

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-506824
(P2025-506824A)

(43)公表日 令和7年3月13日(2025.3.13)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

C 0 4 B 35/119 (2006.01) C 0 4 B 35/119 5 G 3 3 3

H 0 1 B 19/00 (2006.01) H 0 1 B 19/00 3 2 1

H 0 5 K 1/03 (2006.01) H 0 5 K 1/03 6 1 0 D

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全20頁)

(21)出願番号	特願2024-550285(P2024-550285)	(71)出願人	511004645
(86)(22)出願日	令和5年3月10日(2023.3.10)		セラムテック ゲゼルシャフト ミット
(85)翻訳文提出日	令和6年8月23日(2024.8.23)		ベシュレンクテル ハフツング
(86)国際出願番号	PCT/EP2023/056172		C e r a m T e c G m b H
(87)国際公開番号	WO2023/170270		ドイツ連邦共和国 プロヒンゲン セラム
(87)国際公開日	令和5年9月14日(2023.9.14)		テック - プラッツ 1 - 9
(31)優先権主張番号	22161680.8		C e r a m T e c - P l a t z 1 - 9 ,
(32)優先日	令和4年3月11日(2022.3.11)		D - 7 3 2 0 7 P l o c h i n g e n ,
(33)優先権主張国・地域又は機関			G e r m a n y
	欧州特許庁(EP)	(74)代理人	100087941
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ		弁理士 杉本 修司
	,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),	(74)代理人	100112829
	EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(		弁理士 堤 健郎
	AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,	(74)代理人	100155963
	FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV		弁理士 金子 大輔
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 セラミック基板

(57)【要約】

【課題】良好な熱伝導率と機械的強度を兼ね備えたセラミック基板を提供する。

【解決手段】本発明のセラミック基板は、平均粒径が1．3 1～1．5 5 μmの酸化アルミニウム（A l₂ O₃）と、平均粒径が0．6 5～0．7 5 μmの二酸化ジルコニウム（Z r O₂）と、酸化イットリウム（Y₂ O₃）およびその他の成分と、を含有する。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- (測定方法の欄に記載の面積計量法で測定される) 平均粒径が $1.31 \sim 1.55 \mu\text{m}$ の酸化アルミニウム (Al_2O_3) と、
 - (測定方法の欄に記載の面積計量法で測定される) 平均粒径が $0.65 \sim 0.75 \mu\text{m}$ の二酸化ジルコニウム (ZrO_2) と、
 - 酸化イットリウム (Y_2O_3)、酸化ケイ素 (SiO_2) およびその他の成分と、
- を含有する、セラミック基板。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のセラミック基板において、

- (測定方法の欄に記載の面積計量法で測定される) 平均粒径が $1.31 \sim 1.55 \mu\text{m}$ の酸化アルミニウム (Al_2O_3) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) $85 \sim 95$ 重量%、好ましくは $88 \sim 93$ 重量%、より好ましくは $89 \sim 91$ 重量% と、
 - (測定方法の欄に記載の面積計量法で測定される) 平均粒径が $0.65 \sim 0.75 \mu\text{m}$ の二酸化ジルコニウム (ZrO_2) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) $4 \sim 14$ 重量%、好ましくは $6 \sim 11$ 重量%、より好ましくは $8 \sim 10$ 重量% と、
 - 酸化イットリウム (Y_2O_3) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) $0.2 \sim 0.8$ 重量%、好ましくは $0.3 \sim 0.7$ 重量%、より好ましくは $0.4 \sim 0.6$ 重量% と、
 - 酸化ケイ素 (SiO_2) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) $0.1 \sim 0.5$ 重量%、好ましくは $0.2 \sim 0.4$ 重量%、より好ましくは $0.25 \sim 0.35$ 重量% と、
 - その他の成分を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.6 重量% 未満、好ましくは $0.1 \sim 0.45$ 重量%、より好ましくは $0.2 \sim 0.35$ 重量% と、
- を含有し、各成分の合計が必ず 100 重量%であることを特徴とする、セラミック基板。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のセラミック基板において、(ASTM C1499-15 に準拠して測定される) 曲げ強度が、 620 MPa 超、好ましくは 650 MPa 超、より好ましくは 670 MPa 超、なおいっそう好ましくは 680 MPa 超、例えば 690 MPa であることを特徴とする、セラミック基板。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のセラミック基板において、(ISO 18755:2005 に準拠して測定される 20° の) 熱伝導率が、 $20 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 超、好ましくは $22 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 超、なおいっそう好ましくは $24 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 超であることを特徴とする、セラミック基板。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のセラミック基板において、弾性率 (ヤング率) が、 310 GPa 超、好ましくは 350 GPa 超、なおいっそう好ましくは 360 GPa 超であることを特徴とする、セラミック基板。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のセラミック基板において、(IF 法に準拠して測定される) 破壊靱性 $K_{\text{IC Ni i h a r a}}$ が、 $3 \sim 5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 、好ましくは $3.5 \sim 4.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 、より好ましくは $3.8 \sim 4.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ であることを特徴とする、セラミック基板。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のセラミック基板において、(DIN EN ISO 4288 に準拠して測定される) 表面粗さ R_a が、 $0.5 \mu\text{m}$ 未満、好ましくは $0.4 \mu\text{m}$ 未満、より好ましくは $0.2 \mu\text{m}$ 未満、例えば $0.19 \mu\text{m}$ であることを特徴とする、セラミック基板。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のセラミック基板の製造方法であって、

- 粒径 (d50) が 0.1 ~ 0.8 μm 、好ましくは d50 が 0.3 ~ 0.6 μm の第 1 の種類の少なくとも 1 種の酸化アルミニウムと、粒径 (d50) が 0.9 ~ 1.7 μm 、好ましくは 1.0 ~ 1.5 μm の第 2 の種類の少なくとも 1 種の酸化アルミニウムとの、第 1 の混合物を用意する工程と、

- 粒径 (d50) が 0.2 ~ 0.5 μm 、好ましくは d50 が 0.25 ~ 0.35 μm の第 1 の種類の少なくとも 1 種のイットリア安定化酸化ジルコニウムと、粒径 (d50) が 0.8 ~ 1.4 μm 、好ましくは d50 が 0.9 ~ 1.25 μm の第 2 の種類の少なくとも 1 種のイットリア安定化酸化ジルコニウムとの、第 2 の混合物を用意する工程と、

- 酸化アルミニウム同士の前記混合物と酸化ジルコニウム同士の前記混合物、さらには、任意で、その他の添加剤と一緒にし、これらの混合物を粉砕機で分散させる工程と、

- 酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムとの分散後の前記混合物に、バインダを添加する工程と、

- 酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムとバインダとの分散後の前記混合物を、所望の形態に成形する工程と、

- 成形後の前記混合物を焼結する工程であって、それにより、前記セラミック基板を提供する、工程と、

を備える、製造方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の製造方法において、

前記第 1 の混合物が、

- 粒径 (d50) が 0.1 ~ 0.8 μm 、好ましくは d50 が 0.3 ~ 0.6 μm の第 1 の種類の少なくとも 1 種の酸化アルミニウムを 42.5 ~ 47.5 重量%、好ましくは 44 ~ 46.5 重量%、より好ましくは 44.5 ~ 45.5 重量%、および

- 粒径 (d50) が 0.9 ~ 1.7 μm 、好ましくは 1.0 ~ 1.5 μm の第 2 の種類の少なくとも 1 種の酸化アルミニウムを 42.5 ~ 47.5 重量%、好ましくは 44 ~ 46.5 重量%、より好ましくは 44.5 ~ 45.5 重量%、

を含有することを特徴とする、製造方法。

【請求項 10】

請求項 8 または 9 に記載の製造方法において、

前記第 2 の混合物が、

- 粒径 d50 が 0.2 ~ 0.5 μm 、好ましくは d50 が 0.25 ~ 0.35 μm の第 1 の種類の少なくとも 1 種の酸化ジルコニウムを 2.8 ~ 9.8 重量%、4.2 ~ 7.7 重量%、5.6 ~ 7 重量%、および

- 粒径 d50 が 0.8 ~ 1.4 μm 、好ましくは d50 が 0.9 ~ 1.25 μm の第 2 の種類の少なくとも 1 種の酸化ジルコニウムを 1.2 ~ 4.2 重量%、1.8 ~ 3.3 重量%、2.4 ~ 3 重量%、

を含有することを特徴とする、製造方法。

【請求項 11】

請求項 8 から 10 のいずれか一項に記載の製造方法において、SiO₂ などの焼結助剤、および有機化合物が添加されることを特徴とする、製造方法。

【請求項 12】

請求項 8 から 11 のいずれか一項に記載の製造方法において、前記焼結する工程が、1400 ~ 1700 の温度で実施されることを特徴とする、製造方法。

【請求項 13】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のセラミック基板の、電子機器での使用。

【請求項 14】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のセラミック基板を備える、電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、セラミック基板、その製造方法およびその使用に関する。

【背景技術】

【0002】

セラミック組成物やセラミック基板は、金属層を介して電子部品を実装するための基板として広く用いられている。このとき、セラミック組成物は、金属層を配置する絶縁層として機能する。そして、その金属層上に、電子部品が設けられ得る。

【0003】

電子部品の実装に用いるセラミック組成物やセラミック基板には、優れた放熱特性、特に、高い熱伝導率が要求される。同時に、セラミック基板は、実装基板としての良好な機械的強度を有しているのが望ましい。このことは、電子部品の小型化が進んでいることから、セラミック基板の厚みを薄くする際に特に求められる。つまり、高い熱伝導率と高い機械的強度を併せ持ったセラミック基板が要求される。

【0004】

このような背景で用いられる既知の種類のセラミック基板として、酸化ジルコニウムを含有するアルミナ基板（ジルコニア強化アルミナ基板（ZTA基板））が挙げられる。

【0005】

このようなセラミック基板は、例えばEP 2 911 994 B1（特許文献1）に記載されている。同文献では、 Al_2O_3 、 ZrO_2 および Y_2O_3 を含有し、使用する Al_2O_3 の平均粒径が2～8 μm である金属セラミック基板が言及されている。しかし、同文献には、 Al_2O_3 の粒径が開始材料としての粒径を指しているのか、それとも焼結後の材料としての粒径を指しているのかがはっきりしていない。また、粒径の測定方法も提示されていない。

【0006】

EP 3 786 134 A1（特許文献2）には、粒径1.2 μm ～1.9 μm のアルミナ粒子を70～95重量%、およびジルコニアとハフニアとを5～30重量%含有した基板が記載されている。ジルコニア粒子の粒径は、0.4 μm ～0.7 μm である。

【0007】

また、US 2021/0261473 A1（特許文献3）は、 Al_2O_3 の粒径と ZrO_2 の粒径を異ならせたセラミック基板に関する。 Al_2O_3 粒子の粒径は1.7～1.9 μm であり、 ZrO_2 粒子の粒径は0.7～0.9 μm である。

【0008】

EP 3 315 476 B1（特許文献4）には、平均結晶粒径が0.9～1.6 μm の酸化アルミニウム結晶、および平均結晶粒径が0.28～0.6 μm の酸化ジルコニウム結晶を含有したセラミック基板が記載されている。

【0009】

同文献には、酸化ジルコニウムの平均結晶粒径が0.5 μm を超えると、機械的強度が損なわれると記載されている。酸化アルミニウムの結晶粒径が1.0 μm 未満の場合には、高い熱伝導率が得られない。同時に、酸化アルミニウムの結晶粒径が1.5 μm を超えると、高い機械的強度が得られない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】欧州特許第2 911 994号明細書

【特許文献2】欧州特許出願公開第3 786 134号明細書

【特許文献3】米国特許出願公開第2 021 / 2 61 473号明細書

【特許文献4】欧州特許第3 315 476号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0011】

つまり、良好な熱伝導率と機械的強度を両立させるには、酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムの結晶粒径の微調整が必要になると考えられる。

【0012】

したがって、良好な熱伝導率と機械的強度を兼ね備えたセラミック基板を提供することを、本発明の目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記の目的は、請求項1に記載のセラミック基板によって達成される。

【0014】

つまり、セラミック基板として、下記を含有したセラミック基板を提供する：

- 平均粒径が $1.31 \sim 1.55 \mu\text{m}$ の酸化アルミニウム (Al_2O_3)、
- 平均粒径が $0.65 \sim 0.75 \mu\text{m}$ の二酸化ジルコニウム (ZrO_2)、ならびに
- 酸化イットリウム (Y_2O_3) および酸化ケイ素 (SiO_2)、さらに、任意で、 HfO_2 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CeO_2 、 Na_2O 、 MgO 、 K_2O 、 CaO 、 SrO などのその他の化合物。

【0015】

本発明のセラミック基板は、後で提示するデータで説明するように、良好な熱安定性と良好な機械的強度によって特徴付けられる。特に、この良好な機械的強度は、セラミック基板中の ZrO_2 について測定される粒径からみて予想外のことであった。前述の従来技術とは異なり、 ZrO_2 の粒径が $0.6 \mu\text{m}$ 超であるにもかかわらず、機械的強度は損なわれず、それどころか、機械的強度をある程度まで高めることが可能となった。

【0016】

本セラミック基板は、緻密な結晶配列を有し、 ZrO_2 結晶粒と Al_2O_3 結晶粒の2相からなる。 ZrO_2 結晶粒は、正方晶または単斜晶である。

【0017】

一実施形態において、本セラミック基板は、下記の組成を有する：

- (測定方法の欄に記載の面積計量法で測定される) 平均粒径が $1.31 \sim 1.55 \mu\text{m}$ の酸化アルミニウム (Al_2O_3) を(当該セラミック基板の総重量に基づいて) $85 \sim 95$ 重量%、好ましくは $88 \sim 93$ 重量%、より好ましくは $89 \sim 91$ 重量%、
- (測定方法の欄に記載の面積計量法で測定される) 平均粒径が $0.65 \sim 0.75 \mu\text{m}$ の二酸化ジルコニウム (ZrO_2) を(当該セラミック基板の総重量に基づいて) $4 \sim 14$ 重量%、好ましくは $6 \sim 11$ 重量%、より好ましくは $8 \sim 10$ 重量%、
- 酸化イットリウム (Y_2O_3) を(当該セラミック基板の総重量に基づいて) $0.2 \sim 0.8$ 重量%、好ましくは $0.3 \sim 0.7$ 重量%、より好ましくは $0.4 \sim 0.6$ 重量%、
- 酸化ケイ素 (SiO_2) を(当該セラミック基板の総重量に基づいて) $0.1 \sim 0.5$ 重量%、好ましくは $0.2 \sim 0.4$ 重量%、より好ましくは $0.25 \sim 0.35$ 重量%、および
- その他の化合物を(当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.6 重量%未満、好ましくは $0.1 \sim 0.45$ 重量%、より好ましくは $0.2 \sim 0.35$ 重量%
(各成分の合計は、必ず 100 重量%である)。

【0018】

酸化イットリウムは、市販の酸化ジルコニウム中に安定剤として含まれている。すなわち、後で詳述する調製方法では、開始材料として、市販のイットリア安定化ジルコニアが使用される。市販の酸化ジルコニウムには、酸化イットリウム以外に、酸化ハフニウム (HfO_2) も含まれている。 HfO_2 は、酸化ジルコニウム 100 部あたり 1 質量部以上 3 質量部以下の範囲内で存在し得る。酸化イットリウムは、酸化ジルコニウム中に 6 重量%以下、好ましくは $5 \sim 5.5$ 重量%程度の量で存在し得る。好ましくは(ZrO_2 の量に基づいて) $2.5 \sim 3.5 \text{ mol } \%$ 、より好ましくは $3 \text{ mol } \%$ の Y_2O_3 が、 ZrO

SiO_2 の安定剤として機能している。市販の酸化ジルコニウムには、さらに、0.55重量%以下の酸化アルミニウム (Al_2O_3) といったその他の成分も含まれている。

【0019】

上記のように、本セラミック基板は、焼結助剤、特に、二酸化ケイ素 (SiO_2) も含有している。好ましい焼結助剤は、 SiO_2 である。 SiO_2 は、本セラミック基板中に、0.5重量%以下、好ましくは0.35重量%以下の量で含有され得る。

【0020】

一実施形態において、本セラミック基板は、下記を含有する：

- 平均粒径が $1.31 \sim 1.55 \mu\text{m}$ の酸化アルミニウム (Al_2O_3) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 85 ~ 95重量%、
- 平均粒径が $0.65 \sim 0.75 \mu\text{m}$ の二酸化ジルコニウム (ZrO_2) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 4 ~ 14重量%、
- 酸化イットリウム (Y_2O_3) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.2 ~ 0.8重量%、
- 酸化ケイ素 (SiO_2) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.1 ~ 0.5重量%、および
- その他の化合物を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.6重量%未満 (各成分の合計は、必ず100重量%である)。

10

【0021】

さらなる実施形態において、本セラミック基板は、下記を含有する：

- 平均粒径が $1.31 \sim 1.55 \mu\text{m}$ の酸化アルミニウム (Al_2O_3) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 88 ~ 93重量%、
- 平均粒径が $0.65 \sim 0.75 \mu\text{m}$ の二酸化ジルコニウム (ZrO_2) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 6 ~ 11重量%、
- 酸化イットリウム (Y_2O_3) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.3 ~ 0.7重量%、
- 酸化ケイ素 (SiO_2) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.2 ~ 0.4重量%、および
- その他の化合物を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.1 ~ 0.45重量% (各成分の合計は、必ず100重量%である)。

20

30

【0022】

さらなる他の実施形態において、本セラミック基板は、下記を含有する：

- 平均粒径が $1.31 \sim 1.55 \mu\text{m}$ の酸化アルミニウム (Al_2O_3) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 89 ~ 91重量%、
- 平均粒径が $0.65 \sim 0.75 \mu\text{m}$ の二酸化ジルコニウム (ZrO_2) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 8 ~ 10重量%、
- 酸化イットリウム (Y_2O_3) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.4 ~ 0.6重量%、
- 酸化ケイ素 (SiO_2) を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.25 ~ 0.35重量%、および
- その他の化合物を (当該セラミック基板の総重量に基づいて) 0.2 ~ 0.35重量% (各成分の合計は、必ず100重量%である)。

40

【0023】

一実施形態において、本セラミック基板は、(ASTM C1499-15に準拠して測定される) 曲げ強度が、620MPa超、好ましくは650MPa超、より好ましくは670MPa超、なおいっそう好ましくは680MPa超、例えば690MPaである。曲げ強度は、620 ~ 800MPaの範囲内、好ましくは630 ~ 760MPaの範囲内、なおいっそう好ましくは650 ~ 730MPaの範囲内であり得る。

50

【 0 0 2 4 】

他の実施形態において、本セラミック基板は、(I S O 1 8 7 5 5 : 2 0 0 5 に準拠して測定される 2 0 の) 熱伝導率が、 $20 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 超、好ましくは $22 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 超、なおいっそう好ましくは $24 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 超である。熱伝導率は、 $20 \sim 40 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 、好ましくは $22 \sim 35 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 、より好ましくは $23 \sim 30 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 、なおいっそう好ましくは $24 \sim 27 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ の範囲内であり得る。

【 0 0 2 5 】

さらなる他の実施形態において、本セラミック基板は、(実施例の欄に記載の) グラインドソニック法で測定される弾性率または縦弾性係数 (ヤング率) が、 310 GPa 超、好ましくは 350 GPa 超、なおいっそう好ましくは 360 GPa 超である。縦弾性係数は、 $310 \sim 400 \text{ GPa}$ の範囲内、好ましくは $330 \sim 390 \text{ GPa}$ の範囲内、より好ましくは $350 \sim 380 \text{ GPa}$ の範囲内であり得る。 10

【 0 0 2 6 】

また、本セラミック基板は、(実施例の欄に記載の I F 法に準拠して測定される) 破壊靱性 K_{Ic} N i i h a r a が、 $3 \sim 5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 、好ましくは $3.5 \sim 4.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 、より好ましくは $3.8 \sim 4.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ であるのが好適である。本セラミック基板のビッカース硬度は、 $1500 \sim 2000 \text{ HV}$ 、好ましくは $1600 \sim 1900 \text{ HV}$ 、より好ましくは $1700 \sim 1850 \text{ HV}$ 、なおいっそう好ましくは $1750 \sim 1830 \text{ HV}$ である。 20

【 0 0 2 7 】

また、本セラミック基板は、(D I N E N I S O 4 2 8 8 に準拠して測定される) 表面粗さ R_a が、 $0.5 \mu\text{m}$ 未満、好ましくは $0.4 \mu\text{m}$ 未満、より好ましくは $0.2 \mu\text{m}$ 未満、例えば $0.19 \mu\text{m}$ であるのが好適である。 20

【 0 0 2 8 】

本セラミック基板の (D I N 9 9 3 - 1 / I S O 1 8 7 5 4 に準拠して測定される) かさ密度は、 3.5 g/cm^3 超、好ましくは 3.95 g/cm^3 超、なおいっそう好ましくは 4 g/cm^3 超、例えば $4.0 \sim 4.1 \text{ g/cm}^3$ である。

【 0 0 2 9 】

他の実施形態において、本セラミック基板は、(D I N E N 6 0 2 4 3 f f に準拠して測定される 2 0 の) 絶縁破壊強度が、 20 kV/mm 超、好ましくは 25 kV/mm 超、より好ましくは 30 kV/mm 超である。絶縁破壊強度は、 $20 \sim 40 \text{ kV/mm}$ の範囲内、好ましくは $25 \sim 35 \text{ kV/mm}$ の範囲内、より好ましくは $28 \sim 33 \text{ kV/mm}$ であり得る。 30

【 0 0 3 0 】

本セラミック基板の (実施例の欄に記載の D S C 装置で測定される) 比熱容量は、 620 J/gK 超、好ましくは 650 J/gK 超、より好ましくは 670 J/gK 超である。比熱容量は、 $620 \sim 750 \text{ J/gK}$ の範囲内、好ましくは $650 \sim 720 \text{ J/gK}$ の範囲内、より好ましくは $670 \sim 710 \text{ J/gK}$ であり得る。

【 0 0 3 1 】

本セラミック基板の (実施例の欄に記載の熱膨張計で測定される) 熱膨張係数 CTE は、 $20 \sim 300$ で $7 \times 10^{-6} / \text{K}$ 超、 $300 \sim 600$ で $8 \times 10^{-6} / \text{K}$ 超、 $600 \sim 900$ で $8.6 \times 10^{-6} / \text{K}$ 超である。 40

【 0 0 3 2 】

好ましい一実施形態において、本セラミックは、下記の特性を有し得る：

- $630 \sim 760 \text{ MPa}$ の範囲内の曲げ強度、
- $22 \sim 35 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ の範囲内であり得る熱伝導率；
- $330 \sim 390 \text{ GPa}$ の範囲内であり得る縦弾性係数；
- $25 \sim 35 \text{ kV/mm}$ の範囲内であり得る絶縁破壊強度；および
- $650 \sim 720 \text{ J/gK}$ の範囲内であり得る比熱容量。

【 0 0 3 3 】

最も好ましい一実施形態において、本セラミックは、下記の特性を有し得る：

- 650 ~ 730 MPa の範囲内の曲げ強度、
- 23 ~ 30 W / m · K の範囲内であり得る熱伝導率；
- 350 ~ 380 GPa の範囲内であり得る縦弾性係数；
- 28 ~ 33 kV / mm の範囲内であり得る絶縁破壊強度；および
- 670 ~ 710 J / g K の範囲内であり得る比熱容量。

【0034】

本セラミック基板は、下記の工程を備える方法で製造され得る：

- 粒径 (d50) が 0.1 ~ 0.8 μm、好ましくは d50 が 0.3 ~ 0.6 μm の第 1 の種類の少なくとも 1 種の酸化アルミニウムと、粒径 (d50) が 0.9 ~ 1.7 μm の第 2 の種類の少なくとも 1 種の酸化アルミニウムとの混合物を用意する工程、
- 粒径 (d50) が 0.2 ~ 0.5 μm、好ましくは d50 が 0.25 ~ 0.35 μm の第 1 の種類の少なくとも 1 種のイットリア安定化酸化ジルコニウムと、粒径 (d50) が 0.8 ~ 1.4 μm、好ましくは d50 が 0.9 ~ 1.25 μm の第 2 の種類の少なくとも 1 種のイットリア安定化酸化ジルコニウムとの、第 2 の混合物を用意する工程、
- 酸化アルミニウム同士の前記混合物と酸化ジルコニウム同士の前記混合物、さらには、任意で、その他の添加剤、特に、焼結助剤としての SiO₂、を一緒にし、これらの混合物を粉砕機で分散させる工程、
- 酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムとの分散後の前記混合物に、例えばポリビニルアルコール (PVA)、ポリビニルブチラル (PVB) 等のバインダを添加する工程、
- 酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムとバインダとの分散後の前記混合物を、例えばフィルム、シート等の所望の形態に成形する工程、および
- 成形後の前記混合物を焼結する工程であって、それにより、本セラミック基板を提供する、工程。

【0035】

本方法の好ましい一実施形態において、第 1 の等級の Al₂O₃ は、粒径 d50 が 0.3 ~ 0.6 μm で d90 が 3.0 μm 未満、好ましくは 2.0 μm 未満であり得て、第 2 の等級の Al₂O₃ は、粒径 d50 が 1.0 ~ 1.5 μm で d90 が 4.0 μm 未満、好ましくは 3.6 μm 未満であり得る。

【0036】

本方法の好ましい他の実施形態において、第 1 の等級の ZrO₂ は、粒径 d50 が 0.25 ~ 0.35 μm で d98 が 2.0 μm 未満であり得て、第 2 の等級の ZrO₂ は、粒径 d50 が 0.9 ~ 1.25 μm で d80 が 1.5 ~ 2.2 μm であり得る。

【0037】

本方法の好ましい一実施形態において、酸化アルミニウム用の出発物質として、下記を含有する第 1 の混合物が用意される：

- 粒径 (d50) が 0.1 ~ 0.8 μm、好ましくは d50 が 0.3 ~ 0.6 μm の第 1 の種類の少なくとも 1 種の酸化アルミニウムを 42.5 ~ 47.5 重量%、好ましくは 44 ~ 46.5 重量%、より好ましくは 44.5 ~ 45.5 重量%、および
- 粒径 (d50) が 0.9 ~ 1.7 μm、好ましくは 1.0 ~ 1.5 μm の第 2 の種類の少なくとも 1 種の酸化アルミニウムを 42.5 ~ 47.5 重量%、好ましくは 44 ~ 46.5 重量%、より好ましくは 44.5 ~ 45.5 重量%。

【0038】

つまり、出発物質として使用されて、好ましくは粒径が異なる、2 種類の酸化アルミニウムが、およそ 1 : 1 の重量比、すなわち、各種類約 50 重量%ずつ用意される。

【0039】

本方法の好ましい他の実施形態では、酸化ジルコニウム用の出発物質として、下記を含有する第 2 の混合物が用意される：

- 粒径 (d50) が 0.2 ~ 0.5 μm、好ましくは d50 が 0.25 ~ 0.35 μm

の第 1 の種類の少なくとも 1 種の酸化ジルコニウムを 2 . 8 ~ 9 . 8 重量 %、4 . 2 ~ 7 . 7 重量 %、5 . 6 ~ 7 重量 %、および

- 粒径 (d_{50}) が 0 . 8 ~ 1 . 4 μm 、好ましくは d_{50} が 0 . 9 ~ 1 . 25 μm の第 2 の種類の少なくとも 1 種の酸化ジルコニウムを 1 . 2 ~ 4 . 2 重量 %、1 . 8 ~ 3 . 3 重量 %、2 . 4 ~ 3 重量 %。

【 0 0 4 0 】

つまり、出発物質として、粒径 d_{50} が 0 . 2 ~ 0 . 5 μm 、好ましくは d_{50} が 0 . 25 ~ 0 . 35 μm の第 1 の種類の少なくとも 1 種の酸化ジルコニウム約 70 重量 %、さらに、粒径 d_{50} が 0 . 8 ~ 1 . 4 μm 、好ましくは d_{50} が 0 . 9 ~ 1 . 25 μm の第 2 の種類の少なくとも 1 種の酸化ジルコニウム約 30 重量 % が使用されるのが好適である 10

【 0 0 4 1 】

本方法のさらなる実施形態では、 SiO_2 などの焼結助剤、およびバインダ (例えば PVA、PVB 等) などの有機化合物が、 Al_2O_3 / ZrO_2 混合物に添加される。

【 0 0 4 2 】

そして、 Al_2O_3 / (Y_2O_3 を含む) ZrO_2 / 焼結助剤の粉末混合物が、水または有機溶剤などの溶媒、好ましくは分散剤を含む溶媒とともに粉砕機に投入されることで、分散液が得られる。

【 0 0 4 3 】

次の成形工程では、このスラリーからドクターブレード法によってグリーンシートまたはグリーンフィルムを得る。あるいは、このスラリーをスプレードライヤーで噴霧乾燥して調製した造粒体から、粉末プレス成形法やローラーコンパクター法によってグリーンシートを得る。 20

【 0 0 4 4 】

そして、金型やレーザーによる外形形状加工を行って圧粉体を得るようにしてもよい。グリーンシートをそのまま圧粉体として使い、焼成後にレーザーで外形形状加工を施すようにしてもよい。また、量産性を踏まえると、マルチピースの圧粉体を用いるのが好適である。

【 0 0 4 5 】

前記焼結する工程は、加熱炉内で実施される。焼結温度は、1400 ~ 1700 が好 30

【 0 0 4 6 】

本発明のセラミック基板は、電子機器に使用され得る。このような電子機器は、片面または両面に金属層を配置した支持体としてのセラミック基板を備え得る。金属層上には、電子部品が設けられ得る。

【 0 0 4 7 】

本セラミック基板の金属層上に設けられる電子部品は、例えば絶縁ゲートバイポーラトランジスタ (IGBT) 素子、インテリジェントパワーモジュール (IPM) 素子、金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) 素子、LED 素子、還流ダイオード (FWD) 素子、大電力トランジスタ (GTR) 素子、ショットキーバリアダイオード (SBD) 等の半導体素子に使用されるものであり得る。また、前記電子部品は、昇華型サーマルプリンターヘッドやサーマルインクジェットプリンターヘッドの発熱素子に使用されるものであってもよい。また、前記電子部品は、ペルチェ素子に使用されるものであってもよい。 40

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 8 】

以下では、本発明について、実施例を参照しながら詳細に説明する。

【 実施例 】

【 0 0 4 9 】

下記の実施例は、特許請求の範囲に記載した本発明についての、特定の態様や実施形態 50

を立証するために含めたものである。しかしながら、当業者であれば、下記の説明があくまでも例示に過ぎず、いかなる意味においても本発明を制限していると解釈されるべきでないということが分かるであろう。

【0050】

I. 合成

開始材料の ZrO_2 、 Al_2O_3 および SiO_2 に対し、原料受入検査を行う。 Al_2O_3 と ZrO_2 のそれぞれについて、2種類の異なる等級のものを使いながら、最終製品で示される粒径分布が得られるようにする。

【0051】

大量調製（スラリー）は、粉碎機で行う。大量調製は、各原料、つまり、セラミック用の出発物質と有機化合物の混合からなる。このスラリーを型に入れて、セラミックグリーンフィルムを形成する。このグリーンフィルムを、指定の寸法に切断する。そのセラミックフィルムを、1400～1700 で焼結させる。 10

【0052】

II. 分析

（粒径：焼結後のセラミック基板への面積計量法の適用）

次に、アルミナおよびジルコニアの平均結晶粒径の測定に用いる面積計量法について説明する。始めに、セラミック基板1の表面を鏡面仕上げし、焼成温度より50～100低い温度範囲内の熱処理に供する。その後、この熱処理面を測定対象面とし、SEMによって拡大倍率：5000倍で撮影する。次に、撮影した画像データを画像解析ソフト（例えば、WinROOF（三谷商事株式会社）等）で解析する。その結果、画像データ内に存在するアルミナとジルコニアのそれぞれの結晶粒径のデータを得ることができる。 20

【0053】

セラミック基板には結晶粒径が0.05mm未満の結晶が含まれているはずであるが、画像解析ソフトによる解析では、結晶粒径が0.05mm以上の結晶のみを対象とする。また、上記のような画像解析ソフトを利用すると、アルミナ結晶粒とジルコニア結晶粒とで色調に違いが生まれるため、別個に測定を行うことが可能となる。

【0054】

アルミナの各結晶粒の面積から算出した各結晶粒の円相当径の平均値をアルミナの平均結晶粒径とし、ジルコニアの各結晶粒の面積から算出した各結晶粒の円相当径の平均値をジルコニアの平均結晶粒径とする。 30

【0055】

アルミナの結晶粒径の標準偏差は、上記の平均結晶粒径の測定に用いた方法と同様の方法により、画像解析ソフトで得られたアルミナの結晶粒径のデータから求めることができる。

【0056】

（NiisharaおよびAnstisによる評価に基づく、IF法に準じたセラミック基板の破壊靱性（K_{IC}値）の測定）

K_{IC}値は、A. G. Evans, E. A. Charles, J. Am. Ceram. Soc. 1976, 56, 371-372およびG. R. Anstis, P. Chantikul, et al., J. Am. Ceram. Soc. 1981, 64, 533-538に記載のIF法により求めた。 40

【0057】

短く言えば、基板を用意し、各基板から試料を取り出し、クラロシット中に埋め込み、研削・研磨した。

【0058】

そして、各基板に対し、十分な品質の圧痕が5個以上（ただし、10個以下が通常）生じるように多数のビッカース圧痕を形成した。十分な品質とは、圧痕の端から遠ざかるように生じた亀裂を明確に識別でき（枝分かれせずに端を比較的明確に識別することが可能な、歴然かつ比較的真っ直ぐな亀裂）、圧痕上に大きな割れ目が見られないことを意味する。このように大きな割れ目のない歴然な亀裂が圧痕に形成されるようにするため、まず 50

、適切な圧入荷重の決定が必要となった。圧入荷重が低すぎると、亀裂は出現しない。圧入荷重が高すぎると、基板が破損するか、あるいは、圧痕に大量の欠けが発生して圧痕の評価が不可能になる。圧入荷重を低めにすると、亀裂が発生しないか、あるいは、生じる亀裂が短いものになる。

【 0 0 5 9 】

K_{Ic} 値の評価、つまり、その算出は、NiiharaおよびAnstisの式に従って行った：

【 0 0 6 0 】

【 数 1 】

$$K_{Ic,Niihara} = 0,018H\sqrt{a}\left(\frac{E}{H}\right)^{0,4}\left(\frac{c}{a}-1\right)^{-0,5} \quad 10$$

【 0 0 6 1 】

(式中、

K_{Ic} , $Niihara$ = 破壊靱性 ($MPa\sqrt{m}$)、

H = ビッカース硬度値 (MPa)、

E = 縦弾性係数 (MPa)、

c = 亀裂の長さ + 硬度圧痕の対角線の半分 (m)

a = 硬度圧痕の対角線の半分 (m) とする。)

【 0 0 6 2 】

【 数 2 】

$$K_{Ic,Anstis} = 0,032H\sqrt{a}\left(\frac{E}{H}\right)^{0,5}\left(\frac{c}{a}\right)^{-1,5} \quad 20$$

【 0 0 6 3 】

(式中、

K_{Ic} , $Anstis$ = 破壊靱性 ($MPa\sqrt{m}$)、

H = ビッカース硬度値 (MPa)、

E = 縦弾性係数 (MPa)、

c = 亀裂の長さ + 硬度圧痕の対角線の半分 (m)

a = 硬度圧痕の対角線の半分 (m) とする。)

【 0 0 6 4 】

弾性率については、文献値 (360 GPa) を用いた。硬度値は、硬度圧痕の適用時に直接測定・出力した。亀裂の長さと圧痕の対角線は、試験装置上で各硬度圧痕後に直接測定した。

【 0 0 6 5 】

次の表 1 に、測定対象の各試料の硬度と K_{Ic} 値を示す。それぞれについて、平均値と標準偏差を示す。既述のように、1 つあたり 5 個以上の硬度圧痕を測定して平均値を得た。

【 0 0 6 6 】

10

20

30

40

50

【表 1】

表 1：I F 法ならびにNiiharaの式およびAnstisの式によるK I c 値

試料番号	ビッカース硬度	K _{Ic} [MPa m ^{1/2}]	K _{Ic} [MPa m ^{1/2}]
		Niihara	Anstis
1	1790 +/- 27	4.118 +/- 0.063	2.807 +/- 0.076
2	1828 +/- 14	4.094 +/- 0.065	2.749 +/- 0.082

10

【0067】

（比熱容量）

比熱容量または熱容量は、物体に与えられた熱の、その結果生じる温度変化に対する比に相当する、測定可能な物理量であり、次の式になる：

【0068】

【数 3】

$$\text{比熱容量} = \frac{\text{熱の流出入 (Q)}}{\text{試料の質量 (g)} \times \text{温度変化 (\Delta T)}}$$
$$[\text{cp}] = \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$$

20

【0069】

比熱とは、物質 1 グラムの温度を 1 上げるのに必要な熱量のことである。

【0070】

D S C 測定は、D I N 5 1 0 0 7 および I S O 1 1 3 5 7 - 1 に準拠して行う。

【0071】

[熱流束 D S C の機能原理]

D S C 測定セルは、加熱炉および一体型センサからなり、試料用容器と基準物質用容器とに対応する取付面積を具備している。センサの表面は、熱電対に接続されているか、あるいは、熱電対自体の一部となっている。これにより、試料側と基準物質側の温度差（D S C 信号）と、試料側または基準物質側の絶対温度の双方を記録することが可能となる。試料の熱容量 c p からみて、通常、D S C 測定セルの加熱時には、基準物質側（通常は、空状態の容器）が試料側よりも速く昇温する。つまり、基準物質温度（T R）は試料温度（T P）よりも少し早めに上昇する。一定の加熱速度による加熱であれば、双方の曲線は、試料が反応を起こすまで互いに平行な挙動を描く。本願の場合、試料は t 1 で融解し始める。融解過程中、試料の温度は変化しないのに対し、基準物質側の温度はこの影響を受けることなく線形的に上昇し続ける。融解が終了する時刻 t 2 以降は、試料温度も再び上昇して線形的な勾配を再び描くようになる。

30

40

【0072】

これら 2 つの温度曲線の差分信号（Δ T）を用いる。曲線の中央部にて、差分形成のピークが発生する。このピークは、吸熱融解過程を表している。差分形成中に試料温度から基準物質温度を差し引くのか、それとも基準物質温度から試料温度を差し引くのかによって、発生するピークのグラフ内での向きは、上向きにも下向きにもなった。ピークの面積は、変換される熱含量（エンタルピー（J / g））に関係している。

【0073】

（縦弾性係数（ヤング率））

測定用の装置は、マイクロフォン又はピエゾセンサが接続されたグラインドソニック、

50

適切なクラッパ－、および各試料形状に合った支持部を有する特殊な試料ホルダからなる。同装置は、さらに、測定値を記録するためにＰＣに接続される。物質の弾性とは、外部からの荷重によって物質が変形するものの、荷重が消えるとたちまち元の状態に戻ることを意味する。この歪みは、加わった荷重と線形的に比例する（フックの法則）。歪みと荷重との商が、物質のヤング率として知られる比例係数になる。

【 0 0 7 4 】

（熱膨張係数ＣＴＥ）

Net z s c h社の測定装置を用いて、試料の線熱膨張を温度の関数として測定する。熱膨張は、温度変化に対する物体の体積の変化の尺度である。メーカーの仕様であるD I L 4 0 2 E x p e d i s S e l e c t & S u p r e m e - N E T Z S C H A n a l y z i n g & T e s t i n g (netzsch-thermal-analysis.com) に準拠して測定を行う。

【 0 0 7 5 】

次の表は、各規格の方法で測定されるパラメータ値の概要である：

【 0 0 7 6 】

【表 2】

表 2

パラメータ	単位	規格
熱伝導率	W/mK	ISO 18755:2005
かさ密度	g/cm ³	DIN 993-1 / ISO 18754
比熱容量	J/gK	前述のDSC測定
絶縁破壊強度	kV/mm	DIN EN 60243-ffに準拠
縦弾性係数	GPa	前述のグラインドソニック
曲げ強度（ σ 、ワイブル、B B F）	MPa	ASTM C1499
K I C	MPa ml/2	前述のIF法
R F A（元素分析）	重量%	DIN 51001/ DIN EN ISO 12677
C T E	10 ⁻⁶ mm/° C	前述の熱膨張計
表面粗さ R a	μ m	Din EN ISO 4288に準拠

【 0 0 7 7 】

次の表 3 および 4 は、本発明に係る複数の実施例（本発明の実施例 I E 1 , I E 2 ）とその各特性をまとめたものである。

【 0 0 7 8 】

表 3 に、本発明の各実施例の開始材料の種類と量を提示する。第 1 の等級の Al_2O_3 は、粒径 d_{50} が $0.5\text{ }\mu\text{m}$ で d_{90} が $2.0\text{ }\mu\text{m}$ であり、第 2 の等級の Al_2O_3 は、粒径 d_{50} が $1.3\text{ }\mu\text{m}$ で d_{90} が $3.2\text{ }\mu\text{m}$ である。第 1 の等級の ZrO_2 の粒径 d_{50} は $0.3\sim 0.32\text{ }\mu\text{m}$ で d_{90} が $0.60\text{ }\mu\text{m}$ であり、第 2 の等級の ZrO_2 の粒径 d_{50} は $1.17\text{ }\mu\text{m}$ で d_{80} が $2.06\text{ }\mu\text{m}$ である。

【 0 0 7 9 】

その他に使用する添加剤は、焼結助剤としての SiO_2 である。

【 0 0 8 0 】

【 表 3 】

10

表 3

	I E 1	I E 2
開始材料	重量%	重量%
第 1 の等級の Al_2O_3	45.110	45.110
第 1 の等級の ZrO_2	6.637	6.637
第 2 の等級の ZrO_2	2.844	2.844
第 2 の等級の Al_2O_3	45.110	45.110
SiO_2	0.299	0.299

20

【 0 0 8 1 】

その他の添加剤も添加してよいが、各成分の合計は必ず 100 重量%となる。

【 0 0 8 2 】

得られるセラミック基板は、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Y_2O_3 および SiO_2 を含有する。セラミック基板のその他の成分としては、 Na_2O 、 MgO 、 K_2O 、 CaO 、 TiO_2 、 Cr_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SrO 、 CeO が挙げられる。

30

【 0 0 8 3 】

表 4 は、表 3 の本発明の各実施例の機械的特性、熱的特性および電気的特性をまとめたものである。

【 0 0 8 4 】

表 4 で見て取れるように、曲げ強度が 650 MPa 超、さらには、 680 MPa 超の高い値に達するとともに、熱伝導率が $24\sim 25\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ となる。つまり、本発明の各実施例は、優れた機械的強度と良好な熱伝導率を兼ね備えている。

【 0 0 8 5 】

40

50

【表 4】

表 4					
		条件	単位	IE1	IE2
ZrO2の平均粒径			μ m	0. 65	0. 72
かさ密度				理論的密度の 95%超	理論的密度の 95%超
表面粗さ Ra			μ m	満足	満足
機械的特性	曲げ強度		MPa	650超	680超
	弾性率		GPa	355超	360超
熱的特性	CTE	(20-300℃)	10 ⁻⁶ /K	満足	満足
		(300-600° C)			
		(600-900° C)			
	熱伝導率	25 °C	W/(m・K)	24超	24超
	比熱容量	25 °C	J/(kg・K)	700	670
電気的特性	破壊強度	DC	kV/mm	30超	30超

【 0 0 8 6 】

さらに、表 5 に、本発明の各実施例 I E 1 , I E 2 で採用した特定の Z r O ₂ 粒径および Z r O ₂ の量の効果を、比較例 C E 1 , C E 2 との対比で示す。

【 0 0 8 7 】

比較例 C E 1 , C E 2 を、前述の一般的手法に従って得た。具体的に述べると、必要量の A l ₂ O ₃、Z r O ₂ および S i O ₂ 粉末を混合し、粉碎、造粒および圧粉化焼結を行った。

【 0 0 8 8 】

【表 5】

表 5				
	ZrO ₂ の平均粒径	ZrO ₂ の量 (重量%)	Al ₂ O ₃ の量 (重量%)	曲げ強度 (MPa)
CE1	0, 49	3. 7	96. 4	600未満
CE2	0. 49	9. 1	90. 4	620超
IE1	0. 65	9. 4 重量%	89. 9以上	650超
IE2	0. 72	9. 4 重量%	89. 9以上	680超

【 0 0 8 9 】

C E 2 から見て取れるように、小さめの粒径である粒径 0 . 4 9 μ m の Z r O ₂ を使用した場合、最終的なセラミックの曲げ強度が 6 4 0 M P a に達する。これに対し、粒径が

0.65 (IE1) および粒径が 0.72 (IE2) の ZrO_2 を使用すると、650 MPa 超および 680 MPa 超という、なおいっそう高い曲げ強度が検出された。このように、 ZrO_2 の粒径が 0.6 μm 超であっても機械的強度は損なわれず、それどころか、機械的強度をある程度向上させることが可能となった。これは、従来技術と反する予想外の効果であった。

10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2023/056172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	C04B35/119	C04B35/634
	H01L29/00	H01L33/00
		H05K1/03
ADD.		
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) C04B H01L H05K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 3 786 134 A1 (KYOCERA CORP [JP]) 3 March 2021 (2021-03-03) claims 1, 2, 9 paragraphs [0029], [0031], [0045], [0047] - [0049], [0069] - [0073], [0077] examples 2-4, 7-8, 15; tables 1-2 -----	1-7, 13, 14 8-12
A	EP 3 315 476 B1 (KYOCERA CORP [JP]) 26 February 2020 (2020-02-26) cited in the application claims 1, 6 paragraphs [0040] - [0047], [0057] examples 1, 7, 8; table 1 ----- -/-	1-14
☒ 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 22 May 2023		Date of mailing of the international search report 01/06/2023
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Buffet, Noemie

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2023/056172

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2021/261473 A1 (UMEDA YUJI [JP] ET AL) 26 August 2021 (2021-08-26) claim 9 paragraphs [0067] - [0068], [0071] - [0087] examples 5, 11, 14-16, comp. ex.1; table 1 -----	1, 3, 8, 11-14

1

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2023/056172

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 3786134	A1	03-03-2021	CN 112041286 A	04-12-2020
			EP 3786134 A1	03-03-2021
			JP 6987981 B2	05-01-2022
			JP WO2019208438 A1	10-06-2021
			WO 2019208438 A1	31-10-2019

EP 3315476	B1	26-02-2020	EP 3315476 A1	02-05-2018
			JP 6496021 B2	03-04-2019
			JP WO2016208766 A1	19-04-2018
			WO 2016208766 A1	29-12-2016

US 2021261473	A1	26-08-2021	CN 112789256 A	11-05-2021
			EP 3854766 A1	28-07-2021
			JP 7062087 B2	02-05-2022
			JP WO2020115868 A1	30-09-2021
			US 2021261473 A1	26-08-2021
			WO 2020115868 A1	11-06-2020

10

20

30

40

50

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,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,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100150566
弁理士 谷口 洋樹

(74)代理人 100213470
弁理士 中尾 真二

(74)代理人 100220489
弁理士 笹沼 崇

(74)代理人 100225026
弁理士 古後 亜紀

(74)代理人 100230248
弁理士 杉本 圭二

(72)発明者 シュイカー・リンダ
ドイツ国, 9 5 6 5 9 アルツベアク, シェファーライ 4

(72)発明者 シュライナー・ハンス - ユルゲン
ドイツ国, 9 1 2 1 7 ハースブルック, プレスラウアー・ストラーセ 1 3

F ターム (参考) 5G333 AA05 BA01 CB17 DA01