



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월16일
(11) 등록번호 10-2808151
(24) 등록일자 2025년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 1/22 (2006.01) H01B 13/00 (2006.01)
H01G 13/00 (2006.01) H01G 4/12 (2006.01)
H01G 4/30 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 1/22 (2013.01)
H01B 13/0036 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7016143
(22) 출원일자(국제) 2020년06월23일
심사청구일자 2023년06월15일
(85) 번역문제출일자 2022년05월13일
(65) 공개번호 10-2022-0086611
(43) 공개일자 2022년06월23일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2020/024666
(87) 국제공개번호 WO 2021/084790
국제공개일자 2021년05월06일
(30) 우선권주장
JP-P-2019-199060 2019년10월31일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2010087434 A*
KR1020180117121 A*
KR1020190017655 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
스미토모 긴조쿠 고잔 가부시카이가샤
일본 도쿄도 미나토구 신바시 5초메 11-3
(72) 발명자
나야, 마사쿠니
일본 1988601 도쿄도 오메시 수에히로쵸 1초메 6
반 1고 스미토모 긴조쿠 고잔 가부시카이가샤 오
메 지교부 내
시나노, 다카노리
일본 1988601 도쿄도 오메시 수에히로쵸 1초메 6
반 1고 스미토모 긴조쿠 고잔 가부시카이가샤 오
메 지교부 내
(74) 대리인
양영준, 신수범, 이석재

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 조현주

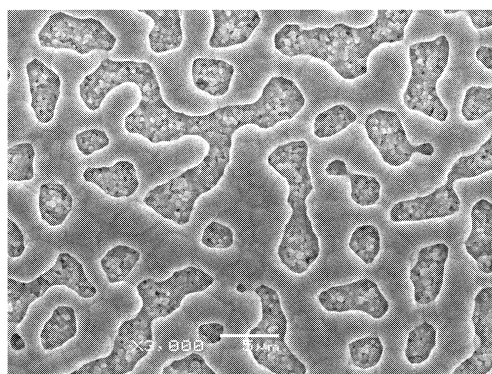
(54) 발명의 명칭 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물 및 그의 제조 방법, 그리고 도전성 페이스트

(57) 요약

[과제] 도전성 페이스트의 과소결을 억제하여, 소결 시의 전극 끊어짐을 억제할 수 있고, 소결 후의 내부 전극층의 피복률을 높게 한다.

[해결 수단] 도전성 분말의, 주사형 전자 현미경(SEM)의 활상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이 $0.12\mu\text{m}$ 이상 $0.3\mu\text{m}$ 이하이고, 해당 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의 평균 입자경의 비가 0.1 이상 0.3 미만이고, 해당 세라믹 분말의 함유량이, 도전성 분말 및 세라믹 분말의 총 질량에 대하여 5.5질량% 이상 13질량% 이하인, 도전성 페이스트 조성물이 제공된다.

(52) CPC특허분류

H01G 13/00 (2013.01)

H01G 4/1209 (2013.01)

H01G 4/30 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

도전성 분말과, 세라믹 분말을 구비하고, 상기 도전성 분말의, 주사형 전자 현미경의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이 $0.12\mu\text{m}$ 이상 $0.3\mu\text{m}$ 이하이고, 상기 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 상기 세라믹 분말의 주사형 전자 현미경의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경의 비가 0.1 이상 0.3 미만이고, 또한 해당 세라믹 분말의 상기 평균 입자경은 $0.02\mu\text{m}$ 이상 $0.07\mu\text{m}$ 이하이고, 해당 세라믹 분말의 함유량이, 상기 도전성 분말 및 상기 세라믹 분말의 총 질량에 대하여 5.5질량% 이상 13질량% 이하인, 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 상기 세라믹 분말의 상기 평균 입자경의 비는 0.15 이상 0.25 이하인, 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 도전성 분말의 상기 평균 입자경은 $0.15\mu\text{m}$ 이상 $0.25\mu\text{m}$ 이하인, 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 세라믹 분말의 상기 평균 입자경은 $0.03\mu\text{m}$ 이상 $0.05\mu\text{m}$ 이하인, 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 도전성 분말이 Ni, Pd, Pt, Au, Ag, Cu 및 이들의 합금으로부터 선택되는 적어도 1종의 금속 분말인, 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 세라믹 분말이 페로브스카이트형 산화물을 함유하는 세라믹 분말을 포함하는, 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물.

청구항 7

도전성 페이스트 조성물과 결합제를 구비하는 도전성 페이스트로서,

상기 도전성 페이스트 조성물이 제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 도전성 페이스트 조성물을 포함하고,

해당 도전성 페이스트 조성물의 함유량이, 해당 도전성 페이스트의 총 질량에 대하여 40질량% 이상 60질량% 이하인, 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용의 도전성 페이스트.

청구항 8

도전성 분말을 준비하는 공정,

세라믹 분말을 준비하는 공정,

상기 세라믹 분말을 분산화 처리하는 공정, 및

상기 도전성 분말과, 상기 분산화 처리한 상기 세라믹 분말을 혼합 및 분산화 처리하는 공정을 구비하고,

상기 도전성 분말을 준비하는 공정에 있어서, 주사형 전자 현미경의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원상당 직경에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이 $0.12\mu\text{m}$ 이상 $0.3\mu\text{m}$ 이하인 도전성 분말을 선택하고,

상기 세라믹 분말을 준비하는 공정에 있어서, 주사형 전자 현미경의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원상당 직경에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이, 해당 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대하여, 그의 평균 입자경의 비가 0.1 이상 0.3 미만이 되는 세라믹 분말을 선택하고, 또한

상기 도전성 분말과, 상기 분산화 처리한 상기 세라믹 분말을 혼합 및 분산화 처리하는 공정에 있어서, 상기 세라믹 분말의 함유량이, 상기 도전성 분말 및 상기 세라믹 분말의 총 질량에 대하여 5.5질량% 이상 13질량% 이하가 되도록 하는, 도전성 페이스트 조성물의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 적층 세라믹 콘덴서의 내부 전극을 형성하기 위해 사용되는 도전성 페이스트 조성물 및 그의 제조 방법, 그리고 해당 조성물을 사용한 도전성 페이스트에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 적층 세라믹 콘덴서(MLCC)는, 산화티타늄(TiO_2)이나 티타늄산바륨(BaTiO_3) 등을 포함하는 유전체층과 전극층을 다수 적층한 칩 타입의 세라믹 콘덴서이다. 세라믹이 갖는 우수한 고주파 특성 등의 장점을 살리며, 또한 소형으로 대용량을 실현할 수 있기 때문에, 적층 세라믹 콘덴서는, 전자 회로의 넓은 범위에서 사용되고 있다. 특히, 대용량의 적층 세라믹 콘덴서는, 바이패스, 디커플링, 평활, 백업 등의 용도까지 넓은 범위에 적용되고 있다.

[0003] 적층 세라믹 콘덴서는, 일반적으로 다음과 같이 제조된다. 우선, 세라믹 유전체층을 형성하기 위해, 세라믹 분말을 포함하는 유전체 분말과 폴리비닐부티랄 등의 유기 바인더를 포함하는 유전체 그린 시트 상에, 니켈 분말 등의 금속 분말을 포함하는 도전성 분말을, 수지 결합제 및 용제를 포함하는 비히클에 분산시킨 도전성 페이스트를, 소정의 패턴으로 인쇄하고, 건조함으로써 용제를 제거하여 건조막을 형성한다. 다음에, 도전성 페이스트가 인쇄된 유전체 그린 시트를 다층으로 적층한 상태에서 가열 압착하여, 유전체층과 내부 전극층을 일체화한 후에, 절단하고, 산화성 분위기 또는 불활성 분위기에 있어서, 500°C 이하의 온도에서 탈결합제를 행한다. 그 후, 내부 전극이 산화되지 않도록 환원성 분위기에 있어서, 1300°C 정도의 온도에서 적층체의 가열 소성을 행한다. 또한, 얻어진 소성 칩에 외부 전극으로 되는 금속 페이스트를 도포하고, 소성한 후에, 외부 전극 상에 니켈 및 주석의 2층 도금 등을 실시하여, 적층 세라믹 콘덴서를 완성시킨다.

[0004] 근년, 적층 세라믹 콘덴서에는, 한층 더한 소형화 및 대용량화가 요구되고 있으며, 예를 들어 니켈 등을 사용한 내부 전극에 대해서는 연속성이 우수한 전극막의 박층화가, 세라믹 유전체 재료를 사용한 유전체층에 대해서는 고유전율화 및 박층화가 각각 검토되고 있다. 유전체층에 대해서는, 이미 $2.0\mu\text{m}$ 이하의 두께가 실현되어 있다. 전극막에 대해서는, 그 두께를 $1.0\mu\text{m}$ 이하로 할 것이 요망되고 있다.

[0005] 이러한 내부 전극을 구성하는 전극막의 박층화를 실현하기 위해, 근년, 도전성 페이스트에 사용되는 도전성 분말로서, 소입경의 니켈 분말 등의 금속 분말이 사용되고 있다.

[0006] 금속 분말은, 그린 시트를 구성하는 세라믹 분말에 비하여 용점이 낮아, 소성 공정에 있어서 소결되고, 수축하면서 치밀한 전극막으로 변화한다. 이에 비해, 세라믹 분말은, 금속 분말보다 용점이 높아, 금속 분말이 소결된 후에 소결되고 수축한다. 이 때문에, 전극막은 유전체층으로부터 박리되기 쉽고, 이것에 기인하여 전극막의 불연속화가 발생하기 쉽다.

[0007] 이 소결 온도의 불일치를 해소하기 위해, 공재(共材)라고 불리는, 그린 시트에 사용되고 있는 유전체 분말과 동일한 유전체 분말을 내부 전극 페이스트에 첨가하는 방법이 사용되고 있다.

[0008] 이에 의해, 도전성 페이스트 중의 금속 분말끼리의 접촉이 저해되어, 금속 분말의 소결을 늦추는 것이 가능하게 된다.

[0009] 예를 들어, 도전성 분말로서 니켈 분말이 사용되는 경우, 적층 세라믹 콘덴서의 소형화에 수반하여, 종래의 평

균 입자경이 $0.4\mu\text{m}$ 인 니켈 분말에 대체하여, 평균 입자경이 $0.2\mu\text{m}$ 인 니켈 분말이 사용되고 있다. 이 니켈 분말의 소입경화에 수반하여, 공제에 의한 소결 지연의 제어가 곤란하게 되는 사상이 증가하고 있다.

- [0010] 즉, 입자경이 작은 니켈 분말은, 소결 개시가 빨라지는 경향이 있다. 이 때문에, 소성 단계에 있어서, 니켈의 소결 입자가, 이들 소결 입자끼리의 연결을 상실하여, 소성 후에, 각각이 섬상으로 고립되는 과소결 상태가 발생하기 쉽다. 이러한 과소결 상태가 발생하면, 내부 전극층의 막 굽김이 많아져, 내부 전극으로서의 면적이 감소하여, 정전 용량이 낮아지는 상태, 혹은 최악의 경우에는, 정전 용량을 전혀 얻지 못하는 상태로 되어, 제품으로서의 수율이 현저하게 악화된다고 하는 문제가 발생한다.
- [0011] 또한, 박층화에 수반하여 발생하기 쉬워지는, 적층 세라믹 콘텐서의 쇼트 불량을 억제하는 관점에서, 내부 전극층에는 그 표면 조도를 작게 할 것이 요구되고 있고, 도전성 분말의 소입경화에 수반하여, 공제인 유전체 분말에 대해서도 소입경화하는 경향이 있다.
- [0012] 공제인 유전체 분말이 소입경화하면, 공제 그 자체의 소결 개시 온도가 저하되어 버린다. 이와 같이, 소입경화한 공제가 보다 낮은 소결 온도에서 소결해 버리면, 공제에 의한 니켈 분말의 소결을 억제하는 효과가 상실되어 버린다. 이에 의해, 도전성 분말끼리의 접촉의 저해 효과가 보다 낮은 온도에서 상실되기 때문에, 도전성 분말의 소결이 낮은 온도에서 촉진되어, 내부 전극층의 연속성이 상실되어 버린다.
- [0013] 이 때문에, 소입경의 니켈 분말 등의 금속 분말을 도전성 분말로서 사용한 경우라도, 도전성 분말끼리의 소결을 저해 및 제어하여, 내부 전극층의 불연속화를 억제하는 방법이 요구되고 있다.
- [0014] 이에 대해, 예를 들어 일본 특허 공개 소57-030308호 공보에는, 비(卑)금속 분말의 표면에, 공제로 되는 유전체 분말을 미리 흡착시켜 두고, 이것을 유기 비히클 중에 분산시킴으로써, 소성 시에 있어서의 비금속 분말의 이상 입성장을 억제하여, 공공이 없는 치밀하고 안정된 전극이 형성된다고 되어 있다.
- [0015] 또한, 일본 특허 공개 제2016-033962호 공보에는, 내부 전극의 연속성을 확보하고, 정전 용량의 변동을 억제하고, 유전 손실을 작게 하는 관점에서, 세라믹 분말과 도전성 분말과 결합제 수지를 포함하는 도전성 페이스트로서, 비표면적을 BET법에 기초하여 산출한 평균 입자경이 $0.1\mu\text{m}$ 내지 $0.4\mu\text{m}$ 인 도전성 분말과, 비표면적을 BET법에 기초하여 산출한 평균 입자경이 $0.01\mu\text{m}$ 내지 $0.1\mu\text{m}$ 인 세라믹 분말을 갖고, 표면에 도전성 페이스트를 인쇄한 그린 시트용 세라믹 분말과 결합제 수지를 포함하는 그린 시트를 적층하여 형성한 적층체를 소성할 때, 소성 조건이 탈결합제 소성 과정 후의 소성 최고 온도까지의 승온 구배와 니켈 분말 100중량부에 대한 세라믹 분말의 첨가량이 특정 관계를 갖는 도전성 페이스트가 제안되어 있다. 구체적으로는, 상기 평균 입자경이 $0.2\mu\text{m}$ 인 니켈 분말을 100중량부와, 상기 평균 입자경이 $0.06\mu\text{m}$ 인 티타늄산바륨 분말을 상기 승온 구배와의 관계에 따라, 5중량부 내지 25중량부의 범위에 있는 임의의 양을 포함하는 도전성 페이스트가 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 소57-030308호 공보
(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2016-033962호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 그러나, 일본 특허 공개 소57-030308호 공보에 기재된 방법에 대해서는, 소입경화한 니켈 분말 등의 금속 분말에 적용하는 것이 곤란하다.
- [0018] 일본 특허 공개 제2016-033962호 공보에서는, 도전성 분말과 세라믹 분말의 각각에 대하여 적용 가능한 평균 입자경의 범위에 대한 개시는 있지만, 도전성 분말의 평균 입자경과 세라믹 분말의 평균 입자경의 관계에 대한 구체적인 제안은 이루어져 있지 않다.
- [0019] 또한, 일본 특허 공개 제2016-033962호 공보에 기재된 도전성 페이스트에 있어서는, 비표면적을 BET법에 기초하여, 도전성 분말과 세라믹 분말의 평균 입자경을 산출하고 있다. 여기서, 도전성 페이스트 조성물을 제작할 때의 도전성 분말과 세라믹 분말의 혼합 및 분산 공정에 있어서는, 처음에 세라믹 분말의 분산화 처리를 행하고,

그 후에, 도전성 분말과 분산화 처리 후의 세라믹 분말에 대한 혼합 및 분산화 처리를 행한다. 이것은, 세라믹 분말의 입경이 작기 때문에, 처음부터 도전성 분말과의 혼합과 함께, 혼합 및 분산화 처리를 행하면, 세라믹 분말의 분산 부족으로 되어, 세라믹 분말의 응집체가 내부 전극층에 존재하여, 적층 세라믹 콘텐서의 쇼트 불량 등이 발생할 가능성이 있기 때문이다.

[0020] 분산화 처리에 있어서는, 비즈 밀 등을 사용한 기계적 해체가 행해지는데, 그때, 세라믹 분말의 분산뿐만 아니라, 세라믹 분말에 절결이나 균열이 발생한다.

[0021] 이 경우, 세라믹 분말이 원하는 비표면적으로부터 벗어나는, 즉 원하는 평균 입자경으로부터 벗어나게 되어, 소결의 평균 입자경의 도전성 분말에 대하여 적절한 평균 입자경의 세라믹 분말을 선택하게 되지 않아, 원하는 특성을 갖는 적층 세라믹 콘텐서를 얻지 못할 가능성이 있다.

[0022] 본 발명은 적층 세라믹 콘텐서의 내부 전극층의 용도에 있어서, 도전성 페이스트의 과소결을 억제하여, 소결 시의 전극 끊어짐을 억제할 수 있고, 소결 후의 내부 전극층의 피복률을 높게 하는 것을 가능하게 하는, 적층 세라믹 콘텐서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물 및 도전성 페이스트를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0023] 본 발명자들은, 소입경의 니켈 분말을 사용하였을 때의 내부 전극막의 연속성을 향상시키는 수단에 대하여, 예의 검토한 결과, 니켈 분말의 입자경과 공재의 입자경의 관계에 관하여, 다음과 같은 지견을 얻었다.

[0024] 즉, (1) 도전성 분말 및 공재의 평균 입자경으로서, 주사형 전자 현미경(SEM)의 활상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경을 사용함, (2) 도전성 분말의 평균 입자경과 공재의 평균 입자경의 비를 소정 범위로 규제함, 및 (3) 도전성 분말과 공재의 함유 비율을 소정 범위로 조정함으로써, 도전성 분말 및 공재를 소입경화시킨 경우라도, 도전성 분말의 과소결을 억제할 수 있고, 이로써 소결 시의 전극 끊어짐을 억제하여, 소결 후의 피복률을 높게 하는 것이 가능하게 된다는 지견을 얻을 수 있었다. 본 발명자들은, 이러한 지견에 기초하여 본 발명을 완성한 것이다.

[0025] 본 발명의 일 실시 형태의 적층 세라믹 콘텐서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물은, 도전성 분말과, 세라믹 분말을 구비하고, 상기 도전성 분말의, 주사형 전자 현미경(SEM)의 활상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이 $0.12\mu\text{m}$ 이상 $0.3\mu\text{m}$ 이하이고, 해당 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 상기 세라믹 분말의, 주사형 전자 현미경(SEM)의 활상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경의 비가 0.1 이상 0.3 미만이고, 상기 세라믹 분말의 함유량이, 상기 도전성 분말 및 상기 세라믹 분말의 총 질량에 대하여 5.5질량% 이상 13질량% 이하인 것을 특징으로 한다.

[0026] 상기 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 상기 세라믹 분말의 상기 평균 입자경의 비는, 0.15 이상 0.25 이하인 것이 바람직하다.

[0027] 상기 도전성 분말의 상기 평균 입자경은 $0.15\mu\text{m}$ 이상 $0.25\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하다.

[0028] 상기 세라믹 분말의 상기 평균 입자경은 $0.02\mu\text{m}$ 이상 $0.07\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하고, $0.03\mu\text{m}$ 이상 $0.05\mu\text{m}$ 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0029] 상기 도전성 분말이 Ni, Pd, Pt, Au, Ag, Cu 및 이들의 합금으로부터 선택되는 적어도 1종의 금속 분말인 것이 바람직하다.

[0030] 상기 세라믹 분말이 페로브스카이트형 산화물을 주성분으로 하는 세라믹 분말을 포함하는 것이 바람직하다.

[0031] 본 발명의 일 실시 형태의 적층 세라믹 콘텐서 내부 전극용 도전성 페이스트는, 도전성 페이스트 조성물과 결합제를 구비하고, 상기 도전성 페이스트 조성물이 본 발명의 상기 일 실시 형태의 도전성 페이스트 조성물을 포함하고, 해당 도전성 페이스트 조성물의 함유량이, 해당 도전성 페이스트의 총 질량에 대하여 40질량% 이상 60질량% 이하인 것을 특징으로 한다.

[0032] 본 발명의 일 실시 형태의 도전성 페이스트 조성물의 제조 방법은,

[0033] 도전성 분말을 준비하는 공정,

[0034] 세라믹 분말을 준비하는 공정,

- [0035] 상기 세라믹 분말을 분산화 처리하는 공정, 및
- [0036] 상기 도전성 분말과, 상기 분산화 처리한 상기 세라믹 분말을 혼합 및 분산화 처리하는 공정
- [0037] 을 구비하고,
- [0038] 상기 도전성 분말을 준비하는 공정에 있어서, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이 $0.12\mu\text{m}$ 이상 $0.3\mu\text{m}$ 이하인 도전성 분말을 선택하고,
- [0039] 상기 세라믹 분말을 준비하는 공정에 있어서, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이, 해당 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대하여, 그의 평균 입자경의 비가 0.1 이상 0.3 미만인 되는 세라믹 분말을 선택하고,
- [0040] 상기 도전성 분말과, 상기 분산화 처리한 상기 세라믹 분말을 혼합 및 분산화 처리하는 공정에 있어서, 상기 세라믹 분말의 함유량이, 상기 도전성 분말 및 상기 세라믹 분말의 총 질량에 대하여 5.5질량% 이상 13질량% 이하가 되도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 상기 세라믹 분말의 상기 평균 입자경을, 상기 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대하여 0.15 이상 0.25 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0042] 상기 도전성 분말의 상기 평균 입자경을 $0.15\mu\text{m}$ 이상 $0.25\mu\text{m}$ 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0043] 상기 세라믹 분말의 상기 평균 입자경을 $0.02\mu\text{m}$ 이상 $0.07\mu\text{m}$ 이하로 하는 것이 바람직하고, $0.03\mu\text{m}$ 이상 $0.05\mu\text{m}$ 이하로 하는 것이 보다 바람직하다.
- [0044] 상기 도전성 분말로서, Ni, Pd, Pt, Au, Ag, Cu 및 이들의 합금으로부터 선택되는 적어도 1종의 금속 분말을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0045] 상기 세라믹 분말로서, 페로브스카이트형 산화물을 주성분으로 하는 세라믹 분말을 사용하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0046] 본 발명의 일 실시 형태의 도전성 페이스트를 사용함으로써, 적층 세라믹 콘텐서의 제조 시에 있어서의, 도전성 분말의 과소결이 억제되고, 소결 시의 전극 뭉어짐이 방지되기 때문에, 소결 후의 내부 전극층에 의한 피복률을 높일 수 있다. 따라서, 종래의 도전성 페이스트를 사용한 경우와의 비교에 있어서, 내부 전극층의 막 두께를 보다 얇게 하는 것이 가능하게 되는 점에서, 적층 세라믹 콘텐서의 한층 더한 소형화 및 대용량화를 실현할 수 있고, 그의 제품 수명 및 신뢰성의 향상을 도모할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1은 실시예 3에서 얻어진 소성막의 주사형 전자 현미경(SEM)에 의한 촬상을 도시한다.
- 도 2는 비교예 3에서 얻어진 소성막의 주사형 전자 현미경(SEM)에 의한 촬상을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0048] 1. 적층 세라믹 콘텐서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물 및 그의 제조 방법
- [0049] 본 발명의 제1 양태는, 적층 세라믹 콘텐서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물에 관한 것이다.
- [0050] 본 양태의 일 실시 형태의 적층 세라믹 콘텐서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물은, 도전성 분말과, 세라믹 분말을 구비하고, 상기 도전성 분말은, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이 $0.12\mu\text{m}$ 이상 $0.3\mu\text{m}$ 이하이고, 상기 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 상기 세라믹 분말의 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경의 비가 0.1 이상 0.3 미만이고, 해당 세라믹 분말의 함유량이, 상기 도전성 분말 및 상기 세라믹 분말의 총 질량에 대하여 5.5질량% 이상 13질량% 이하인 것을 특징으로 한다.
- [0051] [도전성 분말]
- [0052] 본 실시 형태의 도전성 페이스트 조성물에 있어서의 도전성 분말로서는, Ni(니켈), Pd(팔라듐), Pt(백금), Au

(금), Ag(은), Cu(구리) 및 이들을 주성분으로 하는 합금으로부터 선택되는 적어도 1종의 금속 분말을 사용할 수 있다.

- [0053] 특히, 적층 세라믹 콘텐서의 내부 전극용의 용도에 있어서는, 유전체 그린 시트와 동시에 소성되기 때문에, Ni 분말, Ni를 주성분으로 하는 합금 분말, Pd 분말, Pd를 주성분으로 하는 합금 분말이 적합하게 사용된다. 특히, 제조 비용의 관점에서, Ni 분말, Ni를 주성분으로 하는 합금 분말을 사용하는 것이 보다 바람직하다.
- [0054] 도전성 분말의, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경은 $0.12\mu\text{m}$ 이상 $0.3\mu\text{m}$ 이하이다.
- [0055] 구체적으로는, 도전성 분말의, 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경은, 주사형 전자 현미경(SEM)에 의해, 도전성 입자의 사진을 촬영하고, 이 SEM 사진에 있어서의 1000 개 이상의 도전성 분말에 대하여, 화상 처리 장치에 의해, 각각의 도전성 입자의 크기(면적)를 측정하고, 당해 측정값으로부터, 각각의 도전성 입자의 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)을 산출하고, 모든 도전성 입자의 면적 원 상당 직경을 개수 기준의 입도 분포로 환산하여, 얻어진 결과로부터 구해진다.
- [0056] 도전성 분말의 상기 평균 입자경을 $0.3\mu\text{m}$ 이하로 하는 것은, 도전성 분말, 특히 Ni 분말은, 그 상기 평균 입자경이 $0.3\mu\text{m}$ 를 초과하면, 응집에 의해 입자경이 $1\mu\text{m}$ 를 초과하는 조대 입자가 포함되는 경우가 있고, 이러한 조대 입자는, 도전성 페이스트로부터 얻어지는 건조막이나 소성 후의 금속막의 평활성을 저해해 버리기 때문에, 내부 전극층의 박층화가 곤란해지기 때문이다.
- [0057] 도전성 분말의 상기 평균 입자경이 $0.12\mu\text{m}$ 미만인 되면, 이 조성물을 사용하여 얻어지는 도전성 페이스트의 소성 시에, 도전성 분말의 소결을 제어하는 효과를 얻기 어려워지기 때문에, 얻어지는 내부 전극층의 연속성이 낮아져 버리는 경우가 있다.
- [0058] 이러한 관점에서는, 도전성 분말의 상기 평균 입자경은 $0.15\mu\text{m}$ 이상 $0.25\mu\text{m}$ 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0059] 또한, 본 실시 형태에 있어서, Ni 분말을 포함하는 도전성 분말에 대해서는, 상기 특성을 갖는 한, 그의 제조 방법은 한정되는 일이 없다.
- [0060] [도전성 분말의 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의 평균 입자경의 비]
- [0061] 세라믹 분말은, Ni 분말 등의 도전성 분말의 소결 거동을 컨트롤하기 위해 사용된다. 즉, 도전성 분말만으로 전극막을 형성시킨 경우에는, 소결이 빨리 진행되어, 전극 끊어짐이라고 불리는 현상이 일어나기 때문에, 세라믹 분말을 첨가함으로써, 전체로서의 소결을 늦추는 것을 가능하게 하고 있다. 단, 세라믹 분말은 전극으로서 기능하는 일이 없기 때문에, 가능한 한 소량의 세라믹 분말을 사용하여, 도전성 분말의 소결을 컨트롤하는 것이 바람직하다.
- [0062] 본 실시 형태의 적층 세라믹 콘텐서 내부 전극용의 도전성 페이스트 조성물에 있어서, 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경의 비는 0.1 이상 0.3 미만이 되도록 제어된다.
- [0063] 세라믹 분말의, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경은, 도전성 분말과 마찬가지로 구해진다.
- [0064] 세라믹 분말에 대하여, 그 상기 평균 입자경을, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포로부터 구함으로써, 세라믹 분말의 분산화 처리의 공정에 있어서의 세라믹 분말의 절결이나 균열에 기인하는 비표면적의 어긋남에 기초하는, 원하는 평균 입자경과 실제의 평균 입자경의 어긋남을 억제하는 것이 가능하게 된다. 이 때문에, 도전성 입자의 상기 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의 상기 평균 입자경의 비를 적절하게 제어하는 것이 가능하게 되고, 이로써 본 발명의 일 실시 형태에 있어서의 원하는 특성을 갖는 적층 세라믹 콘텐서의 구축을 가능하게 하는, 원하는 도전성 페이스트 조성물 및 적층 세라믹 콘텐서 내부 전극용 도전성 페이스트를 얻는 것이 가능하게 된다.
- [0065] 도전성 입자끼리를 접촉시키지 않기 위해서는, 도전성 입자간에 세라믹 분말이 많이 존재하는 상태 쪽이 그 효과가 있다고 생각되기 때문에, 동일한 양이면, 세라믹 분말의 평균 입자경이 작고, 세라믹 분말의 수가 많을수록 좋다고 생각된다. 그러나, 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의 상기 평균 입자경의 비가 0.1 미만이면, 세라믹 분말의 입자경이 작을수록 소결이 저온도에서 일어나는 점에서, 도전성 입자간에 존재하

는 세라믹 분말이 과소결되어 그의 입자경이 거대화되어 도전성 입자간에 존재할 수 없게 되어, 도전성 입자의 소결 거동 컨트롤성을 상실한다. 이와 같이, 세라믹 분말에 의한 도전성 분말끼리의 소결을 지연시키는 효과가 작아져, 도전성 분말의 소결을 적절하게 제어할 수 없고, 내부 전극층과 유전체층(그린 시트)의 소결 수축 거동이 미스매치가 되어, 내부 전극층이 연속성이 낮은 전극막에 의해 구성되어 버린다.

[0066] 한편, 세라믹 분말의 소결을 늦추고 싶은 경우에는, 가능한 한 입자경이 큰 세라믹 분말을 사용하는 것이 효과적이다. 그러나, 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의 상기 평균 입자경의 비가 0.3 이상이 되면, 동일한 양이면 입자수가 감소하게 되므로, 입자수를 증가시키기 위해서는, 세라믹 분말의 양을 증가시킬 필요가 생긴다. 이 때문에, 공재로서의 세라믹 분말의 양이 지나치게 많아져, 소성 후의 전극막의 막 두께가 얇아지기 쉽고, 내부 전극막의 연속성을 얻기가 곤란하게 된다.

[0067] 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의 상기 평균 입자경의 비는, 0.12 이상 0.3 미만의 범위에 있는 것이 바람직하고, 0.15 이상 0.25 이하의 범위에 있는 것이 보다 바람직하다.

[0068] [세라믹 분말]

[0069] 본 실시 형태의 도전성 페이스트 조성물에 있어서의 세라믹 분말로서는, 페로브스카이트형 산화물을 주성분으로 하는 세라믹 분말을 포함하는 것이 바람직하다. 페로브스카이트형 산화물로서는, 티타늄산바륨(BaTiO_3) 등을 들 수 있다. 따라서, 티타늄산바륨을 포함하는 세라믹 분말, 및 티타늄산바륨에 여러 가지 첨가물을 첨가한 세라믹 분말이 적합하게 사용된다.

[0070] 구체적으로는, 적층 세라믹 콘덴서의 유전체층을 형성하는 그린 시트의 주성분으로서 사용되는 세라믹 분말과 동일한 조성 혹은 유사한 조성으로 하는 것이 바람직하며, 그에 따라 여러 가지 세라믹 분말을 적용하는 것이 가능하다. 그린 시트의 세라믹 분말과 도전성 페이스트 조성물에 있어서의 세라믹 분말은, 모두 티타늄산바륨을 주성분으로 하는 세라믹 분말인 것이 바람직하다.

[0071] 세라믹 분말의, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경은 $0.02\mu\text{m}$ 이상 $0.07\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하다.

[0072] 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경의 정의에 대해서는, 도전성 분말과 마찬가지로 한다.

[0073] 세라믹 분말의 상기 평균 입자경이 $0.02\mu\text{m}$ 미만이면, 도전성 분말의 소결을 지연시키는 효과가 비교적 저온도에서 상실되어 버리는 점에서, 내부 전극층의 연속성이 낮아져 버리는 경우가 있다. 세라믹 분말의 상기 평균 입자경이 $0.07\mu\text{m}$ 를 초과하면, 내부 전극층의 표면 조도가 악화되어, 적층 세라믹 콘덴서의 쇼트 불량률의 원인이 되고, 또한 세라믹 분말이 도전성 분말의 접촉점 사이에 들어가기 어려워져, 원하는 건조막 밀도가 얻어지지 않고, 도전성 분말의 소결 개시 온도를 지연시키는 효과가 낮아진다고 하는 문제가 발생할 수 있다.

[0074] 세라믹 분말의 상기 평균 입자경은 $0.03\mu\text{m}$ 이상 $0.05\mu\text{m}$ 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0075] 본 실시 형태에 있어서, 세라믹 분말에 대해서는, 상기 특성을 갖는 한, 그의 제조 방법은 한정되는 일이 없다. 세라믹 분말의 제조 방법에 대해서는, 고상법, 수열 합성법, 알콕시드법, 졸겔법 등 여러 가지가 있다. 단, 이들 중, 수열 합성법으로 얻어진 세라믹 분말은, 미세하고 샤프한 입도 분포를 갖기 때문에, 본 실시 형태에 적용하는 세라믹 분말로서는 바람직하다.

[0076] [세라믹 분말의 함유량]

[0077] 본 실시 형태의 도전성 페이스트 조성물에 있어서, 세라믹 분말의 함유량은, 도전성 분말 및 세라믹 분말의 총 질량(100질량%)에 대하여 5.5질량% 이상 13질량% 이하이다. 7질량% 이상 12.5질량% 이하인 것이 바람직하고, 9질량% 이상 12질량% 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0078] 세라믹 분말의 함유량이 5.5질량% 미만이면, 도전성 분말의 소결을 제어할 수 없고, 내부 전극층의 연속성이 저하된다. 또한, 내부 전극층과 유전체층의 소결 수축 거동의 미스매치가 현저해지고, 내부 전극층과 유전체층의 소결 온도의 차가 커지기 때문에, 소성 크랙이 발생할 가능성이 있다.

[0079] 한편, 세라믹 분말의 함유량이 13질량%를 초과하면, 도전성 페이스트를 구성하는 세라믹 분말의 그린 시트(유전체층)로의 확산이 커져, 세라믹 분말에 의한 도전성 분말의 소결 개시를 지연시키는 효과가 저하되고, 내부 전극층의 연속성이 저하되며, 또한 내부 전극층으로부터 확산한 세라믹 분말과 유전체층 중의 세라믹 분말의 소결에 의해, 유전체층의 두께가 팽창하고, 조성의 어긋남이 발생하기 때문에, 유전율이 저하되는 등, 전기 특성

에 악영향을 미친다고 하는 문제를 발생시킬 수 있다.

[0080] [도전성 페이스트 조성물의 제조 방법]

[0081] 본 실시 형태의 도전성 페이스트 조성물의 제조 방법은, 종래와 마찬가지로 도전성 분말을 준비하는 공정, 세라믹 분말을 준비하는 공정, 상기 세라믹 분말을 분산화 처리하는 공정, 및 상기 도전성 분말과, 상기 분산화 처리한 상기 세라믹 분말을 혼합 및 분산화 처리하는 공정을 구비한다.

[0082] 특히, 본 실시 형태의 도전성 페이스트 조성물의 제조 방법에서는, 상술한 바와 같이, 상기 도전성 분말을 준비하는 공정에 있어서, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이 0.12 μ m 이상 0.3 μ m 이하인 도전성 분말을 선택하고, 또한 상기 세라믹 분말을 준비하는 공정에 있어서, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이, 해당 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대하여, 그의 평균 입자경의 비가 0.1 이상 0.3 미만이 되는 세라믹 분말을 선택한다.

[0083] 또한, 상기 도전성 분말과, 상기 분산화 처리한 상기 세라믹 분말을 혼합 및 분산화 처리하는 공정에 있어서, 상기 세라믹 분말의 함유량이, 상기 도전성 분말 및 상기 세라믹 분말의 총 질량에 대하여 5.5질량% 이상 13질량% 이하가 되도록 한다.

[0084] 각각의 수단 및 수치의 선택, 바람직한 양태 그리고 적합값에 대해서는, 그 이유를 포함하여 전술한 바와 같기 때문에, 여기서의 설명은 생략한다.

[0085] 2. 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용 도전성 페이스트

[0086] 본 발명의 제2 양태는, 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용의 도전성 페이스트에 관한 것이다.

[0087] 본 양태의 일 실시 형태의 적층 세라믹 콘덴서 내부 전극용 도전성 페이스트는, 도전성 페이스트 조성물과 결합제를 구비한다.

[0088] [도전성 페이스트 조성물의 함유량]

[0089] 본 실시 형태의 도전성 페이스트에서는, 도전성 페이스트 조성물로서, 본 발명의 일 실시 형태의 도전성 페이스트 조성물이 사용되과 함께, 도전성 페이스트 조성물의 함유량이, 도전성 페이스트의 총 질량(100질량%)에 대하여 40질량% 이상 60질량% 이하인 것을 특징으로 한다.

[0090] 도전성 페이스트 조성물의 함유량이 40질량% 미만이면, 도전성 페이스트의 인쇄 시의 막 두께의 제어가 곤란하게 된다. 도전성 페이스트 조성물의 함유량이 60질량%를 초과하면, 전극막을 얇게 인쇄하기가 어려워져, 내부 전극층의 박층화가 곤란하게 된다.

[0091] [결합제]

[0092] 도전성 페이스트 조성물을 페이스트화할 때 사용되는 결합제로서, 유기 비히클, 수계 비히클 등의 공지된 점도 조정제를 사용할 수 있다.

[0093] 유기 비히클을 구성하는 수지로서는, 메틸셀룰로오스, 에틸셀룰로오스, 니트로셀룰로오스, 아크릴, 폴리비닐부티랄 등의 유기 수지 중에서 1종 이상을 선택하여 사용할 수 있다.

[0094] 또한, 도전성 페이스트 중의 수지량은 1.0질량% 이상 8.0질량% 이하인 것이 바람직하고, 2.0질량% 이상 6.0질량% 이하인 것이 보다 바람직하다. 도전성 페이스트 중의 수지량이 1.0질량% 미만이면, 스크린 인쇄에 적합한 점도를 얻기가 곤란하다. 도전성 페이스트 중의 수지량이 8.0질량%를 초과하면, 탈결합제 시에 잔류 탄소량이 증가하여, 적층 칩의 딜라미네이션을 야기할 가능성이 있다.

[0095] 결합제에는, 수지 성분을 용해하는 유기 용매가 포함된다. 유기 용매는, 또한 도전성 분말 및 세라믹 분말을 포함하는 무기 성분을 페이스트 중에서 안정적으로 분산시키는 기능과, 도전성 페이스트를 그린 시트에 도포 혹은 인쇄하였을 때, 이들 분말을 균일하게 전연시키는 기능을 갖는다. 유기 용매는 소성 시까지는 대기 중에 흩어진다.

[0096] 이러한 유기 용매로서는, 이들에 한정되지 않지만, 테르피네올(α , β , γ 및 이들의 혼합물), 디히드로테르피네올, 옥탄올, 데칸올, 트리데칸올, 프탈산디부틸, 아세트산부틸, 부틸카르비톨, 부틸카르비톨아세테이트, 디프

로필렌글리콜모노메틸에테르 등을 사용할 수 있다.

- [0097] 결합제 수지로서, 수계 비히클을 사용하는 경우에는, 폴리비닐알코올, 셀룰로오스계 수지, 수용성 아크릴 수지를 사용할 수 있다.
- [0098] 본 실시 형태의 도전성 페이스트는, 스크린 인쇄에 의해 그린 시트의 표면에 도포되며, 가열 건조하여 유기 용매의 제거를 행함으로써, 소정 패턴의 건조막이 형성된다.
- [0099] 그린 시트는, 통상 0.5 μm 이상 3 μm 이하의 두께를 갖고, 페로브스카이트형 산화물인 BaTiO₃을 주성분으로 하여, 유전체 특성이나 소결성을 향상시키기 위한 공지된 무기 첨가제가 첨가되며, 결합제 수지로서 폴리비닐부티랄 수지와, 유연성을 유지하기 위한 공지된 가소제 등이 혼합되어, 시트상으로 성형되고 있다.
- [0100] 도전성 페이스트의 유기 용매는, 가열 건조되어 건조막이 형성되는 과정에서 제거된다. 건조막과 그린 시트가 다층으로 겹쳐진 상태에서 가열 압착에 의해 일체화된 적층체가 형성된다. 적층체는, 적층 세라믹 콘덴서의 형상으로 재단되고, 소성 과정에 있어서, 800℃ 이하, 바람직하게는 300℃ 이하의 최고 온도에서, 내부 전극의 산화 방지 및 잔류 탄소량의 저감의 양립을 고려하여, 산화성 분위기 또는 불활성 분위기에 있어서, 가열 처리에 의한 탈결합제가 실시된다. 탈결합제 과정 후, 불활성 분위기 또는 환원성 분위기에 있어서, 1150℃ 이상 1300℃ 이하인 최고 온도까지 승온되어, 건조막의 도전성 분말 및 세라믹 분말, 그리고 그린 시트의 세라믹 분말이 각각 소결된다.
- [0101] 본 실시 형태에서는, 도전성 분말 및 세라믹 분말의 선택을, 주사형 전자 현미경(SEM)의 촬상을 화상 처리함으로써 얻어진 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경을 기준으로 행하여, 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의 상기 평균 입자경의 비를 적절한 범위로 규제하며, 또한 그 비에 적절한 세라믹 분말의 함유량을 정하고 있다. 이 때문에, 도전성 분말의 상기 평균 입자경이 0.3 μm 이하인 경우라도, 상기 도전성 분말의 상기 평균 입자경에 대하여 적절하게 상기 평균 입자경이 제어되어 있는 세라믹 분말이 도전성 분말의 점점끼리의 사이에 적절하게 들어가, 도전성 분말의 소결 개시를 적절하게 지연시키는 효과를 발휘할 수 있다. 이에 의해, 건조막의 표면 조도를 작게 할 수 있으며, 또한 소성시의 도전성 페이스트의 과소결이 억제되고, 소성 후의 전극막에 있어서, 전극 끊어짐이 충분히 억제되고, 내부 전극층의 피복률이 높아지며, 나아가 적층 세라믹 콘덴서의 쇼트 불량률이 억제된다고 하는 효과가 얻어진다.
- [0102] **실시예**
- [0103] 이하, 본 발명의 일 실시 형태에 대하여, 실시예를 사용하여 보다 구체적으로 설명하지만, 본 발명은 이들 실시예에 의해 전혀 한정되는 것은 아니다.
- [0104] [실시예 1]
- [0105] [도전성 분말]
- [0106] 도전성 분말로서, Ni 분말을 사용하였다. 여러 가지 Ni 분말에 대하여, 주사형 전자 현미경(SEM)(니혼 덴시가부시키가이샤제, 6360A)을 사용하여 촬영을 행하여, SEM 화상을 얻었다. 이들 SEM 화상으로부터, 각각의 Ni 분말의 1000개 이상의 입자에 대하여, 화상 해석식 입도 분포 측정 소프트웨어(가부시키가이샤 마운테크제, Mac-View)를 사용하여 입자 사이즈를 측정한 후, 각각의 Ni 분말에 대하여, 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)을 산출하고, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경을 구하였다. 실시예 1에서는, 측정한 Ni 분말 중, 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이 0.21 μm 인 Ni 분말을 사용하였다.
- [0107] [세라믹 분말]
- [0108] 세라믹 분말로서, 티타늄산바륨(BaTiO₃) 분말을 사용하였다. Ni 분말과 마찬가지로, 여러 가지 티타늄산바륨 분말에 대하여, 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경을 구하였다. 실시예 1에서는, 측정한 티타늄산바륨 분말 중, 면적 원 상당 직경(Heywood 직경)에 있어서의, 개수 기준의 입도 분포에서의 평균 입자경이 0.03 μm 인 티타늄산바륨 분말을 사용하였다.
- [0109] [도전성 분말의 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의 평균 입자경의 비]
- [0110] 실시예 1에 있어서의, Ni 분말의 상기 평균 입자경에 대한 티타늄산바륨 분말의 상기 평균 입자경의 비는 0.14였다.

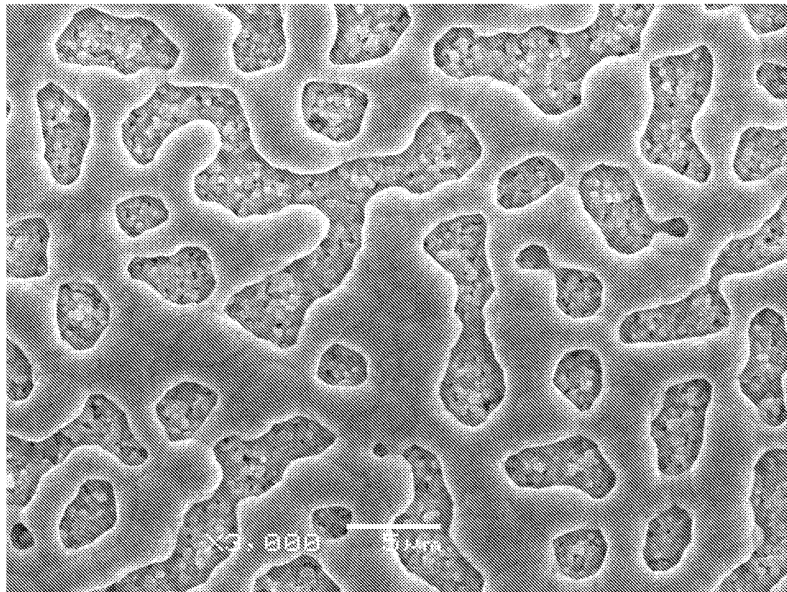
- [0111] [결합제]
- [0112] 결합제로서, 에틸셀룰로오스 10%를 테르피네올 90%에 용해시켜 얻은 유기 비히클을 사용하였다.
- [0113] [페이스트 제조]
- [0114] 3개 롤 밀을 사용하여, 티타늄산바륨 분말의 함유량이, Ni 분말 및 티타늄산바륨 분말을 포함하는 도전성 페이스트 조성물의 총 질량(100질량%)에 대하여 9질량%가 되도록, 또한 Ni 분말 및 티타늄산바륨 분말의 함유량의 합계가, 도전성 페이스트 전체의 총 질량의 55질량%가 되도록 Ni 분말, 티타늄산바륨 분말, 결합제를 혼련하여, 도전성 페이스트를 제작하였다. 이때, 도전성 페이스트 중의 에틸셀룰로오스의 양이 6질량%가 되도록 하고, 조성 상의 부족분에 대해서는 테르피네올을 첨가하였다.
- [0115] [표면 조도 Ra]
- [0116] 스크린 인쇄기(CWP사제, 810)를 사용하여, 도전성 페이스트를 유리 기판 상에 스크린 인쇄에 의해 도포하여, 80℃에서 10분간의 건조를 행한 후, 얻어진 건조막에 대하여, 접촉식의 표면 조도계(가부시킴이가이샤 도쿄 세이미츠제, 480)를 사용하여, 그 표면 조도 Ra를 측정하였다. 또한, 표면 조도 Ra가 0.04 μ m 이하인 경우를 합격으로 하였다. 실시예 1의 건조막의 표면 조도 Ra는 0.03 μ m였다.
- [0117] [피복률]
- [0118] 스크린 인쇄기(CWP사제, 810)를 사용하여, 도전성 페이스트를 그린 시트(유전체 시트) 상에, Ni 분말이 0.6mg/cm²의 비율로 되는 도포량으로 인쇄하여, 적층 시트를 얻었다. N₂/H₂의 분위기에 있어서, 승온 속도 10℃/분의 비율로 1200℃까지 승온하고, 1200℃의 소성 온도에서 2시간 소성하는 조건에서, 적층 시트를 소성하였다.
- [0119] 주사형 전자 현미경(SEM)(니혼 덴시 가부시킴이가이샤제, 6360LA)을 사용하여, 소성막을 3000배로 촬영하고, 촬영 면적 중의 내부 전극이 덮고 있는 면적을 측정하여, (내부 전극이 덮고 있는 면적)/(촬영 면적)×100으로 피복률을 산출하였다. 또한, 피복률이 75% 이상인 것을 합격으로 하였다. 실시예 1의 소성막의 피복률은 77%였다.
- [0120] 실시예 1에 있어서 사용한 도전성 페이스트 조성물의 특성, 도전성 페이스트의 특성, 건조막의 표면 조도 Ra, 소성막의 피복률에 대하여, 표 1에 나타낸다.
- [0121] [실시예 2 및 3, 비교예 1 내지 5]
- [0122] Ni 분말의 평균 입자경, 티타늄산바륨 분말의 평균 입자경, 도전성 분말의 평균 입자경에 대한 세라믹 분말의 평균 입자경의 비, 도전성 페이스트 조성물의 총 질량(100질량%)에 대한 티타늄산바륨 분말의 함유량 및 도전성 페이스트 조성물의 함유량 중 어느 것을 변경한 것 이외에는, 실시예 1과 마찬가지로 하여, 도전성 페이스트, 건조막 및 소성막을 얻고, 각각의 특성을 평가하였다. 그 결과를 표 1에 나타낸다.
- [0123] 실시예 3(피복률: 79%) 및 비교예 3(피복률: 68%)에서 얻어진 소성막에 대한 주사형 전자 현미경에 의한 관찰을 도 1 및 도 2에 각각 도시한다.

표 1

	Ni 분말 평균 입자경 (μm)	티타늄산바륨 분말 평균 입자경 (μm)	티타늄산바륨 분말/Ni 분말 입경비	도전성 페이스트 조성물 중의 티타늄산바륨 분말 함유량 (질량%)	도전성 페이스트 조성물 함유량(질량%)	긴조막 표면 조도 R _a (μm)	소성막 피복률 (%)
실시예 1	0.21	0.03	0.14	9	55	0.03	77
실시예 2	0.21	0.03	0.14	7	55	0.03	77
실시예 3	0.21	0.03	0.14	12	55	0.03	79
비교예 1	0.21	0.07	0.33	9	55	0.05	73
비교예 2	0.21	0.02	0.095	9	55	0.025	70
비교예 3	0.21	0.03	0.14	5	40	0.03	68
비교예 4	0.35	0.03	0.09	9	55	0.06	76
비교예 5	0.21	0.03	0.14	15	70	0.03	72

도면

도면1



도면2

