

【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】

<b>G 11 B</b>	<b>5/39</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>H 01 F</b>	<b>41/22</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>H 01 L</b>	<b>43/08</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>H 01 L</b>	<b>43/12</b>	<b>(2006.01)</b>
<b>G 01 R</b>	<b>33/09</b>	<b>(2006.01)</b>

【F I】

G 11 B	5/39	
H 01 F	41/22	
H 01 L	43/08	Z
H 01 L	43/12	
G 01 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】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

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、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】0026

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0026】

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、約 $100 \times 10^3 / 4$  [A/m]から約 $300 \times 10^3 / 4$  [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】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

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 (20 nm) / CoFe (3 nm) / Ta という積層構造を用い、FM / AFM 構造として、Cu / CoFe (3 nm) / MnPt (20 nm) / 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 °C × 5 時間 ×  $2000 \times 10^3 / 4$  [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 (3 nm) / CoFe (5 nm) / MnPt (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。

#### 【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(SVMR形素子30における第2の反強磁性層AFMBに相当)を $250^\circ\text{C}$ で5時間アニールした後の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。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AFMA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、NiFe/NiMn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、NiFe(11nm)/NiMn(30nm)/Taという積層構造のサンプルを、温度 $300^\circ\text{C}$ ,  $2000 \times 10^3 / 4$  [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、NiFe(11nm)/NiMn(30nm)/Taという積層構造のサンプルを、温度 $260^\circ\text{C}$ ,  $260 \times 10^3 / 4$  [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、NiFe(11nm)/NiMn(30nm)/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 $260^\circ\text{C}$ ,  $260 \times 10^3 / 4$  [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、NiFe(11nm)/NiMn(30nm)/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 $280^\circ\text{C}$ 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、NiFe(11nm) / NiMn(30nm) / 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NiFe(3nm) / CoFe(5nm) / MnPt(25nm) / 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NiFe(11nm) / NiMn(30nm) / 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】

260×10<sup>3</sup>/4[A/m]の弱い外部磁界下で1時間、260°CでアニールされたNiFe(11nm) / NiMn(30nm) / 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 NiFe (11 nm) / NiMn (30 nm) / 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 NiFe (11 nm) / NiMn (30 nm) / 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 NiFe (11 nm) / NiMn (30 nm) / 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

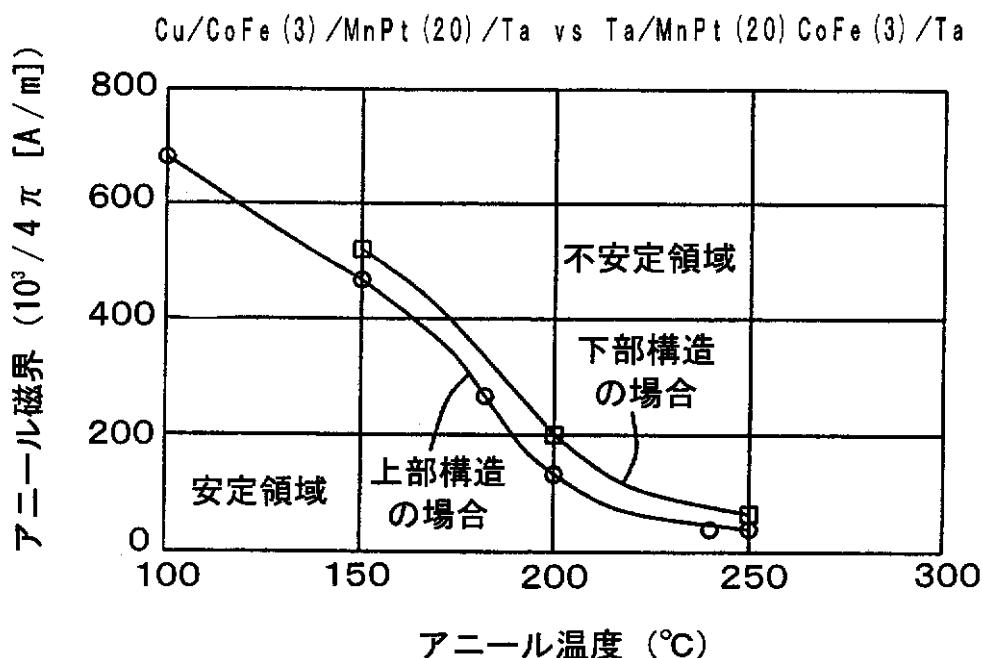
【補正対象項目名】図 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 3】

### 磁化安定領域の境界



【手続補正 21】

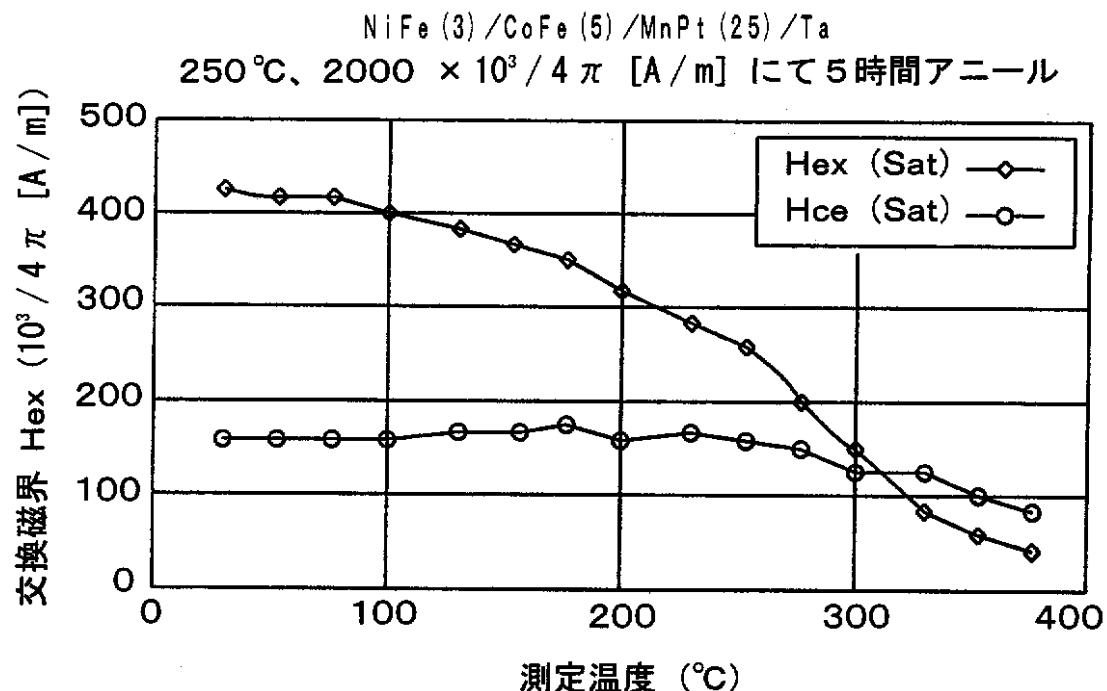
【補正対象書類名】図面

【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22】

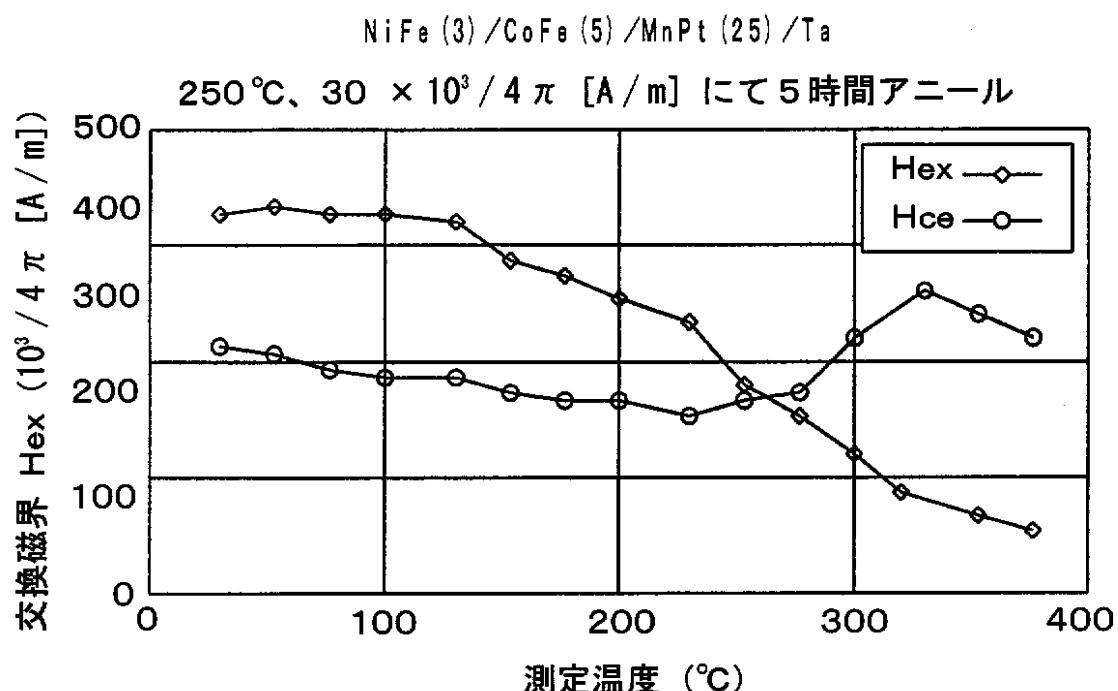
【補正対象書類名】図面

【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23】

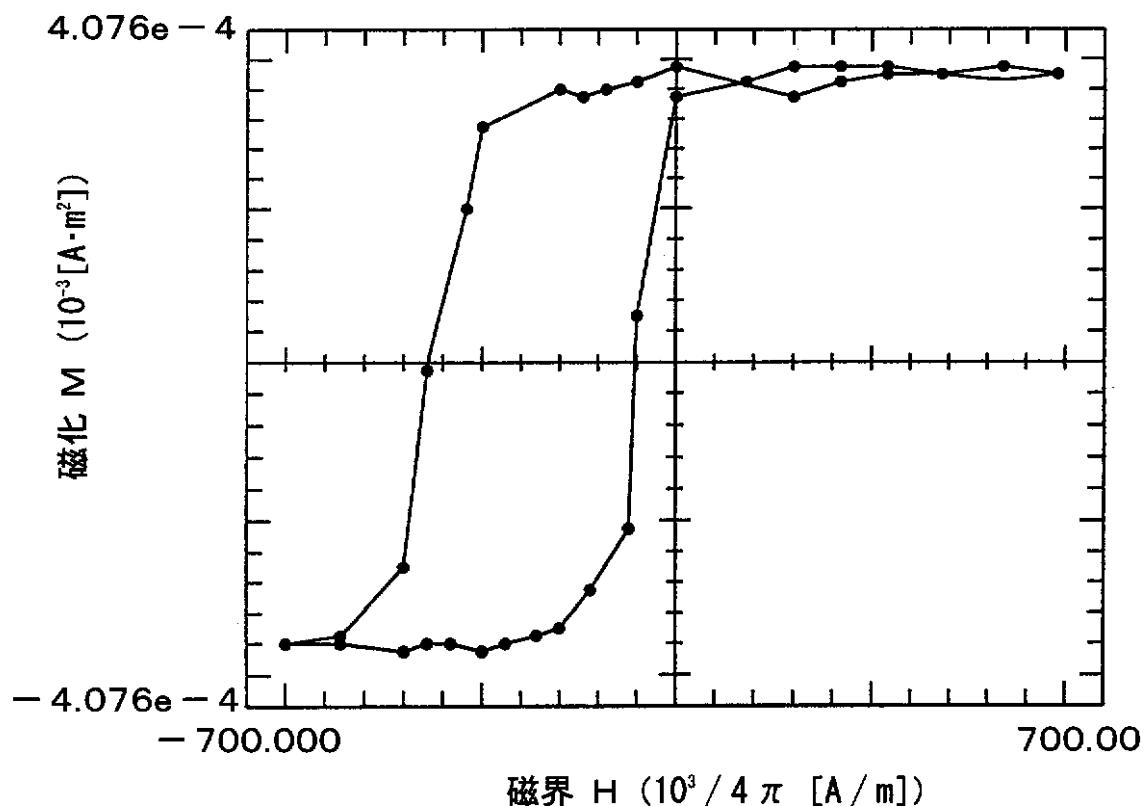
【補正対象書類名】図面

【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】

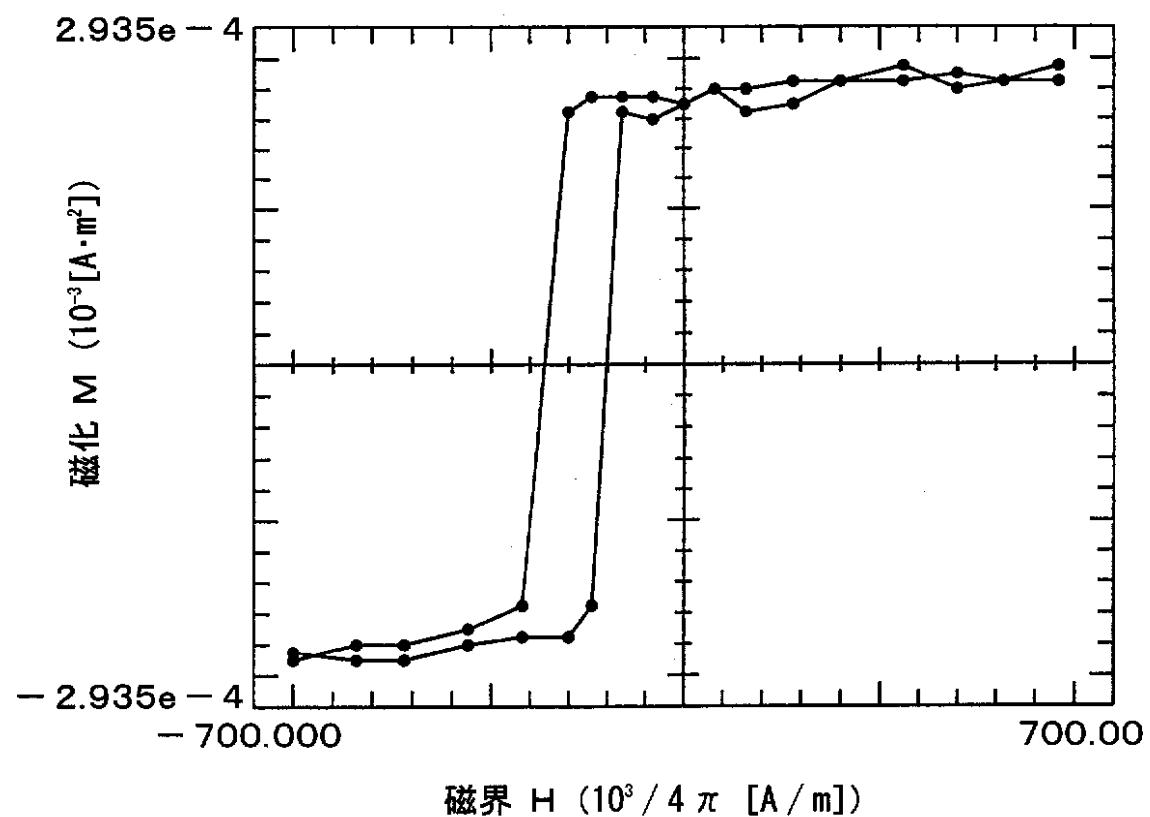
【補正対象書類名】図面

【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】

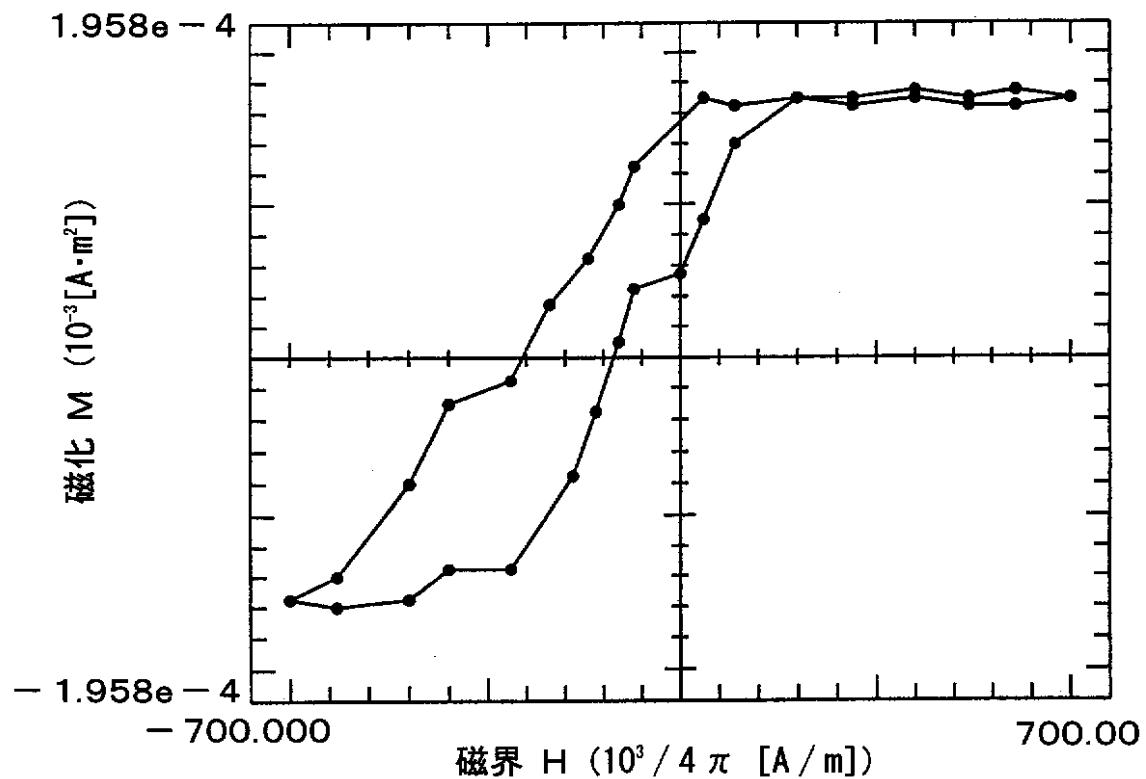
【補正対象書類名】図面

【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】

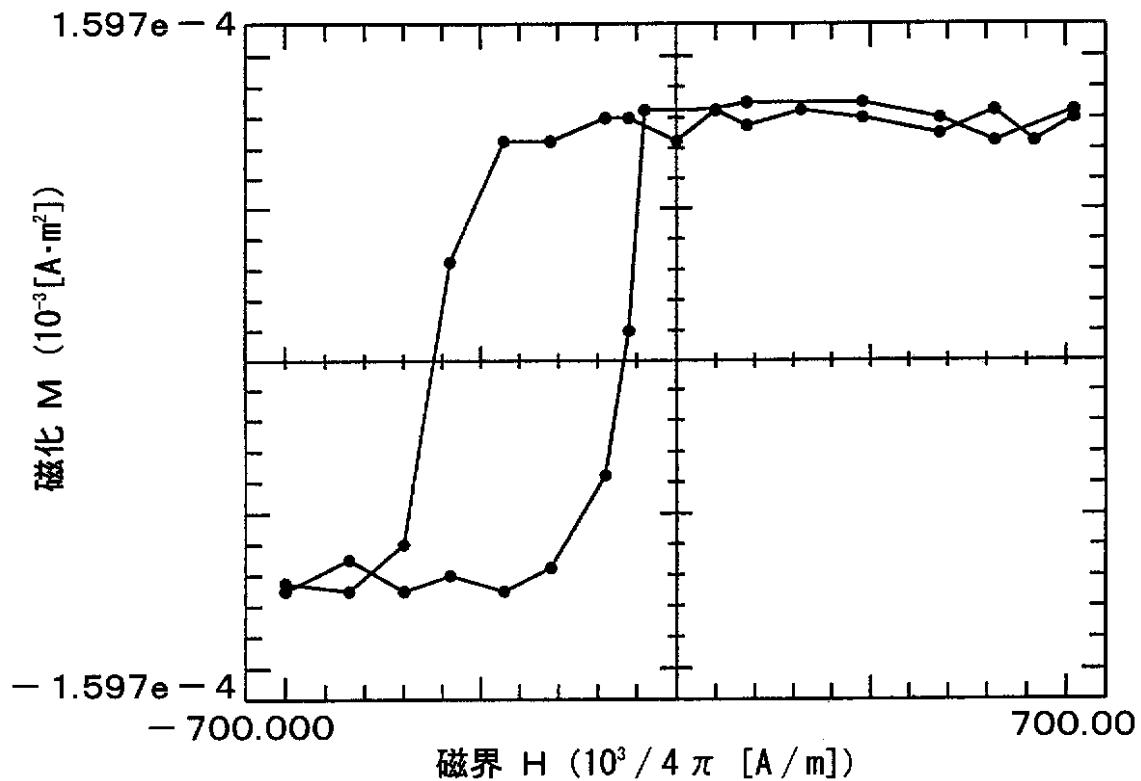
【補正対象書類名】図面

【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 2 7】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 0】

