

(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
2019年4月25日(25.04.2019)



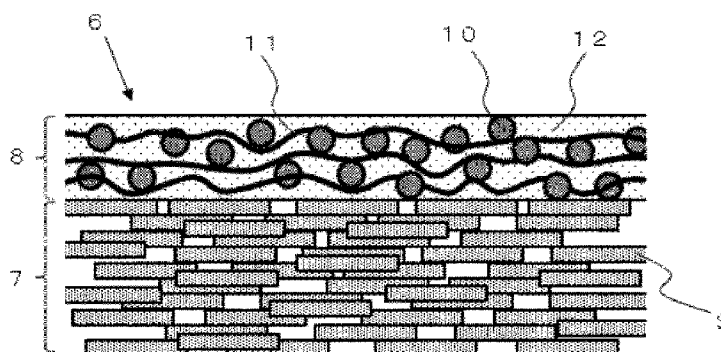
(10) 国際公開番号

WO 2019/077793 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 3/30 (2006.01) *H01F 5/06* (2006.01)
H01B 3/00 (2006.01) *H02K 3/34* (2006.01)
H01B 3/04 (2006.01) *H02K 15/12* (2006.01)
H01B 17/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/019885
- (22) 国際出願日: 2018年5月23日(23.05.2018)
- (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 2017-201734 2017年10月18日(18.10.2017) JP
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 馬 渕 貴 裕 (MABUCHI, Takahiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
殷 曉 紅 (YIN, Xiaohong); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 村上 加奈子, 外(MURAKAMI, Kanako et al.); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社 知的財産センター内 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: INSULATING COVER MATERIAL FOR STATOR COILS AND ROTARY MACHINE USING SAME

(54) 発明の名称: 固定子コイルの絶縁被覆材およびそれを用いた回転機



(57) Abstract: An insulating cover material (6) for stator coils, which aims to achieve a good balance between enhancement of thermal conduction and enhancement of withstand voltage, and which is configured of a mica layer (7) that contains mica and a reinforcing layer (8) that is laminated on the mica layer (7) and contains filler particles (10) and a reinforcing material (11). The filler particles (10) are composite particles that are composed of core particles (13) which have an average particle diameter of 1 μ m or more and a plurality of fine particles (14) which are affixed to the surface of each core particle (13) and have an average particle diameter of 300 nm or less.

(57) 要約: 高熱伝導化および高耐電圧化の両立を目的とした固定子コイルの絶縁被覆材(6)であって、この絶縁被覆材(6)はマイカを含むマイカ層(7)と、このマイカ層(7)に積層され、フィラー粒子(10)および補強材(11)を含む補強層(8)とで構成されており、フィラー粒子(10)は、平均粒径が1 μ m以上の核粒子(13)と、この核粒子(13)の表面に固定された平均粒径が300 nm以下の複数の微粒子(14)とで構成された複合粒子である。

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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

固定子コイルの絶縁被覆材およびそれを用いた回転機

技術分野

[0001] この発明は、回転機の固定子コイルに用いる絶縁被覆材、およびそれを用いた回転機に関する。

背景技術

[0002] タービン発電機などに用いられる大型の回転機は、固定子鉄心の内周側に形成された複数のスロット内に収納された固定子コイルを有する。固定子コイルは、コイル導体とその周囲に巻かれた絶縁被覆材から構成される。この絶縁被覆材の形成方法としては、マイカシートにガラスクロスなどの繊維補強材を貼り合わせた絶縁テープをコイル導体に複数回巻きつけ、低粘度の液状熱硬化性樹脂組成物（絶縁ワニス）を減圧下で含浸させた後に加熱プレスする方法（真空加圧含浸方法）や、絶縁テープに半硬化状態の樹脂を配置し、このテープをコイル導体に巻き付けた後に加熱プレスする方法（レジソリッチ法）などが一般的にもちいられている。

[0003] 大型の回転機においては、固定子コイルは、スロット内で上下２段に収納されており、これらの固定子コイル間にスペーサーを挿入すると共に、スロットの開口端部に固定子コイルを固定するためのウェッジを挿入することにより、回転機の運転時に固定子コイルから発生する電磁振動を抑制している。

[0004] このような回転機においては、運転時にコイル導体を流れる電流によって固定子コイルが発熱する。この発熱によって固定子コイルの温度が上昇すると、銅などの金属で構成されたコイル導体の熱膨張、絶縁被覆材に含まれる樹脂成分の熱劣化などによって、固定子コイルの絶縁性が低下する恐れがある。

[0005] 温度上昇を抑制するために、コイル導体で発生した熱を絶縁被覆材を経由

させて固定子鉄心や周辺の外気へ放熱している。この伝熱経路において、絶縁被覆材の熱伝導率はコイル導体や固定子鉄心など他の材料の熱伝導率に比べて非常に小さいため、絶縁被覆材の熱伝導率を増加させることは冷却性能の向上に大きな効果がある。とくにタービン発電機など大きな電流が流れる回転機では水直接冷却方式や水素間接冷却方式などの強制冷却方式が採用されており、固定子コイルの絶縁被覆材の熱伝導率を高めることが強く望まれている。

[0006] 近年、回転機の更なる小型化・高出力化の要求が強まり、コイル導体を流れる電流の電流密度の増大が必要となっている。それに伴って、固定子コイルの絶縁被覆材には熱伝導性能の向上に加えて、耐電圧性能の向上も望まれている。

[0007] 従来の固定子コイルの絶縁被覆材として、マイカ層と、該マイカ層上に積層されフィラー粒子および繊維補強材を含む補強層と、該補強層上に積層されたセルロース誘導体層とで構成された絶縁被覆材が開示されている（例えば、特許文献1参照）。また、別の固定子コイルの絶縁被覆材として、マイカ層とフィラー粒子を含むフィラー層とで構成された絶縁被覆材において、フィラー粒子として鱗片状の六方晶窒化ホウ素フィラー粒子を用いたものが開示されている（例えば、特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：国際公開WO2015/114907号パンフレット（5頁、図1）

特許文献2：特開2012-175799号公報（3-4頁、図3）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] このような、従来の絶縁被覆材の構成では高熱伝導性は得られるが、耐電圧性能という観点からは改良が必要であった。従来の絶縁被覆材を備えた固

定子コイルを用いた回転機を数年以上の長期間に渡って使用した場合、絶縁被覆材の内部では高電界ストレス下において部分放電が繰り返し発生し、その部分放電による樹脂の熱分解に伴うボイドが発生、拡大することで絶縁被覆材の絶縁破壊につながるということが知られている。さらには、固体絶縁材料に高電圧が印加されたときに内部に生じる部分的な放電進展現象（電気トリと呼ばれる）があり、部分放電とともに絶縁破壊の前駆現象として知られている。

[0010] 従来の絶縁被覆材の構成においては、電気トリの発生を抑制することができず、耐電圧性能の向上が困難であった。

[0011] この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、固定子コイルの絶縁被覆材の高熱伝導化および高耐電圧化の両立を目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] この発明に係る固定子コイルの絶縁被覆材においては、マイカを含むマイカ層と、このマイカ層に積層され、フィラー粒子および補強材を含む補強層とを有し、フィラー粒子を、平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上の核粒子と、この核粒子の表面に固定された平均粒径が 300 nm 以下の複数の微粒子とで構成した複合粒子としたものである。

発明の効果

[0013] この発明は、補強層のフィラー粒子として、核粒子とこの核粒子の表面に固定された複数の微粒子とで構成した複合粒子を用いているので、固定子コイルの絶縁被覆材の高熱伝導化と高耐電圧化との両立を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]この発明の実施の形態1に係る回転機の模式図である。

[図2]この発明の実施の形態1に係る固定子コイルの絶縁被覆材の断面模式図である。

[図3]この発明の実施の形態1に係るフィラー粒子の模式図である。

[図4]この発明の実施の形態3に係る回転機の模式図である。

発明を実施するための形態

[0015] 実施の形態 1.

図 1 は、この発明を実施するための実施の形態 1 に係る回転機の固定子の一部を拡大して示した模式図である。図 1 において、回転機の固定子は、固定子鉄心 1 のスロット 2 の内部に固定子コイル 3 が 2 段に収納されている。この 2 段の固定子コイル 3 の間にはスペーサーが挿入されており（図示せず）、スロット 2 の開口端部には、固定子コイル 3 を固定するためのウェッジ 4 が挿入されている。このウェッジ 4 は、回転機の運転時に固定子コイル 3 から発生する電磁振動を抑制する効果がある。

[0016] 固定子コイル 3 は、コイル導体 5 とこのコイル導体 5 の外周部に巻きまわされた絶縁被覆材 6 とで構成されている。コイル導体 5 は、例えば銅、アルミニウム、銀などの素線を用いることができる。

[0017] 図 2 は、本実施の形態における絶縁被覆材 6 の断面模式図である。図 2 に示すように、本実施の形態の絶縁被覆材 6 は、マイカ層 7 とこのマイカ層に積層された補強層 8 とで構成されている。マイカ層 7 および補強層 8 は、絶縁性の樹脂材料 12 が充填されている。

[0018] マイカ層 7 は、マイカ粒子 9 で構成されている。マイカ粒子 9 としては、鱗片状のマイカである、例えば層状ケイ酸縁鉱物である硬質マイカあるいは軟質マイカを用いることができる。また、マイカ粒子 9 の形態としては、ブロックマイカ、はがしマイカ、集成マイカなどが挙げられる。この中でも、厚さが均一で、経済的利点のある集成マイカを用いることが好ましい。

[0019] マイカ層 7 は、鱗片状のマイカ粒子 9 の平坦面が、マイカ層の厚み方向に積層されて構成されている。これらのマイカ粒子は、積層する粒子同士が重なり合ったり、面方向に粒子同士がずれたりして存在している。

[0020] マイカ層 7 の密度は、マイカ層 1 m² 当たり 100～200 g であることが望ましい。この範囲であれば耐電圧性能とマイカ層の膜厚とのバランスがよく、電気絶縁性とコイル導体の周囲に絶縁被覆材を形成する作業性とが両立する。

[0021] これらのマイカ粒子は、水粉碎、せん断粉碎などによって、マイカの原鉱を微細化して得られる。マイカ粒子の平均粒径は、 $50 \sim 800 \mu\text{m}$ であることが望ましい。ここでマイカ粒子の平均粒径は、レーザー回折式粒度分布計で測定することができる。また、鱗片状のマイカ粒子の厚みは、 $30 \mu\text{m}$ 以下であることが望ましく、とくに $15 \mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。

[0022] 補強層8は、マイカ層7に積層されており、絶縁被覆材6の強度保持やコイル導体5の外周部に絶縁被覆材6を巻きまわす工程における作業性向上のために設けられている。補強層8は、フィラー粒子10および補強材11で構成されている。

[0023] 補強材11としては、繊維状の材料あるいはフィルム状の材料を用いることができる。繊維状の材料としては、例えばガラス繊維、アルミナ繊維、ポリアミド繊維などを用いることができる。フィルム状の材料としては、例えばポリイミドフィルム、ポリアミドフィルム、ポリエステルフィルムなどを用いることができる。これらのなかでもガラス繊維が特性、価格の観点から優れている。ガラス繊維は、樹脂との接着性の改善のために表面をカップリング処理したものがあるが、この処理によりガラス繊維そのものの強度が低下する傾向があるため、未処理であることが好ましい。また未処理の場合は、ガラス繊維を製造する過程において、でん粉やスターチなどが付着し、これらの付着物は樹脂との接着性低下の原因となる。したがって、それらの付着物の重量はガラス繊維重量の3%以下であることが好ましい。上記の付着重量率はガラス繊維を 900°C で30時間加熱した場合の重量減少として見積もることができる。付着重量率が3%を超えると、経年使用において樹脂とガラス繊維との間に剥離が発生し絶縁性能が低下する。

[0024] フィラー粒子10は、補強材11の隙間に保持される。補強材11が繊維状の材料である場合は、その繊維の間に保持され、補強材11がフィルム状の材料である場合は、フィルムの層間に保持される。

[0025] 図3は、本実施の形態におけるフィラー粒子10の模式図である。フィラー粒子10は、粒径が $1 \mu\text{m}$ 以上の核粒子13と、この核粒子13の表面に

固定された平均粒径が300nm以下の複数の微粒子14とで構成された複合粒子である。核粒子13は、シリカ、窒化硼素、アルミナ、マグネシア、窒化アルミニウム、水酸化マグネシウム、酸化マグネシウム、炭酸カルシウム、炭酸マグネシウムなどの絶縁性無機粒子である。これらの絶縁性無機粒子の熱伝導率は補強層に充填された樹脂材料の熱伝導率より高いため、補強層の熱伝導性を向上させることができる。

[0026] 核粒子13は、球状の密な粒子であることが好ましい。球状であれば、絶縁被覆材への応力負荷時のクラックなどの機械的破壊の抑制や、粒子周辺の電界集中による絶縁破壊の抑制が期待できる。また、密な粒子、つまり粒子の内部に空洞がなく上述の絶縁性材料が詰まっていることが好ましい。絶縁性材料が詰まっていることで、粒子の内部の熱伝導性が向上し、結果として補強層の熱伝導性が向上する。

[0027] なお、ここで言う粒径は、絶縁被覆材の断面を電子顕微鏡で観察して、画像解析によりその粒子（核粒子あるいは微粒子）の粒径を観測して得られる値である。具体的にはその粒子についてランダムに100個以上計測し、その平均値を用いる。また、球状の定義は、上記電子顕微鏡における粒子の粒径計測において、1粒子に対して直交方向に2方向の粒径を計測し、その2方向の粒径の差が20%以下であれば球状であるとする。

[0028] 微粒子14も、シリカ、窒化硼素、アルミナ、マグネシア、窒化アルミニウム、水酸化マグネシウム、酸化マグネシウム、炭酸カルシウム、炭酸マグネシウムなどの絶縁性無機粒子である。微粒子14は、核粒子13の表面に機械的あるいは化学的に固定されている。

[0029] フィラー粒子10を粒径が1μm以上100μm以下の核粒子13と、この核粒子13の表面に固定された平均粒径が300nm以下の複数の微粒子14とで構成された複合粒子とすることにより、絶縁被覆材を高耐電圧化できることを次に説明する。

[0030] 絶縁被覆材に高電圧が印加された場合、補強層に充填されている絶縁性の樹脂の内部に電気トリイが発生することがある。この電気トリイは、稲妻状

に樹脂内を進展していくが、電気トリの先端がフィラー粒子に達した場合、フィラー粒子と樹脂との界面、つまりフィラー粒子の表面に沿って進展する。その理由は、フィラー粒子の誘電率と樹脂の誘電率との違いにより、フィラー粒子の表面が局所的に電界強度が高くなるからである。

[0031] フィラー粒子が核粒子のみである場合、フィラー粒子の表面に達した電気トリの先端は、フィラー粒子の表面にほぼ一様に分布した電界強度分布にしたがってフィラー粒子の表面を進展していくと考えられる。

[0032] 一方、フィラー粒子が核粒子と微粒子とで構成された複合粒子ある場合、核粒子の表面の電界強度分布は、微粒子の存在によりその布が大きく変形しているため、核粒子の表面に達した電気トリの先端は分岐して進展することになる。その分岐した電気トリの一部はフィラー粒子から離れて樹脂の方へ進展することになり、核粒子の表面よりも電界強度が引くためにその電気トリの進展が抑制されると考えられる。

[0033] このような核粒子の表面に達した電気トリの先端を分岐させるためには、核粒子の表面における複数の微粒子の粒子間距離が500nm以下であることが好ましい。複数の微粒子の粒子間距離が500nm以下であると、核粒子の表面を進展する電気トリが微粒子に遭遇して分岐される確率が高くなる。

[0034] また、微粒子が核粒子の表面に一様に配置されていることが重要であり、上述の電子顕微鏡の観察において、核粒子の半球の外周部に固定された微粒子の数が、その半球以外の外周部に固定された微粒子の数の25%以上400%以下であることが好ましく、さらには50%以上200%以下であることがさらに好ましい。これらの範囲であれば、フィラー粒子のあらゆる方向から電気トリが進展してきても、核粒子の表面に達した電気トリの先端を分岐させる確率が高くなる。

[0035] 仮に、核粒子の表面に微粒子が固定されてなく、補強層の内部にそれらの粒子が分離して存在した場合、電気トリの先端が核粒子あるいは微粒子の表面に達した場合、電気トリはそれらの粒子の表面にほぼ一様に分布した

電界強度分布にしたがって進展していくのみで分岐される確率は低くなる。
その結果、電気トリーの進展を抑制する効果は小さい。

[0036] 複合粒子を構成する核粒子 13 の粒径は、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下であることが必要である。核粒子の粒径が $1\ \mu\text{m}$ より小さいと、樹脂と核粒子との界面における熱抵抗の増加により核粒子による熱伝導性の向上効果が低下し、所望の高熱伝導化効果を得られないという問題がある。また、核粒子の粒径が $100\ \mu\text{m}$ を越えると、コイル絶縁材の厚みを一定とした場合、粒径増加により補強層 8 の厚みが増すため、相対的にマイカ層 7 の厚みが薄くなり絶縁被覆材の強度が低下するという問題がある。さらに粒子の粒径が $100\ \mu\text{m}$ を越えたときに絶縁被覆材の厚みを増加させた場合、絶縁被覆材の熱抵抗が増えて放熱性が低下するといった問題がある。

[0037] また、複合粒子を構成する微粒子 14 の粒径は、 $300\ \text{nm}$ 以下であることが必要である。微粒子の粒径が $300\ \text{nm}$ を越えると、電気トリーが分岐せずに微粒子の表面を進展する確率が高くなるため、微粒子による電気トリーの進展抑制効果が低下するという問題がある。

[0038] 回転機を数年以上の長期間に渡って使用した場合、絶縁被覆材の内部では高電界ストレスにより部分放電が繰り返し発生し、樹脂の熱分解に伴うボイドが発生、拡大することで絶縁被覆材の耐電圧性能が低下することが知られている。このボイドの発生を抑制するためには核粒子および微粒子の表面と樹脂との接着性を向上させることが好ましい。そのためには、核粒子および微粒子の表面を適宜カップリング処理により表面改質することが好ましい。これらの粒子の表面改質のカップリング剤としては、樹脂の種類に応じて適宜選択することができるが、樹脂がエポキシ樹脂である場合は、3-グリシドキシプロピルメチルジメトキシシラン、3-グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、3-グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン、3-グリシドキシプロピルトリエトキシシラン、2-(3,4-エポキシクロヘキシル)エチルトリメトキシシラン、p-スチリルトリメトキシシラン、3-メタクリロキシプロピルメチルジメトキシシラン、3-メタクリロキシプロピル

トリメトキシシラン、3-メタクリロキシプロピルメチルジエトキシシラン、3-メタクリロキシプロピルトリエトキシシランのいずれか1つ以上を用いることが望ましい。

[0039] マイカ層7および補強層8に充填されている絶縁性の樹脂材料は、耐熱性、接着性、電気絶縁性、機械強度の観点からエポキシ樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂、イミド樹脂が好ましく、とくにその中でもエポキシ樹脂が好ましい。具体的なエポキシ樹脂としては骨格にエポキシ基を含むものであり、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ビスフェノールS型エポキシ樹脂、ビフェノール型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールA型ノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型ノボラック型エポキシ樹脂、脂環式エポキシ樹脂、脂肪族鎖状エポキシ樹脂、グリシジルエステル型エポキシ樹脂、グリシジリアミン型エポキシ樹脂、ヒダントイン型エポキシ樹脂、イソシアヌレート型エポキシ樹脂、サリチルアルデヒドノボラック型エポキシ樹脂、その他二官能フェノール類のジグリシジルエーテル化物、二官能アルコール類のジグリシジルエーテル化物およびそれらのハロゲン化物、水素添加物などが挙げられ、これらは何種類かを併用してもよい。またコスト、粘度、耐熱性のバランスから、エピクロロヒドリンとビスフェノールA化合物との反応生成物が好ましい。その製品例としてはエピコート828、エピコート825（商品名：以上、油化シェルエポキシ（株）製）、エポトートYD128（商品名：東都化成（株）製）、エピクロン850（商品名：大日本インキ化学工業（株）製）、スミエポキシELA-128（商品名：住友化学工業（株）製）等が挙げられる。

[0040] さらに、回転機の運転時の発熱に対応してエポキシ樹脂に耐熱性を付与するため、エポキシ基を3つ以上含むエポキシ樹脂を単独、または上記のエポキシ樹脂と複合して用いることができる。

[0041] エポキシ基を3つ以上含むエポキシ樹脂としては、レゾルシノールジグリシジルエーテル（1，3-ビス-（2，3-エポキシプロポキシ）ベンゼン

）、ビスフェノールAのジグリシジルエーテル（2，2-ビス（p-（2，3-エポキシプロポキシ）フェニル）プロパン）、トリグリシジルp-アミノフェノール（4-（2，3-エポキシプロポキシ）-N，N-ビス（2，3-エポキシプロピル）アニリン）、ブロモビスフェノールAのジグリシジルエーテル（2，2-ビス（4-（2，3-エポキシプロポキシ）3-ブromo-フェニル）プロパン）、ビスフェノールFのジグリシジルエーテル（2，2-ビス（p-（2，3-エポキシプロポキシ）フェニル）メタン）、メターおよび／またはパラ-アミノフェノールのトリグリシジルエーテル（3-（2，3-エポキシプロポキシ）N，N-ビス（2，3-エポキシプロピル）アニリン）、テトラグリシジルメチレンジアニン（N，N，N'，N'-テトラ（2，3-エポキシプロピル）4，4'-ジアミノジフェニルメタン）、クレゾールノボラックエポキシ、フェノールノボラックエポキシなどが挙げられる。

[0042] これらの樹脂は添加量に応じて耐熱性を高められるものの、一般的に粘度が高く、コイル絶縁被覆材の形成工程の作業性の低下を招くため、添加量と耐熱性のバランスが要求される。この観点からはとくにフェノールノボラックエポキシ、またはクレゾールノボラックエポキシが良好である。

[0043] またこれらのエポキシ樹脂の硬化剤としては、エポキシ樹脂を硬化させることが可能なものであれば特に限定されないが、例えば以下の酸無水物、アミン系化合物、イミダゾール系化合物が挙げられる。

[0044] 例えば、酸無水物であれば、ヘキサヒドロ無水フタル酸、テトラヒドロ無水フタル酸、メチルヘキサヒドロ無水フタル酸、メチルテトラヒドロ無水フタル酸、無水メチルナジック酸などが挙げられる。これらは、単独または2種以上を組み合わせる用いることができる。

[0045] 酸無水物の配合量は、特に限定されず、使用する酸無水物の種類などに応じて適宜調整すればよい。酸無水物の配合量は、ビスフェノール型エポキシ樹脂100質量部に対して好ましくは10質量部～150質量部、より好ましくは30質量部～120質量部、さらに好ましくは50質量部～100質

量部である。このような配合量であれば、熱硬化性樹脂組成物の硬化を適切に行うことができる。

[0046] また、ビスフェノール型エポキシ樹脂のエポキシ基に対する酸無水物の酸無水物基の当量比は、特に限定されないが、好ましくは0.7～1.3、より好ましくは0.8～1.2、さらに好ましくは0.9～1.1である。この当量比が0.7未満では、絶縁被覆材の成形過程の作業性が低下する傾向にある。一方、この当量比が1.3を超えると、硬化物の耐熱性などが低下する傾向にある。

[0047] またアミン系硬化剤の例としては、例えばエチレンジアミン、1,3-ジアミノプロパン、1,4-ジアミノブタン、ヘキサメチレンジアミン、ジプロレンジアミン、ポリエーテルジアミン、2,5-ジメチルヘキサメチレンジアミン、トリメチルヘキサメチレンジアミン、ジエチレントリアミン、イミノビスプロピルアミン、ビス(ヘキサメチル)トリアミン、トリエチレントトラミン、テトラエチレンペンタミン、ペンタエチレンヘキサミン、アミノエチルエタノールアミン、トリ(メチルアミノ)ヘキサン、ジメチルアミノプロピルアミン、ジエチルアミノプロピルアミン、メチルイミノビスプロピルアミン、メンセンジアミン、イソホロンジアミン、ビス(4-アミノ-3-メチルジシクロヘキシル)メタン、ジアミノジシクロヘキシルメタン、ビス(アミノメチル)シクロヘキサン、N-アミノエチルピペラジン、3,9-ビス(3-アミノプロピル)2,4,8,10-テトラオキサスピロ(5,5)ウンデカン、m-キシレンジアミン、メタフェニレンジアミン、ジアミノジフェニルメタン、ジアミノジフェニルスルホン、ジアミノジエチルジフェニルメタン、ジシアンジアミド、有機酸ジヒドラジドなどが挙げられるが、上記例示に限定されるものではない。

[0048] また上記イミダゾール系硬化剤の例としては、2-メチルイミダゾール、2-ウンデシルイミダゾール、1,2-ジメチルイミダゾール、2-エチル-4-メチルイミダゾール、2-ヘプタデシルイミダゾール、2-フェニルイミダゾール、2-フェニル-4-メチルイミダゾール、1-ベンジル-2-メチ

ルイミダゾール、1-ベンジル-2-フェニルイミダゾールなどが挙げられるが、上記例示に限定されるものではない。

[0049] これらエポキシ樹脂および硬化剤には、適宜第3成分として反応性希釈剤を添加することができる。反応性希釈剤の例としては、スチレンモノマー、またはそのフェニル基に炭化水素の官能基が付与したモノマー、あるいはメタクリルモノマ、アクリルモノマーを使用することができる。(メタ)アクリルモノマーとしては、エポキシ樹脂の硬化を損なわないものであれば特に限定されず、直鎖状(メタ)アクリレート、分岐状(メタ)アクリレート、環状(メタ)アクリレートなどを用いることができる。その中でも耐熱性の観点から、直鎖状(メタ)アクリレートであることが好ましい。直鎖状(メタ)アクリレートの例としては、2-エチルヘキシルアクリレート、シクロヘキシルアクリレート、ジエチレングリコールモノ2-エチルヘキシルエーテルアクリレート、ジエチレングリコールモノフェニルエーテルアクリレート、テトラエチレングリコールモノフェニルエーテルアクリレート、トリメチロールプロパントリアクリレート、ラウリルアクリレート、ラウリルメタクリレート、イソボルニルアクリレート、イソボルニルメタクリレート、2-フェノキシエチルアクリレート、テトラヒドロフルフリルアクリレート、2-ヒドロキシプロピルアクリレート、ベンジルアクリレート、テトラヒドロフルフリルメタクリレート、2-ヒドロキシエチルメタクリレート、ベンジルメタクリレート、シクロヘキシルメタクリレート、2-(2, 4, 6-トリブロモフェノキシ)エチルアクリレートなどが挙げられる。これらは、単独または2種以上を組み合わせる用いることができる。

[0050] 反応性希釈剤の配合量は、特に限定されず適宜調整すればよい。エポキシ樹脂の耐熱性を損なわない範囲で配合する場合、ビスフェノール型エポキシ樹脂100質量部に対して好ましくは50質量部~310質量部、より好ましくは70質量部~250質量部である。

[0051] なお、本実施の形態においては、絶縁被覆材をマイカ層とこのマイカ層に積層された補強層との2層で説明しているが、この構成は耐電圧性と高熱伝

導性を発現させるための必要最小限の構成であって、補強層の上にマイカ層を追加した3層構造や、マイカ層と補強層との組を複数積層した多重構造であってもよい。さらには、マイカ層や補強層以外にポリエステルなどの樹脂フィルム材などのフィルム層を追加してもよい。

[0052] 実施の形態2.

この発明を実施するための実施の形態2においては、固定子コイルの製造方法について説明する。コイル導体への絶縁被覆材の形成方法は、真空加圧含浸方法やレジンリッチ法があるが、以下では真空加圧含浸方法による形成方法を説明する。

[0053] まず、実施の形態1で説明した絶縁被覆材のマイカ層となるマイカテープを準備する。このマイカテープの上に補強層となる例えばガラス繊維と実施の形態1で説明した複合粒子とを配置し、ロールコータなどを用いて樹脂を塗布してテープ状の絶縁被覆材を作製する。ここで用いる樹脂としては、実施の形態1において例示したエポキシ樹脂などを用いる。

[0054] 次に、絶縁被覆された矩形断面の金属素線を複数束ねたコイル導体を準備する。このコイル導体の外周部にテープ状の絶縁被覆材を一部が互いに重なるように複数回巻き付ける。

[0055] つぎにテープ状の絶縁被覆材が巻き付けられたコイル導体に液状熱硬化性樹脂を含浸させる。ここで、含浸に用いる液状熱硬化性樹脂としては、実施の形態1において例示したエポキシ樹脂や反応性希釈剤を配合したものを用いる。

[0056] さらに、真空中で液状熱硬化性樹脂をテープ状の絶縁被覆材が巻き付けられたコイル導体を加圧含浸する。

[0057] 最後に、90℃～180℃の温度領域で液状熱硬化性樹脂を硬化させて本実施の形態の固定子コイルを作製する。

[0058] このようにして製造された固定子コイルは、実施の形態1で説明した固定子コイルの構造となるため、絶縁被覆材の高熱伝導化および高耐電圧化の両立が可能となる。

[0059] なお、本実施の形態においては、複合粒子をガラス繊維と一緒にマイカテープの上に配置したが、マイカテープ上にはガラス繊維のみを配置し、複合粒子が混合した樹脂をロールコートで塗布してもよい。

[0060] 実施の形態 3.

図 4 は、この発明を実施するための実施の形態 3 に係る回転機の模式図である。図 4 において、図 4 (b) は、回転軸に沿った回転機の断面図であり、図 4 (a) は、図 4 (b) の A-A の一点破線における回転機の断面図である。なお、図 4 においては、回転子を省略している。

[0061] 図 4 において、本実施の形態の回転機 20 は、図示しない回転子を収納する円筒状の固定子鉄心 21 と、この固定子鉄心 21 の外周部に周方向に所定間隔をあけて設けられ該固定子鉄心を軸方向に締付ける複数（この例では 8 本）の鉄心締付部材 22 と、固定子鉄心 21 の外周部に軸方向に所定間隔をあけて設けられ該固定子鉄心 21 を鉄心締付部材 22 の外周から回転軸方向に締付けて保持する軸方向に扁平な複数（この例では 4 箇所）の保持リング 23 と、固定子鉄心 21 の周りに間隔をあけて包囲する円筒状のフレーム 24 と、このフレーム 24 内面に軸方向に所定間隔をあけて軸心方向に突設されたリング状の複数（この例では 5 箇所）の中枠部材 25 と、隣り合う中枠部材 25 相互に固定されてその軸方向中央部で保持リング 23 に固定されたばね板からなる複数（この例では 4 本）の弾性支持部材 26 などを備えている。ここに示す回転機は、例えばタービン発電機の電機子を構成するものであり、図 4 では図示していないが、固定子鉄心 21 の内周部には軸方向に形成されたスロットが周方向に所定数設けられ、スロット内には固定子コイルが配設されている。なお、固定子鉄心のスロットと固定子コイルとは、実施の形態 1 の図 1 で示したものと同様である。

[0062] このように構成された回転機は、固定子コイルの絶縁被覆材の高熱伝導化および高耐電圧化が両立できるので、一層の高出力化および小型化を図ることができる。

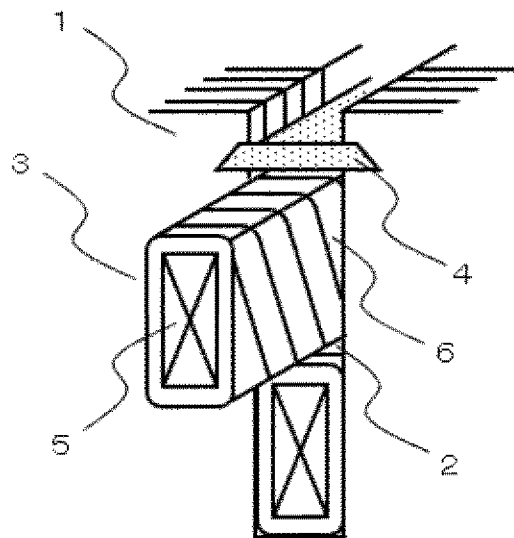
符号の説明

[0063] 1 固定子鉄心、 2 スロット、 3 固定子コイル、 4 ウェッジ、
5 コイル導体、 6 絶縁被覆材、 7 マイカ層、 8 補強層、 9
マイカ粒子、 10 フィラー粒子、 11 補強材、 12 樹脂材料、
13 核粒子、 14 微粒子、 20 回転機、 21 固定子鉄心、
22 鉄心締付部材、 23 保持リング、 24 フレーム、 25 中枠
部材、 26 弾性支持部材

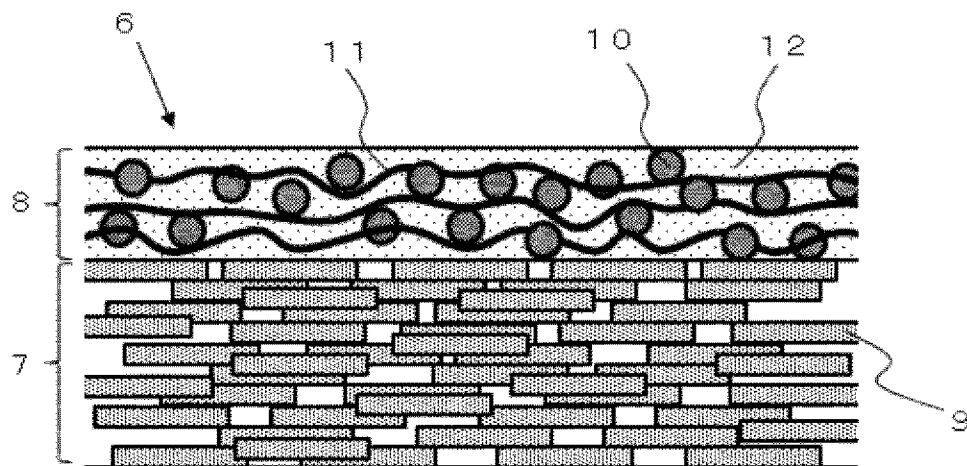
請求の範囲

- [請求項1] マイカを含むマイカ層と、
 このマイカ層に積層され、フィラー粒子および補強繊維材を含む補強層と
 を有する固定子コイルの絶縁被覆材であって、
 前記フィラー粒子は、
 平均粒径が1 μm 以上の核粒子と、
 この核粒子の表面に固定された平均粒径が300 nm以下の複数の微粒子と
 で構成された複合粒子である
 ことを特徴とする固定子コイルの絶縁被覆材。
- [請求項2] 前記複合粒子において、
 前記核粒子は、球状の密な粒子であり、
 前記核粒子の表面における前記複数の微粒子の粒子間距離が500 nm以下である
 ことを特徴とする請求項1に記載の固定子コイルの絶縁被覆材。
- [請求項3] 前記複合粒子において、
 前記核粒子の半球の外周部に固定された前記微粒子の数は、
 前記半球以外の外周部に固定された前記微粒子の数の25%以上400%以下である
 ことを特徴とする請求項2に記載の固定子コイルの絶縁被覆材。
- [請求項4] 回転子鉄心と、
 前記回転子鉄心と同軸状に配置され、前記回転子鉄心に対向する面に
 スロットが設けられた固定子鉄心と、
 前記固定子鉄心の前記スロット内に収納され、コイル導体が請求項1～3のいずれか1項の固定子コイルの絶縁被覆材で被覆された固定子コイルと
 を備える回転機。

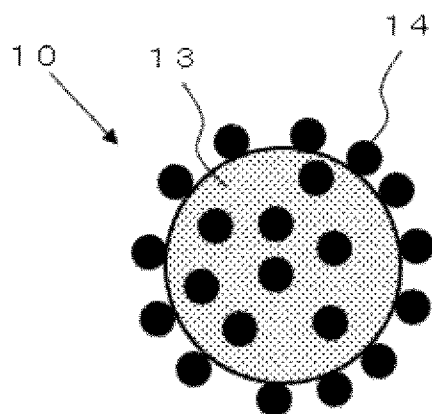
[図1]



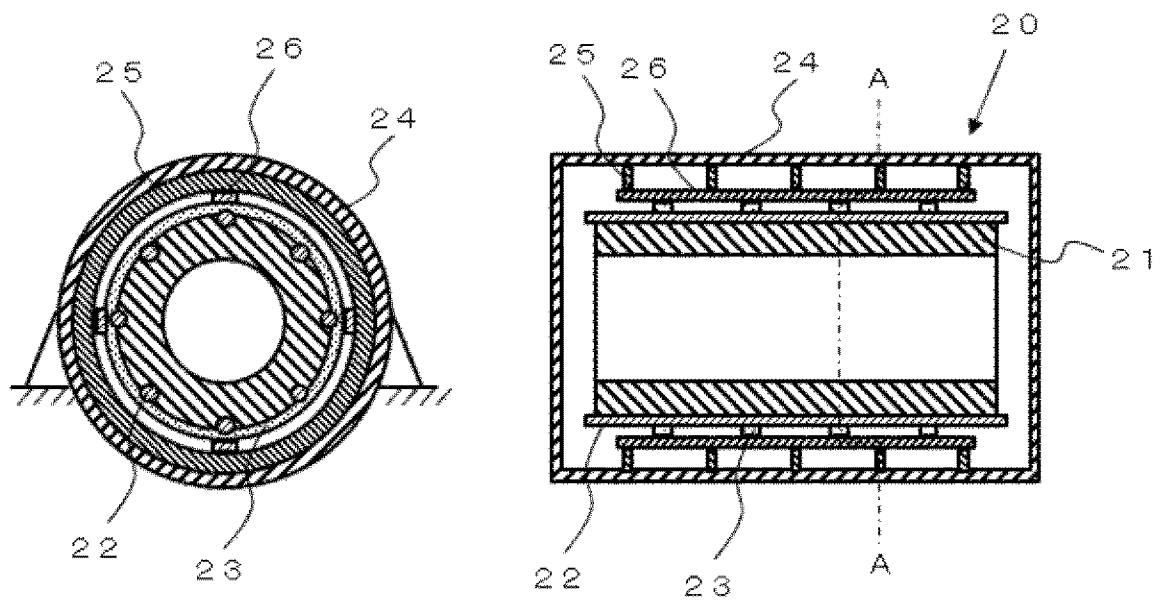
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/019885

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02K3/30(2006.01)i, H01B3/00(2006.01)i, H01B3/04(2006.01)i, H01B17/60(2006.01)i, H01F5/06(2006.01)i, H02K3/34(2006.01)i, H02K15/12(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)

Int.Cl. H02K3/30, H01B3/00, H01B3/04, H01B17/60, H01F5/06, H02K3/34, H02K15/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
Y	WO 2017/175875 A1 (HITACHI CHEMICAL COMPANY, LTD.) 12 October 2017, paragraphs [0007]-[0071], fig. 1 & WO 2017/175397 A1	1-4
Y	JP 6-263542 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 20 September 1994, abstract, claim 1, paragraph [0028], fig. 1 (Family: none)	1-4
Y	JP 2014-17212 A (HITACHI CHEMICAL COMPANY, LTD.) 30 January 2014, abstract, claims 1-8, paragraphs [0021], [0033], [0080], fig. 1 (Family: none)	1-4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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
02.08.2018

Date of mailing of the international search report
14.08.2018

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/JP2018/019885

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-136658 A (NIPPON SHEET GLASS CO., LTD.) 11 July 2013, fig. 1, 2 (Family: none)	1-4
A	WO 2013/073496 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 23 May 2013, claims 1-7 & JP 2016-77148 A & JP 2016-105688 A & US 2014/0327335 A1, claims 1-7 & EP 2782106 A1 & CN 103930957 A	1-4
A	JP 2015-231322 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 21 December 2015, claims 1-9, fig. 1, 2 (Family: none)	1-4
P, A	JP 2017-222527 A (HITACHI, LTD.) 21 December 2017, claims 1-12 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02K3/30(2006.01)i, H01B3/00(2006.01)i, H01B3/04(2006.01)i, H01B17/60(2006.01)i,
H01F5/06(2006.01)i, H02K3/34(2006.01)i, H02K15/12(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. H02K3/30, H01B3/00, H01B3/04, H01B17/60, H01F5/06, H02K3/34, H02K15/12

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
Y	WO 2017/175875 A1（日立化成株式会社）2017.10.12, 段落 0007-0071, 図1 & WO 2017/175397 A1	1-4
Y	JP 6-263542 A（住友金属工業株式会社）1994.09.20, 要約, 請求項 1, 段落 0028, 図1（ファミリーなし）	1-4
Y	JP 2014-17212 A（日立化成株式会社）2014.01.30, 要約, 請求項 1-8, 段落 0021, 0033, 0080, 図1（ファミリーなし）	1-4

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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

の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

02.08.2018

国際調査報告の発送日

14.08.2018

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）

小林 紀和

3 V

4240

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

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
A	JP 2013-136658 A (日本板硝子株式会社) 2013. 07. 11, 図 1-2 (ファミリーなし)	1-4
A	WO 2013/073496 A1 (三菱電機株式会社) 2013. 05. 23, 請求項 1-7 & JP 2016-77148 A & JP 2016-105688 A & US 2014/0327335 A1, 請求項 1-7 & EP 2782106 A1 & CN 103930957 A	1-4
A	JP 2015-231322 A (三菱電機株式会社) 2015. 12. 21, 請求項 1-9, 図 1-2 (ファミリーなし)	1-4
P, A	JP 2017-222527 A (株式会社日立製作所) 2017. 12. 21, 請求項 1-12 (ファミリーなし)	1-4