

(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
2016年9月9日(09.09.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/139878 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 43/08 (2006.01) H01L 27/105 (2006.01)
G11B 5/39 (2006.01) H01L 29/82 (2006.01)
H01F 10/32 (2006.01) H01L 43/10 (2006.01)
H01L 21/8246 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/000229
- (22) 国際出願日: 2016年1月18日(18.01.2016)
- (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 2015-044064 2015年3月5日(05.03.2015) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山根 一陽 (YAMANE, Kazutaka); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 内田 裕行 (UCHIDA, Hiroyuki); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 肥後 豊 (HIGO, Yutaka); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 大森 広之 (OHMORI, Hiroyuki); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 別

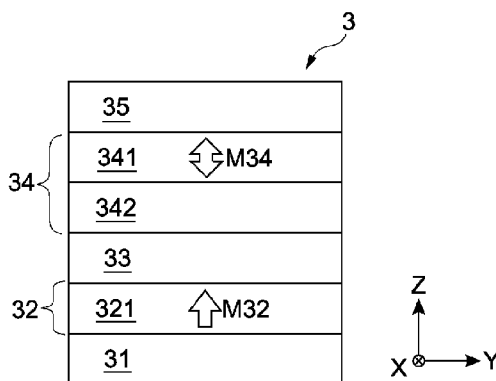
所 和宏 (BESSHO, Kazuhiro); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 細見 政功 (HOSOMI, Masanori); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 大森 純一 (OMORI, Junichi); 〒1070052 東京都港区赤坂7-5-47 U&M赤坂ビル2F 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: STORAGE ELEMENT, STORAGE DEVICE, MAGNETIC HEAD, AND ELECTRONIC INSTRUMENT

(54) 発明の名称: 記憶素子、記憶装置、磁気ヘッド、及び電子機器



(57) Abstract: [Problem] To provide a storage element having both high information holding characteristics and low power consumption. [Solution] The storage element comprises a fixed layer, a storage layer, an intermediate layer, and a heating layer. The fixed layer comprises a first ferromagnetic layer having a fixed orthogonal magnetization. The storage layer comprises a second ferromagnetic layer having an orthogonal magnetization that can be inverted by spin injection. The intermediate layer, which comprises an insulating body, is disposed between the storage layer and the fixed layer. The heating layer, which comprises a resistive heating body, is disposed on at least one among the storage layer and the fixed layer. This configuration allows the provision of a storage element having both high information holding characteristics and low power consumption.

(57) 要約: 【課題】高い情報保持特性と低い消費電力とを兼ね備える記憶素子を提供する。【解決手段】記憶素子は、固定層と、記憶層と、中間層と、発熱層と、を具備する。上記固定層は、固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む。上記記憶層は、スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む。上記中間層は、絶縁体からなり、上記記憶層と上記固定層との間に配置されている。上記発熱層は、抵抗発熱体からなり、上記記憶層及び上記固定層の少なくとも一方に配置されている。この構成により、高い情報保持特性と低い消費電力とを兼ね備える記憶素子を提供することができる。



WO 2016/139878 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 記憶素子、記憶装置、磁気ヘッド、及び電子機器
技術分野

[0001] 本技術は、スピントルク磁化反転を利用して記録を行う記憶素子、記憶装置、磁気ヘッド、及び電子機器に関する。

背景技術

[0002] コンピュータ等の各種の電子機器では、記憶装置として、動作が高速で高密度に情報を記録可能なDRAM (Dynamic Random Access Memory) が広く用いられている。しかし、近年では、様々な分野において、電源を切ると記録された情報が消えてしまう揮発性メモリであるDRAMに代えて、電源を切っても記録された情報が保持される不揮発性メモリが利用されるようになってきている。

[0003] 高速で記録可能な不揮発性メモリとして、MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory) が知られている。MRAMとしては、巨大磁気抵抗 (GMR: Giant Magnetoresistive) 素子を利用した構成や、トンネル接合 (MTJ: Magnetic Tunnel Junction) 素子を利用した構成が知られている。

[0004] MTJ素子を利用したMRAMは、STT (Spin Transfer Torque) -MRAMと呼ばれている。STT-MRAMは、GMR素子を利用したMRAMよりも高い磁気抵抗変化率 (MR比) を有するため、高強度の読み出し信号を生成可能である。STT-MRAMに関する技術が、例えば、特許文献1～4及び非特許文献1～4に開示されている。

[0005] STT-MRAMの記録方式には、MTJ素子における磁化の方向が相互に異なる面内磁化方式及び垂直磁化方式が存在する。近年では、より小型化及び大容量化が可能な垂直磁化方式のSTT-MRAMが注目されている。垂直磁化方式のSTT-MRAMの記録動作では、各MTJ素子に電流を流

すことでスピン注入を行うことにより、MTJ素子中の記憶層の垂直磁化を反転させる。STT-MRAMでは、各MTJ素子における垂直磁化の向きにより二値情報（典型的には「0」及び「1」）の記録が可能である。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2003-17782号公報
特許文献2：米国特許第6256223号明細書
特許文献3：米国特許出願公開第2005/0184839A1号明細書
特許文献4：特開2008-227388号公報

非特許文献

- [0007] 非特許文献1：PHYs. Rev. B, 54, 9353 (1996)
非特許文献2：J. Magn. Mat., 159, L1 (1996)
非特許文献3：F. J. Albert et al., Appl. Ph. Lett., 77, 3809 (2000)
非特許文献4：Nature Materials., 5, 210 (2006)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] 垂直磁化方式のSTT-MRAMでは、MTJ素子における垂直磁化の安定性が高いほど、記録された情報をより安定して保持可能な高い情報保持特性が得られる。この一方で、MTJ素子における垂直磁化の安定性が高いほど、垂直磁化が反転しにくくなるため、記録動作時に垂直磁化を反転させるために大きな電流が必要となる。このように、STT-MRAMでは、情報保持特性と消費電力とが相互にトレードオフの関係にあり、これらを両立可能な技術が望まれる。
- [0009] 以上のような事情に鑑み、本技術の目的は、高い情報保持特性と低い消費電力とを兼ね備える記憶素子、記憶装置、磁気ヘッド、及び電子機器を提供

することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 以上の目的を達成するため、本技術の一形態に係る記憶素子は、固定層と、記憶層と、中間層と、発熱層と、を具備する。

上記固定層は、固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む。

上記記憶層は、スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む。

上記中間層は、絶縁体からなり、上記記憶層と上記固定層との間に配置されている。

上記発熱層は、抵抗発熱体からなり、上記記憶層及び上記固定層の少なくとも一方に配置されている。

[0011] この構成の記憶素子では、記録動作時のスピン注入により、抵抗発熱体からなる発熱層に電流が流れてジュール熱が発生するため、記憶層の第2強磁性体層が温度上昇する。したがって、記録動作の瞬間のみ、第2強磁性体層が温度上昇することにより、第2強磁性体層の垂直磁化の安定性が低下し、第2強磁性体層の垂直磁化が反転しやすくなる。これにより、当該記憶素子では、低消費電力での記録動作が可能となる。

この一方で、当該記憶素子では、記録動作後に、記憶層の第2強磁性体層が環境温度（典型的には室温）に戻り、第2強磁性体層の垂直磁化の安定性が高い状態に戻る。つまり、第2強磁性体層の垂直磁化の安定性は、記録動作時に一瞬低下するものの、それ以外のときには高い状態に維持される。したがって、当該記憶素子では、高い情報保持特性が得られる。

このように、この記憶素子では、高い情報保持特性と低い消費電力との両立が可能である。

[0012] 更に、当該記憶素子は、当該記憶素子を備える記憶装置の製造プロセスや、当該記憶装置の各種電子機器への実装プロセスなどにおいて加わる熱負荷の影響を受けにくい。つまり、当該記憶素子では、抵抗発熱体からなる発熱層の有する耐熱性によって、固定層の第1強磁性体層が有する垂直磁化や、

記憶層の第2強磁性体層が有する垂直磁化に対する熱負荷の影響が抑制される。したがって、当該記憶素子では、第1強磁性体層や第2強磁性体層の垂直磁気異方性が損なわれにくいため、高い記録性能が確保される。

[0013] 上記発熱層は、少なくとも上記記憶層に配置されていてもよい。

この構成の記憶素子では、発熱層が第2強磁性体層の近くに存在するため、記録動作時に第2強磁性体層が温度上昇しやすく、より低消費電力での記録動作が可能となる。

[0014] 上記発熱層は、上記第1強磁性体層又は上記第2強磁性体層に隣接していてもよい。

この構成の記憶素子では、第1強磁性体層及び第2強磁性体層に隣接する発熱層の有する耐熱性によって、第1強磁性体層及び第2強磁性体層の垂直磁化に対する熱負荷の影響がより効果的に抑制される。また、発熱層が第2強磁性体層に隣接する場合には、記録動作時に第2強磁性体層がより温度上昇しやすくなるため、更に低消費電力での記録動作が可能となる。

[0015] 上記抵抗発熱体は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、単体炭素、及び単体ホウ素の少なくとも1つから構成され、20℃において1Ωm以上1×10⁴Ωm以下の電気抵抗率を有していてもよい。

上記発熱層の厚さは、0.2nm以上2.0nm以下であってもよい。

このような抵抗発熱体からなる発熱層では、より効果的にジュール熱を発生させることができるとともに、第1強磁性体層及び第2強磁性体層の垂直磁気異方性を維持する効果がより良好に得られる。

[0016] 上記第1強磁性体層及び上記第2強磁性体層は、Co, Fe, Niの少なくとも1つを主成分とする金属、又はCo, Fe, Niの少なくとも1つとBとを含むホウ素合金によって形成されていてもよい。

上記第1強磁性体層及び上記第2強磁性体層は、V, Cr, Nb, Mo, Ta, W, Hf, Zr, Ti, Ruの少なくとも1つを副成分とする材料によって形成されていてもよい。

これらの構成の記憶素子では、固定層の第1強磁性体層及び記憶層の第2

強磁性体層に良好な垂直磁化を形成することが可能となり、高い記録性能が得られる。

[0017] 上記固定層は、2層の第1強磁性層と、当該2層の第1強磁性層の間に配置された非磁性体層と、を更に含んでもよい。

上記2層の第1強磁性体層のうち少なくとも一方は、Co, Fe, Niの少なくとも1つと、Pt, Pd, Rh, Niの少なくとも1つと、を主成分とする材料によって形成されていてもよい。

上記2層の第1強磁性体層の一方は、Co, Fe, Niの少なくとも1つと、Pt, Pd, Rh, Niの少なくとも1つと、を主成分とする材料によって形成され、上記2層の第1強磁性体層の他方は、Co, Fe, Niの少なくとも1つを主成分とする金属、又はCo, Fe, Niの少なくとも1つとBとを含むホウ素合金によって形成されていてもよい。

この構成の記憶素子では、固定層をいわゆる積層フェリ構造とすることにより、固定層における漏れ磁場を抑制することができるため、記憶層に漏れ磁場の影響が及ぶことを防止することができる

[0018] 上記絶縁体はMgOから構成されていてもよい。

この構成の記憶素子では、磁気抵抗変化率(MR比)が増大するため、低消費電力での記録動作が可能となる。

[0019] 上記記憶素子は、上記記憶層に対して、上記中間層とは反対側に隣接するキャップ層を更に具備していてもよい。

上記キャップ層は、Hf, Ta, W, Zr, Nb, Mo, Ti, Mg, V, Cr, Ru, Rh, Pd, Ptのいずれか1つを主成分とする金属層を含んでいてもよい。

上記キャップ層は、MgO, Al₂O₃, SiO₂のいずれか1つを主成分とする酸化物層を更に含んでいてもよい。

この構成の記憶素子では、記憶層をキャップ層で覆うことにより、記憶層の酸化を防止することができる。

[0020] 上記記憶素子は、上記固定層に対して、上記中間層とは反対側に隣接する

下地層を更に具備していてもよい。

上記下地層は、Ta, Ti, Cu, TiN, TaN, NiCr, NiFeCr, Ru, Ptのいずれか1つを主成分とする複数の層を含んでいてもよい。

この構成の記憶素子では、下地層を電極として機能させることが可能であるととも、下地層に隣接する固定層の結晶を制御することが可能となる。

[0021] 本技術の一形態に係る記憶装置は、複数の記憶素子と、上記複数の記憶素子のそれぞれに電流を供給可能に構成された配線部と、を具備する。

上記複数の記憶素子は、固定層と、記憶層と、中間層と、発熱層と、を具備する。

上記固定層は、固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む。

上記記憶層は、スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む。

上記中間層は、絶縁体からなり、上記記憶層と上記固定層との間に配置されている。

上記発熱層は、抵抗発熱体からなり、上記記憶層及び上記固定層の少なくとも一方に配置されている。

[0022] 本技術の一形態に係る磁気ヘッドは、固定層と、記憶層と、中間層と、発熱層と、を有する磁気素子を具備する。

上記固定層は、固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む。

上記記憶層は、スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む。

上記中間層は、絶縁体からなり、上記記憶層と上記固定層との間に配置されている。

上記発熱層は、抵抗発熱体からなり、上記記憶層及び上記固定層の少なくとも一方に配置されている。

[0023] 本技術の一形態に係る電子機器は、複数の記憶素子を有する記憶部と、上記記憶部にアクセス可能に構成された制御部と、を具備する。

上記複数の記憶素子は、固定層と、記憶層と、中間層と、発熱層と、を具備する。

上記固定層は、固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む。

上記記憶層は、スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む。

上記中間層は、絶縁体からなり、上記記憶層と上記固定層との間に配置されている。

上記発熱層は、抵抗発熱体からなり、上記記憶層及び上記固定層の少なくとも一方に配置されている。

発明の効果

[0024] 以上のように、本技術によれば、高い情報保持特性と低い消費電力とを兼ね備える記憶素子、記憶装置、磁気ヘッド、及び電子機器を提供することができる。

なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本技術の一実施形態に係る記憶装置を模式的に示す斜視図である。

[図2]上記記憶装置の図1のA-A'線に沿った断面図である。

[図3]上記記憶装置の記憶素子を模式的に示す断面図である。

[図4]上記記憶素子の変形例を模式的に示す断面図である。

[図5]上記記憶素子の記憶層の変形例を模式的に示す断面図である。

[図6]上記記憶素子の固定層の変形例を模式的に示す断面図である。

[図7]上記記憶素子の変形例を模式的に示す断面図である。

[図8]上記記憶素子の記憶層を評価するためのサンプルを模式的に示す断面図である。

[図9]上記記憶素子の記憶層の磁気特性の測定結果を示す図である。

[図10]比較例に係る記憶層の磁気特性の測定結果を示す図である。

[図11]上記記憶素子の情報保持特性及び情報書き込み電流密度を評価するた

めのサンプルを模式的に示す断面図である。

[図12]上記記憶装置を具備する磁気ヘッドを模式的に示す図である。

[図13]上記記憶装置を具備する電子機器の概略構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本技術に係る一実施形態を、図面を参照しながら説明する。

図面には、適宜相互に直交するX軸、Y軸、及びZ軸が示されている。X軸、Y軸、及びZ軸は全図において共通である。

[0027] [記憶装置の概略構成]

図1は、本技術の一実施形態に係る記憶装置20の概略構成を示す斜視図である。図2は、記憶装置20の図1のA-A'線に沿った断面図である。

[0028] 記憶装置20は、X軸方向に延びるワード線としてのゲート線1と、Y軸方向に延びるビット線6と、記憶素子3と、を具備する。ゲート線1及びビット線6は、互いに直交する2種類のアドレス線（配線部）を構成する。ビット線6はゲート線1のZ軸方向上方に設けられている。

[0029] 記憶素子3は、ゲート線1とビット線6との間に、ゲート線1とビット線6との交差位置に対応してそれぞれ配置されている。記憶素子3は、垂直磁化の向きにより情報を保持することができる垂直磁化方式のSTT-MRAM (Spin Transfer Torque based Magnetic Random Access Memory) を構成する。

[0030] 記憶装置20は、ゲート線1を保持する半導体基体10を有する。半導体基体10には、素子分離領域2と、ソース領域7と、ドレイン領域8と、が設けられている。素子分離領域2は、記憶装置20における各メモリセルを画定する。ソース領域7及びドレイン領域8は、ゲート線1とともに、各記憶素子3を選択するための選択トランジスタを構成する。また、半導体基体10には、ドレイン領域8上をX軸方向に延びる配線9が設けられている。

[0031] 記憶装置20には、Z軸方向に柱状に延びる複数のコンタクト4が設けられている。コンタクト4は、導電性材料によって形成され、例えば、銅によ

って形成されている。記憶素子3は、コンタクト4を介して半導体基体10のソース領域7に接続され、またコンタクト4を介してビット線6に接続されている。配線9は、コンタクト4を介してドレイン領域8に接続されている。

[0032] 記憶装置20の記録動作では、記憶素子3に対するスピン注入によって、記憶素子3の垂直磁化を反転させる。記憶素子3に対するスピン注入は、ゲート線1及びビット線6の間に電圧を印加し、記憶素子3に電流を流すことにより行う。記憶装置20では、上記の選択トランジスタによって、任意のゲート線1及びビット線6の間に電圧を印加することができ、ゲート線1及びビット線6の組み合わせに応じて任意の記憶素子3にスピン注入を行うことができる。

[0033] なお、選択トランジスタは飽和電流以下において動作可能であるため、記憶装置20における記録動作では選択トランジスタの飽和電流以下でスピン注入を行う必要がある。しかし、その詳細は後述するが、本実施形態に係る記憶装置20では、記憶素子3が、少なくとも選択トランジスタに飽和電流より小さい電流でスピン注入可能なように構成されている。

[0034] [記憶素子]

(概略構成)

図3は、記憶装置20の記憶素子3を模式的に示す断面図である。記憶素子3は、下地層31と、固定層32と、中間層33と、記憶層34と、キャップ層35と、を具備する。記憶素子3の各層は、XY平面に平行に延びる膜状に形成されている。

[0035] 記憶素子3において、固定層32、中間層33、及び記憶層34は、磁気トンネル接合(MTJ: Magnetic Tunnel Junction)素子を構成する。なお、MTJ素子は、他にも、TMR(Tunnel Magneto Resistance)素子などとも呼ばれる。

[0036] 記憶素子3では、XY平面の面内方向の寸法を小さくすることにより、低消費電力化及び大容量化が可能である。この観点から、記憶素子3のXY平

面に平行な断面の面積は、 $0.01 \mu\text{m}^2$ 以下であることが好ましい。

[0037] 記憶装置20の製造プロセスにおいて、記憶素子3の下地層31、固定層32、中間層33、記憶層34、及びキャップ層35は真空装置内で一連のプロセスで形成可能であり、その後、エッチングなどの加工プロセスにより記憶素子3をパターニングすることができる。したがって、記憶素子3を含む記憶装置20は、一般的な半導体MOS形成プロセスにより製造可能であるというメリットを有する。

[0038] (固定層)

固定層（他に、「参照層」や「ピン層」などとも呼ばれる。）32は、強磁性体からなる第1強磁性体層321を有する。第1強磁性体層321の膜厚は、 0.5 nm 以上 30 nm 以下であることが好ましい。

[0039] 固定層32の第1強磁性体層321は、XY平面に垂直な垂直磁化M32を有し、垂直磁化M32の向きが固定されている。つまり、第1強磁性体層321では、記憶素子3にスピン注入が行われても、垂直磁化M32の向きが変化しない。図3に示す例では、第1強磁性体層321の垂直磁化M32の向きは、ブロック矢印で示すように、Z軸方向上方であり、記憶素子3にスピン注入が行われてもZ軸方向上方に維持される。

[0040] 固定層32の第1強磁性体層321を形成する強磁性体は、適宜決定可能であるが、例えば、Co, Fe, Niの少なくとも1つを主成分とする金属材料や、Co, Fe, Niの少なくとも1つとBとを含むホウ素合金であることが好ましい。一例として、第1強磁性体層321はCoFeBによって形成することができる。また、第1強磁性体層321は、相互に異なる種類の強磁性体からなる複数の層が直接積層された構成を有していてもよい。

[0041] (記憶層)

記憶層（他に、「自由層」や「フリー層」などとも呼ばれる。）34は、強磁性体からなる第2強磁性体層341と、抵抗発熱体からなる発熱層342と、を有する。記憶層34は、固定層32に対してZ軸方向上方に対向している。第2強磁性体層341の膜厚は、 0.5 nm 以上 30 nm 以下であ

ることが好ましい。

[0042] 記憶層34の第2強磁性体層341は、XY平面に垂直な垂直磁化M34を有し、垂直磁化M34はスピン注入によって反転可能である。つまり、第2強磁性体層341では、記憶素子3にスピン注入が行われると、垂直磁化M34の向きが電子のスピントルクに応じた向きとなる。図3に示す例では、記憶素子3へのスピン注入によって、第2強磁性体層341の垂直磁化M34の向きが、Z軸方向上方から下方へ、又はZ軸方向下方から上方へと反転可能である。

[0043] 記憶層34の第2強磁性体層341を形成する強磁性体は、適宜決定可能であるが、例えば、Co, Fe, Niの少なくとも1つを主成分とする金属材料や、Co, Fe, Niの少なくとも1つとBとを含むホウ素合金であることが好ましい。一例として、第2強磁性体層341は、第1強磁性体層321と同様にCoFeBによって形成可能であるほか、CoFeHf, CoFeW, CoFeTa, CoFeZr, CoFeNb, CoFeMo, CoFeTi, CoFeV, CoFeCr, CoFeNiなどによっても形成可能である。

[0044] また、記憶層34の第2強磁性体層341を形成する強磁性体には、必要に応じて、副成分が添加されていてもよい。この副成分の添加により、例えば、耐熱性の向上や、磁気抵抗効果の増大や、絶縁耐圧の向上などが得られる。このような副成分としては、例えば、B, C, N, O, F, Li, Mg, Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Ge, Nb, Ru, Rh, Pd, Ag, Ta, Ir, Pt, Au, Zr, Hf, W, Mo, Re, Osの単体、合金、酸化物を用いることができる。また、第2強磁性体層341は、相互に異なる種類の強磁性体からなる複数の層が直接積層された構成を有していてもよい。

[0045] 記憶層34の発熱層342は、主に、記憶素子3の情報保持特性を維持しつつ、記憶素子3の記録動作時の消費電力を低減させる第1機能と、第2強磁性体層341の垂直磁化M34に対する熱負荷の影響を抑制する第2機能

と、を有する。発熱層 3 4 2 の詳細については後述する。

[0046] (中間層)

中間層 3 3 は、非磁性の絶縁体からなり、固定層 3 2 と記憶層 3 4 との間に配置されている。中間層 3 3 は、MTJ 素子のトンネルバリア層として構成される。つまり、記憶素子 3 では、Z 軸方向に電圧が印加されると、トンネル効果により中間層 3 3 に電流が流れ、一定方向のスピントルクを有する電子が記憶層 3 4 の第 2 強磁性体層 3 4 1 に注入される。

[0047] 記憶素子 3 では、磁気抵抗変化率 (MR 比) が大きいほど、記憶層 3 4 の第 2 強磁性体層 3 4 1 の垂直磁化 M_{34} を反転させるために必要な電流が低減されるため、低消費電力化が可能となる。記憶素子 3 では、大きい MR 比を実現するために、中間層 3 3 として酸化マグネシウム (MgO) 膜が用いられる。中間層 3 3 を構成する MgO 膜は、結晶化しており、かつ、(001) の結晶配向性を有することが好ましい。

[0048] 中間層 3 3 の厚さは、記憶層 3 4 の第 2 強磁性体層 3 4 1 の垂直磁化 M_{34} を反転させるために十分な電流密度を確保するために、面積抵抗値が数十 $\Omega \mu m^2$ 以下となるように決定されることが好ましい。例えば、中間層 3 3 が MgO 膜である場合には、中間層 3 3 の厚さを 1.5 nm 以下とすることが好ましい。

[0049] なお、中間層 3 3 を形成する材料は、MgO 以外であってもよく、例えば、 Al_2O_3 、AlN、 SiO_2 、 Bi_2O_3 、 MgF_2 、CaF、 $SrTiO_2$ 、 $AlLaO_3$ 、Al-N-O、 $MgAl_2O_4$ などといった各種の絶縁体や誘電体や半導体であってもよい。

[0050] (下地層)

下地層 3 1 は、固定層 3 2 の Z 軸方向下側に配置されている。下地層 3 1 は、MTJ 素子の電極としての機能や、固定層 3 2 の結晶を制御する機能などを有する。

[0051] 下地層 3 1 は、例えば、Ta、Ti、Cu、TiN、TaN、NiCr、NiFeCr、Ru、Pt のいずれか 1 つを主成分とする層として構成する

ことができる。下地層31は、相互に異なる材料からなる複数の層により構成されていることが好ましい。一例として、下地層31は、Ruにより形成された層と、Taにより形成された層と、の2層により構成されていてもよい。

[0052] (キャップ層)

キャップ層35は、記憶層34のZ軸方向上側に配置されている。キャップ層35は、記憶層34のZ軸方向上面を被覆し、記憶層34の酸化を防止する機能などを有する。

[0053] キャップ層35は、例えば、Hf, Ta, W, Zr, Nb, Mo, Ti, Mg, V, Cr, Ru, Rh, Pd, Ptのいずれか1つを主成分とする金属層として構成することができる。また、キャップ層35は、当該金属層と、MgO, Al₂O₃, SiO₂のいずれか1つを主成分とする酸化物層と、の積層構造を有していてもよい。酸化物層を形成する材料は、上記以外でも、例えば、TiO₂, Bi₂O₃, SrTiO₂, AlLaO₃, Al-N-O, MgAl₂O₄などであってもよい。

[0054] (その他の構成)

記憶素子3は、適宜、上記以外の構成を有していてもよい。例えば、記憶素子3は、キャップ層35のZ軸方向上側に配置されたハードマスク層を有していてもよい。ハードマスク層は、例えば、Ti, W, Ta, TiN, TaNなどによって形成することができる。なお、ハードマスク層は、キャップ層35に代えて設けられていてもよい。

[0055] [発熱層]

(概略構成)

図3に示すように、記憶層34の発熱層342は、第2強磁性体層341に対してZ軸方向下側に隣接している。発熱層342は、抵抗発熱体により形成されている。発熱層342は、主に、以下に説明する第1機能及び第2機能を有している。発熱層342の厚さは、第1機能及び第2機能を良好に発揮するために、0.2nm以上2.0nm以下の範囲内であることが好ま

しい。

[0056] (第1機能)

記憶層34の発熱層342の第1機能は、記憶素子3の情報保持特性を維持しつつ、記憶素子3の記録動作時の消費電力を低減させるというものである。

[0057] 一般的に、記憶素子3における情報保持特性、つまり記憶層34の第2強磁性体層341の垂直磁化M34の安定性は、以下の式(1)で示されるΔによって表される。

[数1]

$$\Delta = \frac{KV}{k_B T} = \frac{M_s V H k}{2k_B T}$$

… (1)

[0058] 式(1)中、Kは異方性エネルギーを示し、Vは第2強磁性体層341の体積を示し、 k_B はボルツマン定数を示し、 M_s は飽和磁化量を示し、Hkは実効的な異方性磁界を示し、Tは第2強磁性体層341の温度を示す。実効的な異方性磁界Hkには、形状磁気異方性、誘導磁気異方性、結晶磁気異方性等の各種要素が取り込まれており、単磁区の一斉回転モデルを仮定した場合に実効的な異方性磁界Hkは保磁力と同等となる。

[0059] 式(1)で示される情報保持特性Δが大きいほど、第2強磁性体層341の垂直磁化M34の安定性が高いものと評価される。反対に、情報保持特性Δが小さいほど、第2強磁性体層341の垂直磁化M34の安定性が低いものと評価される。記憶素子3は、環境温度(典型的には室温)において情報保持特性Δが十分に大きくなるように構成され、記録された情報を良好に保持可能とされている。

[0060] この一方で、情報保持特性Δが大きいほど、第2強磁性体層341の垂直磁化M34の安定性が高くなり、第2強磁性体層341の垂直磁化M34が反転しにくくなる。これにより、記録動作時に第2強磁性体層341の垂直

磁化 M_{34} を反転させるために大きな電流が必要となるため、記録動作時の消費電力が増大する。そこで、記憶素子3では、発熱層342の作用によって、記録動作時の一瞬のみ情報保持特性 Δ を低下させることにより、記録動作時の消費電力を低減させる。

[0061] より詳細には、記憶素子3にスピン注入が行われると、抵抗発熱体からなる発熱層342に電流が流れることによりジュール熱が発生する。このジュール熱によって発熱層342に隣接する第2強磁性体層341が温度上昇する。つまり、記憶素子3では、第2強磁性体層341が記録動作時の一瞬のみ温度上昇する。

[0062] ここで、式(1)を参照すると、情報保持特性 Δ は第2強磁性体層341の温度 T の逆数に比例するため、第2強磁性体層341の温度 T が高くなるほど情報保持特性 Δ が小さくなることがわかる。つまり、記憶素子3では、記録動作時の一瞬のみ、第2強磁性体層341が温度上昇することにより、情報保持特性 Δ が小さくなり、第2強磁性体層341の垂直磁化 M_{34} の安定性が低下する。したがって、記憶素子3では、記録動作時に小さい電流によって第2強磁性体層341の垂直磁化 M_{34} を反転させることができるため、記録動作時の消費電力が低減される。

[0063] そして、記憶素子3では、記録動作後に第2強磁性体層341の温度はすぐに環境温度に戻るため、記録動作時の一瞬を除き、十分に大きい情報保持特性 Δ が維持される。このように、記憶素子3では、発熱層342の作用によって、情報保持特性 Δ を損なうことなく、記録動作時の消費電力を低減させることができる。

[0064] (第2機能)

一般的に、MTJ素子では、 350°C 以上の熱負荷によって特性が大きく劣化してしまうことが知られている。具体的には、 350°C 以上の熱負荷によって、MTJ素子の有する強磁性体層(本実施形態では第1強磁性体層321や第2強磁性体層341)の垂直磁気異方性が消失し、垂直磁化の反転による情報の記録ができなくなってしまう場合がある。

- [0065] これに対し、記憶層34の発熱層342の第2機能は、第2強磁性体層341の垂直磁化M34に対する熱負荷の影響を抑制するというものである。つまり、記憶装置20の製造プロセスや、記憶装置20の各種電子機器への実装プロセスなどにおいて記憶素子3に熱負荷が加わる場合にも、第2強磁性体層341の垂直磁化M34が損なわれにくい。
- [0066] より詳細には、記憶層34の発熱層342は、抵抗発熱体からなるため高い耐熱性を有し、熱負荷が加わっても物理的及び化学的な変化を生じにくい。記憶素子3では、高い耐熱性を有する発熱層342を設けることにより、発熱層342に隣接する第2強磁性体層341の垂直磁化M34が熱負荷による影響を受けにくくなる。これにより、MTJ素子における磁気異方性が良好に維持されるため、記憶素子3としての高い信頼性が得られる。
- [0067] 具体的には、記憶装置20の製造時のCVD (Chemical Vapor Deposition) プロセスにおいて、記憶素子3が400℃程度にまで温度上昇する場合がある。このような場面を想定し、記憶素子3に400℃に3時間の熱処理を行った場合にも、発熱層342の作用によって第2強磁性体層341の垂直磁化M34が損なわれないことが確認されている。
- [0068] (発熱層を形成する抵抗発熱体)
- 発熱層342を形成するための抵抗発熱体としては、ジュール熱によって第2強磁性体層341を適切に温度上昇させることが可能であり、かつ、第2強磁性体層341の垂直磁化M34が損なわれないように作用する耐熱性を有する材料が採用可能である。このような抵抗発熱体としては、例えば、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、単体炭素、及び単体ホウ素から選択可能である。
- [0069] より具体的に、抵抗発熱体としては、例えば、TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, TaN, CrN, MoN, WN, SiN, AlN, BN, TiC, ZrC, HfC, VC, NbC, TaC, Cr₃C₂, Mo₂C, WC, SiC, AlC, B₄C, TiB₂, ZrB₂, HfB₂, VB₂, NbB₂, T

a B₂, Cr B₂, Mo₂ B₅, W₂ B, B₂ O₃, B, Cなどを、単体や混合物として用いることができる。

[0070] 抵抗発熱体は、第2強磁性体層341を適切に温度上昇させる観点から、20℃において1Ωm以上1×10⁴Ωm以下の電気抵抗率を有する材料によって構成されていることが好ましい。抵抗発熱体は、上記のような電気抵抗率を有する単一種類の材料によって構成されていても、複数種類の材料を混合した複合材料として上記のような電気抵抗率に調整されていてもよい。なお、抵抗発熱体の電気抵抗率は、成膜前の物性値であっても、成膜後の物性値であってもよい。

[0071] (変形例1)

図4は、変形例1に係る記憶素子3を模式的に示す断面図である。本変形例に係る記憶素子3では、記憶層34のみならず、固定層32にも発熱層322が設けられている。発熱層322は第1強磁性体層321のZ軸方向下側に配置されている。固定層32の発熱層322も、記憶層34の発熱層342と同様の機能を有する。

[0072] 具体的には、固定層32の発熱層322は、記憶層34の発熱層342に比べて第2強磁性体層341から遠いものの、記憶素子3の記録動作時にジュール熱を発生させ、第2強磁性体層341の温度上昇を促進する。これにより、記憶素子3の記録動作時の消費電力をより効果的に低減させることができる。

[0073] また、本変形例に係る記憶素子3では、固定層32にも耐熱性を有する発熱層322を設けることにより、発熱層322に隣接する第1強磁性体層321の垂直磁化M32も熱負荷による影響を受けにくくなる。つまり、第1強磁性体層321の垂直磁化M32及び第2強磁性体層341の垂直磁化M34がいずれも熱負荷による影響を受けにくくなる。これにより、MTJ素子における磁気異方性が良好に維持されるため、記憶素子3としての更に高い信頼性が得られる。

[0074] なお、記憶層34における第2強磁性体層341及び発熱層342の位置

、及び固定層 3 2 における第 1 強磁性体層 3 2 1 及び発熱層 3 2 2 の位置は、図 4 に示す構成とは反対であっても構わない。つまり、記憶層 3 4 において発熱層 3 4 2 が第 2 強磁性体層 3 4 1 の Z 軸方向上側に配置されていてもよく、固定層 3 2 において発熱層 3 2 2 が第 1 強磁性体層 3 2 1 の Z 軸方向上側に配置されていてもよい。

[0075] (変形例 2)

図 5 は、変形例 2 に係る記憶層 3 4 を模式的に示す断面図である。本変形例に係る記憶層 3 4 は、上記実施形態と同様の発熱層 3 4 2 に加え、2 つの第 2 強磁性体層 3 4 1 U, 3 4 1 L と、非磁性体層 3 4 3 と、を有する。非磁性体層 3 4 3 は、2 つの第 2 強磁性体層 3 4 1 U, 3 4 1 L の間に配置されている。

[0076] 2 つの第 2 強磁性体層 3 4 1 U, 3 4 1 L は、いずれも上記実施形態に係る第 2 強磁性体層 3 4 1 と同様の強磁性体によって形成することができ、例えば、Fe, Co, FeNi, CoFe, CoFeB, FeB, CoB などによって形成することができる。2 つの第 2 強磁性体層 3 4 1 U, 3 4 1 L を形成する強磁性体は相互に異なってもよい。非磁性体層 3 4 3 は、例えば、V, Cr, Nb, Mo, Ta, W, Hf, Zr, Ti, Ru, Mg の単体、合金、酸化物、窒化物によって形成することができる。

[0077] 図 5 (A) ~ 図 5 (D) に示す記憶層 3 4 の各構成では発熱層 3 4 2 の位置が異なる。

具体的には、図 5 (A) に示す構成では発熱層 3 4 2 が下側の第 2 強磁性体層 3 4 1 L の Z 軸方向下側に隣接している。

図 5 (B) に示す構成では発熱層 3 4 2 が上側の第 2 強磁性体層 3 4 1 U の Z 軸方向上側に隣接している。

図 5 (C) に示す構成では発熱層 3 4 2 が下側の第 2 強磁性体層 3 4 1 L の Z 軸方向上側に隣接している。

図 5 (D) に示す構成では発熱層 3 4 2 が上側の第 2 強磁性体層 3 4 1 U の Z 軸方向下側に隣接している。

図5 (A) ~図5 (D) のいずれの構成においても発熱層342が上記実施形態と同様の機能を発揮することができる。

[0078] なお、記憶層34は、複数の発熱層342を有していてもよい。つまり、発熱層342は、下側の第2強磁性体層341Lに隣接する位置、及び上側の第2強磁性体層341Uに隣接する位置の両方に配置されていてもよい。

[0079] (変形例3)

図6は、変形例3に係る固定層32を模式的に示す断面図である。本変形例に係る固定層32は、上記変形例1と同様の発熱層322に加え、2つの第1強磁性体層321U、321Lと、非磁性体層323と、を有する。非磁性体層323は、2つの第1強磁性体層321U、321Lの間に配置されている。

[0080] 本変形例に係る固定層32は、いわゆる積層フェリ構造を有する。固定層32の2つの第1強磁性体層321U、321Lの垂直磁化 M_{32} の向きは、相互に反対であり、つまり反平行である。図6に示す例では、下側の第1強磁性体層321LはZ軸方向下側を向き、上側の第1強磁性体層321UはZ軸方向上側を向いている。このように、2つの第1強磁性体層321U、321Lの垂直磁化 M_{32} の向きを相互に反対向きにすることにより、固定層32における漏れ磁場を抑制でき、記憶層34に漏れ磁場の影響が及ぶことを防止することができる。

[0081] 2つの第1強磁性体層321U、321Lは、Co, Fe, Niの少なくとも1つと、Pt, Pd, Rh, Niの少なくとも1つと、を主成分とする材料で形成することができ、例えば、CoPtやFePtによって形成することができる。2つの第1強磁性体層321U、321Lを形成する強磁性体は相互に異なってもよい。なお、2つの第1強磁性体層321U、321Lの少なくとも一方が、上記実施形態に係る第1強磁性体層321と同様の材料によって形成されていてもよく、例えば、Fe, Co, FeNi, CoFe, CoFeB, FeB, CoBなどによって形成されていてもよい。

[0082] 非磁性体層 3 2 3 は、例えば、Ru, Os, Re, Ir, Au, Ag, Cu, Al, Bi, Si, B, C, Cr, Ta, Pd, Pt, Zr, Hf, W, Mo, Nb, V, Ti の単体や合金によって形成することができる。

[0083] 図 6 (A) ~ 図 6 (D) に示す固定層 3 2 の各構成では発熱層 3 2 2 の位置が異なる。

具体的には、図 6 (A) に示す構成では発熱層 3 2 2 が下側の第 1 強磁性体層 3 2 1 L の Z 軸方向下側に隣接している。

図 6 (B) に示す構成では発熱層 3 2 2 が上側の第 1 強磁性体層 3 2 1 U の Z 軸方向上側に隣接している。

図 6 (C) に示す構成では発熱層 3 2 2 が下側の第 1 強磁性体層 3 2 1 L の Z 軸方向上側に隣接している。

図 6 (D) に示す構成では発熱層 3 2 2 が上側の第 1 強磁性体層 3 2 1 U の Z 軸方向下側に配置されている。

図 6 (A) ~ 図 6 (D) のいずれの構成においても発熱層 3 2 2 が上記変形例 1 と同様の機能を発揮することができる。

[0084] なお、固定層 3 2 は、複数の発熱層 3 2 2 を有していてもよい。つまり、発熱層 3 2 2 は、下側の第 1 強磁性体層 3 2 1 L に隣接する位置、及び上側の第 1 強磁性体層 3 2 1 U に隣接する位置の両方に配置されていてもよい。

[0085] また、固定層 3 2 は、反強磁性体層や軟磁性体層を利用した構成であってもよい。反強磁性体層は、例えば、FeMn、PtMn、PtCrMn、NiMn、IrMn、NiO、Fe₂O₃ などによって形成することができる。また、2 つの第 1 強磁性体層 3 2 1 U, 3 2 1 L は、Ag, Cu, Au, Al, Si, Bi, Ta, B, C, O, N, Pd, Pt, Zr, Ta, Hf, Ir, W, Mo, Nb などの非磁性元素の添加により磁気特性、結晶構造、結晶性、安定性などの各種物性を調整することができる。

[0086] (変形例 4)

図 7 は、変形例 4 に係る記憶素子 3 を模式的に示す断面図である。本変形例に係る固定層 3 2 は、記憶層 3 4 の Z 軸方向上下に分割して設けられてい

る。つまり、上側の第1強磁性体層321Uは記憶層34のZ軸方向上方に設けられ、下側の第1強磁性体層321Lは記憶層34のZ軸方向下方に設けられている。固定層32の2つの第1強磁性体層321U、321Lの垂直磁化M32は相互に反対を向いている。

[0087] また、本変形例に係る記憶素子3では、分割して設けられた第1強磁性体層321U、321Lに対応して、2つの中間層33U、33Lが設けられている。つまり、第1強磁性体層321Uと記憶層34との間に中間層33Uが設けられ、第1強磁性体層321Lと記憶層34との間に中間層33Lが設けられている。本変形例の構成においても、上記実施形態と同様の効果が得られる。

[0088] なお、本変形例に係る記憶素子3の固定層32は、発熱層322を有していてもよい。つまり、発熱層322は、下側の第1強磁性体層321Lに隣接する位置、及び上側の第1強磁性体層321Uに隣接する位置の少なくとも一方に配置されていてもよい。

[0089] [記憶素子の評価]

(磁気特性)

記憶素子3における発熱層342の作用を確認するために、記憶素子に固定層32を設けない構成のサンプルS11、S12において磁気特性の評価を行った。

[0090] 図8(A)はサンプルS11を模式的に示す断面図であり、図8(B)はサンプルS12を模式的に示す断面図である。サンプルS11、S12は、いずれも、下地層31と、中間層33と、記憶層34と、キャップ層35と、によって構成されている。サンプルS11は発熱層342を含み、サンプルS12は発熱層342を含まない。サンプルS11とサンプルS12とでは発熱層342以外の構成が相互に共通する。したがって、サンプルS11とサンプルS12との比較により、記憶層34の磁気特性に対する発熱層342の作用を確認することができる。

[0091] サンプルS11、S12の共通の構成として、下地層31は、膜厚5.0

nmのTa層312と、膜厚5.0nmのRu層311と、からなる積層膜として構成されている。

中間層33は、膜厚1.0nmのMgO膜として構成されている。

記憶層34の第2強磁性体層341は、膜厚1.5nmのCoFeB膜として構成されている。

キャップ層35は、膜厚5.0nmのTa膜として構成されている。

[0092] サンプルS11の発熱層342は、膜厚0.2nmの抵抗発熱体膜として構成されている。発熱層342は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、単体炭素、及び単体ホウ素が少なくとも1つから構成され、20℃において1Ωm以上 1×10^4 Ωm以下の電気抵抗率を有する抵抗発熱体によって形成した。

[0093] 作製後のサンプルS11, S12に、400℃3時間の熱処理を加えた後に、磁気特性の測定を行った。

[0094] 図9は、サンプルS11の磁気特性の測定結果を示す図である。図9(A)は磁気光学効果(MOKE: Magneto-optical Kerr effect)測定の結果を示すグラフであり、図9(B)は試料振動型磁力計(VSM: Vibrating Sample Magnetometer: VSM)による測定結果を示すグラフである。

[0095] 図9(A)に示すように、サンプルS11では、MOKE測定において、極めて明確な垂直磁気異方性を示す高アスペクト比の矩形のMOKE波形が得られた。また、図9(B)に示すようにサンプルS11では、VSMによる測定においても、充分大きい垂直磁気異方性を示す波形が得られた。これにより、サンプルS11では、400℃3時間の熱処理の後にも、記憶層34の第2強磁性体層341の垂直磁化M34が良好に維持されていることが確認された。

[0096] 図10は、サンプルS12についてのVSMによる測定結果を示すグラフである。図10に示すように、サンプルS12では、VSMによる測定において垂直磁気異方性を示す波形が得られず、垂直磁気異方性が消失している

ことがわかる。これにより、サンプルS 1 2では、4 0 0℃3時間の熱処理により、記憶層3 4の第2強磁性体層3 4 1の垂直磁化M 3 4が損なわれていることが確認された。

[0097] 以上のサンプルS 1 1, S 1 2の比較により、サンプルS 1 1では、発熱層3 4 2の作用によって、記憶層3 4の第2強磁性体層3 4 1の垂直磁化M 3 4が良好に維持されることが確認された。

[0098] (情報保持特性 Δ 及び情報書き込み電流密度J c 0)

記憶素子3における発熱層3 4 2の作用を確認するために、記憶素子のサンプルS 2 1, S 2 2において情報保持特性 Δ 及び情報書き込み電流密度J c 0の評価を行った。

[0099] 図1 1 (A)はサンプルS 2 1を模式的に示す断面図であり、図1 1 (B)はサンプルS 2 2を模式的に示す断面図である。各サンプルS 2 1, S 2 2は、それぞれ、厚さ0. 7 2 5 mmのシリコン基板上に設けられた厚さ3 0 0 nmの熱酸化膜上に形成した。

[0100] サンプルS 2 1, S 2 2は、いずれも、下地層3 1と、固定層3 2と、中間層3 3と、記憶層3 4と、キャップ層3 5と、によって構成されている。サンプルS 2 1は発熱層3 4 2を含み、サンプルS 2 2は発熱層3 4 2を含まない。サンプルS 2 1とサンプルS 2 2とでは発熱層3 4 2以外の構成が相互に共通する。したがって、サンプルS 2 1とサンプルS 2 2との比較により、情報保持特性 Δ 及び情報書き込み電流密度J c 0に対する発熱層3 4 2の作用を確認することができる。

[0101] サンプルS 2 1, S 2 2の共通の構成として、下地層3 1は、膜厚5. 0 nmのTa層3 1 2と、膜厚5. 0 nmのRu層3 1 1と、からなる積層膜として構成されている。

固定層3 2は、CoPtからなる膜厚2. 5 nmの第1強磁性体層3 2 1、Ruからなる膜厚0. 8 nmの非磁性体層3 2 3、及びCoPtからなる膜厚2. 5 nmの第1強磁性体層3 2 1からなる積層フェリ構造を有する。

中間層3 3は、膜厚1. 0 nmのMgO膜として構成されている。

記憶層34の第2強磁性体層341は、膜厚1.5nmのCoFeB膜として構成されている。

キャップ層35は、膜厚3.0nmのTa膜351、膜厚3.0nmのRu膜352、及び膜厚3.0nmのTa膜351からなる積層膜として構成されている。

[0102] サンプルS21の発熱層342は、膜厚0.2nmの抵抗発熱体膜として構成されている。発熱層342は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、単体炭素、及び単体ホウ素が少なくとも1つから構成され、20℃において1Ωm以上1×10⁴Ωm以下の電気抵抗率を有する抵抗発熱体によって形成した。

[0103] 作製後のサンプルS21, S22に、350℃1時間の第1熱処理、及び400℃3時間の第2熱処理を加えた。各サンプルS21, S22について、各熱処理の後に、情報保持特性Δ及び情報書き込み電流密度Jc0を求めた。情報保持特性Δは、温度加速保持試験による結果から算出した。情報書き込み電流密度Jc0は、磁化反転電流Icのパルス幅依存性から算出した。表1は、各サンプルS21, S22について各熱処理後の情報保持特性Δ及び情報書き込み電流密度Jc0を示している。

[0104] [表1]

	サンプルS21		サンプルS22	
	第1熱処理後 (350度1時間)	第2熱処理後 (400度3時間)	第1熱処理後 (350度1時間)	第2熱処理後 (400度3時間)
Δ	65	62	38	-
Jc0 [a.u.]	0.8	0.8	1.0	-

[0105] 表1に示すように、第1熱処理の後の情報保持特性Δが、サンプルS22では38であるところ、サンプルS21では65であった。これにより、発

熱層 3 4 2 の作用によって、第 1 熱処理後の情報保持特性 Δ が大きく増大し、記憶層 3 4 の第 2 強磁性体層 3 4 1 の垂直磁化 M_{34} が損なわれにくくなっていることがわかる。

[0106] この一方で、第 1 熱処理の後の情報書き込み電流密度 J_{c0} が、サンプル S 2 2 では 1.0 であるところ、サンプル S 2 1 では 0.8 であった。これにより、発熱層 3 4 2 の作用によって、情報書き込み電流密度 J_{c0} が 20% 低減されていることがわかる。

[0107] 以上の第 1 熱処理の後のサンプル S 2 1, S 2 2 の比較により、発熱層 3 4 2 の作用によって、記憶素子の情報保持特性 Δ が向上するとともに、記憶素子の記録動作時の消費電力が低減することが確認された。

[0108] また、サンプル S 2 1 では、第 2 熱処理の後にも、第 1 熱処理の後と同程度の情報保持特性 Δ 、及び情報書き込み電流密度 J_{c0} が得られている。この一方で、第 2 熱処理後のサンプル S 2 2 では、垂直磁気異方性が消失しており、情報保持特性 Δ 及び情報書き込み電流密度 J_{c0} が得られなかった。

[0109] 以上の結果により、サンプル S 2 1 では、350°C 1 時間の第 1 熱処理、及び 400°C 3 時間の第 2 熱処理の後にも、発熱層 3 4 2 の作用によって、情報保持特性 Δ 及び情報書き込み電流密度 J_{c0} がいずれも損なわれていないことが確認された。

[0110] [記憶素子の応用例]

上記実施形態に係る記憶素子 3 は、記憶装置 20 のみならず、磁気ヘッドや、各種電子機器などにも適用可能である。以下、その一例として、記憶素子 3 を有する磁気ヘッド、及び記憶素子 3 を有する電子機器について説明する。

[0111] (磁気ヘッド)

図 1 2 は、複合型磁気ヘッド 100 を示す図である。図 1 2 (A) は複合型磁気ヘッド 100 の斜視図であり、図 1 2 (B) は複合型磁気ヘッド 100 の断面図である。図 1 2 (A) では、複合型磁気ヘッド 100 の内部構造がわかるように一部を切り欠いて示している。複合型磁気ヘッド 100 は、

上記実施形態に係る記憶素子3と同様の構成の積層構造を有する磁気素子である感磁素子101を有する。

[0112] 複合型磁気ヘッド100は、例えば、ハードディスク装置等に利用可能である。複合型磁気ヘッド100は、基板122と、基板122上に形成された磁気抵抗効果型磁気ヘッドと、を有する。また、複合型磁気ヘッド100は、磁気抵抗効果型磁気ヘッド上に積層形成されたインダクティブ型磁気ヘッドを有する。

[0113] 複合型磁気ヘッド100では、磁気抵抗効果型磁気ヘッドが再生用ヘッドとして機能し、インダクティブ型磁気ヘッドが記録用ヘッドとして機能する。つまり、複合型磁気ヘッド100は、再生用ヘッドと記録用ヘッドとが複合された構成を有する。

[0114] 複合型磁気ヘッド100の磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、いわゆるシールド型MRヘッドである。磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、第1磁気シールド125と、感磁素子101と、第2磁気シールド127と、を有する。第1磁気シールド125は、基板122上に絶縁層123を介して形成されている。感磁素子101は、第1磁気シールド125上に絶縁層123を介して形成されている。第2磁気シールド127は、感磁素子101上に絶縁層123を介して形成されている。

[0115] 絶縁層123は、例えば、 Al_2O_3 や SiO_2 などのような絶縁材料からなる。第1磁気シールド125は、例えば、 $Ni-Fe$ などの軟磁性体からなり、感磁素子101の下層側を磁氣的にシールドする。同様に、第2磁気シールド127は、感磁素子101の上層側を磁氣的にシールドする。

[0116] 磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、感磁素子101は磁気記録媒体からの磁気信号を検出する。感磁素子101は、略矩形状に形成され、その一側面が磁気記録媒体対向面に露出している。感磁素子101の両端にはバイアス層128、129が接続され、更にバイアス層128、129には接続端子130、131が接続されている。このような構成により、感磁素子101に対して、接続端子130、131を介してセンス電流を供給することが

可能となる。

[0117] 複合型磁気ヘッド100のインダクティブ型磁気ヘッドは、磁気コアと、薄膜コイル133と、を有する。磁気コアは、第2磁気シールド127及び上層コア132によって構成されている。薄膜コイル133は、磁気コアを巻回するように形成されている。

[0118] 磁気コアを構成する上層コア132は、例えば、Ni-Feなどの軟磁性体からなり、第2磁気シールド127とともに閉磁路を形成する。第2磁気シールド127及び上層コア132の前端部は、所定の間隙gを形成するように離間し、いずれも磁気記録媒体対向面に露出している。第2磁気シールド127と上層コア132との間隙gは、インダクティブ型磁気ヘッドの記録用磁気ギャップを構成している。第2磁気シールド127及び上層コア132は、その後端部において接続されている。

[0119] 第2磁気シールド127と上層コア132の間には、絶縁層123に埋設された薄膜コイル133が形成されている。薄膜コイル133は、第2磁気シールド127及び上層コア132からなる磁気コアを面内方向に巻回するように形成されている。図12には示されていないが、薄膜コイル133には両端部に端子が設けられている。薄膜コイル133の各端子は、外部に露出しており、インダクティブ型磁気ヘッドの外部接続用端子を構成している。つまり、薄膜コイル133の各端子に記録電流を供給することにより、磁気記録媒体に磁気信号を記録することが可能である。

[0120] 複合型磁気ヘッド100の感磁素子101は、上記実施形態に係る記憶素子3と同様の構成を有しているため、高い情報保持特性 Δ と低い消費電力とを兼ね備えている。つまり、感磁素子101が搭載された複合型磁気ヘッド100では、より正確な再生動作を低消費電力で行うことが可能である。

[0121] (電子機器)

図13は、本実施形態に係る記憶素子3や記憶装置20を備える電子機器200の概略構成を示すブロック図である。電子機器200は、本実施形態に係る記憶素子3や記憶装置20を記憶部201として備える。電子機器2

00としては、例えば、各種コンピュータや、携帯端末機器や、ゲーム機器や、音楽機器や、ビデオ機器などが挙げられる。

[0122] 電子機器200は、記憶部201にアクセス可能な制御部202を具備する。

電子機器200は、例えば、入力操作部203を有していてもよい。この場合、制御部202は、ユーザの入力操作部203への操作内容に応じた情報を記憶部201に記録することが可能である。

また、電子機器200は、例えば、映像の表示や音声の再生などが可能な情報提示部204を有していてもよい。情報提示部204は、典型的には、表示装置やスピーカなどとして構成される。この場合、制御部202は、ユーザの要求に応じて、記憶部201に記録された情報を読み込み、当該情報を情報提示部204によって表示したり再生したりすることが可能である。

[0123] 以上、本技術の実施形態について説明したが、本技術は上述の実施形態にのみ限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

[0124] 例えば、上記実施形態では、記憶素子において記憶層のZ軸方向下方に固定層が設けられている例について説明したが、記憶素子における記憶層と固定層の位置は反対であっても構わない。一例として、記憶素子は、積層フェリ構造の固定層が記憶層のZ軸方向上方に設けられた、いわゆるトップ積層フェリ型であってもよい。

[0125] なお、本技術は以下のような構成も採ることができる。

(1)

固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む固定層と、
スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む記憶層と、

絶縁体からなり、上記記憶層と上記固定層との間に配置された中間層と、
抵抗発熱体からなり、上記記憶層及び上記固定層の少なくとも一方に配置された発熱層と、

を具備する記憶素子。

(2)

上記(1)に記載の記憶素子であって、

上記発熱層は、少なくとも上記記憶層に配置されている
記憶素子。

(3)

上記(1)又は(2)に記載の記憶素子であって、

上記発熱層は、上記第1強磁性体層又は上記第2強磁性体層に隣接してい
る

記憶素子。

(4)

上記(1)から(3)のいずれか1つに記載の記憶素子であって、

上記抵抗発熱体は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、単体炭素、及び
単体ホウ素の少なくとも1つから構成され、20℃において $1\ \Omega\text{m}$ 以上 $1 \times 10^4\ \Omega\text{m}$ 以下の電気抵抗率を有する

記憶素子。

(5)

上記(1)から(4)のいずれか1つに記載の記憶素子であって、

上記発熱層の厚さは、0.2nm以上2.0nm以下である

記憶素子。

(6)

上記(1)から(5)のいずれか1つに記載の記憶素子であって、

上記第1強磁性体層及び上記第2強磁性体層は、Co, Fe, Niの少な
くとも1つを主成分とする金属、又はCo, Fe, Niの少なくとも1つと
Bとを含むホウ素合金によって形成されている

記憶素子。

(7)

上記(6)に記載の記憶素子であって、

上記第1強磁性体層及び上記第2強磁性体層は、V, Cr, Nb, Mo, Ta, W, Hf, Zr, Ti, Ruの少なくとも1つを副成分とする材料によって形成されている

記憶素子。

(8)

上記(1)に記載の記憶素子であって、

上記固定層は、2層の第1強磁性層と、当該2層の第1強磁性層の間に配置された非磁性体層と、を更に含む

記憶素子。

(9)

上記(8)に記載の記憶素子であって、

上記2層の第1強磁性体層のうち少なくとも一方は、Co, Fe, Niの少なくとも1つと、Pt, Pd, Rh, Niの少なくとも1つと、を主成分とする材料によって形成されている

記憶素子。

(10)

上記(9)に記載の記憶素子であって、

上記2層の第1強磁性体層の一方は、Co, Fe, Niの少なくとも1つと、Pt, Pd, Rh, Niの少なくとも1つと、を主成分とする材料によって形成され、

上記2層の第1強磁性体層の他方は、Co, Fe, Niの少なくとも1つを主成分とする金属、又はCo, Fe, Niの少なくとも1つとBとを含むホウ素合金によって形成されている

記憶素子。

(11)

上記(1)から(10)のいずれか1つに記載の記憶素子であって、

上記絶縁体はMgOから構成される

記憶素子。

(12)

上記(1)から(11)のいずれか1つに記載の記憶素子であって、
上記記憶層に対して、上記中間層とは反対側に隣接するキャップ層を更に
具備する
記憶素子。

(13)

上記(12)に記載の記憶素子であって、
上記キャップ層は、Hf, Ta, W, Zr, Nb, Mo, Ti, Mg, V
, Cr, Ru, Rh, Pd, Ptのいずれか1つを主成分とする金属層を含む
記憶素子。

(14)

上記(13)に記載の記憶素子であって、
上記キャップ層は、MgO, Al₂O₃, SiO₂のいずれか1つを主成分と
する酸化物層を更に含む
記憶素子。

(15)

上記(1)から(14)のいずれか1つに記載の記憶素子であって、
上記固定層に対して、上記中間層とは反対側に隣接する下地層を更に具備
する
記憶素子。

(16)

上記(15)に記載の記憶素子であって、
上記下地層は、Ta, Ti, Cu, TiN, TaN, NiCr, NiFe
Cr, Ru, Ptのいずれか1つを主成分とする複数の層を含む
記憶素子。

(17)

固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む固定層と、

スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む記憶層と、

絶縁体からなり、上記記憶層と上記固定層との間に配置された中間層と

、
抵抗発熱体からなり、上記記憶層及び上記固定層の少なくとも一方に配置された発熱層と、

を有する複数の記憶素子と、

上記複数の記憶素子のそれぞれに電流を供給可能に構成された配線部と、

を具備する記憶装置。

(18)

固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む固定層と、

スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む記憶層と、

絶縁体からなり、上記記憶層と上記固定層との間に配置された中間層と、

抵抗発熱体からなり、上記記憶層及び上記固定層の少なくとも一方に配置された発熱層と、

を有する磁気素子を具備する

磁気ヘッド。

(19)

固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む固定層と、

スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む記憶層と、

絶縁体からなり、上記記憶層と上記固定層との間に配置された中間層と

、
抵抗発熱体からなり、上記記憶層及び上記固定層の少なくとも一方に配置された発熱層と、

を有する複数の記憶素子を有する記憶部と、

上記記憶部にアクセス可能に構成された制御部と、

を具備する電子機器。

符号の説明

- [0126] 2 0…記憶装置
- 3…記憶層
- 3 1…下地層
- 3 2…固定層
- 3 2 1…第1強磁性体層
- 3 3…中間層
- 3 4…記憶層
- 3 4 1…第2強磁性体層
- 3 4 2…発熱層
- 3 5…キャップ層
- M 3 2…垂直磁化
- M 3 4…垂直磁化

請求の範囲

- [請求項1] 固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む固定層と、
スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む記憶層と、
絶縁体からなり、前記記憶層と前記固定層との間に配置された中間層と、
抵抗発熱体からなり、前記記憶層及び前記固定層の少なくとも一方に配置された発熱層と、
を具備する記憶素子。
- [請求項2] 請求項1に記載の記憶素子であって、
前記発熱層は、少なくとも前記記憶層に配置されている記憶素子。
- [請求項3] 請求項1に記載の記憶素子であって、
前記発熱層は、前記第1強磁性体層又は前記第2強磁性体層に隣接している記憶素子。
- [請求項4] 請求項1に記載の記憶素子であって、
前記抵抗発熱体は、窒化物、炭化物、ホウ化物、酸化物、単体炭素、及び単体ホウ素の少なくとも1つから構成され、20℃において1Ωm以上1×10⁴Ωm以下の電気抵抗率を有する記憶素子。
- [請求項5] 請求項1に記載の記憶素子であって、
前記発熱層の厚さは、0.2nm以上2.0nm以下である記憶素子。
- [請求項6] 請求項1に記載の記憶素子であって、
前記第1強磁性体層及び前記第2強磁性体層は、Co、Fe、Niの少なくとも1つを主成分とする金属、又はCo、Fe、Niの少なくとも1つとBとを含むホウ素合金によって形成されている

記憶素子。

[請求項7]

請求項6に記載の記憶素子であって、

前記第1強磁性体層及び前記第2強磁性体層は、V、Cr、Nb、Mo、Ta、W、Hf、Zr、Ti、Ruの少なくとも1つを副成分とする材料によって形成されている

記憶素子。

[請求項8]

請求項1に記載の記憶素子であって、

前記固定層は、2層の第1強磁性層と、当該2層の第1強磁性層の間に配置された非磁性体層と、を更に含む

記憶素子。

[請求項9]

請求項8に記載の記憶素子であって、

前記2層の第1強磁性体層のうち少なくとも一方は、Co、Fe、Niの少なくとも1つと、Pt、Pd、Rh、Niの少なくとも1つと、を主成分とする材料によって形成されている

記憶素子。

[請求項10]

請求項9に記載の記憶素子であって、

前記2層の第1強磁性体層の一方は、Co、Fe、Niの少なくとも1つと、Pt、Pd、Rh、Niの少なくとも1つと、を主成分とする材料によって形成され、

前記2層の第1強磁性体層の他方は、Co、Fe、Niの少なくとも1つを主成分とする金属、又はCo、Fe、Niの少なくとも1つとBとを含むホウ素合金によって形成されている

記憶素子。

[請求項11]

請求項1に記載の記憶素子であって、

前記絶縁体はMgOから構成される

記憶素子。

[請求項12]

請求項1に記載の記憶素子であって、

前記記憶層に対して、前記中間層とは反対側に隣接するキャップ層

を更に具備する

記憶素子。

[請求項13]

請求項12に記載の記憶素子であって、

前記キャップ層は、Hf, Ta, W, Zr, Nb, Mo, Ti, Mg, V, Cr, Ru, Rh, Pd, Ptのいずれか1つを主成分とする金属層を含む

記憶素子。

[請求項14]

請求項13に記載の記憶素子であって、

前記キャップ層は、MgO, Al₂O₃, SiO₂のいずれか1つを主成分とする酸化物層を更に含む

記憶素子。

[請求項15]

請求項1に記載の記憶素子であって、

前記固定層に対して、前記中間層とは反対側に隣接する下地層を更に具備する

記憶素子。

[請求項16]

請求項15に記載の記憶素子であって、

前記下地層は、Ta, Ti, Cu, TiN, TaN, NiCr, NiFeCr, Ru, Ptのいずれか1つを主成分とする複数の層を含む

記憶素子。

[請求項17]

固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む固定層と、

スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む記憶層と、

絶縁体からなり、前記記憶層と前記固定層との間に配置された中間層と、

抵抗発熱体からなり、前記記憶層及び前記固定層の少なくとも一方に配置された発熱層と、

を有する複数の記憶素子と、

前記複数の記憶素子のそれぞれに電流を供給可能に構成された配線部と、

を具備する記憶装置。

[請求項18]

固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む固定層と、

スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む記憶層と、

絶縁体からなり、前記記憶層と前記固定層との間に配置された中間層と、

抵抗発熱体からなり、前記記憶層及び前記固定層の少なくとも一方に配置された発熱層と、

を有する磁気素子を具備する

磁気ヘッド。

[請求項19]

固定された垂直磁化を有する第1強磁性体層を含む固定層と、

スピン注入によって反転可能な垂直磁化を有する第2強磁性体層を含む記憶層と、

絶縁体からなり、前記記憶層と前記固定層との間に配置された中間層と、

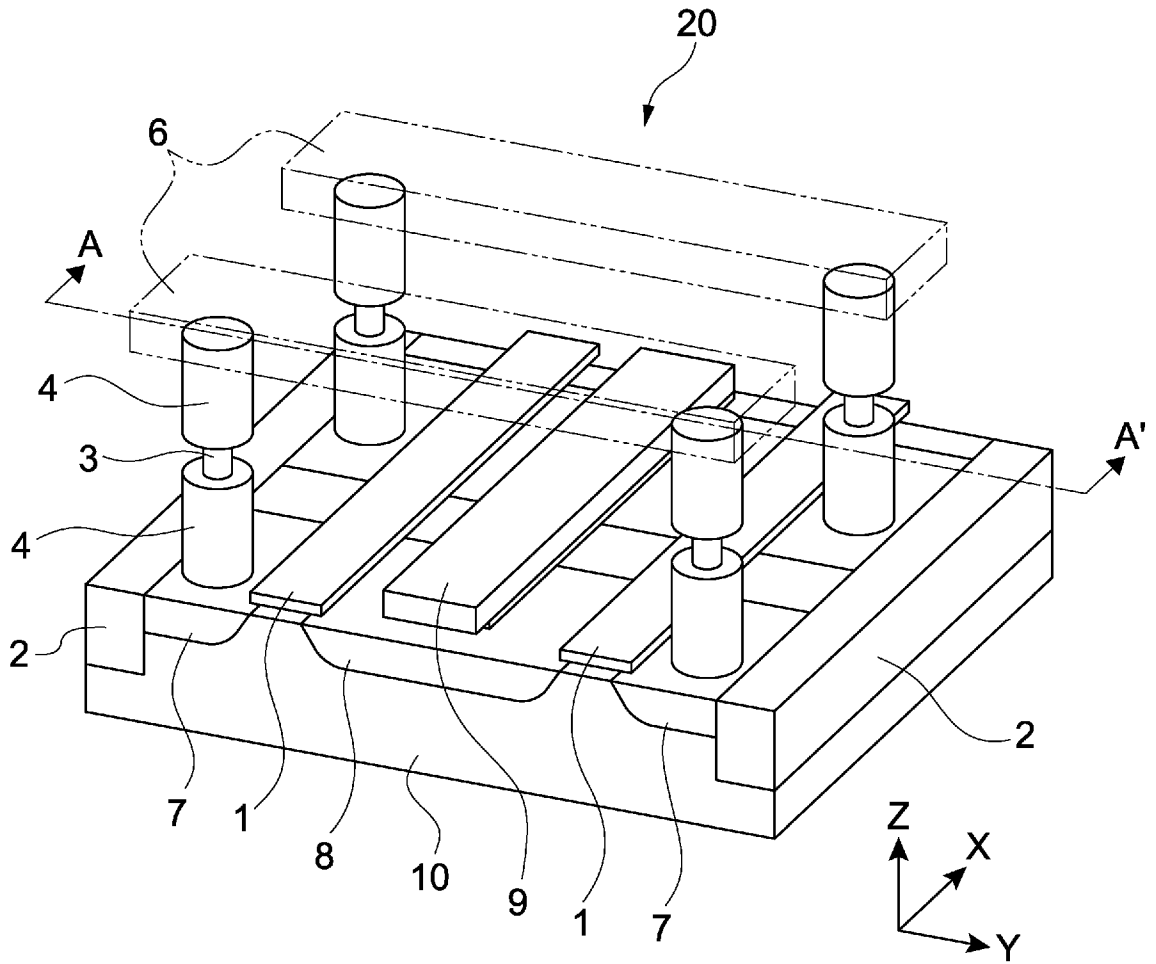
抵抗発熱体からなり、前記記憶層及び前記固定層の少なくとも一方に配置された発熱層と、

を有する複数の記憶素子を有する記憶部と、

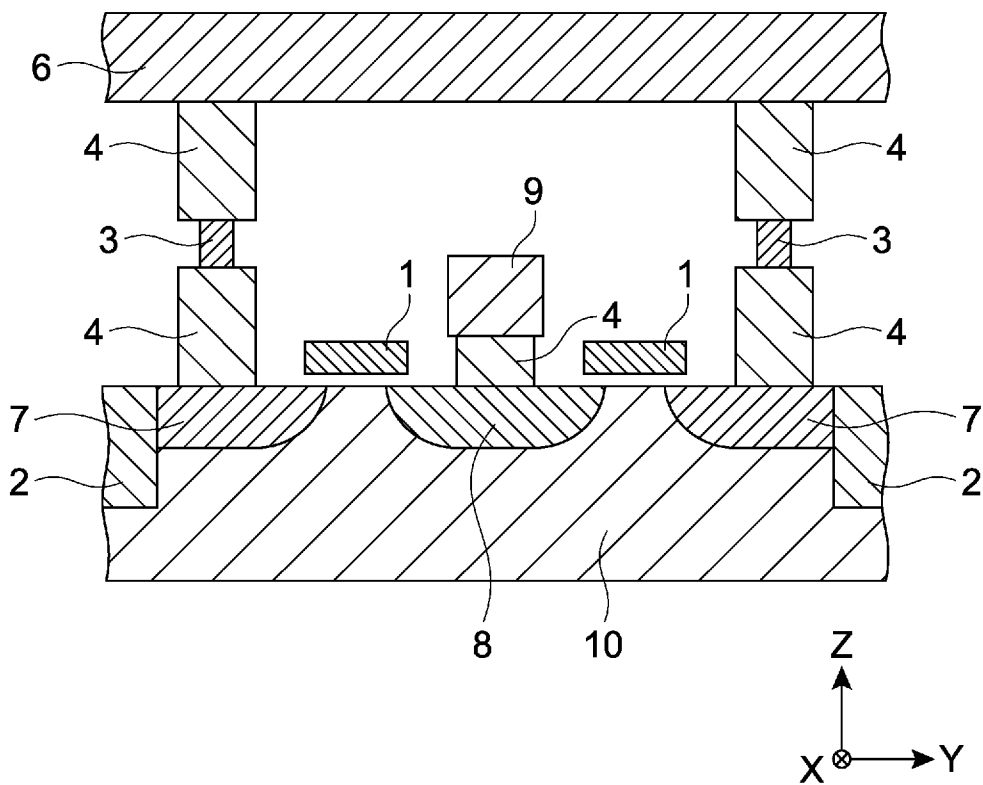
前記記憶部にアクセス可能に構成された制御部と、

を具備する電子機器。

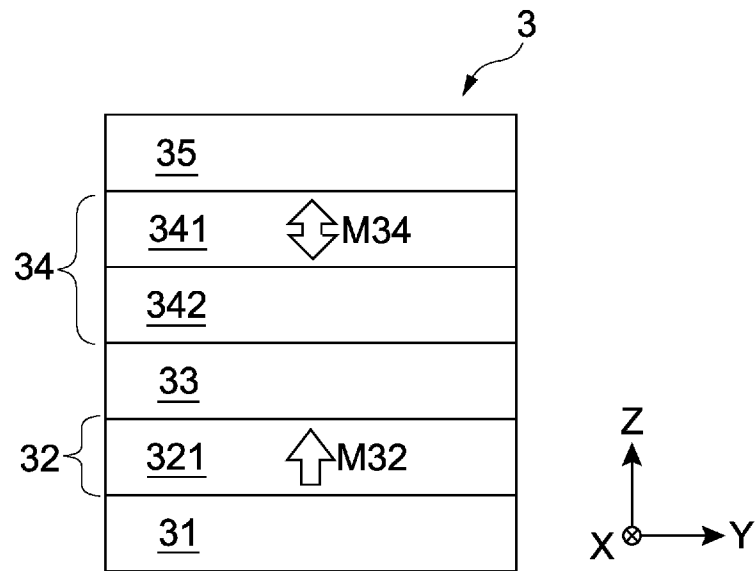
[図1]



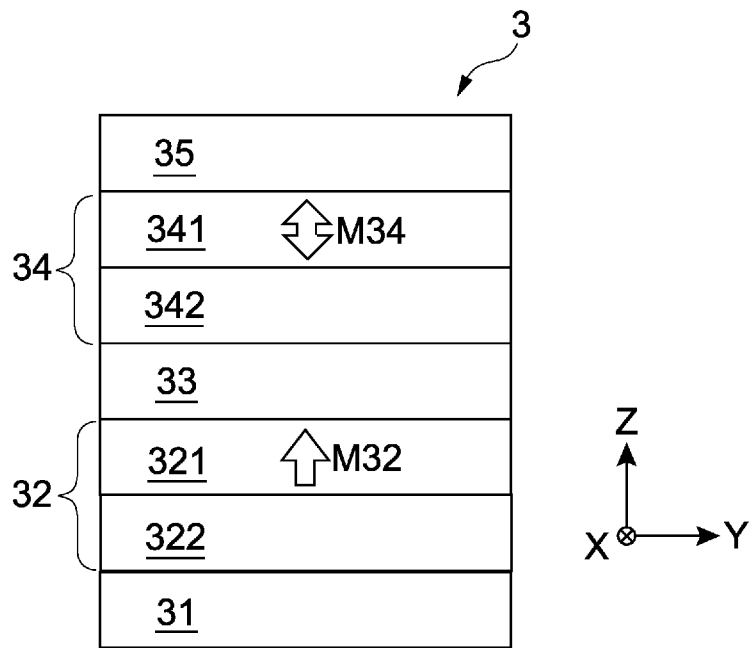
[図2]



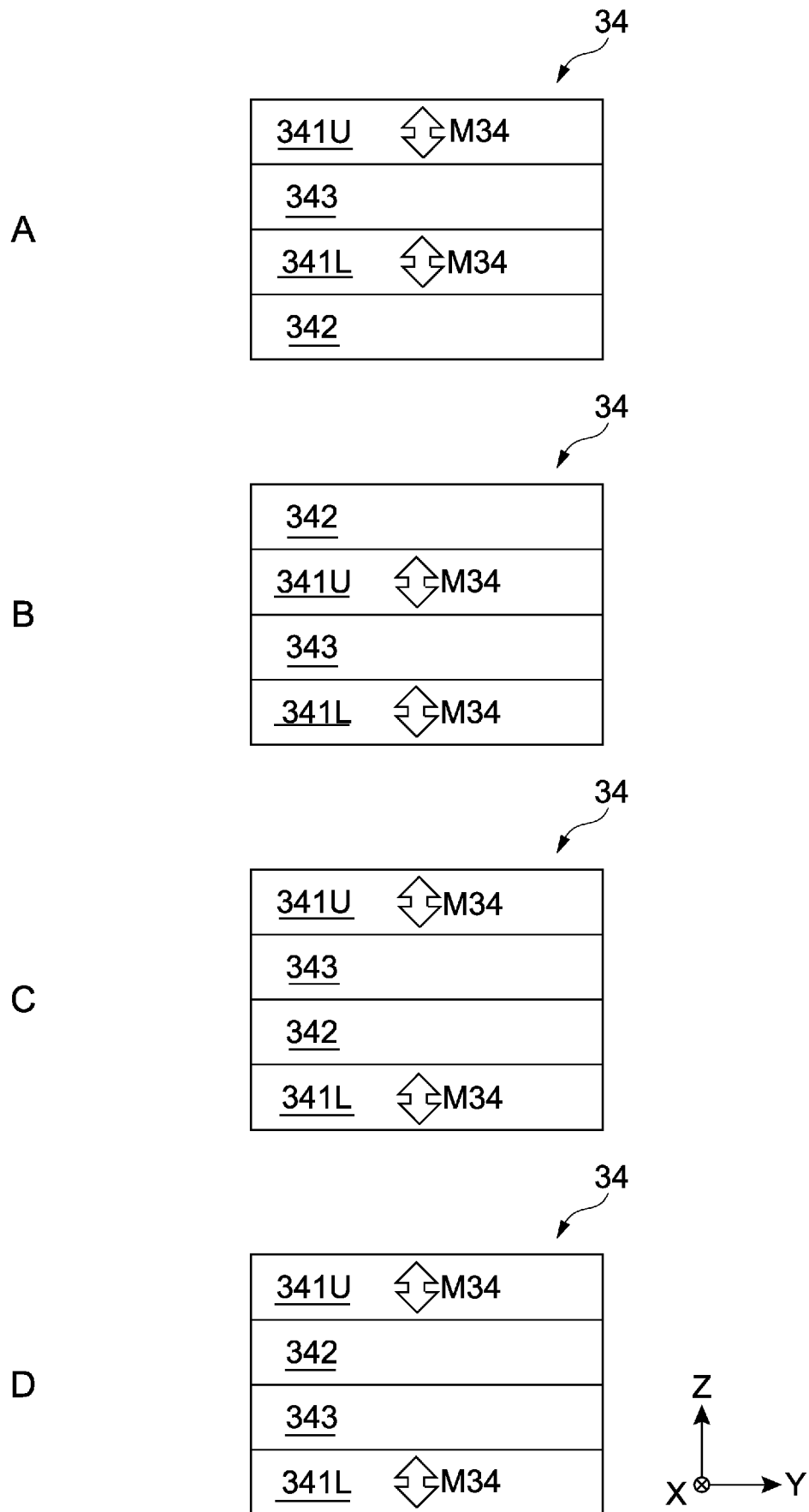
[図3]



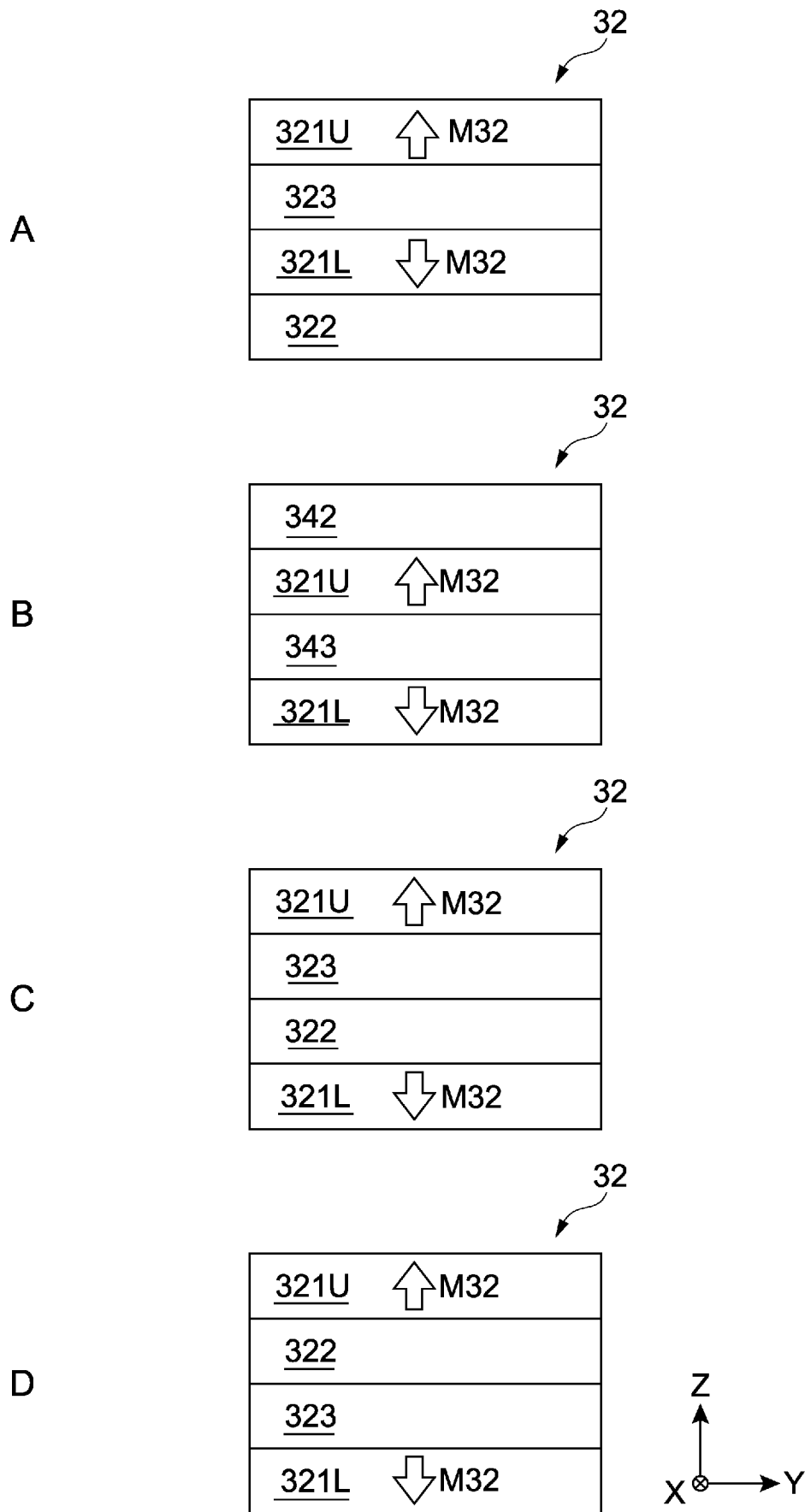
[図4]



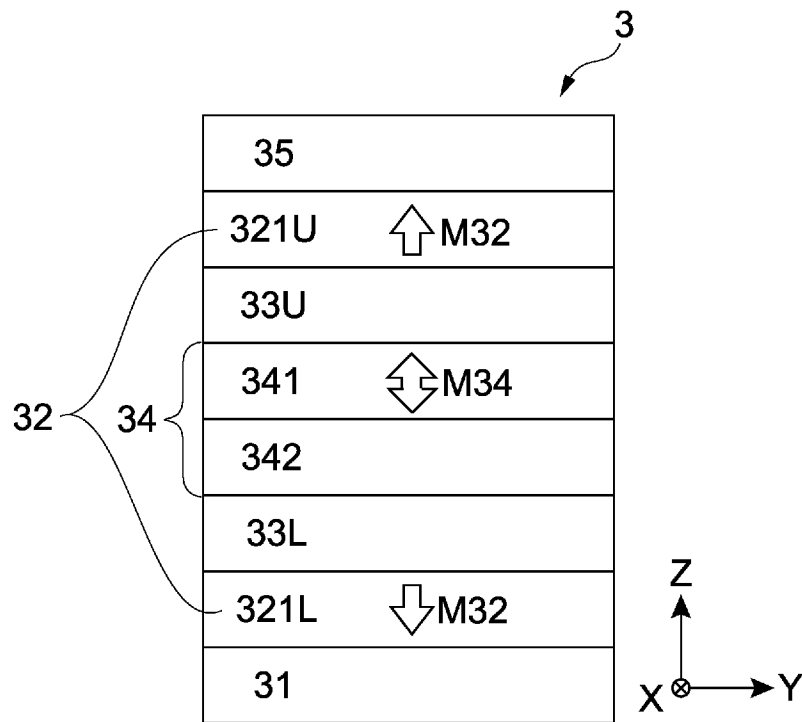
[図5]



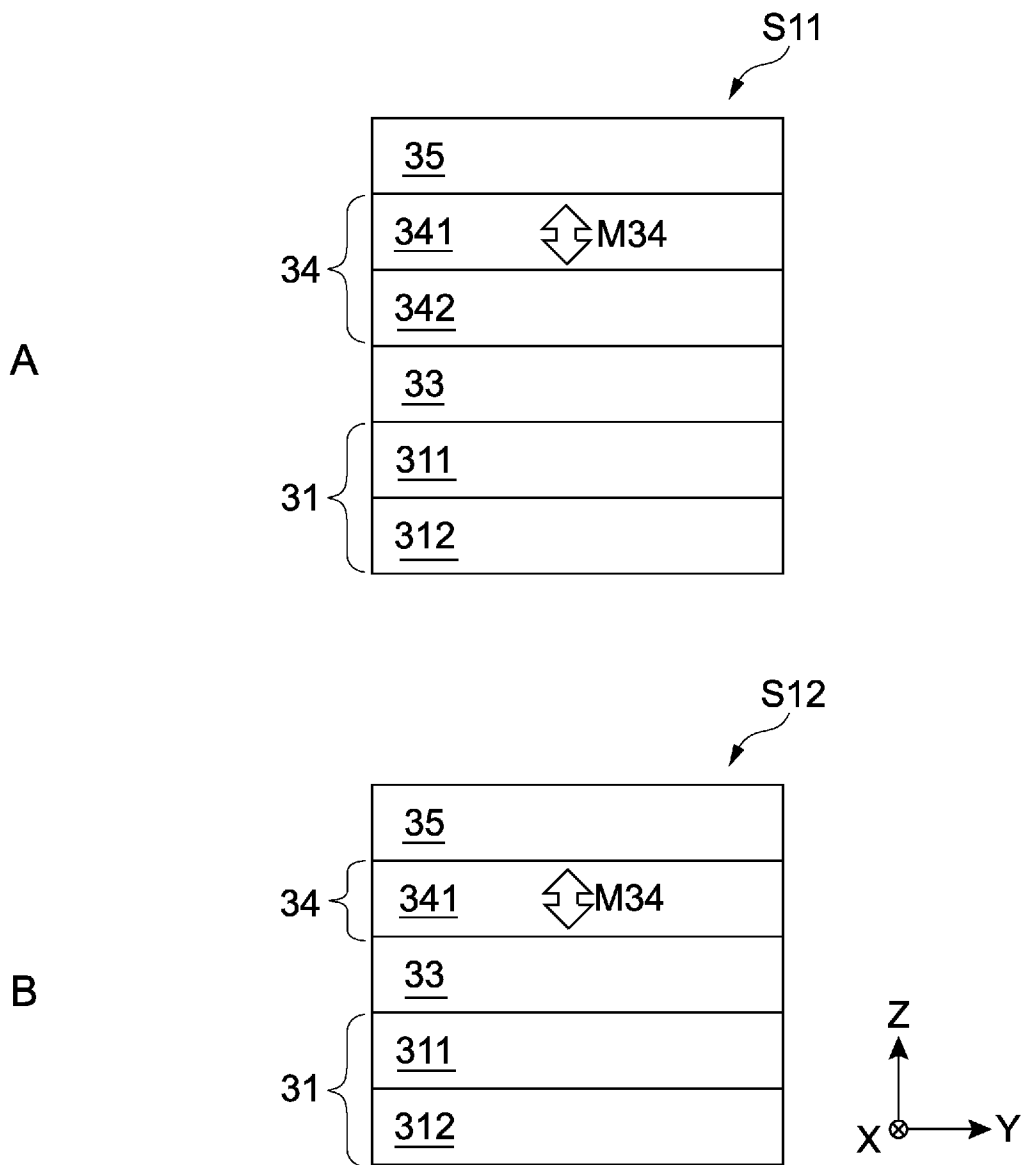
[図6]



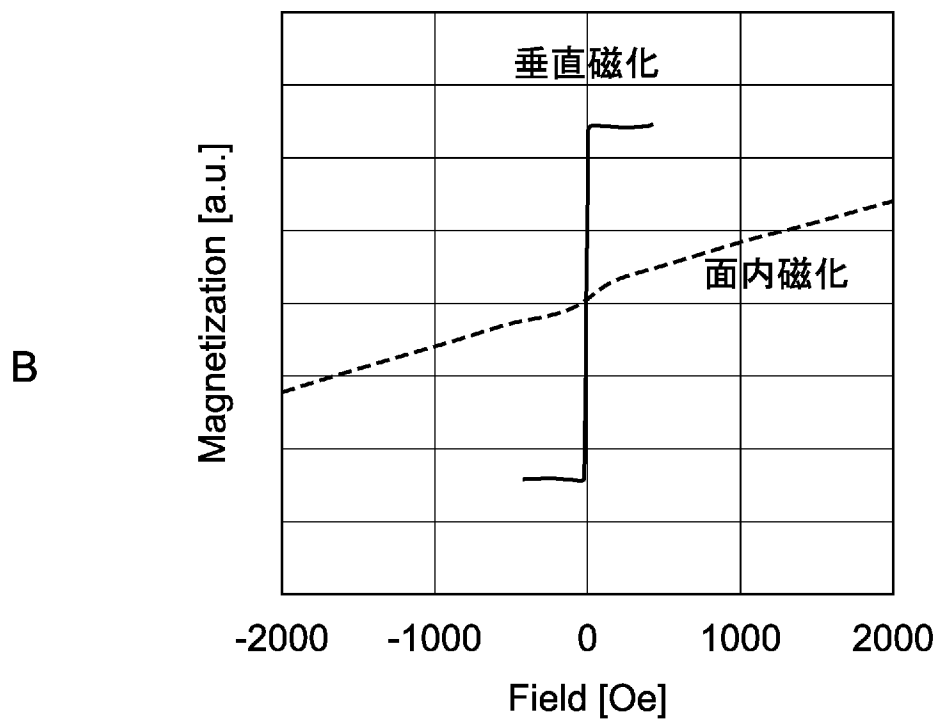
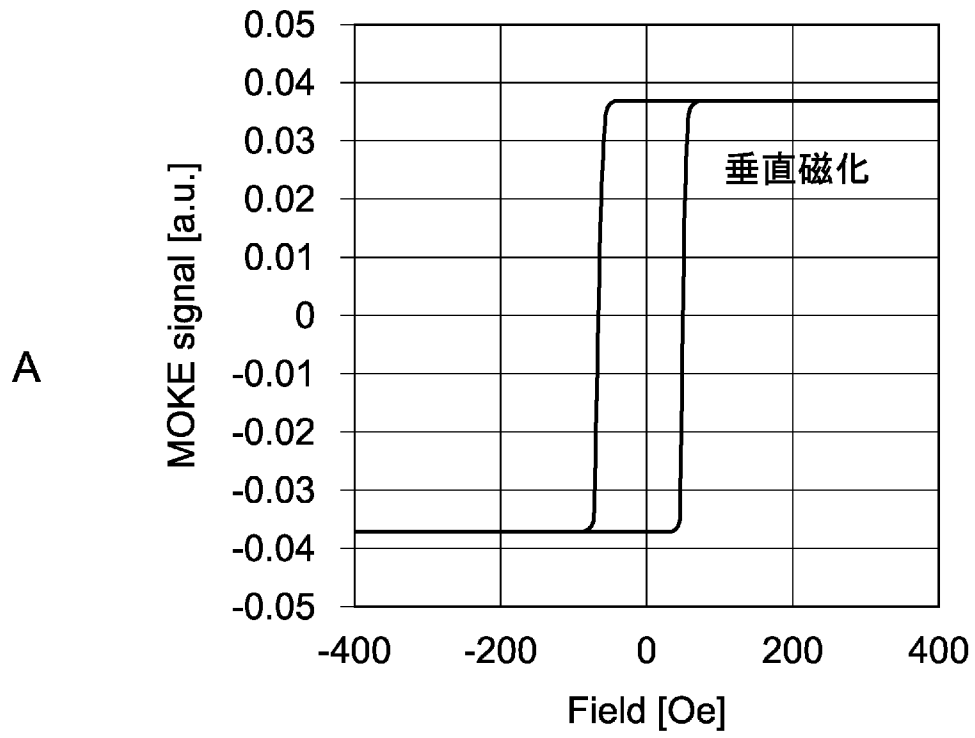
[図7]



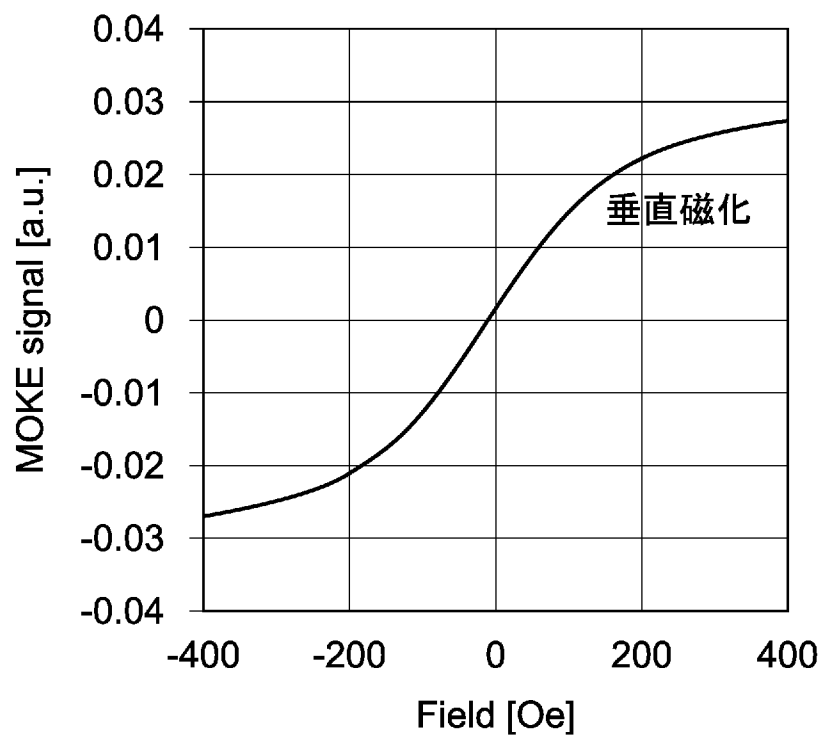
[図8]



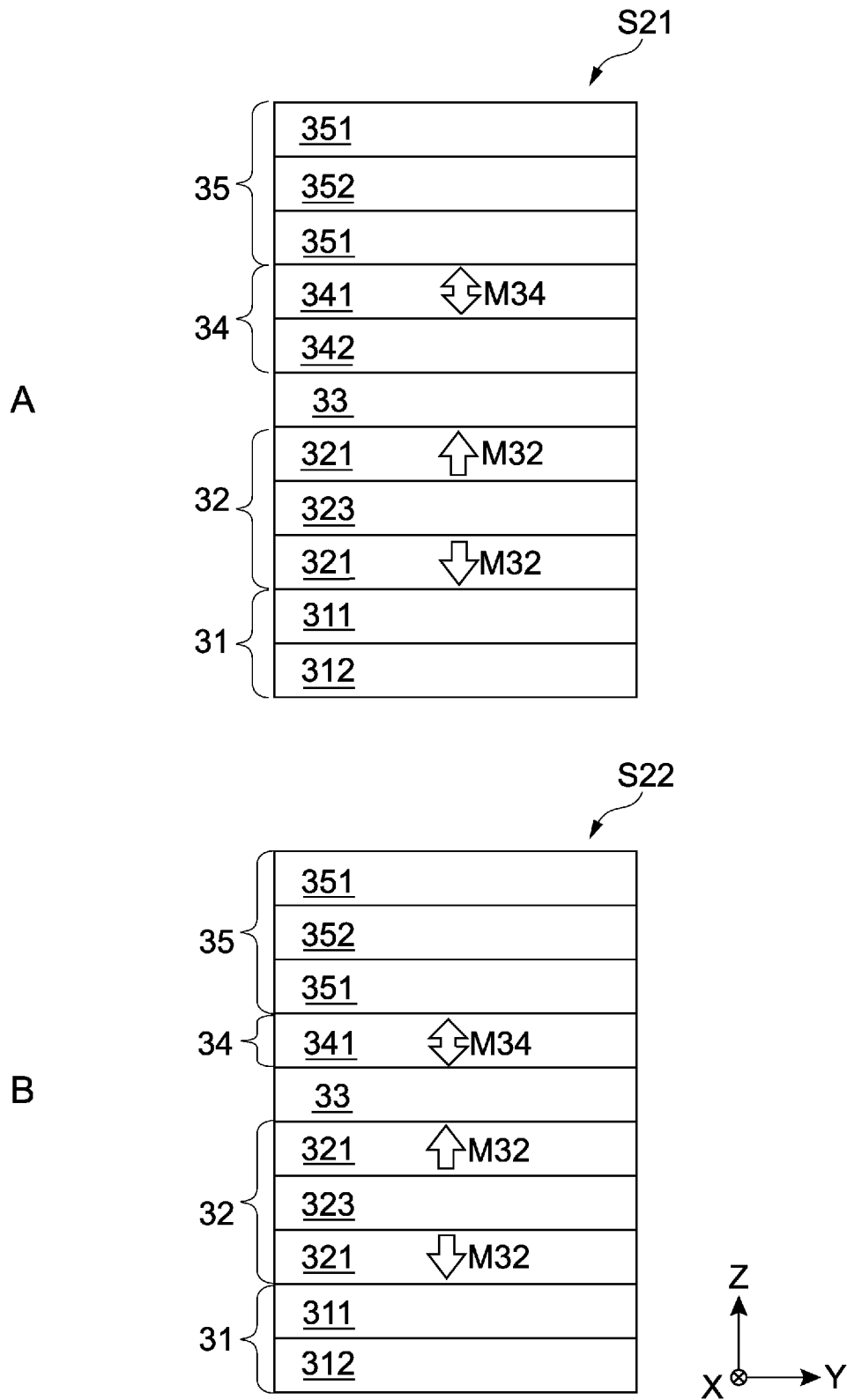
[図9]



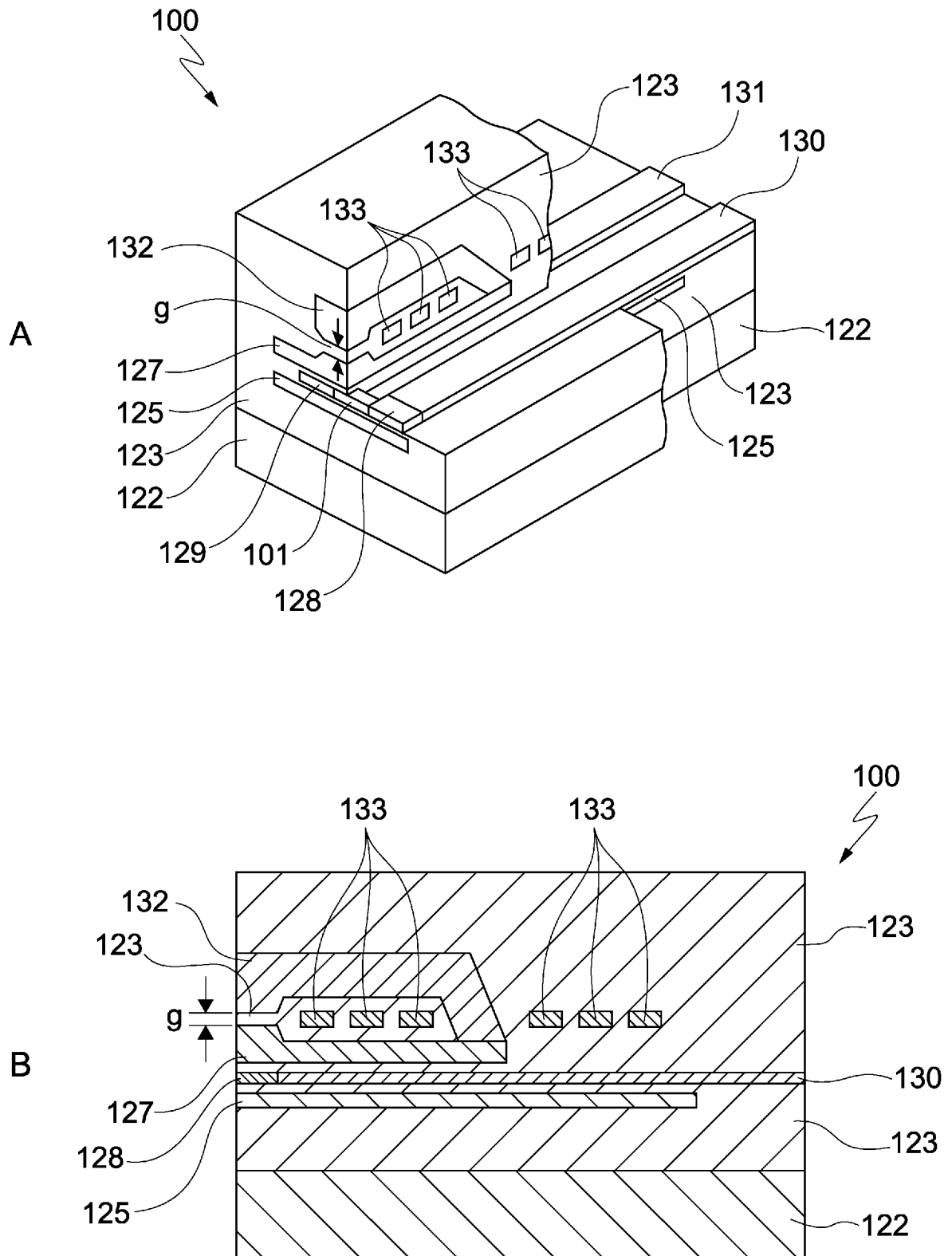
[図10]



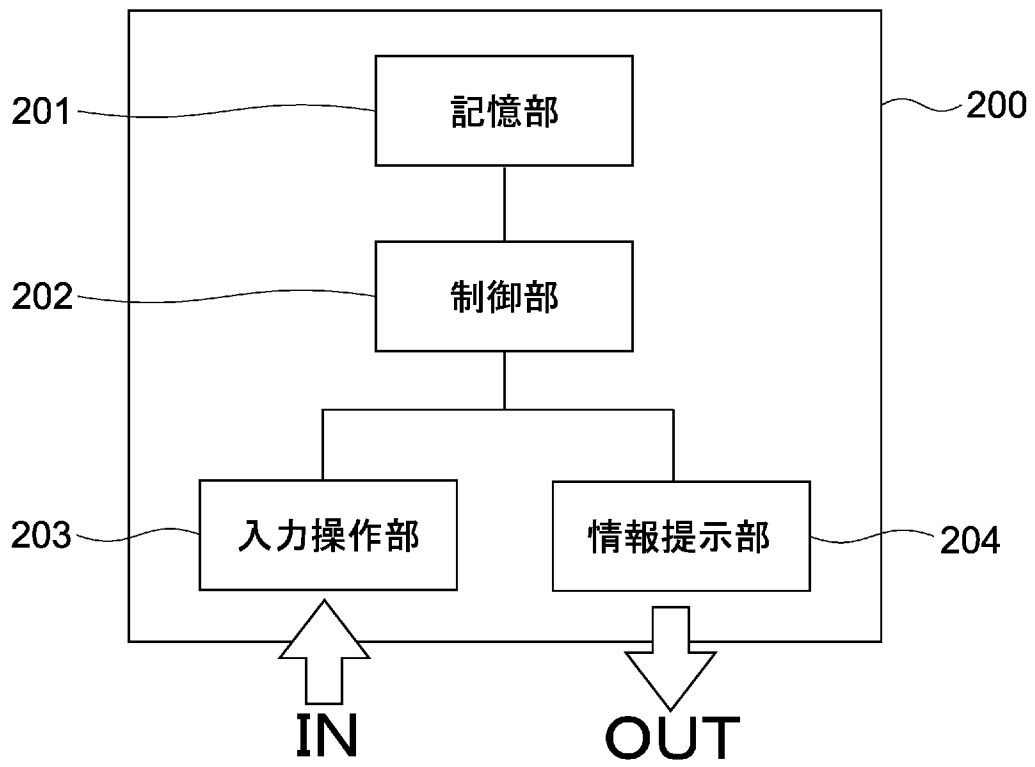
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/000229

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L43/08(2006.01)i, G11B5/39(2006.01)i, H01F10/32(2006.01)i, H01L21/8246 (2006.01)i, H01L27/105(2006.01)i, H01L29/82(2006.01)i, H01L43/10 (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) H01L43/08, G11B5/39, H01F10/32, H01L21/8246, H01L27/105, H01L29/82, H01L43/10 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 1996-2016 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016 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.
X Y	WO 2011/033873 A1 (Fuji Electric Co., Ltd.), 24 March 2011 (24.03.2011), paragraphs [0025], [0032], [0037], [0047], [0056]; fig. 1 to 12 & US 2012/0230089 A1 paragraphs [0049], [0062], [0069], [0083], [0093]; fig. 1 to 12 & EP 2479787 A1	1-5, 17-19 4-16
Y	JP 2010-140973 A (Hitachi, Ltd.), 24 June 2010 (24.06.2010), paragraph [0047]; fig. 1 to 11 (Family: none)	4
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "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 "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 March 2016 (08.03.16)		Date of mailing of the international search report 15 March 2016 (15.03.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/000229

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 2008-235533 A (Fujitsu Ltd.), 02 October 2008 (02.10.2008), paragraph [0028]; fig. 1 to 25 (Family: none)	4
Y	JP 2005-109470 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 21 April 2005 (21.04.2005), paragraph [0078]; fig. 1 to 16 & US 2005/0078510 A1 paragraph [0076]; fig. 1 to 16	4, 5
Y	JP 2013-115413 A (Sony Corp.), 10 June 2013 (10.06.2013), paragraphs [0030], [0051] to [0059], [0066], [0071], [0087], [0095]; fig. 1 to 7 & US 2013/0163314 A1 paragraphs [0073] to [0077], [0110] to [0133], [0147], [0159], [0200] to [0203], [0225], [0226]; fig. 1 to 7	6-16

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int.Cl. H01L43/08(2006.01)i, G11B5/39(2006.01)i, H01F10/32(2006.01)i, H01L21/8246(2006.01)i, H01L27/105(2006.01)i, H01L29/82(2006.01)i, H01L43/10(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. H01L43/08, G11B5/39, H01F10/32, H01L21/8246, H01L27/105, H01L29/82, H01L43/10			
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 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016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	
X Y	WO 2011/033873 A1 (富士電機株式会社) 2011.03.24, 段落 0025, 0032, 0037, 0047, 0056, 図 1-12 & US 2012/0230089 A1, 段落 0049, 0062, 0069, 0083, 0093, 図 1-12 & EP 2479787 A1	1-5, 17-19 4-16	
Y	JP 2010-140973 A (株式会社日立製作所) 2010.06.24, 段落 0047, 図 1-11 (ファミリーなし)	4	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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		の日の後に公表された文献	
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「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	
「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		「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	
「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)		「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	
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献	
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日	08.03.2016	国際調査報告の発送日	15.03.2016
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) 小山 満 電話番号 03-3581-1101 内線 3516	5 F	9458

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 2008-235533 A (富士通株式会社) 2008.10.02, 段落 0028, 図 1-25 (ファミリーなし)	4
Y	JP 2005-109470 A (三星電子株式会社) 2005.04.21, 段落 0078, 図 1-16 & US 2005/0078510 A1, 段落 0076, 図 1-16	4, 5
Y	JP 2013-115413 A (ソニー株式会社) 2013.06.10, 段落 0030, 0051-0059, 0066, 0071, 0087, 0095, 図 1-7 & US 2013/0163314 A1, 段落 0073-0077, 0110-0133, 0147, 0159, 0200-0203, 0225, 0226, 図 1-7	6-16