

(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  
2014年9月18日(18.09.2014)



(10) 国際公開番号  
WO 2014/142100 A1

- (51) 国際特許分類:  
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/60 (2006.01)  
C22C 38/06 (2006.01) H01F 1/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/056267
- (22) 国際出願日: 2014年3月11日(11.03.2014)
- (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 2013-049757 2013年3月13日(13.03.2013) JP  
特願 2013-264050 2013年12月20日(20.12.2013) JP
- (71) 出願人: JFEスチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 尾田 善彦(ODA Yoshihiko); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 戸田 広朗(TODA Hiroaki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 小関 新司(KOSEKI

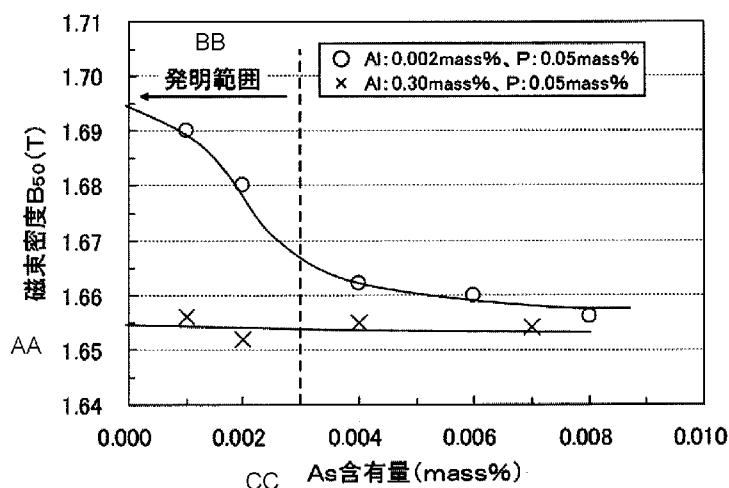
Shinji); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 平谷 多津彦(HIRATANI Tatsuhiko); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 中西 匡(NAKANISHI Tadashi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 大久保 智幸(OKUBO Tomoyuki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 JFEスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人銀座マロニエ特許事務所(GINZA MARONIE P.C.); 〒1040061 東京都中央区銀座2丁目8番9号木挽館銀座ビル 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, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

[続葉有]

(54) Title: NON-DIRECTIONAL ELECTROMAGNETIC STEEL PLATE WITH EXCELLENT MAGNETIC CHARACTERISTICS

(54) 発明の名称: 磁気特性に優れる無方向性電磁鋼板



AA Magnetic flux density B<sub>50</sub> (T)  
 BB Range of the invention  
 CC As content (mass%)

(57) Abstract: A non-directional electromagnetic steel plate having high magnetic flux density and low anisotropy, the steel plate containing C: 0.01 mass% or less, Si: 1-4 mass%, Mn: 0.05-3 mass%, P: 0.03-0.2 mass%, S: 0.01 mass% or less, Al: 0.004 mass% or less, N: 0.005 mass% or less and As: 0.003 mass% or less, and preferably also containing one or two selected from Sb: 0.001-0.1 mass% and Sn: 0.001-0.1 mass%, or one or two selected from Ca: 0.001-0.005 mass% and Mg: 0.001-0.005 mass%.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2014/142100 A1



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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

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), 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))

C : 0.01mass%以下、Si : 1~4mass%、Mn : 0.05~3mass%、P : 0.03~0.2mass%、S : 0.01mass%以下、Al : 0.004mass%以下、N : 0.005mass%以下およびAs : 0.003mass%以下を含有し、好ましくはさらに、Sb : 0.001~0.1mass%およびSn : 0.001~0.1mass%のうちから選ばれる1種または2種、あるいはさらに、Ca : 0.001~0.005mass%およびMg : 0.001~0.005mass%のうちから選ばれる1種または2種を含有する、高い磁束密度を有し、かつ、その異方性が小さい無方向性電磁鋼板。

## 明 細 書

発明の名称：磁気特性に優れる無方向性電磁鋼板

### 技術分野

[0001] 本発明は、磁気特性に優れる無方向性電磁鋼板に関し、特に磁束密度が高い無方向性電磁鋼板に関するものである。

### 背景技術

[0002] 近年、省エネルギーへの要求の高まりから、高効率誘導モータが使用されるようになってきている。このモータでは、効率を向上させるため、鉄心積厚を増やしたり、巻線の充填率を向上させたりしている。さらに、鉄心に使用される電磁鋼板についても、従来の低グレード材から、より鉄損の低い高グレード材への切り替えが進められている。

[0003] ところで、このような誘導モータコア材には、銅損を低減する観点から、素材となる鋼板には、低鉄損であることに加えて、設計磁束密度での励磁実効電流が低いことが要求されている。励磁電流を低減するためには、コア材の磁束密度を高めることが有効である。

さらに、近年、急速に普及が進んでいるハイブリッド自動車や電気自動車に用いられる駆動モータでは、発進時や加速時に高トルクが必要となることから、磁束密度のより一層の向上が望まれている。

[0004] 磁束密度の高い電磁鋼板としては、例えば、特許文献1には、 $S i \leq 4 \text{ mass} \%$ の鋼に $C o$ を $0.1 \sim 5 \text{ mass} \%$ 添加した無方向性電磁鋼板が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2000-129410号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、 $C o$ は非常に高価であるため、特許文献1に記載の材料を

、モータのコア材に適用した場合には、製造コストが著しくアップするという問題点がある。そのため、製造コストの上昇を招くことなく、磁束密度を高めた無方向性電磁鋼板の開発が望まれている。

[0007] また、モータに用いられる無方向性電磁鋼板では、モータ回転時には、励磁方向が板面内で回転するため、圧延方向（L方向）だけでなく、圧延方向に直角方向（C方向）の磁気特性もモータ特性に影響する。そのため、無方向性電磁鋼板には、L方向およびC方向の磁気特性に優れるだけでなく、L方向とC方向の磁気特性の差が小さい、すなわち、異方性が小さいことが強く望まれている。

[0008] 本願発明は、従来技術の上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、製造コストの上昇を招くことなく、磁束密度の高い無方向性電磁鋼板を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0009] 発明者らは、上記課題の解決に向けて鋭意検討を重ねた。その結果、Alを低減した鋼にPを添加し、さらにAsを低減することによって、特別な添加元素を必要とすることなく高磁束密度化が可能となることを知見し、本発明の開発するに至った。

[0010] すなわち、本発明は、C：0.01mass%以下、Si：1～4mass%、Mn：0.05～3mass%、P：0.03～0.2mass%、S：0.01mass%以下、Al：0.004mass%以下、N：0.005mass%以下およびAs：0.003mass%以下を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有する無方向性電磁鋼板である。

[0011] 本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分組成に加えてさらに、Sb：0.001～0.1mass%およびSn：0.001～0.1mass%のうちから選ばれる1種または2種を含有することを特徴とする。

[0012] また、本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分組成に加えてさらに、Ca：0.001～0.005mass%およびMg：0.001～0.005

mass%のうちから選ばれる1種または2種を含有することを特徴とする。

[0013] また、本発明の無方向性電磁鋼板は、圧延方向（L方向）の磁束密度 $B_{50L}$ と圧延方向に直角方向（C方向）の磁束密度 $B_{50C}$ の比（ $B_{50L}/B_{50C}$ ）が1.05以下であることを特徴とする。

[0014] また、本発明の無方向性電磁鋼板は、板厚が0.05～0.30mmであることを特徴とする。

### 発明の効果

[0015] 本発明によれば、高い磁束密度を有する無方向性電磁鋼板を安価に提供することができるので、高効率誘導モータや、高トルクが要求されるハイブリッド自動車や電気自動車の駆動モータ、高い発電効率が要求される高効率発電機のコア材料等として好適に用いることができる。

### 図面の簡単な説明

[0016] [図1] AlとPの含有量が磁束密度 $B_{50}$ に及ぼす影響を示すグラフである。

[図2] AlとPの含有量が磁束密度の異方性（ $B_{50L}/B_{50C}$ ）に及ぼす影響を示すグラフである。

[図3] Asの含有量が磁束密度 $B_{50}$ に及ぼす影響を示すグラフである。

[図4] Asの含有量が磁束密度の異方性（ $B_{50L}/B_{50C}$ ）に及ぼす影響を示すグラフである。

### 発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明を開発するに至った実験について説明する。

先ず、鉄損に及ぼすPの影響を調査するため、C：0.0025mass%、Si：3.05mass%、Mn：0.25mass%、S：0.0021mass%、Al：0.30mass%およびN：0.0021mass%を含有する鋼（Al添加鋼）と、C：0.0022mass%、Si：3.00mass%、Mn：0.24mass%、S：0.0018mass%、Al：0.002mass%およびN：0.0020mass%を含有する鋼（Alレス鋼）の2種類の鋼に対してPをtr.～0.15mas

s%の範囲で種々に変化させて添加した鋼を実験室にて溶解し、鋼塊とした後、熱間圧延して板厚1.6mmの熱延板とした。次いで、この熱延板に1000°C×30secの熱延板焼鈍を施し、酸洗し、冷間圧延して板厚0.20mmの冷延板とし、20vol%H<sub>2</sub>−80vol%N<sub>2</sub>雰囲気中で1000°C×10secの仕上焼鈍を施した。

[0018] 斯くして得た冷延焼鈍板から幅30mm×長さ280mmの試験片を採取し、エプスタイン法で磁束密度 $B_{50}$ を測定し、その結果を、P含有量と磁束密度 $B_{50}$ との関係として図1に示した。ここで、磁束密度 $B_{50}$ とは、長手方向が圧延方向の試験片と、長手方向が圧延方向に直角方向の試験片とを半量ずつ用いて測定した、磁化力5000A/mにおける磁束密度である。この図から、Al添加鋼では、Pを添加しても磁束密度の向上は認められないが、Alレス鋼では、0.03mass%以上のP添加によって磁束密度が向上していることがわかる。

[0019] 上記のように、Alレス鋼においてのみP添加による磁束密度向上効果が得られる理由は、まだ十分に明らかとはなっていないが、Pは結晶粒界に偏析することによって磁束密度を向上させる効果を有するものと考えられる。一方、Al添加鋼では、Alを添加することによって、冷延前のPの偏析挙動に何らかの影響を及ぼし、結晶粒界へのP偏析が抑制されたためと考えられる。

[0020] 次いで、上記の実験で得たAl添加鋼とAlレス鋼の2種類の冷延焼鈍板について、圧延方向(L方向)の磁束密度 $B_{50L}$ と圧延方向に直角方向(C方向)の磁束密度 $B_{50C}$ を測定し、Pの含有量が、磁束密度の異方性に及ぼす影響を調査した。なお、本発明では、上記異方性を表わす指標として、圧延方向(L方向)の磁束密度 $B_{50L}$ と圧延方向に直角方向(C方向)の磁束密度 $B_{50C}$ の比( $B_{50L}/B_{50C}$ )を用いた。この値が1に近いほど異方性が小さいことを意味している。そして、本発明は、上記比( $B_{50L}/B_{50C}$ )を1.05以下とすることを開発目標とする。なお、上記圧延方向(L方向)の磁束密度 $B_{50L}$ と圧延方向に直角方向(C方向)の磁束密度 $B_{50C}$ の比( $B_{50L}/$

$B_{50C}$ ) を、以降、単に「異方性 ( $B_{50L}/B_{50C}$ ) 」ともいう。

[0021] 図2に、Pの含有量と、異方性 ( $B_{50L}/B_{50C}$ ) との関係を示した。この図から、Alレス鋼では、Pを添加することによって異方性が低減されていること、そして、Pの添加量を0.03mass%以上とすることで、異方性の指標である  $B_{50L}/B_{50C}$  を開発目標の1.05以下に低減できることがわかる。

このように、Alレス鋼にPを添加することによって異方性が改善される理由は、現時点ではまだ十分に明らかとなっていないが、Pの粒界への偏析によって集合組織に何らかの変化が生じ、磁束密度の異方性が低減されたものと推察している。

[0022] 次いで、Pを添加した鋼の製造安定性を調査するため、C:0.0020mass%、Si:3.00mass%、Mn:0.20mass%、P:0.06mass%、S:0.0012mass%、Al:0.002mass%およびN:0.0018mass%を含有する鋼を10チャージ出鋼し、熱間圧延して板厚1.6mmの熱延板とし、1000°C×30secの熱延板焼鈍を施し、酸洗し、冷間圧延して板厚0.35mmの冷延板とした後、20vol%H<sub>2</sub>-80vol%N<sub>2</sub>雰囲気中で1000°C×10secの仕上焼鈍を施した。

[0023] 斯くして得た冷延焼鈍板について磁束密度  $B_{50}$  を調査したところ、 $B_{50}$  の測定結果が大きくばらついていた。そこで、磁束密度が低い材料について成分分析を行ったところ、Asが0.0020~0.0035mass%含まれており、Asが粒界に偏析し、Pの粒界偏析が抑止された結果、磁束密度が低下したものと考えられた。

[0024] Asは、一般には、スクラップから混入してくる不純物であり、近年におけるスクラップの使用比率の高まりに伴って、混入してくる量のみならず、ばらつきも徐々に大きくなってきていることから、上記のような結果になったものと考えられた。

[0025] 次いで、磁束密度に及ぼすAsの影響を調査するため、C:0.0015

mass%、Si：3.10mass%、Mn：0.15mass%、P：0.05mass%、S：0.0009mass%、Al：0.30mass%およびN：0.0018mass%の鋼（Al添加鋼）と、C：0.0016mass%、Si：3.00mass%、Mn：0.15mass%、P：0.05mass%、S：0.0009mass%、Al：0.002mass%およびN：0.0020mass%の鋼（Alレス鋼）の2種類の鋼に対し、Asをtr.～0.008mass%の範囲で変化させて添加した鋼を実験室的に溶解し、鋼塊とした後、熱間圧延して板厚1.6mmの熱延板とし、次いで、この熱延板に1000℃×30secの熱延板焼鈍を施し、酸洗し、冷間圧延して板厚0.35mmの冷延板とし、20vol% $H_2$ －80vol% $N_2$ 雰囲気中で1000℃×10secの仕上焼鈍を施した。

[0026] 斯くして得た冷延焼鈍板から幅30mm×長さ280mmの試験片を採取し、エプスタイン法で磁束密度 $B_{50}$ を測定し、その結果を、As含有量と磁束密度 $B_{50}$ との関係として図3に示した。この図から、Asの含有量が0.003mass%を超えると、磁束密度が低下することがわかる。

[0027] 次いで、上記実験で得た試験片を用いて、 $B_{50L}$ と $B_{50C}$ を測定し、Asの含有量と $(B_{50L}/B_{50C})$ との関係を図4に示した。この図から、Asの含有量を0.003mass%以下とすると、磁束密度の異方性が小さくなり、異方性の指標である $(B_{50L}/B_{50C})$ を目標値である1.05以下にできることがわかった。この理由としては、Asを低減すると粒界へのAsの偏析量が少なくなり、同じ偏析元素であるPの粒界への偏析が促進される結果、集合組織が改善され、図2から明らかとなったP添加による異方性低減効果がより助長されたためであると考えられる。

本発明は、上記の新規な知見に基づき開発したものである。

[0028] 次に、本発明の無方向性電磁鋼板における成分組成について説明する。

C：0.01mass%以下

Cは、製品板中に0.01mass%を超えて含有すると、磁気時効を起

こすため、上限は0.01mass%とする。好ましくは、0.005mass%以下である。

[0029] Si : 1~4mass%

Siは、鋼の固有抵抗を高め、鉄損を低減するのに有効な元素であるため、本発明では1mass%以上を添加する。一方、4mass%を超えると、励磁実効電流が著しく増大する。よって、本発明は、Siを1~4mass%の範囲とする。好ましくはSiの下限は2.0mass%、上限は3.5mass%である。

[0030] Mn : 0.05~3mass%

Mnは、熱間圧延時の脆性を防止するために、0.05mass%以上添加する必要がある。しかし、3mass%を超えると、飽和磁束密度が低下し、磁束密度が低下する。よって、Mnは0.05~3mass%の範囲とする。好ましくはMnの下限は0.05mass%、上限は2.0mass%である。

[0031] P : 0.03~0.2mass%

Pは、本発明における重要元素の一つであり、前述した図1からわかるように、Alを0.004mass%以下に低減した鋼に0.03mass%以上添加することによって、磁束密度を高める効果がある。しかし、0.2mass%を超えて添加すると、鋼が硬質化し、冷間圧延することが困難となるので、上限は0.2mass%とする。好ましくはPの下限は0.05mass%、上限は0.10mass%である。

[0032] S : 0.01mass%以下

Sは、MnS等の硫化物を形成し、粒成長を阻害し、鉄損を増加させる有害な元素であるため、上限を0.01mass%とする。なお、Sも粒界偏析型の元素であり、Sが多くなると、Pの粒界偏析が抑制される傾向となるため、Pの粒界偏析を促進する観点から、好ましくは0.0009mass%以下である。

[0033] Al : 0.004mass%以下

Alは、本発明における重要元素の一つであり、0.004mass%を超えて含有すると、上述したP添加による磁束密度向上効果が得られなくなるため、上限を0.004mass%とする。好ましくは0.002mass%以下である。

[0034] N : 0.005mass%以下

Nは、窒化物を形成し、粒成長を阻害し、鉄損を増加させる有害元素であるため、上限を0.005mass%とする。好ましくは0.003mass%以下である。

[0035] As : 0.003mass%以下

Asは、本発明における重要元素の一つであり、前述したように、低Al、P添加鋼においては、粒界に偏析してPの粒界偏析を抑止し、磁束密度を低下させる有害元素である。よって、本発明においては、Asの含有量を0.003mass%以下に制限する。好ましくは0.002mass%以下、より好ましくは0.001mass%以下である。

[0036] 本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分に加えてさらに、SbおよびSnのうちの1種または2種を、下記の範囲で含有することができる。

Sb : 0.001~0.1mass%、Sn : 0.001~0.1mass%

Sbは、粒界偏析元素であり、磁束密度を向上する効果があるが、P偏析に及ぼす影響は少ないため、0.001~0.1mass%の範囲で添加することができる。

一方、Snは、粒界偏析元素であるが、P偏析に及ぼす影響は少なく、むしろ、粒内の変形帯の形成を促進し、磁束密度を向上させる効果があるため、0.001~0.1mass%の範囲で添加することができる。より好ましいSbおよびSnの下限は0.005mass%、上限は0.05mass%である。

[0037] 本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分に加えてさらに、CaおよびMgのうちの1種または2種を下記の範囲で含有することができる。

Ca : 0.001 ~ 0.005 mass %、Mg : 0.001 ~ 0.005 mass %

CaおよびMgは、硫化物を粗大化して粒成長を促進し、鉄損を低減する効果があるため、それぞれ0.001 ~ 0.005 mass %の範囲で添加することができる。より好ましいCaおよびMgの下限は0.0015 mass %、上限は0.003 mass %である。

[0038] なお、本発明の無方向性電磁鋼板は、上記成分以外の残部は、Feおよび不可避免的不純物である。ただし、本発明の作用効果を害しない範囲内であれば、他の元素の含有を拒むものではない。

[0039] 次に、本発明の無方向性電磁鋼板の製造方法について説明する。

本発明の無方向性電磁鋼板の製造方法は、鋼成分、特にAl、PおよびAsを上記した成分組成範囲内に制御する必要があること以外の条件については特に制限はなく、通常は無方向性電磁鋼板と同様の条件で製造することができる。例えば、転炉や脱ガス処理装置等で、本発明に適合する成分組成の鋼を溶製し、連続鋳造や造塊一分塊圧延等で鋼素材（スラブ）とした後、熱間圧延し、必要に応じて熱延板焼鈍し、1回の冷間圧延、もしくは中間焼鈍をはさんだ2回以上の冷間圧延により所定の板厚とし、仕上焼鈍する方法で製造することができる。

## 実施例

[0040] 転炉で吹練した溶鋼を脱ガス処理して表1に示した各種成分組成を有する鋼を溶製した後、連続鋳造してスラブとし、1140℃×1hrの再加熱を行った後、仕上圧延温度を800℃とする熱間圧延し、610℃の温度でコイルに巻き取り、板厚1.6mmの熱延板とした。次いで、この熱延板に、100vol% N<sub>2</sub>雰囲気中で1000℃×30secの熱延板焼鈍を施した後、冷間圧延して板厚0.25mmの冷延板とし、20vol% H<sub>2</sub> - 80vol% N<sub>2</sub>雰囲気中、同じく表1に示した条件で仕上焼鈍を施し、冷延焼鈍板とした。

斯くして得た冷延焼鈍板から、幅30mm×長さ280mmのエプスタイ

ン試験片を圧延方向（L方向）および圧延方向に直角方向（C方向）から切り出し、JIS C2550に準拠して、鉄損 $W_{10/400}$ および磁束密度 $B_{50}$ 、異方性（ $B_{50L}/B_{50C}$ ）をそれぞれ測定し、その結果を表1中に併記した。

[0041]

[表1-1]

No.	化 学 成 分 (mass%)											板厚 (mm)	仕上焼鈍 温度 (°C) ×30 s	鉄損 W <sub>10/400</sub> (W/kg)	磁気特性			備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	As	Sb	Sn	Ca				Mg	磁束密度 B <sub>50</sub> (T)	異方性 B <sub>90</sub> /B <sub>00</sub>	
1	0.0020	3.00	0.21	0.011	0.0009	0.0010	0.0020	tr.	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.30	1.66	1.06	比較例
2	0.0018	3.04	0.20	0.035	0.0009	0.0010	0.0020	tr.	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.30	1.68	1.04	発明例
3	0.0015	3.02	0.18	0.050	0.0009	0.0010	0.0012	tr.	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.30	1.69	1.04	発明例
4	0.0016	3.05	0.25	0.050	0.0015	0.0010	0.0016	tr.	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.50	1.68	1.03	発明例
5	0.0016	3.05	0.25	0.050	0.0015	0.0020	0.0016	tr.	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.60	1.68	1.03	発明例
6	0.0019	3.00	0.22	0.100	0.0009	0.0010	0.0019	tr.	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.40	1.69	1.02	発明例
7	0.0018	2.80	0.19	0.050	0.0009	0.0050	0.0014	tr.	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	13.80	1.65	1.05	比較例
8	0.0012	2.80	0.15	0.050	0.0009	0.3000	0.0012	tr.	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.30	1.65	1.06	比較例
9	0.0013	3.00	0.14	0.050	0.0009	0.0010	0.0018	0.0010	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.30	1.69	1.04	発明例
10	0.0018	3.00	0.21	0.050	0.0009	0.0010	0.0018	0.0022	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.30	1.68	1.04	発明例
11	0.0020	3.00	0.21	0.050	0.0009	0.0010	0.0020	0.0042	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.51	1.66	1.06	比較例
12	0.0023	2.80	0.21	0.050	0.0009	0.3000	0.0023	0.0031	tr.	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.35	1.65	1.07	比較例
13	0.0012	3.04	0.21	0.050	0.0009	0.0010	0.0012	tr.	0.0020	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.20	1.69	1.04	発明例
14	0.0017	3.10	0.20	0.050	0.0009	0.0010	0.0025	tr.	0.0300	tr.	0.0010	tr.	0.25	1000	12.00	1.69	1.04	発明例
15	0.0012	3.12	0.23	0.050	0.0009	0.0010	0.0012	tr.	tr.	tr.	0.0025	tr.	0.25	1000	12.20	1.69	1.04	発明例
16	0.0013	3.06	0.22	0.050	0.0009	0.0010	0.0020	tr.	tr.	tr.	0.0100	tr.	0.25	1000	12.00	1.69	1.03	発明例
17	0.0018	3.09	0.21	0.050	0.0009	0.0010	0.0011	tr.	tr.	tr.	0.0500	tr.	0.25	1000	11.90	1.69	1.04	発明例

[0042]

[表1-2]

No.	化学成分 (mass%)										板厚 (mm)	仕上焼鈍温度 (°C)x30 s	磁気特性			備考
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	As	Sb	Sn			Ca	Mg	鉄損 W <sub>0.400</sub> (W/kg)	
18	0.0020	2.99	0.21	0.050	0.0025	0.0010	0.0019	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	12.40	1.69	1.04	発明例
19	0.0020	3.00	0.20	0.050	0.0025	0.0010	0.0018	tr.	tr.	0.0020	tr.	tr.	12.20	1.69	1.03	発明例
20	0.0020	3.00	0.21	0.050	0.0025	0.0010	0.0022	tr.	tr.	tr.	0.0020	tr.	12.20	1.69	1.04	発明例
21	0.0120	3.00	0.23	0.050	0.0009	0.0010	0.0013	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	12.70	1.67	1.04	比較例
22	0.0021	0.70	0.19	0.050	0.0009	0.0010	0.0018	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	15.50	1.75	1.04	比較例
23	0.0020	1.20	0.21	0.050	0.0009	0.0010	0.0020	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	12.80	1.72	1.03	発明例
24	0.0017	2.00	0.21	0.050	0.0009	0.0010	0.0023	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	12.60	1.71	1.04	発明例
25	0.0012	4.50	0.21	0.050	0.0009	0.0010	0.0012	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	11.60	1.65	1.04	比較例
26	0.0013	3.00	1.00	0.050	0.0009	0.0010	0.0016	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	12.10	1.68	1.04	発明例
27	0.0018	3.01	3.50	0.050	0.0009	0.0010	0.0012	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	11.80	1.65	1.04	比較例
28	0.0022	3.00	0.21	0.050	0.0020	0.0010	0.0062	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	13.50	1.66	1.07	比較例
29	0.0020	3.00	0.21	0.050	0.0150	0.0010	0.0020	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	14.20	1.65	1.06	比較例
30	0.0020	3.00	0.21	0.011	0.0009	0.0010	0.0020	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	10.80	1.65	1.06	比較例
31	0.0018	3.04	0.20	0.035	0.0009	0.0010	0.0020	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	10.80	1.685	1.03	発明例
32	0.0020	3.00	0.21	0.011	0.0009	0.0010	0.0020	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	10.10	1.63	1.06	比較例
33	0.0018	3.04	0.20	0.035	0.0009	0.0010	0.0020	tr.	tr.	0.0010	tr.	tr.	10.10	1.66	1.03	発明例

[0043] 表1の結果から、鋼成分、特に、Al、PおよびAsの含有量を本発明の

範囲に制御した無方向性電磁鋼板は、いずれも磁束密度 $B_{50}$ が1.68 T以上と優れているだけでなく、異方性 ( $B_{50L}/B_{50C}$ ) が1.05以下と小さくなっていることがわかる。

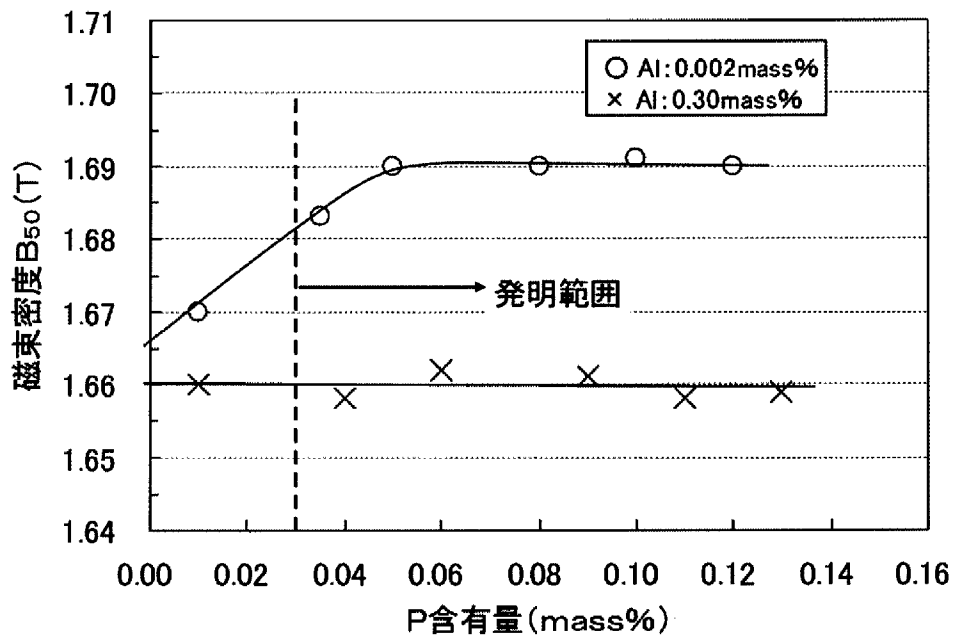
### 産業上の利用可能性

[0044] 本発明の無方向性電磁鋼板は、磁束密度が高いため、ハイブリッド自動車や電気自動車に用いられる駆動モータの他、高効率の誘導モータ、エアコンのコンプレッサーモータにも好適に用いることができる。

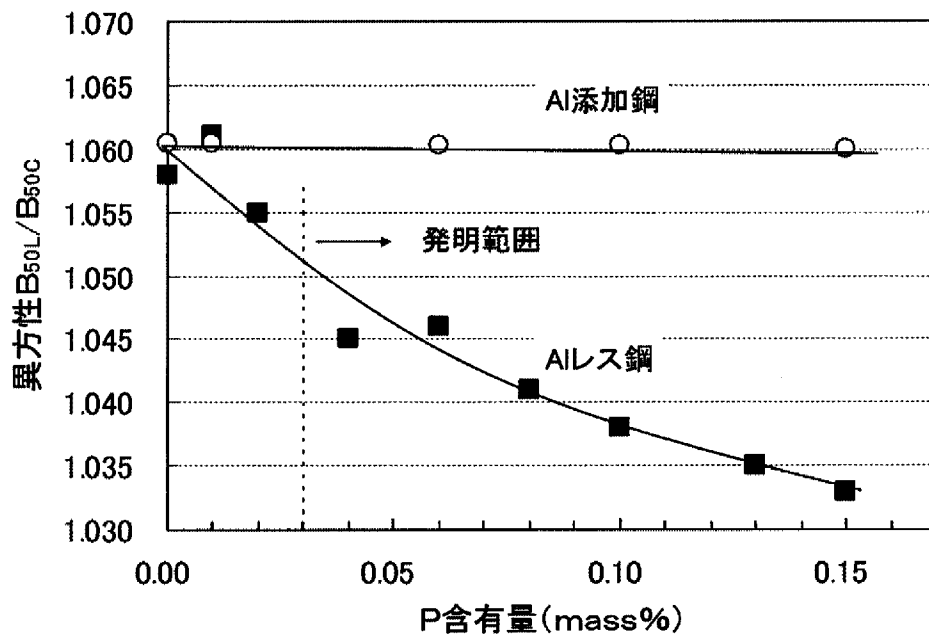
### 請求の範囲

- [請求項1] C : 0.01 mass %以下、Si : 1~4 mass %、Mn : 0.05~3 mass %、P : 0.03~0.2 mass %、S : 0.01 mass %以下、Al : 0.004 mass %以下、N : 0.005 mass %以下およびAs : 0.003 mass %以下を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる成分組成を有する無方向性電磁鋼板。
- [請求項2] 上記成分組成に加えてさらに、Sb : 0.001~0.1 mass %およびSn : 0.001~0.1 mass %のうちから選ばれる1種または2種を含有することを特徴とする請求項1に記載の無方向性電磁鋼板。
- [請求項3] 上記成分組成に加えてさらに、Ca : 0.001~0.005 mass %およびMg : 0.001~0.005 mass %のうちから選ばれる1種または2種を含有することを特徴とする請求項1または2に記載の無方向性電磁鋼板。
- [請求項4] 圧延方向（L方向）の磁束密度 $B_{50L}$ と圧延方向に直角方向（C方向）の磁束密度 $B_{50C}$ の比（ $B_{50L}/B_{50C}$ ）が1.05以下であることを特徴とする請求項1~3のいずれか1項に記載の無方向性電磁鋼板。
- [請求項5] 板厚が0.05~0.30 mmであることを特徴とする請求項1~4のいずれか1項に記載の無方向性電磁鋼板。

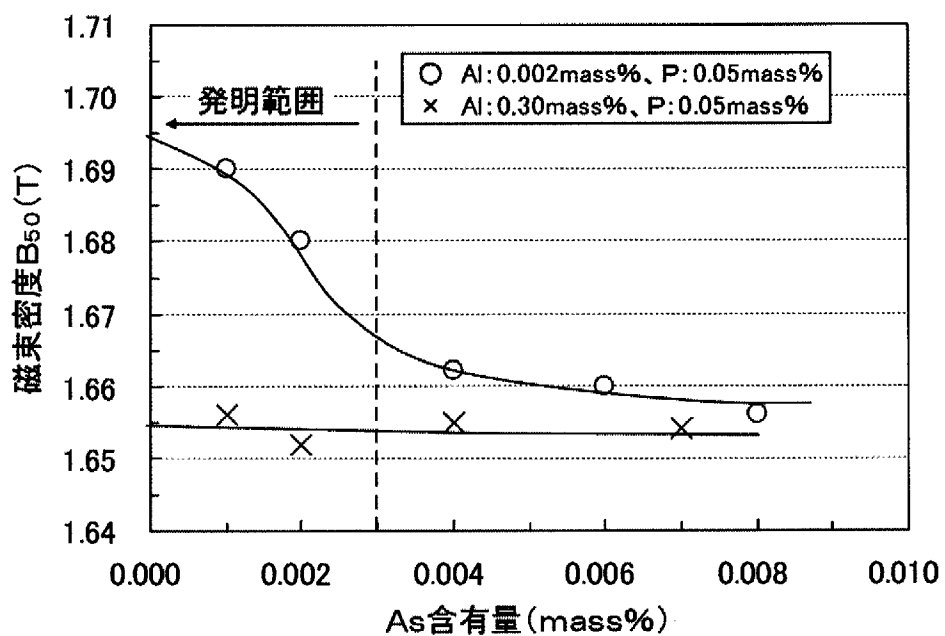
[図1]



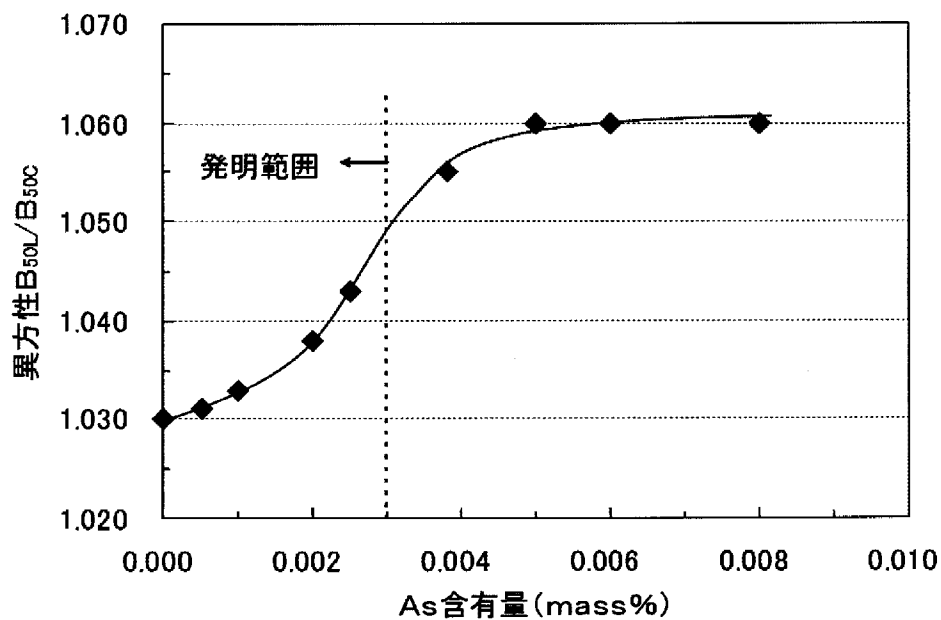
[図2]



[図3]



[図4]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2014/056267

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
C22C38/00(2006.01)i, C22C38/06(2006.01)i, C22C38/60(2006.01)i, H01F1/16  
(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)  
C22C38/00-C22C38/60, H01F1/16

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	JP 8-60311 A (NKK Corp.), 05 March 1996 (05.03.1996), claims; steel types 1, 4 (Family: none)	1-3, 5 1-5
X Y	JP 6-330260 A (NKK Corp.), 29 November 1994 (29.11.1994), steel type c (Family: none)	1-3, 5 1-5
X Y	JP 2004-292829 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 21 October 2004 (21.10.2004), sample no.3 (Family: none)	2, 3, 5 2-5

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 14 May, 2014 (14.05.14)	Date of mailing of the international search report 27 May, 2014 (27.05.14)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/056267

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 2001-335897 A (Kawasaki Steel Corp.), 04 December 2001 (04.12.2001), paragraph [0021] (Family: none)	1-5
Y	WO 2005/033349 A1 (Nippon Steel Corp.), 14 April 2005 (14.04.2005), claim 3; no.31 & US 2007/0062611 A1 & EP 1679386 A1 & KR 10-2006-0063960 A & CN 1863934 A & TW 00I293332 B	2-5
Y	JP 11-310857 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 09 November 1999 (09.11.1999), paragraph [0009] (Family: none)	4,5
P,X	JP 2014-40622 A (JFE Steel Corp.), 06 March 2014 (06.03.2014), no.21 & WO 2014/030512 A1	1,2,4
A	CN 102634742 A (SHOUGANG CORP.), 15 August 2012 (15.08.2012), table 1 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, C22C38/06(2006.01)i, C22C38/60(2006.01)i, H01F1/16(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. C22C38/00-C22C38/60, H01F1/16		
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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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	JP 8-60311 A (日本鋼管株式会社) 1996. 03. 05, 特許請求の範囲、鋼種 1,4 (ファミリーなし)	1-3, 5 1-5
X Y	JP 6-330260 A (日本鋼管株式会社) 1994. 11. 29, 鋼種 c (ファミリーなし)	1-3, 5 1-5
X Y	JP 2004-292829 A (住友金属工業株式会社) 2004. 10. 21, 試番 3 (ファミリーなし)	2, 3, 5 2-5
<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 「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 「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 「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) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「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 「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 「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 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 14. 05. 2014	国際調査報告の発送日 27. 05. 2014	
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) 佐藤 陽一 電話番号 03-3581-1101 内線 3435	4 K   9731

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 2001-335897 A (川崎製鉄株式会社) 2001. 12. 04, 【0021】 (ファミリーなし)	1-5
Y	WO 2005/033349 A1 (新日本製鐵株式会社) 2005. 04. 14, 請求項 3, No. 31 & US 2007/0062611 A1 & EP 1679386 A1 & KR 10-2006-0063960 A & CN 1863934 A & TW 00I293332 B	2-5
Y	JP 11-310857 A (住友金属工業株式会社) 1999. 11. 09, 【0009】 (ファミリーなし)	4, 5
P, X	JP 2014-40622 A (J F E スチール株式会社) 2014. 03. 06, No. 21 & WO 2014/030512 A1	1, 2, 4
A	CN 102634742 A (SHOUGANG CORP.) 2012. 08. 15, 表 1 (ファミリーなし)	1-5