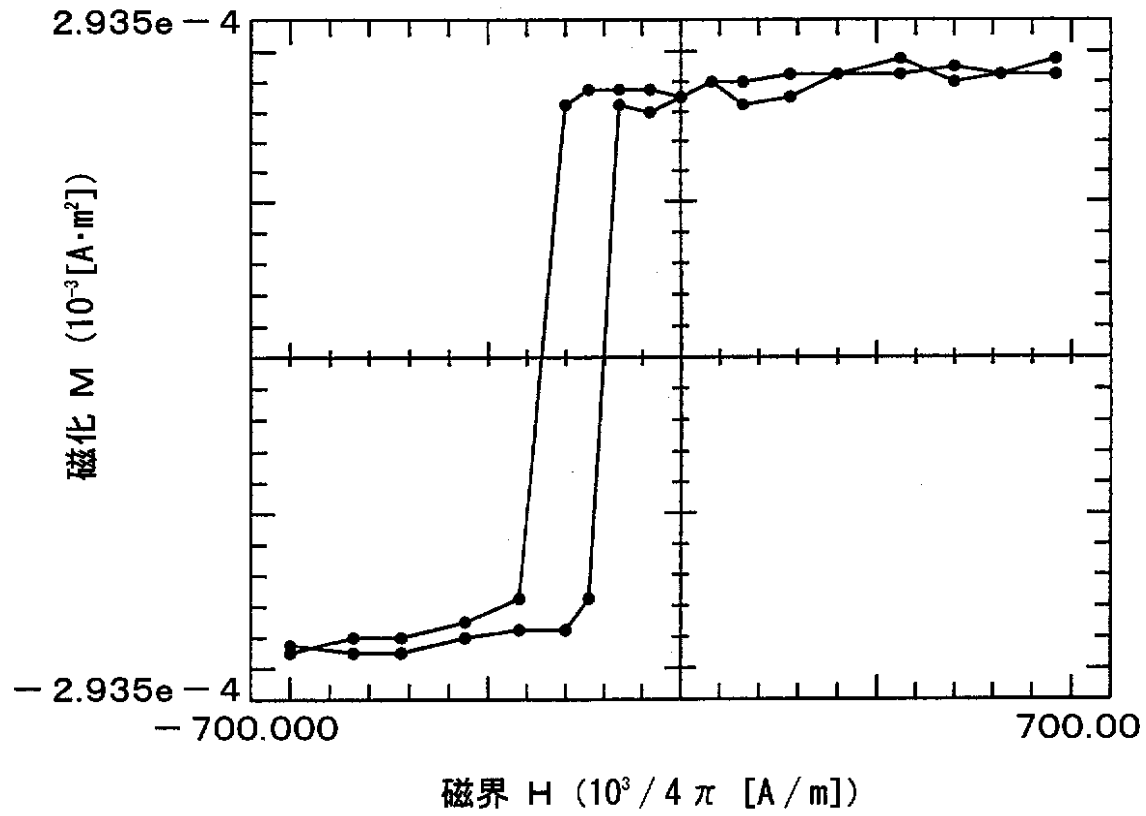
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 7】



【手続補正 2 5】

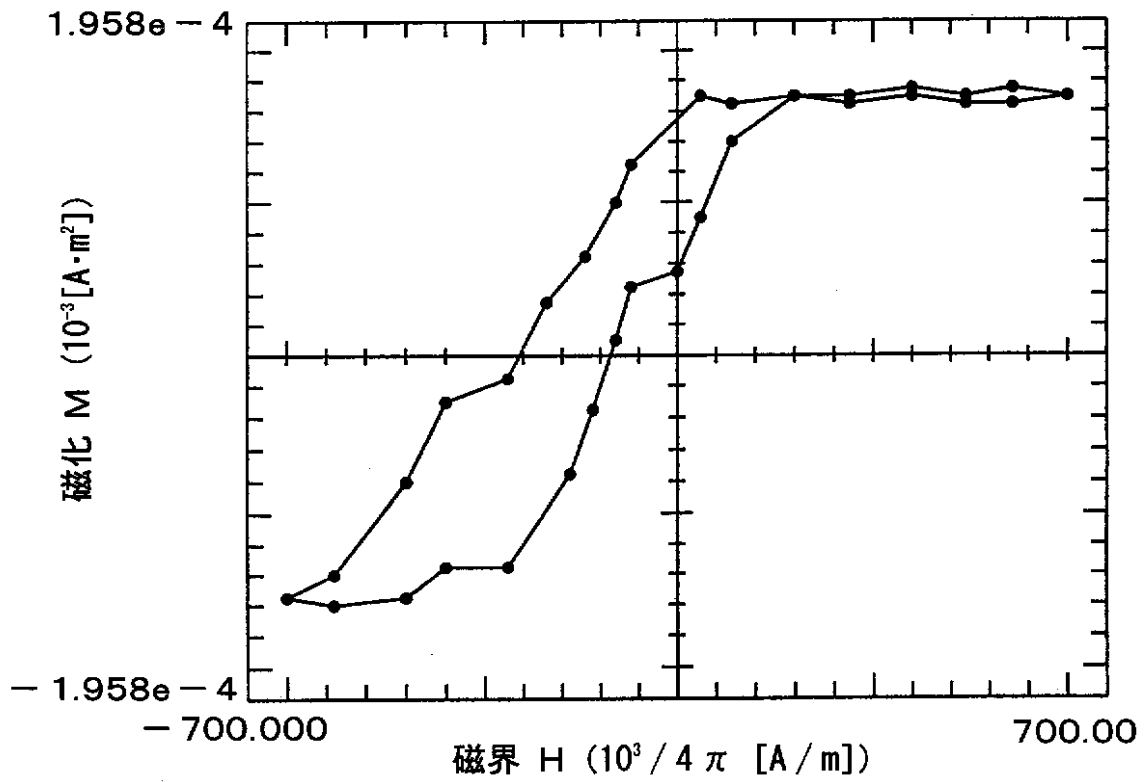
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 8 】



【 手続補正 2 6 】

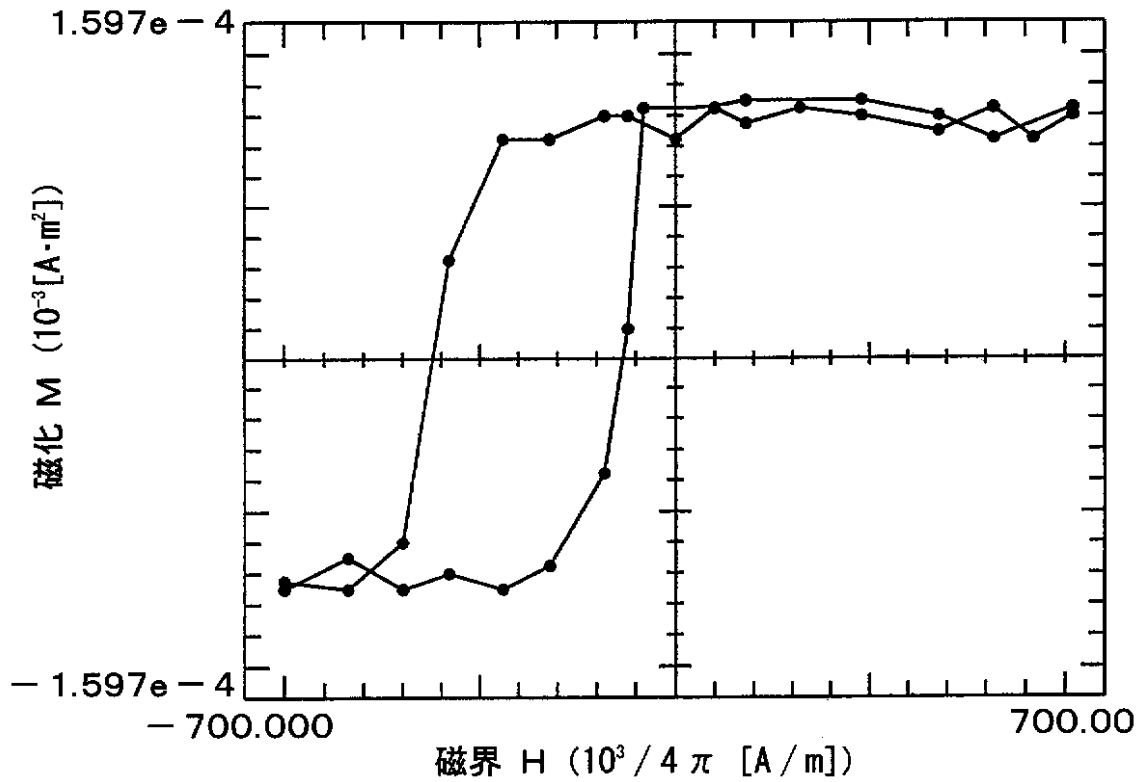
【 補正対象書類名 】 図面

【 補正対象項目名 】 図 9

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【図 9】



【手続補正 27】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 10

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 10】

