

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. 7
H01L 21/68

(11) 공개번호 특2002 - 0059439
(43) 공개일자 2002년07월12일

(21) 출원번호 10 - 2002 - 7007244
(22) 출원일자 2002년06월07일
 번역문 제출일자 2002년06월07일
(86) 국제출원번호 PCT/US2000/42555
(86) 국제출원출원일자 2000년12월05일

(87) 국제공개번호 WO 2001/42163
(87) 국제공개일자 2001년06월14일

(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 - 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기즈, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 라이베리아, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 터어키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 안티구아바부다, 코스타리카, 도미니카연방, 알제리, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 벨리즈, 모잠비크, 그레나다, 가나, 감비아, 인도, 시에라리온, 유고슬라비아, 짐바브웨, 크로아티아, 인도네시아, AP ARIPO특허: 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨, 모잠비크, 탄자니아, EA 유라시아특허: 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크메니스탄, EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스, 터어키, OA OAPI특허: 부르키나파소, 베냉, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기네, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기네비쑤,

(30) 우선권주장 09/458,278 1999년12월09일 미국(US)

(71) 출원인 생 - 고뱅 세라믹스 앤드 플라스틱스, 인코포레이티드
보스트 스티븐 엘.
미국 매사추세츠주 01615 - 0138 우스터 박스 넘버 15138 뉴 본드 스트리트 1

(72) 발명자 디바카라메쉬
미국매사추세츠주01545쉬류스베리란셀롯로드4

(74) 대리인 이병호

심사청구 : 있음

(54) 고순도 저저항 정전 척

요약

필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디의 체적 저항은 당해 바디를 질소 결핍 대기, 예를 들면, 필수적으로 아르곤으로 이루어진 대기하에 약 1000°C 이상의 균열 온도에 노출시킴으로써 감소된다. 당해 바디는, 예를 들면, 치밀화된 바디 또는 소결체의 질화알루미늄 분말의 그린 바디, 예를 들면, 다결정질 바디일 수 있다. 정전 척은 척 바디 속에 전극을 갖는다. 전극의 제1 측면에서 당해 척 바디의 제1 부분은 약 23°C에서 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 미만의 체적 저항을 갖는다. 전극의 제2 측면에서 당해 바디의 제2 부분은 제1 부분의 체적 저항의 상하 10배 이내의 체적 저항을 갖는다.

대표도

도 1

색인어

그린 바디, 정전 척, 질화알루미늄 및 체적 저항

명세서

배경기술

열판(susceptors)으로도 공지되어 있는 정전 척(electrostatic chuck)은 반도체 소자의 제조 동안 웨이퍼 등의 각종 기관을 지지하기 위해 사용된다. 정전 척은 종종 세라믹 재료로부터 제조된다. 이들 중에서, 질화알루미늄(AlN) 세라믹은 다수의 매력적인 특성, 예를 들면, 우수한 내충격성, 우수한 열 전도성, 규소에 대한 우수한 열 신장 적합성 및 플라즈마에 대한 우수한 내침식성과 내부식성을 갖는다.

쿨롱형 척 및 존슨 - 라벡형(Johnson - Rahbek type) 척은 둘 다 웨이퍼의 제조에 사용할 수 있다. 존슨 라벡 방식을 작동하기 위해서는 척의 체적(또는 유전체) 저항 범위가 통상 작동 온도에서 약 10^8 내지 약 $10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$, 바람직하게는 약 10^9 내지 약 $10^{11} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 이다. 예를 들면, 무수 에칭 공정에서 웨이퍼를 실온 부근에서 가공하는 경우, 당해 척은 일반적으로 실온에서 10^9 내지 $10^{11} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 의 저항을 나타내야 한다. 증착 공정(PVD 및 CVD)의 경우, 당해 척은 보다 고온, 예를 들면, 약 250°C 내지 약 700°C에서 10^9 내지 $10^{11} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 의 체적 저항 범위를 나타낸다.

그러나, 질화알루미늄 세라믹의 체적 저항은 일반적으로 존슨 - 라벡 정전 척의 제조에 적합한 것들보다 높은 경향이 있다. 예를 들면, 실온에서 도판트 부재하에 질화알루미늄 세라믹 바디의 체적 저항은 일반적으로 약 $10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 를 초과한다.

치밀한 질화알루미늄 세라믹 바디의 체적 저항을 저하시키는 데 사용된 방법은 소량의 금속 또는 탄소를 질화알루미늄 재료에 첨가하는 것이다. 그러나, 웨이퍼의 제조시에는 척 바디에 존재하는 불순물이 웨이퍼를 오염시킬 수 있으므로 일반적으로 바람직하지 않다.

또한, 불순물은 통상(무가압)의 소결 동안 치밀화를 촉진시키기 위해 사용된 소결 보조제 형태로 AlN 세라믹에 도입될 수 있다. 소결 보조제의 예에는 산화이트륨(Y_2O_3), 불화칼슘(CaF_2), 산화칼슘(CaO) 및 탄산칼슘(CaCO_3)가 포함된다. 전형적인 사용량은 일반적으로 0.1 내지 3중량%이다. 소결 보조제의 존재와 관련된 한 가지 단점은, 예를 들면, 이트륨 알루미늄네이트 등의 금속 - 알루미늄네이트 상의 형성이다. 웨이퍼의 제조 동안, 이러한 상은 플라즈마에 의해 침범될 수 있고, 바람직하지 않은 웨이퍼의 오염을 발생시킬 수 있다.

정전 척을 형성하는 한 가지 방법은 알루미늄 이외의 금속 함량이 약 100ppm 미만인 AlN 원료를 사용하는 것이다. 당해 원료는 불활성 대기, 예를 들면, 아르곤하에 소결된다. 그러나, 이러한 방법으로 체적 저항을 저하시킬 수 있는 범위는 일반적으로 제한된다.

질화알루미늄 바디의 유전체 특성을 개선시키는 한 가지 방법은 아르곤 대기하에 통상(무가압)의 소결 및 냉각을 사용하는 것이다. 치밀화를 달성하기 위해 몇 중량%의 Y_2O_3 가 소결 보조제로서 첨가되기 때문에, 생성되는 재료는 순도가 높지 않고, 바람직하지 않은 이트륨 알루미늄이트 상을 나타낼 수 있다. 더욱이, 이러한 방법으로 제조한 정전 칩의 실온 체적 저항은 일반적으로 존슨-라벡 적용을 위해서는 너무 높다.

따라서, 체적 저항이 존슨-라벡형 정전 칩의 제조에 적합한 고순도 질화알루미늄 세라믹이 요구되고 있다.

발명의 요약

본 발명에 이르러, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 고온 가압 세라믹 바디를 질소 결핍 대기하에 열 처리함으로써, 실온 체적 저항이 약 23°C 의 온도에서 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 보다 낮은 치밀한 고순도 질화알루미늄 세라믹 재료를 제조할 수 있음이 밝혀졌다.

본 발명은 일반적으로, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디의 체적 저항을 감소시키는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 방법은 당해 바디를 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 균열(均熱; soaking) 온도에 노출시킴을 포함한다.

또다른 양태에 있어서, 본 발명은 체적 저항이 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 미만인 다결정질 질화알루미늄 바디를 형성하는 방법에 관한 것이다. 당해 양태에 있어서, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 그린 바디가 소결되어 다결정질 바디를 형성한다. 다결정질 바디는, 다결정질 바디의 체적 저항이 약 23°C 의 온도에서 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 미만으로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 균열 온도에 노출된다.

또다른 양태에 있어서, 본 발명은 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 정전 칩의 체적 저항을 감소시키는 방법이다. 당해 양태에 있어서, 정전 칩의 하나 이상의 부분은 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 균열 온도에 노출된다.

본 발명은 또한 정전 칩에 관한 것이다. 정전 칩은 제1 측면과 제2 측면을 갖는 전극과, 전극의 제1 측면에 제1 부분을 갖고 전극의 제2 측면에 제2 부분을 갖는 바디를 포함한다. 칩 바디의 제1 부분의 체적 저항은 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 미만이다. 제2 부분의 체적 저항은 제1 부분의 체적 저항의 상하 10배 이내이다.

본 발명은 다수의 잇점을 갖는다. 예를 들면, 본 발명은 밀도가 이론 밀도의 98%를 초과하고 체적 저항이 실온에서 $10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 미만이며 통상 약 1000ppm 이하의 총 금속 불순물과 약 500ppm 이하의 탄소, 바람직하게는 490ppm 미만의 탄소를 포함하는 다결정질 질화알루미늄 바디를 제조할 수 있다. 당해 바디는 소결 보조제의 부재하에 제조할 수 있으며, 특히 존슨-라벡 방식으로 작동시킬 수 있는 정전 칩의 제조에 유리한 특성을 갖는다. 본 발명의 정전 칩은 재생가능한 방식으로 제조할 수 있고, 체적 저항이 칩 바디 전체에 걸쳐 매우 균일하다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 정전 칩의 횡단면도이다.

도 2는 통상의 무가압 소결에 의해 제조한 소결된 다결정질 AlN 재료의 저항에 대한 온도 의존성을 나타내는 개략도이다.

도 3은 분말 A, B 및 C로부터 제조한 소결된 다결정질 샘플의 저항에 대한 온도 의존성을 나타내는 개략도이다.

도 4는 분말 B로부터 제조한 소결된 다결정질 샘플의 저항에 대한 온도 의존성을 나타내는 개략도이다.

도 5는 분말 C로부터 제조한 소결된 다결정질 샘플의 저항에 대한 온도 의존성을 나타내는 개략도이다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 특징 및 기타 상세한 설명은 이제, 본 발명의 단계로서 또는 본 발명의 일부로서, 첨부되는 도면을 참조로 하여 보다 구체적으로 기재되고 청구의 범위에서 제시될 것이다. 본 발명의 특정 양태가 설명을 위하여 제시되며, 이는 본 발명을 제한하지 않는 것으로 이해될 것이다. 본 발명의 주요 특징은 본 발명의 범위를 벗어나지 않고서 각종 양태에 사용될 수 있다.

본 발명은 일반적으로, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디의 체적 저항을 감소시키는 방법에 관한 것이다. 또 다른 양태에 있어서, 본 발명은 체적 저항이 약 23°C의 온도에서 약 1×10^{13} ohm·cm 미만인 다결정질 질화알루미늄 바디를 형성하는 방법에 관한 것이다. 추가의 양태에 있어서, 본 발명은 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 정전척의 체적 저항을 감소시키는 방법에 관한 것이다. 또 다른 양태에 있어서, 본 발명은, 바디의 제1 부분의 체적 저항이 약 23°C에서 약 1×10^{13} ohm·cm 미만이고 제2 부분의 체적 저항이 제1 부분의 체적 저항의 상하 10배 이내인 정전척에 관한 것이다.

본 발명의 방법은 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디를 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 온도에 노출시킴을 포함한다. 바람직하게는, 당해 바디는 1000ppm 이하의 금속 불순물, 보다 바람직하게는 500ppm, 가장 바람직하게는 250ppm 이하의 금속 불순물을 포함한다. 본원에서 정의한 "금속 불순물"은 알루미늄 및 규소 이외의 금속을 의미한다.

한 가지 양태에 있어서, 바디는 그린 바디이다. 본원에서 정의한 바와 같이, "그린 바디"는 치밀화(또한 소결로서도 공지됨)하면 세라믹 바디를 형성할 수 있는 분말의 압착 예비치밀화된 바디를 의미한다. 적합한 질화알루미늄 분말의 금속 불순물 함량은 약 1000ppm 미만이다. 한 가지 양태에 있어서, 질화알루미늄 분말은 규소 및 붕소 불순물 함량이 각각 약 500ppm 및 100ppm 미만이다.

적합한 분말의 예에는 평균 입자 크기 범위가 약 0.1 μ m 내지 약 5.0 μ m인 것들이 포함된다. 바람직하게는, 당해 분말의 중간 입자 크기는 약 1.4 μ m 이상이다. 또한, 바람직하게는 당해 분말의 비표면적은 약 4.5m²/g 미만이다. 시판 등급 또는 기술적 등급의 분말을 사용할 수 있다. 상업적으로 시판되는 AlN 분말의 예에는, 이로써 한정되는 것은 아니지만, 도쿠야마 소다(Tokuyama Soda)사의 등급 F(TS-F) 및 도쿠야마 소다사의 등급 H(TS-H) 분말, 엘프 아토켄(Elf Atochem)사의 등급 A4 분말, 스타크(Starck)사의 등급 C 분말 등이 포함된다.

당해 분말은 적합한 방법, 예를 들면, 당해 분야에 공지된 방법으로 그린 바디로 형성할 수 있다. 그린 바디를 형성하는 적합한 방법의 예는 냉각 처리이다. 달리, 분말을 테이프 구조에 의해 그린 바디로 형성할 수 있다. 그린 바디를 형성하기 위해 어떠한 결합제 또는 소결 보조제도 당해 분말과 배합하지 않는 것이 바람직하다.

달리, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디는 소결체일 수 있다. 특히 바람직한 양태에 있어서, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디는 다결정질이다. 바람직하게는, 다결정질 바디의 상대 밀도는 이의 이론 밀도의 약 98%를 초과한다.

본원에서 정의한 바와 같이, "질소 결핍" 대기는 질소의 분압이 약 35kPa 미만인 대기를 의미한다. 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 분말 또는 치밀화된 바디를 약 1000°C 초과와 온도 및 질소 결핍 대기에 노출시킴으로써, 용해된 산소 불순물에 의한 질소의 치환을 현저히 감소시키는 질화알루미늄에서 질소 공상태의 증가가 생성되는 것으로 생각된다. 질화알루미늄에서 산소의 감소는 또한 체적 저항을 현저히 저하시킨다.

임의로, 대기는 하나 이상의 기타 적합한 불활성 기체를 포함할 수 있다. 한 가지 양태에 있어서, 대기는 필수적으로 아르곤, 헬륨 및 이의 혼합물로 이루어진 그룹으로부터 선택된다. 바람직한 양태에 있어서, 당해 대기는 필수적으로 아르곤으로 이루어진다.

본원에서 정의한 바와 같이, "균열 온도"는 바디가 질소 결핍 대기하에 유지되고 1000°C를 초과하는 온도를 의미한다. 균열 온도는 바디가 동시에 소결되는 온도일 수 있다. 달리, 균열 온도는 그린 바디의 소결에 요구되는 온도보다 낮은 온도일 수 있다.

한 가지 양태에 있어서, 당해 바디는 약 1200°C 이상의 균열 온도에 노출된다. 바람직한 양태에 있어서, 바디는 약 1500°C 이상의 균열 온도에 노출된다. 특히 바람직한 양태에 있어서, 바디는 약 1650°C 이상의 균열 온도에 노출된다.

당해 바디는 바디의 체적 저항이 약 23°C의 온도에서 약 10^{13} ohm · cm 미만으로 감소되도록 하기에 충분한 시간 동안 균열 온도에 노출된다. 한 가지 양태에 있어서, 바디는, 당해 바디가 열적 평형에 도달한 후에 약 0.5시간 이상 동안 균열 온도에 노출된다. 바람직하게는, 당해 바디는 약 4시간 이상 동안 균열 온도에 노출된다.

한 가지 양태에 있어서, 질소 결핍 대기는 압력 범위가 약 1Pa 내지 약 14kPa이다. 또다른 양태에 있어서, 당해 대기의 압력 범위는 약 7kPa 내지 약 14kPa이다.

당해 바디는 적합한 그린 바디의 치밀화 전, 치밀화 동안 및 치밀화 후에 언제라도 본 발명에 따르는 질소 결핍 대기하에 균열 온도에 노출될 수 있다. 바람직한 양태에 있어서, 그린 바디는, 당해 바디가 열적 평형에 도달한 후에, 약 0.5 내지 약 4시간 동안 질소 결핍 대기하에 약 1000 내지 2000°C의 균열 온도에 노출된다. 가장 바람직하게는, 당해 양태에서, 대기는 필수적으로 아르곤으로 이루어지고, 압력 범위가 약 7kPa 내지 약 14kPa이다.

또다른 양태에 있어서, 본 발명의 방법은 치밀화 후에 당해 바디를 냉각시키면서 치밀화된 바디를 질소 결핍 대기에 노출시킴을 포함한다. 당해 양태에 있어서, 치밀화된 바디는 바람직하게는 1분당 약 15°C 미만의 속도로 약 1650 내지 약 1000°C 범위의 온도까지 냉각된다. 가장 바람직하게는, 치밀화된 바디는 약 1650°C의 온도까지 냉각된다. 이어서, 치밀화된 바디 또는 다결정질 바디를 약 4시간 이상 동안 약 1650°C의 균열 온도에서 유지하는 것이 바람직하다. 바람직하게는, 대기는 치밀화된 바디를 냉각시키는 동안 및 온도를 1650°C에서 유지하는 동안 약 7 내지 14kPa의 압력에서 유지된다. 임의로, 치밀화된 바디는 1분당 약 15°C의 속도로 약 1500°C의 온도까지 냉각시킬 수 있다. 바람직하게는, 대기는 약 20MPa의 압력에서 유지되고, 질소 결핍 대기 상태로 잔류한다. 이어서, 치밀화된 바디를 약 1500°C의 균열 온도에서 유지할 수 있다. 한 가지 양태에 있어서, 치밀화된 바디는, 당해 바디가 열적 평형에 도달한 후에, 약 0.5 내지 약 4시간 동안 1500°C의 균열 온도에서 유지된다. 그 후, 치밀화된 바디를 주위 온도로 냉각시킨다.

또다른 양태에 있어서, 치밀화된 바디를 치밀화 후에 약 1500°C의 온도까지 냉각시킨 다음, 당해 바디가 열적 평형에 도달한 후에, 예를 들면, 약 0.5 내지 약 4시간 동안 당해 온도에서 유지한다. 달리는, 치밀화된 바디를 치밀화 후에 약 1200°C의 온도까지 냉각시킨 다음, 당해 바디가 열적 평형에 도달한 후에, 예를 들면, 약 0.5 내지 약 4시간 동안 당해 온도에서 유지한다. 2가지 양태 모두에 있어서, 바람직한 냉각 속도는 1분당 약 15°C이다. 또한, 2가지 양태 모두에 있어서, 대기는 바람직하게는 치밀화에 사용된 압력과 동일하게 유지한다.

한 가지 양태에 있어서, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디는, 약 23°C의 온도에서 당해 바디의 체적 저항 범위가 약 1×10^8 ohm · cm 내지 약 1×10^{13} ohm · cm로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 온도에 노출된다. 바람직하게는, 당해 바디는, 약 23°C의 온도에서 당해 바디의 체적 저항 범위가 약 1×10^8 내지 약 5×10^{12} ohm · cm로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 초과의 온도에 노출된다.

한 가지 바람직한 양태에 있어서, 본 발명은 약 23°C의 온도에서 체적 저항이 약 1×10^{13} ohm · cm 미만인 다결정질 질화알루미늄 바디를 형성하는 방법이다. 본 발명의 방법은 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 그린 바디를 소결시켜 다결정질 바디를 형성함을 포함한다. 한 가지 양태에 있어서, 그린 바디는 입자 크기 범위가 약 0.1 μ m 내지 약 5.0 μ m인 질화알루미늄 분말을 포함한다. 바람직하게는, 질화알루미늄 분말은 A, B 및 이의 혼합물로 이루어진 그룹으로부터 선택된다. 가장 바람직하게는, 질화알루미늄 분말은 필수적으로 B 분말로 이루어진다. 이들 분말의 분말 특징은 표 1에 제시되어 있다. 한 가지 양태에 있어서, 그린 바디는 질소 결핍 대기하에 소결된다. 바람직하게는, 당해 대기는 필수적으로 아르곤으로 이루어진다. 한 가지 양태에 있어서, 당해 그린 바디는 약 10MPa 내지 약 50MPa의 압력에서 소결된다. 바람직하게는, 당해 그린 바디는 약 10MPa 이상의 압력에서 소결된다. 한 가지 양태에 있어서, 당해 그린 바디는 약 1650°C 이상의 온도에서 약 4시간 이상 동안 소결된다. 바람직하게는, 당해 그린 바디는 당해 질화알루미늄 분말이 이의 이론 밀도의 약 98% 이상까지 치밀화될 때까지 소결된다.

임의로, 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 균열 온도에 노출된 바디를 형성하기 위해 사용된 분말을 또한 질소 결핍 대기(예: 아르곤)하에 약 1000°C 이상의 균열 온도에 노출시킬 수 있다. 본 발명의 한 가지 양태에 있어서, 분말은, 당해 분말이 열적 평형에 도달한 후에, 0.5시간 이상 동안 약 1500°C의 균열 온도에 노출된다. 또다른 양태에 있어서, 분말은, 당해 분말이 평형에 도달한 후에, 0.5시간 이상 동안 약 1650°C 이상의 균열 온도에 노출된다.

한 가지 양태에 있어서, 그린 바디는, 생성되는 다결정질 바디의 체적 저항이 약 23°C의 온도에서 약 1×10^{13} ohm · cm 미만으로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 질소 결핍 대기하에 소결된다. 임의로 또는 달리, 다결정질 바디는, 치밀화 후에, 당해 다결정질 바디의 체적 저항이 약 23°C의 온도에서 약 1×10^{13} ohm · cm 미만으로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 온도에 노출된다. 한 가지 양태에 있어서, 다결정질 바디는 소결 온도 내지 약 1000°C 이상의 온도까지 냉각된다. 바람직하게는, 다결정질 바디는 1분당 약 15°C 미만의 속도로 냉각된다. 당해 다결정질 바디가 냉각되는 온도, 저온에서 유지되는 기간, 질소 결핍 대기의 조성 및 대기의 압력 등을 포함하는 조건은 치밀화된 질화알루미늄 바디의 처리와 관련하여 위에 기재한 조건들 중의 어느 하나일 수 있다.

또다른 양태에 있어서, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디의 체적 저항은 치밀화된 바디, 예를 들면, 다결정질 바디를 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 균열 온도로 가열함으로써 감소시킬 수 있다. 당해 바디는 본 발명의 다른 양태와 관련하여 위에 기재한 바와 같은 균열 온도, 압력, 대기 및 시간 동안 유지할 수 있다.

또다른 양태에 있어서, 본 발명은 도 1에 제시한 바와 같은 정전 척이다. 본 발명의 정전 척(10)은 제1 측면(14)와 제2 측면(16)을 갖는 전극(12)을 포함한다. 전극(12)은 적합한 금속, 예를 들면, 몰리브덴, 텅스텐 또는 이의 배합물로 형성된다. 전극(12)은 박막 형상, 판 형상, 그물코 형상, 스크린 인쇄 형상 또는 기타 적합한 형상일 수 있다. 임의로, 정전 척(10)은 추가의 금속 요소를 포함할 수 있다. 예를 들면, 정전 척(10)은 추가의 전극 및/또는 가열 요소를 포함할 수 있다(도시되지 않음).

척 바디(18)는 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어져 있다. 추가로, 척 바디(18)는 전극(10)의 제1 측면(14)에 제1 부분(20)을 갖고, 전극(10)의 제2 측면(16)에 제2 부분(22)을 갖는다. 바디(18)의 제1 부분(20)은 체적 저항이 약 1×10^{13} ohm · cm 미만이다. 제2 부분(22)의 체적 저항은 제1 부분(20)의 체적 저항의 상하 10배 이내이다. 예를 들면, 제2 부분(22)의 체적 저항은 제1 부분(20)의 체적 저항의 10% 내지 10배일 것이다. 종결부(24)는 전극(12)으로부터 신장한다. 바람직한 정전 척 및 이의 제조방법은 본원에서 이의 전체 내용이 참조로서 인용되는 1999년 12월 9일자 미국 특허원 제09/457,968호(Electrostatic Chuck, Susceptor and Methods for Fabrication) 및 본원에서 이의 전체 내용이 참조로서 인용되는 1999년 12월 9일자 미국 특허원 제60/169,859호(Electrostatic Chuck with Flat Film Electrode)에 기재되어 있다.

본 발명의 정전 척은 위에 기재한 재료 및 방법으로 제조할 수 있다. 한 가지 양태에 있어서, 압착된 AlN 분말 형태의 제1 그린 부분을 염료에 넣는다. 금속 요소 또는 전극을 제1 그린 부분에 배치한다. AlN 분말의 제2 부분을 금속 요소 또는 전극 위에 및 이에 중첩하여 압착시키고, 생성되는 예비성형품을 고온 가압하고, 다결정질 바디의 체적 저항이 약 23°C의 온도(실온)에서 약 1×10^{13} ohm · cm 미만으로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 균열 온도에 노출시킨다.

또한, 본 발명의 정전 척은 척 바디의 치밀화된 제1 부분 또는 소결된 제1 부분으로 출발하여 제조할 수 있다. 치밀한 부분은 위에 기재한 바와 같이 그린 AlN 전구체를 고온 가압하여 수득할 수 있다. 금속 요소 또는 전극은 치밀한 제1 부분의 한 면 위에 배치한다. 가공을 이용하여 전극의 침착에 적합한 편평한 표면을 제공할 수 있다. 또한, 가공을 이용하여 다른 표면들을 부드럽게 할 수 있다. AlN 분말은 전극 위에 및 전극에 중첩하여 배치하고 압착한다. 생성되는 예비성형품을 고온 가압하고, 다결정질 바디의 체적 저항이 약 23°C의 온도(실온)에서 약 1×10^{13} ohm · cm 미만으로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 균열 온도에 노출시킨다.

척의 작동 동안, 전압을 금속 요소 또는 전극에 인가한다. 한 가지 배열에 있어서, 전기적 접촉 또는 중단은 전형적으로 하나 이상의 커넥터를 통해 전극을 전원에 연결시킨다. 적합한 커넥터에는, 이로써 한정되는 것은 아니지만, 전도성 와이어, 테이프, 케이블 등이 포함된다.

본 발명의 한 가지 양태에 있어서, 전극과 적합한 커넥터와의 전기적 접촉은 당해 척을 질소 결핍 대기에 노출시키면서, 예를 들면, 위에 기재한 바와 같이 열 처리 동안 형성할 수 있다.

한 가지 양태에 있어서, 전기적 접촉은 경랍 땀에 의해 형성한다. 척 바디 속에 홀을 드릴링하여 전극의 일부분을 노출시킨다. 경랍 땀 재료는 전극의 노출된 부분 위의 홀 하부에 침착되고, 커넥터는 경랍 땀 재료에 접촉되어 당해 위치에 고착된다. 조립체를 위에 언급한 바와 같이 균열 온도 및 질소 결핍 대기에서 가열하여 커넥터를 전극에 부착시킨다. 바람직한 양태에 있어서, 전극은 Mo, W 또는 이의 배합물을 포함하고, 경랍 땀 재료는 제1 금속(예: Mo, W 및 이의 배합물) 및 제2 금속(예: Ni, Co 또는 이의 배합물)을 포함한다. 2차 상 또는 금속간 종류를 형성하지 않으면서 제1 및 제2 금속이 진정한 용액을 형성하는 조성물이 바람직하다. 적합한 조성은 Mo 99.8% 및 Ni 0.2%이다. 커넥터 또는 이의 일부분은 바람직하게는 제1 금속(예: Mo)을 포함한다.

본 발명은 다음 실시예를 통해 추가로 기재되지만, 이는 설명을 위한 것이며 제한하고자 하는 것은 아니다.

실시예

재료 및 저항 측정

이들 실험에 사용되는 AlN 분말 A, B 및 C의 특성은 다음 표 1에 요약되어 있다. 분말 A 및 분말 B는 카보서멀(carbothermal) 환원 공정으로부터 유래하는 반면, 분말 C는 직접적인 질화로 제조한다.

쿠폰(coupon) 샘플의 전기적 저항(DC)은 60초의 여기 시간과 500V(이는 쿠폰의 두께가 각각 1mm이기 때문에 500 V/mm의 전기장을 나타낸다)를 사용하여 ASTM D237 - 93에 따라서 측정한다. 저항은 최대 350°C까지 선택된 쿠폰의 온도 함수로서 측정한다. 이 결과를 표 2 및 표 3(실온) 및 도 2 내지 도 5(저항 대 온도)에 제시한다.

[표 1]

AlN 분말의 특성

항목	분말 A	분말 B	분말 C
표면적(m^2/g)	3.4	2.8	4.5
중간 입자 크기(μm)	1.4	1.6	1.0
불순물(ppm)			
Fe	5	9	10
Cu	< 2	< 2	7
Ni	< 7	< 6	0
Zn	< 1	< 1	0
Cr	< 4	< 3	2
Co	< 1	< 1	0.2
Na	< 2	6	12
K	3	< 5	0.9
Mg	< 0.1	< 0.1	23
Ca	5	194	0
Ti	0.3	19	0.4
V	< 3	< 4	ND
Zr	< 1	2	0.7
Si	48	151	ND
B	< 4	< 3	0
O	9600	8023	20600
C	< 100	< 106	460

ND : 측정하지 않음

실시예 1

소결 보조제로서 Y_2O_3 와 함께 AlN 분말 A를 사용하여 무가압(통상의) 소결된 AlN 샘플($50mm \times 50mm \times 1mm$)를 제조한다. Y_2O_3 의 사용량은 약 2중량% 내지 약 5중량%이다. 쿠폰 $25mm \times 25mm \times 1mm$ 두께를 이들 샘플로부터 절단하고, 다음 표 2에 기재된 열 처리 사이클을 수행한다. 각각의 경우, 쿠폰을 메탄올로 세정하고, 건조시키고, 열 처리 용 AlN 도가니에 넣는다. 열 처리 뿐만 아니라 소결된 상태의 저항 측정치는 표 2 및 도 1에 제시되어 있다.

표 1 및 도 2에서 알 수 있는 바와 같이, 질소 결핍 대기, 예를 들면, 아르곤(Ar)하에서의 어닐링은 N_2 에서보다 실온 저항을 보다 효과적으로 감소시킨다. 조절된 방식으로 $1200^\circ C$ 로 냉각시키는 것은 $1500^\circ C$ 로 냉각시키는 것과 현저한 차이는 없다. 결국, 사용된 열 처리 사이클 및 대기와는 관계없이, 비교실시예의 어떠한 것도 실온에서 $10^{12} ohm \cdot cm$ 미만의 저항을 나타내지 않는다.

실시예 2

B, A 및 C AlN 원료 분말을 스테인레스 강 다이에서 직경 대략 75mm 및 두께 20mm의 펍(puck) 예비성형품으로 냉각 가압시킨다. 이들 분말과 함께 어떠한 소결 보조제도 사용하지 않는다. 이들 펍 예비성형품을 흑연 고온 가압 다이에 함유된 BN 피복된 흑연 슬리브에 적재한다. 예비성형품을 BN 피복된 흑연 스페이서로 서로 분리한다. 고온 가압은 $20.6MPa(3000psi)$ 에서 N_2 하에 2시간 동안 $1850^\circ C$ 에서 수행한다. 가열 속도는 균열 온도가 4.5시간 이내에 달성되도록 한다. 균열 후, 적재물을 취하고, 냉각 속도를 $1.4^\circ C/분$ 으로 $1500^\circ C$ 까지 유지한다. 이 때, 전력을 차단하고, 다이 조립체를 실온까지 자유롭게 냉각시킨다. 고온 가압 펍의 벌크 밀도를 측정한다. 각각의 펍은 대략 $3.26gm/cc$ 또는 이론 밀도의 100%이다. 이어서, $25mm \times 25mm \times 1mm$ 두께의 쿠폰을 이들 펍으로부터 절단하고, 위와 동일하게 세정하고, 다음 표 3에 기재된 열 처리 사이클을 수행한다. 전기적 저항 측정치는 다음 표 3 및 도 3 내지 5에 제시되어 있다.

[표 2]

비교실시예

항목	AlN분말	치밀화경로*	균열 온도(°C)	균열 시간(시간)	냉각 중단온도(°C)	냉각 속도(°C/1분)	대기	실온에서의 DC 저항(ohm · cm)
CE1	A	PS	1650	4	1500	15	Ar	7.7×10^{12}
CE2	A	PS	1650	4	1500	15	N ₂	3.7×10^{13}
CE3	A	PS	1650	4	1200	15	Ar	4.4×10^{12}
CE4	A	PS	1650	4	1200	15	N ₂	1.2×10^{13}

PS : 무가압 소결

고온 가압된 상태의 쿠폰은, 사용된 고순도 AlN 분말의 유형과 상관없이, 대략 10^{14} ohm · cm의 실온 전기적 저항을 나타냈다(표 3 참조). 이들을 N₂의 존재하에 열 처리 사이클로 처리하는 것은 이들의 저항을 현저히 변화시키지 않는다. 그러나, Ar하에서의 어닐링은 A 기제 AlN 및 특히 B 기제 AlN 쿠폰에 있어서 저항을 현저히 감소시킨다. B AlN의 경우, 대략 5배의 저하가 나타났다. 이러한 현저한 저항 감소는 비교실시예에 비추어 현저하고 예상치 못한 것이다.

[표 3]

고순도 AlN의 실시예

항목	AlN 분말	치밀화 경로	균열 온도(°C)	균열 시간(시간)	냉각 중단 온도(°C)	냉각 속도(°C/1분)	대기	실온에서의DC 저항(ohm · cm)
1	A	고온 가압	1650	4	1500	15	Ar	3.3×10^{11}
2	B	고온 가압	1650	4	1500	15	Ar	3.8×10^9
3	C	고온 가압	1650	4	1500	15	Ar	2.9×10^{12}
4	A	고온 가압	1650	4	1500	15	N ₂	8.9×10^{13}
5	B	고온 가압	1650	4	1500	15	N ₂	6.3×10^{13}
6	C	고온 가압	1650	4	1500	15	N ₂	7.1×10^{13}
7	A	고온 가압	1650	4	1200	15	Ar	4.0×10^{11}
8	B	고온 가압	1650	4	1200	15	Ar	7.5×10^9
9	C	고온 가압	1650	4	1200	15	Ar	5.3×10^{12}

실시예 3

정전 척은 다음과 같이 제조한다.

(i) 직경 약 305mm(12in)의 주형 공극부는 흑연 다이, 흑연 슬리브 삽입체, 상부에 그라포일의 얇은 쉬이트가 있는 흑연 스페이서 및 흑연 피스톤을 조립하여 형성한다. AlN 원료 분말 A(소결 보조제가 없음)를 주형 공극부에 직접 쏟아 붓는다. 이어서, 당해 분말을 편평한 상부 표면이 형성되도록 알루미늄 플런저로 압착시킨다. 직경 약 254mm(10in) 및 두께 0.125mm(0.005in)의 관통된 몰리브덴 전극 박막을 당해 표면의 중심에 배치한다. 추가의 AlN 분말을 전극의 상부에 쏟아 붓고, 전체 조립체를 알루미늄 플런저로 압착시킨다. 그라포일의 또다른 쉬이트를 상부에 배치한 다음, 흑연 스페이서 및 피스톤을 배치한다. 당해 조립체를 20.6MP(3000psi)에서 N₂ 하에 2시간 동안 1850°C에서 연속적으로 고온 가압한다. 가열 속도는 균열 온도가 6시간(즉, 대략 5°C/1분) 이내에 도달되도록 한다. 균열 후, 적재물은 점점 감소되고, 냉각 속도는 1.4°C/1분으로 1500°C까지 유지한다. 이 때, 전력을 차단하고, 다이 조립체를 N₂ 대기 하에 실온까지 자유롭게 냉각시킨다. 고온 가압된 척의 생성되는 벌크 밀도는 3.333gm/cc로서, 이는 당해 척이 보다 치밀한 Mo 삽입된 전극을 함유한다는 사실을 반영한다. 마이크로포커스 X-선은 당해 척 바디에서 어떠한 결함 또는 균열도 나타내지 않는다. 당해 척의 실온 저항(500V에서 측정)은 $2.1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 이다.

(ii) 300mm 존슨 - 라벡 척을 제조하기 위해 AlN B 분말에 대해 동일한 방법을 반복한다.

(iii) Mo 박막 전극을 사용하는 대신에 Mo 그물코 전극을 사용하여 AlN 정전 척을 제조한다. 예를 들면, 그물코 전극은 직경이 0.0085in인 와이어를 1in당 30개 갖거나, 직경이 0.005in인 와이어를 1in당 50개 갖는다.

(iv) 2단계 공정을 사용하여 척을 제조한다. 단계(i), 단계(ii) 또는 단계(iii)에서와 같이 전극을 삽입하는 대신에, 치밀한 AlN 바디만을 제1 단계와 동일하게 고온 가압하여 제조한다. 표면 둘 다를 편평하게 가공한 후, 당해 바디를 위의 흑연 다이/슬리브 조립체에 배치한다. Mo 전극(박막 또는 그물코 형태)을 치밀한 AlN 표면에 배치한다. AlN 원료 분말을 전극의 상부에 쏟아 붓고, 알루미늄 플런저로 압착시킨다. 그라포일 쉬이트 및 흑연 스페이서와 피스톤으로 조립체를 완성한다. 당해 조립체를 단계(i)과 동일한 조건에서 고온 가압한다.

단계(i) 내지 단계(iv)에 기재한 방법으로 제조한 척을 다음과 같이 저항 조정한다.

(A) 열 처리가 300mm 부분에 미치는 효과를 확인하기 위해, 전극이 삽입되지 않은 척 블랭크를 아르곤하에 1700°C에서 4시간 동안으로 이루어지는 어닐링 사이클로 처리한다. AlN 척 블랭크의 전기장 500V/mm에서 생성되는 저항은 실온에서 $3.3 \times 10^9 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 이다. 이어서, 그물코 전극계 척을 동일한 사이클을 사용하여 어닐링한다. 수득되는 실온 저항은 $1.3 \times 10^{10} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 이다.

(B) 또한, 위의 저항 조정을 고온 가압 사이클에 도입한다. 이를 위해, 75mm의 펍 블랭크(전극을 삽입하지 않음)를 통상의 N₂ 대기 대신에 아르곤하에 고온 가압하는 연구를 수행한다. AlN의 치밀화가 성공적으로 나타날 뿐만 아니라(즉, 이론치의 99.5% 이상이 달성된다), 실온 저항 측정치는 당해 펍의 저항이 또한 $5.8 \times 10^{10} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 이하로 조정됨을 나타낸다. 이는 예상치 못한 결과이다.

(C) 별도로, 삽입된 전극을 함유하는 300mm의 AlN 척을 통상의 N₂ 대기 대신에 아르곤 대기하에 20.6MPa(3000psi)에서 3시간 동안 1850°C에서 고온 가압함으로써 제조한다. 균열 후, 당해 온도를 1.4°C/1분으로 1500°C까지 감소시키는데, 이때 전력을 차단한다. 고온 가압 상태의 저항은 약 $1 \times 10^{14} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ (통상적으로 고온 가압 동안 N₂ 대기)로부터 약 1×10^{11} 내지 $1 \times 10^{12} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 까지 감소한다. 척 중의 하나를 아르곤하에 4시간 동안 1700°C에서 열 처리한다. 쿠폰을 저항 측정용의 열 처리된 척 및 고온 가압된 척으로부터 절단한다. 이들 쿠폰은 2개의 수직 위치에 있는 전극의 상부 및 하부(즉, 중심으로부터 및 가장자리에서 약 25mm 지점으로부터)로부터 수득한다. 500V/mm에서 수득한 실온 저항 값은 표 4에 기재되어 있다.

[표 4]

척 조건	쿠폰 위치	실온 저항(ohm · cm)
고온 가압 상태(Ar)	중심/전극 상부	2.7×10^{11}
	중심/전극 하부	5.5×10^{11}
	가장자리/전극 상부	1.1×10^{12}
	가장자리/전극 하부	2.7×10^{12}
열 처리 후	중심/전극 상부	2.3×10^{10}
	중심/전극 하부	1.2×10^{10}
	가장자리/전극 상부	1.8×10^{10}
	가장자리/전극 하부	2.8×10^{10}

표 4에서 알 수 있는 바와 같이, 고온 가압 상태 쿠폰의 저항은 이미 10^{11} 내지 10^{12} ohm · cm 범위에 존재하고, 상당히 균일하다. 열 처리 후, 당해 저항 값은 모두 목적하는 범위에 존재하고, 삽입된 전극의 상부 및 하부 모두에서, 즉 방사상으로 및 전체 두께에 걸쳐 매우 균일하다. 고온 가압 동안 다이/슬리브/척 조립체가 상당히 단단하게 수납되어 있고 수개의 척들이 동시에 처리된다는 것을 고려하면, 조합된 고온 가압/어닐링 사이클을 최적화하여 당해 저항을 1단계로 목표 수준까지 조정할 필요가 있다.

실시에 4

AlN 고온 가압 재료의 분석은 선택된 재료의 특성을 확인하기 위해 수행된다. 순도 정보는 연소 분석 및 유도 커플링 플라즈마(ICP)에 의해 측정하고, AlN 입자 크기 정보는 연마 샘플과 에칭 샘플로부터 정량적 영상 분석에 의해 수득하며, 이들은 표 5에 제시되어 있다.

[표 5]

항목	AlN 분말 A	AlN 분말 B
밀도(이론 밀도의 %)	> 99.3	> 99.3
평균 AlN 입자 크기(μm)	1.7	2.9
실온에서의 전기적 저항(ohm · cm)	7.5×10^{13}	2.8×10^{14}
열 처리 후	10^{10} 내지 5×10^{11}	10^9 내지 10^{11}
불순물(ppm)		
Fe	13	10
Cu	< 3	< 2
Ni	< 5	< 6
Zn	< 1	< 1
Cr	< 4	< 4
Co	< 1	< 1
Na	6	8
K	< 3	4
Mg	< 4	7
Ca	112	156
Ti	< 5	16
V	2	3
Zr	< 1	1
Si	192	297
B	23	< 6
O	12257	12215
C	138	< 133

실시에 5

정전 척 샘플을 소결시키지만, 필수적으로 실시예 3에 기재한 바와 같이, 고온 열 처리하거나 질소 결핍 대기에 노출시킨다. 2가지 형태의 전극을 사용한다: 그물코계 전극 및 스크린 인쇄 전극. 삽입된 전극을 노출시키기 위해 홀을 정전척 조립체의 후면(두꺼운 측면)으로부터 형성한다. 명목상 조성이 Mo 99.8% - Ni 0.2%인 분말을 전극의 노출 부분과 접촉되어 있는 홀의 하부에 침착시킨다. Mo 커넥터를 당해 분말과 물리적으로 접촉되어 있는 홀에 삽입하고, 당해 위치에 고착시킨다. 샘플을 아르곤하에 4시간 동안 약 1700°C로 가열한다. 생성되는 샘플을 냉각시키고, 인발 시험(pull test)을 수행하는데, 이는 2가지 형태의 전극간의 강력한 전기적 접촉이 형성되었음을 입증한다. 동시에, 척 바디의 체적 저항은 5×10^9 내지 5×10^{10} ohm · cm로 감소되었다.

실시예 6

AlN 분말 B를 도가니에 넣고, 필수적으로 소결된 AlN 바디의 체적 저항을 저하시키는 데 사용된 것과 동일하게 약 1650°C에서 아르곤 대기에 노출시킨다. 당해 분말을 실온으로 냉각시키고, 필요한 경우 탈괴상화시키고, 위에 기재한 바와 같이 정전척의 형성에 사용한다. 고온 가압 단계를 아르곤하에 수행한다. 수득되는 척의 실온 저항 값은 500V/mm에서 약 2.2×10^7 로 측정되었다.

균등물

당업자는 과도한 실험을 수행하지 않고도 본원에서 구체적으로 기재한 본 발명의 특정 양태에 대한 다수의 균등물을 인지하거나 확인할 수 있을 것이다. 이러한 균등물은 하기 청구의 범위 속에 포함되는 것으로 간주된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디(body)를 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 온도에 노출시킴을 포함하는, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디의 체적 저항 감소방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 바디가 다결정질인 방법.

청구항 3.

제2항에 있어서, 대기 속의 질소 분압이 약 35kPa 미만인 방법.

청구항 4.

제3항에 있어서, 대기가 필수적으로 아르곤, 헬륨 및 이들의 혼합물로 이루어진 그룹으로부터 선택된 기체로 이루어지는 방법.

청구항 5.

제4항에 있어서, 대기가 필수적으로 아르곤으로 이루어지는 방법.

청구항 6.

제5항에 있어서, 바디가 약 1200°C 이상의 온도에 노출되는 방법.

청구항 7.

제6항에 있어서, 바디가 약 1500°C 이상의 온도에 노출되는 방법.

청구항 8.

제7항에 있어서, 바디가 약 1650°C 이상의 온도에 노출되는 방법.

청구항 9.

제4항에 있어서, 바디가 열 평형에 도달한 후에 약 0.5시간 이상 동안 당해 온도에 노출되는 방법.

청구항 10.

제9항에 있어서, 바디가 열 평형에 도달한 후에 약 4시간 이상 동안 당해 온도에 노출되는 방법.

청구항 11.

제8항에 있어서, 바디를 1분당 약 15°C 미만의 속도로 약 1200°C 미만의 온도까지 냉각시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 12.

제11항에 있어서, 바디가 약 1500°C의 온도까지 냉각되는 방법.

청구항 13.

제1항에 있어서, 대기의 압력이 약 1Pa 이상인 방법.

청구항 14.

제1항에 있어서, 대기의 압력이 약 7kPa 내지 약 14kPa인 방법.

청구항 15.

제4항에 있어서, 다결정질 바디가 약 1650°C 이상의 온도에서 약 4시간 이상 동안 당해 대기에 노출되고, 대기의 압력이 약 20MPa인 방법.

청구항 16.

제15항에 있어서, 다결정질 바디를 1분당 약 15°C의 속도로 약 1500°C의 온도까지 냉각시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 17.

제16항에 있어서, 다결정질 바디의 상대 밀도가 이의 이론 밀도의 약 98%를 초과하는 방법.

청구항 18.

제1항에 있어서, 바디가 그린 바디(green body)인 방법.

청구항 19.

제18항에 있어서, 그린 바디가, 평균 입자 크기 범위가 약 0.1 μm 내지 약 5.0 μm 인 질화알루미늄 입자를 포함하는 방법.

청구항 20.

제19항에 있어서, 그린 바디를 소결시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 21.

제20항에 있어서, 그린 바디가 약 1600°C 이상의 온도에서 소결되는 방법.

청구항 22.

제21항에 있어서, 그린 바디가 질소 결핍 대기하에 소결되는 방법.

청구항 23.

제22항에 있어서, 대기가 필수적으로 아르곤으로 이루어지는 방법.

청구항 24.

제23항에 있어서, 그린 바디를 소결시킴으로써 바디가 다결정질로 되는 방법.

청구항 25.

제24항에 있어서, 다결정질 바디를 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 온도에 노출시키기 전에 다결정질 바디를 약 25°C로 냉각시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 26.

제25항에 있어서, 다결정질 바디가 약 1600°C 이상의 온도에서 약 4시간 이상 동안 노출되는 방법.

청구항 27.

제26항에 있어서, 다결정질 바디를 1분당 약 15°C 미만의 속도로 약 1500°C 미만의 온도까지 냉각시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 28.

제27항에 있어서, 다결정질 바디의 상대 밀도가 이의 이론 밀도의 약 98%를 초과하는 방법.

청구항 29.

제20항에 있어서, 그린 바디가 약 10MPa 내지 약 50MPa의 압력 범위에서 소결되는 방법.

청구항 30.

제20항에 있어서, 그린 바디가 약 10MPa 이상의 압력에서 소결되는 방법.

청구항 31.

제30항에 있어서, 그린 바디가 약 20MPa의 압력에서 소결되는 방법.

청구항 32.

제1항에 있어서, 바디가, 체적 저항 범위가 약 23°C의 온도에서 약 $1 \times 10^8 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 내지 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 약 1000°C 초과 온도 노출되는 방법.

청구항 33.

제1항에 있어서, 바디가 AlN 분말로부터 형성되고, 당해 분말이 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 온도 노출되는 방법.

청구항 34.

필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 그린 바디를 소결시켜 다결정질 바디를 형성시키는 단계(a) 및

다결정질 바디를, 다결정질 바디의 체적 저항이 약 23°C의 온도에서 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 미만으로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 균열(均熱; soaking) 온도 노출시키는 단계(b)를 포함하는, 체적 저항이 약 23°C에서 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 미만인 다결정질 질화알루미늄 바디의 제조방법.

청구항 35.

제34항에 있어서, 질소 결핍 대기가 필수적으로 아르곤으로 이루어지는 방법.

청구항 36.

제35항에 있어서, 그린 바디가, 평균 입자 크기 범위가 약 0.1 μm 내지 약 5.0 μm 인 질화알루미늄 분말을 포함하는 방법.

청구항 37.

제36항에 있어서, 다결정질 바디가 소결 온도로부터 1분당 약 15°C 미만의 속도로 냉각되는 방법.

청구항 38.

제37항에 있어서, 그린 바디가 질소 결핍 대기하에 소결되는 방법.

청구항 39.

제38항에 있어서, 그린 바디가 필수적으로 아르곤으로 이루어진 대기하에 소결되는 방법.

청구항 40.

제39항에 있어서, 그린 바디가 약 10MPa 내지 약 50MPa 범위의 압력에서 소결되는 방법.

청구항 41.

제39항에 있어서, 그린 바디가 약 10MPa 이상의 압력에서 소결되는 방법.

청구항 42.

제34항에 있어서, 그린 바디가 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 균열 온도에 노출된 AlN 분말로부터 형성되는 방법.

청구항 43.

정전 척(electrostatic chuck)의 일부분 이상을 질소 결핍 대기하에 약 1000°C 이상의 온도에 노출시킴을 포함하는, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 정전 척의 체적 저항 감소방법.

청구항 44.

제43항에 있어서, 대기가 필수적으로 아르곤으로 이루어지는 방법.

청구항 45.

제43항에 있어서, 정전 척이, 정전 척의 체적 저항 범위가 약 23°C의 온도에서 약 $1 \times 10^8 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 내지 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 로 되도록 하기에 충분한 시간 동안 1000°C 초과 온도 노출되는 방법.

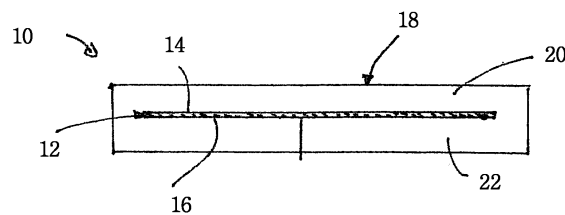
청구항 46.

제1 측면과 제2 측면을 갖는 전극(a) 및

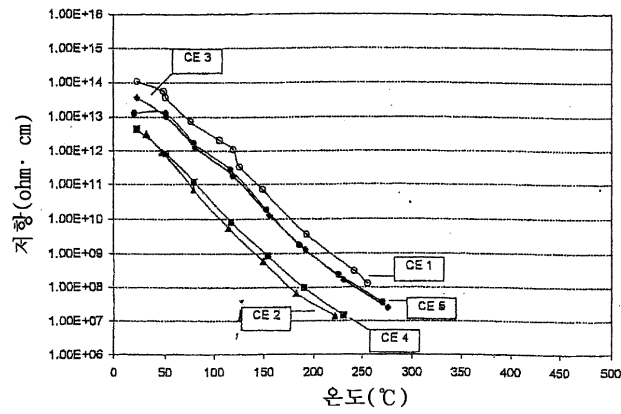
당해 전극의 제1 측면에 제1 부분을 갖고 당해 전극의 제2 측면에 제2 부분을 갖는, 필수적으로 질화알루미늄으로 이루어진 바디(b)(여기서, 당해 바디의 제1 부분의 체적 저항은 약 23°C에서 약 $1 \times 10^{13} \text{ ohm} \cdot \text{cm}$ 미만이고, 제2 부분의 체적 저항은 제1 부분의 체적 저항의 상하 10배 이내이다)를 포함하는 정전 척.

도면

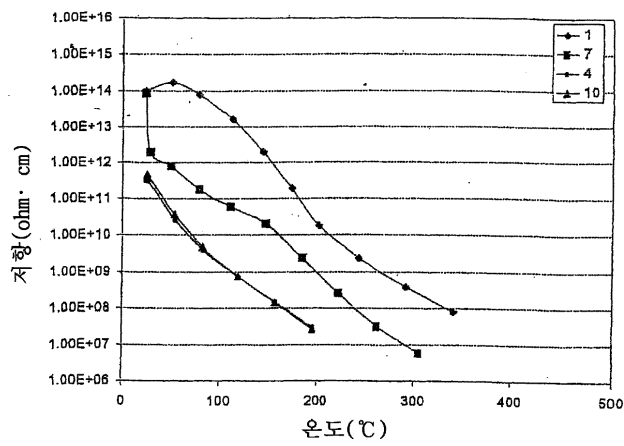
도면 1



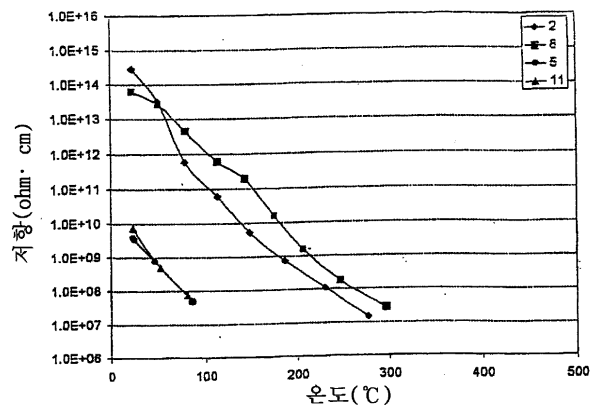
도면 2



도면 3



도면 4



도면 5

