



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년03월13일
(11) 등록번호 10-1715580
(24) 등록일자 2017년03월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
D01D 5/00 (2006.01) D04H 1/728 (2012.01)
(52) CPC특허분류
D01D 5/0069 (2013.01)
D01D 5/0061 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7003209
(22) 출원일자(국제) 2014년08월07일
심사청구일자 2016년02월04일
(85) 번역문제출일자 2016년02월04일
(65) 공개번호 10-2016-0021901
(43) 공개일자 2016년02월26일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2014/070820
(87) 국제공개번호 WO 2015/020129
국제공개일자 2015년02월12일
(30) 우선권주장
JP-P-2013-165142 2013년08월08일 일본(JP)
JP-P-2014-118569 2014년06월09일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR101040063 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
카오카부시키가이샤
일본국도쿄도주오구니혼바시가야바쵸1쵸메14반10고
(72) 발명자
도요다 고지
일본 도치기켄 하가군 이치카이마치 아카바네
2606 카오카부시키가이샤 갱큐쇼 나이
고다마 신지
일본 도치기켄 하가군 이치카이마치 아카바네
2606 카오카부시키가이샤 갱큐쇼 나이
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 19 항

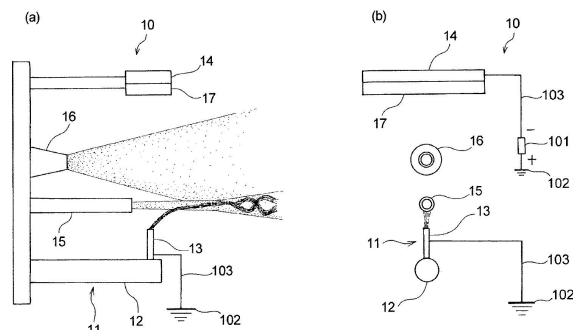
심사관 : 박영민

(54) 발명의 명칭 나노 파이버 제조 장치, 나노 파이버의 제조 방법 및 나노 파이버 성형체

(57) 요약

나노 파이버 제조 장치 (10) 는, 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐 (13) 을 구비한 원료 분사 수단 (11) 과, 노즐 (13) 과 이간하여 배치된 전극 (14) 과, 노즐 (13) 과 전극 (14) 의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단 (101) 과, 노즐 (13) 과 전극 (14) 의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단 (15) 과, 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한다. 전압 발생 수단 (101) 은 노즐 (13) 이 양극이 되고, 전극 (14) 이 음극이 되도록 전압을 발생시키고, 전극 (14) 은 노즐 (13) 과 대향하는 면의 대략 전체면이 표면에 유전체가 노출된 피복체 (17) 로 피복되고, 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이 상이다.

대표도



(52) CPC특허분류

D04H 1/728 (2013.01)

(72) 발명자

도조 다케히코

일본 도치기켄 하가군 이치카이마치 아카바네 2606
카오카부시키키가이샤 쟁류쇼 나이

이와네 겐지

일본 도치기켄 하가군 이치카이마치 아카바네 2606
카오카부시키키가이샤 쟁류쇼 나이

온다 도모히로

일본 도쿄도 스미다구 분카 2-1-3 카오카부시키키가
이샤 쟁류쇼 나이

명세서

청구범위

청구항 1

나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,
상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 양극이 되고, 또한 상기 전극이 음극이 되도록 전압을 발생시키고,
상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 90 % 이상의 면적이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되고,
상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상인 나노 파이버 제조 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
전극은 노즐과 대향하지 않는 면의 일부 또는 전부가, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해 상기 노즐의 외면의 90 % 이상의 면적이 피복되어 있음과 함께, 그 피복체가 그 노즐의 선단을 넘어 연장되어 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 4

나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,
상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 양극이 되고, 또한 상기 전극이 음극이 되도록 전압을 발생시키고,
표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해, 상기 노즐의 외면의 90 % 이상의 면적이 피복되어 있음과 함께, 그 피복체가 그 노즐의 선단을 넘어 연장되어 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 5

나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,
상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,

상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 음극이 되고, 또한 상기 전극이 양극이 되도록 전압을 발생시키고,
표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해, 상기 노즐의 외면의 90 % 이상의 면적이 피복되어 있고,
상기 피복체가 상기 노즐의 선단을 넘어 연장되어 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 90 % 이상의 면적이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 전극은 상기 노즐과 대향하지 않는 면의 일부 또는 전부가, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 9

나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,

상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,

상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,

상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,

나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,

상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 음극이 되고, 또한 상기 전극이 양극이 되도록 전압을 발생시키고,

상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 90 % 이상의 면적이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되고,

상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상인 나노 파이버 제조 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 전극은 상기 노즐과 대향하지 않는 면의 일부 또는 전부가, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 11

제 1 항, 제 4 항, 제 5 항 또는 제 9 항에 있어서,

포집 수단이 포집용 전극을 가지며, 그 포집용 전극의 90 % 이상의 면적이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 12

제 2 항 내지 제 5 항, 제 7 항 내지 제 8 항 및 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상인 나노 파이버 제조 장치.

청구항 13

제 1 항, 제 4 항, 제 5 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 8 mm 이상인 나노 파이버 제조 장치.

청구항 14

제 1 항, 제 4 항, 제 5 항 또는 제 9 항에 있어서,
전극이 오목 구면 형상을 하고 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 15

나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
상기 노즐을 원통형상으로 둘러싸며 배치된 전극과,
상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
상기 노즐을 사이에 두고 대칭인 위치에 형성되어 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 양극이 되고, 또한 상기 전극이 음극이 되도록 전압을 발생시키고,
상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 90 % 이상의 면적이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되고,
상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상이고, 상기 전극이 원통 형상을 하고 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 16

제 1 항, 제 4 항, 제 5 항 또는 제 9 항에 있어서,
유전체가 알루미늄, 베이크라이트, 나일론, 염화비닐 수지 중에서 선택되는 적어도 1 종 이상인 나노 파이버 제조 장치.

청구항 17

제 1 항, 제 4 항, 제 5 항 또는 제 9 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치를 사용하여 나노 파이버를 제조하는 나노 파이버 제조 방법.

청구항 18

삭제

청구항 19

나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
상기 노즐이 관통하도록 배치된 전극과,
상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
상기 노즐을 사이에 두고 대칭인 위치에 형성되어 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 양극이 되고, 또한 상기 전극이 음극이 되도록 전압을 발생시키고,
상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 90 % 이상의 면적이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되고,
상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상이고, 상기 전극이 오목 구면 형상을 하고 있는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 20

제 15 항에 있어서,

상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 음극이 되고, 상기 전극이 양극이 되도록 전압을 발생시키는 나노 파이버 제조 장치.

청구항 21

제 19 항에 있어서,

상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 음극이 되고, 상기 전극이 양극이 되도록 전압을 발생시키는 나노 파이버 제조 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 나노 파이버 제조 장치, 나노 파이버의 제조 방법 및 나노 파이버 성형체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전계 방사법 (일렉트로 스피닝법) 은, 기계력이나 열을 사용하지 않고 나노 사이즈의 직경의 파이버 (이하, 나노 파이버라고 한다) 를 비교적 간단하게 제조할 수 있는 기술로서 주목을 받고 있다. 지금까지 실시되어 온 전계 방사법에서는, 나노 파이버의 원료가 되는 물질의 용액을 시린지에 충전해 두고, 그 시린지에 장착되어 있는 침 형상의 노즐과, 이것에 대항하는 포집용 전극의 사이에 직류 고전압을 인가한 상태하에, 그 노즐의 선단으로부터 용액을 토출하는 조작을 실시한다. 토출된 용액은 쿨롬력으로 연신됨과 함께 용매가 순시에 증발하고, 원료는 응고하면서 나노 파이버가 형성된다. 그리고 나노 파이버는 포집용 전극의 표면에 퇴적된다.

[0003] 그러나 상기 서술한 전계 방사법에서는, 1 개의 노즐로부터 1 개 내지 수 개 정도의 나노 파이버밖에 제조할 수 없다. 이와 같이, 나노 파이버의 양산화 기술은 여전히 확립되지 않았고, 실용화가 거의 진행되지 않은 것이 현상이다.

[0004] 나노 파이버 제조의 생산성을 높이는 것을 목적으로 하여, 특허문헌 1 에 있어서는, 직경이 작은 금속구와, 금속구와 노즐 개구의 거리를 작게 하여 배치한 금속체의 방출 노즐과, 금속구와 방출 노즐 개구의 경로에 직교하도록 고속 기류를 분사시키는 고속 기류 분사 노즐로 이루어지는 유닛을 복수 병렬로 늘어놓고, 금속구와 방출 노즐의 사이에 고전압을 인가하여 나노 파이버를 생성하고, 복수의 유닛으로부터 비산하는 나노 파이버를 나노 파이버 포집부에서 집약하여 포집하는 나노 파이버 제조 방법이 개시되어 있다.

[0005] 또 특허문헌 2 에 있어서는, 선택 가능한 두 개의 정류기를 통하여 접지된 원료액 분사 노즐과, 전극 위에 유전체로 이루어지는 절연층과 도체로 이루어지는 도체층을 배치한 유도체와, 유도체에 교류 전류를 인가하는 교류 전원을 구비한 나노 파이버 제조 장치가 개시되어 있다. 원료액 분사 노즐은, 접지된 채로 음극과 양극을 반전하기 때문에, 대전 극성의 역의 나노 파이버가 교대로 제조되고, 분위기가 일방의 극성으로 대전하는 것을 억제하고 있다. 이로써 절연 처리나 안전 대책의 간이한 장치 구성으로 할 수 있고, 근방의 부재의 대전을 방지하여, 나노 파이버의 수집이 용이해진다고 하고 있다. 특허문헌 3 에는, 원료액 분사 노즐 대신에, 직경 10 mm ~ 300 mm 의 도전성 원통의 측면에 다수의 유출공을 형성한 유출체를 갖는 나노 파이버 제조 장치가 개시되어 있다. 그리고 유출체와, 그 유출체에 대항하는 면에 절연체층을 형성한 전극의 사이에 전압을 인가하여 나노 파이버를 형성하고, 역극성의 전위를 가지는 두 개의 포집용 전극 (유인 전극) 으로 나노 파이버를 유인하여 피뢰적 부재 상에 수집하고 있다. 0.2 mm 두께의 얇은 절연체층에 의해, 전극에 나노 파이버가 부착되는 것을 방지할 수 있음과 함께, 나노 파이버의 대전 상태를 변화시켜, 두 개의 포집용 전극 (유인 전극) 을 사용하여 효율적으로 나노 파이버를 수집할 수 있다고 하고 있다.

[0006] 특허문헌 4 에는, 원료액의 분사 노즐을 금속이 아니라 수지로 구성하는 기술도 제안되어 있다. 이로써, 노즐에서의 원료액의 고화를 제어할 수 있고, 노즐의 세정 작업이 간편해짐과 함께 노즐로부터의 방전을 방지할 수 있다고 하고 있다. 이 때 금속제 노즐 대신에, 형상을 불문한 전극을, 원료액의 저류 용기 내 혹은 저류 용기와 노즐 사이의 반송 경로 중에 배치함으로써, 원료액을 대전시키고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2012-107364호
(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2009-13535호
(특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2010-59557호
(특허문헌 0004) 일본 공개특허공보 2011-102455호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 나노 파이버의 생산성은 근본적으로는, 단위 시간당 1 개의 원료액 분사 노즐로부터 분사되는 원료액의 양으로 정해진다. 즉, 단위 시간당 원료액 분사 노즐에 다량의 원료액을 공급해도, 정상적이고 안정적으로 방사할 수 있는 것이 필요하다. 전계 방사법을 응용한 나노 파이버 제조 장치에 있어서는, 이것은 분사되는 원료액의 대전량을 증가시킴으로써 실현된다. 그런데, 원료액의 대전량의 증가라는 점에 있어서, 상기 서술한 각 문헌에 기재된 기술은 충분하다고는 할 수 없어, 만족할만한 생산성으로 나노 파이버를 얻는 것은 용이하지 않다.
- [0009] 또한, 상기 서술한 각종의 전계 방사법은, 양산성이 여전히 충분하다고는 할 수 없는 경우가 있다. 또 제조 설비가 복잡하거나, 제조 설비의 점유 스페이스가 크거나 하므로, 경제적으로 유리하다고는 할 수 없다.
- [0010] 따라서 본 발명의 과제는, 전술한 종래 기술이 갖는 결점을 해소할 수 있는 나노 파이버 제조 장치를 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명은, 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
- [0012] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,
- [0013] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
- [0014] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
- [0015] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
- [0016] 상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 양극이 되고, 또한 상기 전극이 음극이 되도록 전압을 발생시키고,
- [0017] 상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 대략 전체면이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되고,
- [0018] 상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상인 나노 파이버 제조 장치를 제공하는 것이다.
- [0019] 또 본 발명은, 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
- [0020] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,
- [0021] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
- [0022] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
- [0023] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
- [0024] 상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 양극이 되고, 또한 상기 전극이 음극이 되도록 전압을 발생시키고,
- [0025] 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해, 상기 노즐의 외면의 대략 전체면이 피복되어 있음과 함께, 그 피복체가 그 노즐의 선단을 넘어 연장되어 있는 나노 파이버 제조 장치를 제공하는 것이다.
- [0026] 또 본 발명은, 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
- [0027] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,

- [0028] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
- [0029] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
- [0030] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
- [0031] 상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 음극이 되고, 또한 상기 전극이 양극이 되도록 전압을 발생시키고,
- [0032] 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해, 상기 노즐의 외면의 대략 전체면이 피복되어 있는 나노 파이버 제조 장치를 제공하는 것이다.
- [0033] 또 본 발명은, 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
- [0034] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,
- [0035] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
- [0036] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
- [0037] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
- [0038] 상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 음극이 되고, 또한 상기 전극이 양극이 되도록 전압을 발생시키고,
- [0039] 상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 대략 전체면이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되고,
- [0040] 상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상인 나노 파이버 제조 장치를 제공하는 것이다.
- [0041] 또한 본 발명은, 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
- [0042] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,
- [0043] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
- [0044] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
- [0045] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
- [0046] 상기 포집 수단이 포집용 전극을 가지며, 그 포집용 전극의 대략 전체면이 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 나노 파이버 제조 장치를 제공하는 것이다.
- [0047] 또한 본 발명은, 상기의 나노 파이버 제조 장치를 사용하여 나노 파이버를 제조하는 나노 파이버 제조 방법을 제공하는 것이다.
- [0048] 또한 본 발명은, 상기의 나노 파이버 제조 장치를 사용하여 제조한 나노 파이버로 이루어지는 나노 파이버 성형체를 제공하는 것이다.

발명의 효과

- [0049] 본 발명에 의하면, 나노 파이버의 제조에 사용되는 원료액의 대전량을 종래보다 높게 할 수 있고, 그 결과, 나노 파이버의 생산성을 종래보다 높일 수 있고, 또한 공간 절약화를 달성할 수 있는 전계 방사 장치 및 그것을 사용한 나노 파이버 제조 장치가 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0050] 도 1 의 (a) 는, 본 발명의 나노 파이버 제조 장치의 일 실시 형태에 있어서의 측면도이며, 도 1 의 (b) 는, 도 1 의 (a) 에 있어서의 정면도이다.
- 도 2 는, 도 1 에 나타내는 제조 장치에 있어서의 노즐의 구조의 일례를 나타내는 단면도이다.
- 도 3 은, 본 발명의 나노 파이버 제조 장치의 다른 실시 형태를 나타내는 분해 사시도이다.
- 도 4 는, 도 3 에 나타내는 나노 파이버 제조 장치의 단면 구조를 나타내는 모식도이다.
- 도 5 의 (a) 는, 본 발명의 나노 파이버 제조 장치의 또 다른 실시 형태의 단면을 나타내는 측면도이며, 도 5 의 (b) 는, 도 5 의 (a) 에 있어서의 상면도이다.

도 6 은, 도 5 의 (a) 에 나타내는 나노 파이버 제조 장치의 다른 실시 형태의 단면을 나타내는 측면도이다.

도 7 의 (a) 는, 본 발명의 나노 파이버 제조 장치의 또 다른 실시 형태에 있어서의 측면도이며, 도 7 의 (b) 는, 도 7 의 (a) 에 있어서의 정면도이다.

도 8 의 (a) 는, 본 발명의 나노 파이버 제조 장치의 또 다른 실시 형태에 있어서의 측면도이며, 도 8 의 (b) 는, 도 8 의 (a) 에 있어서의 정면도이다.

도 9 는, 도 8 의 (a) 에 있어서의 공기류 분사 수단을 나타내는 일부 파단 사시도이다.

도 10 은, 본 발명의 나노 파이버 제조 장치의 또 다른 실시 형태에 있어서의 단면 구조를 나타내는 모식도이다.

도 11 은, 도 10 에 나타내는 나노 파이버 제조 장치의 주요부의 분해 사시도인 모식도이다.

도 12 의 (a) 는, 도 10 에 나타내는 나노 파이버 제조 장치에 있어서의 공기류 분사 수단의 정면도이며, 도 12 의 (b) 는, 노즐의 길이 방향을 따른 그 공기류 분사 수단의 단면도이다.

도 13 은, 본 발명의 전계 방사 장치의 또 다른 실시 형태를 나타내는 정면도이다.

도 14 는, 도 13 에 나타내는 전계 방사 장치의 단면 구조를 나타내는 모식도이다.

도 15 는, 도 13 에 나타내는 전계 방사 장치의 분해 사시도이다.

도 16 은, 전계 방사 장치의 다른 실시 형태의 단면 구조를 나타내는 모식도 (도 13 상당도) 이다.

도 17 은, 도 13 에 나타내는 전계 방사 장치를 구비한 나노 파이버 제조 장치를 나타내는 모식도이다.

도 18 은, 노즐의 횡단면에서 본 구조를 나타내는 모식도이다.

도 19 는, 도 1 에 나타내는 나노 파이버 제조 장치에 있어서의 피복체의 두께와, 노즐과 전극의 사이를 흐르는 누설 전류의 관계를 나타낸 도면이다.

도 20 의 (a) 는, 도 1 에 나타내는 제조 장치에 있어서의 원료액의 대전량을 측정하는 장치를 나타내는 모식도이며, 도 20 의 (b) 는, 도 3, 도 4 및 도 13 에 나타내는 제조 장치에 있어서의 원료액의 대전량을 측정하는 장치를 나타내는 모식도이다.

도 21 의 (a) 는, 본 발명의 일 실시 형태의 나노 파이버 제조 장치로 제조된 나노 파이버의 주사형 전자 현미경 사진이며, 도 21 의 (b) 는, 본 발명에 의거하지 않는 나노 파이버 제조 장치로 제조된 나노 파이버의 주사형 전자 현미경 사진이다.

도 22 는, 본 발명의 다른 실시 형태의 나노 파이버 제조 장치로 제조된 나노 파이버의 주사형 전자 현미경 사진이다.

도 23 의 (a) 는, 실시예 17 에서 얻어진 나노 파이버의 주사형 전자 현미경 이미지이며, 도 23 의 (b) 는, 도 23 의 (a) 의 확대 이미지이다.

도 24 의 (a) 는, 비교예 12 에서 얻어진 나노 파이버의 주사형 전자 현미경 이미지이며, 도 24 의 (b) 는, 도 24 의 (a) 의 확대 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0051]

이하 본 발명을, 그 바람직한 실시 형태에 기초하여 도면을 참조하면서 설명한다. 도 1 의 (a) 에는, 본 발명의 나노 파이버 제조 장치의 일 실시 형태에 있어서의 측면도가 나타내져 있다. 도 1 의 (b) 는, 도 1 의 (a) 에 있어서의 정면도이다. 이들의 도면에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태의 나노 파이버 제조 장치 (10) 는, 기본적으로는 ESD (Electro-Spray Deposition) 와 고속 분출 기류 (제트) 를 조합한 제트 ESD 법을 채용한 것이다. 제조 장치 (10) 는, 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 원료 분사 수단 (11) 을 구비하고 있다. 원료 분사 수단 (11) 은 송액부 (12) 및 노즐 (13) 을 가지고 있다. 노즐 (13) 은 송액부 (12) 의 선단의 위치에 수직 형성되어 있다. 노즐 (13) 은 연직 상방단이 개구하고 있고, 그 개구를 통해서 원료액의 분사가 가능하게 되어 있다. 노즐 (13) 은 금속 등의 도전성 재료로 구성되어 있어 도전성을 가지고 있다. 송액부 (12) 는 원료액을 노즐 (13) 로부터 단위 시간당 정해진 양으로 분사하는 것이 가능하게 되어 있다.

- [0052] 노즐 (13) 은 침 형상의 직관으로 구성되어 있다. 노즐 (13) 내에는, 원료액이 유통 가능하게 되어 있다. 노즐 (13) 의 내경은, 그 하한치를 바람직하게는 200 μm 이상, 더욱 바람직하게는 300 μm 이상으로 설정할 수 있다. 한편, 그 상한치를 바람직하게는 3000 μm 이하, 더욱 바람직하게는 2000 μm 이하로 설정할 수 있다. 노즐 (13) 의 내경은, 예를 들어 바람직하게는 200 μm 이상 3000 μm 이하, 더욱 바람직하게는 300 μm 이상 2000 μm 이하로 설정할 수 있다. 노즐 (13) 의 외경은, 그 하한치를 바람직하게는 300 μm 이상, 더욱 바람직하게는 400 μm 이상으로 설정할 수 있다. 한편, 그 상한치를 바람직하게는 4000 μm 이하, 더욱 바람직하게는 3000 μm 이하로 설정할 수 있다. 노즐 (13) 의 외경은, 예를 들어 바람직하게는 300 μm 이상 4000 μm 이하, 더욱 바람직하게는 400 μm 이상 3000 μm 이하로 설정할 수 있다. 노즐 (13) 의 내경 및 외경을 이 범위 내로 설정함으로써, 고분자를 함유하고 점성을 가지는 원료액을 용이하게, 또한 정량적으로 송액할 수 있음과 함께, 노즐 주변의 좁은 영역에 전계가 집중하여, 원료액을 효율적으로 대전시키므로 바람직하다.
- [0053] 노즐 (13) 과 이간된 위치에 전극 (14) 이 배치되어 있다. 상세하게는, 전극 (14) 은, 노즐 (13) 의 개구의 바로 위의 위치에 있어서, 그 노즐 (13) 의 개구에 대면하여 배치되어 있다. 전극 (14) 은 판상의 것이며, 두 개의 평면부와 4 개의 측면부를 가지고 있다. 이들 두 개의 평면부 중 일방의 평면부 (도면의 하측의 면) 가 노즐 (13) 에 대향하고 있다. 노즐 (13) 이 연장되는 방향과, 전극 (14) 의 평면부는 대략 직교하고 있다. 전극 (14) 은, 금속 등으로 구성되어 있어 도전성을 가지고 있다. 노즐 (13) 의 선단과 전극 (14) 사이의 거리 (최단 거리) 는, 20 mm 이상, 특히 30 mm 이상으로 설정하는 것이 바람직하다. 이것보다 좁으면, 노즐 (13) 의 선단으로부터 분사되어, 파이버상이 된 원료액이 전극 (14) 에 부착되기 쉬워진다. 노즐 (13) 의 선단과 전극 (14) 사이의 거리의 상한치는 100 mm 이하, 특히 50 mm 이하로 설정하는 것이 바람직하다. 이것보다 넓으면 노즐 (13) 과 전극 (14) 의 사이에 형성되는 전계가 약해져, 높은 대전량을 얻을 수 없다. 예를 들어 양자간의 거리는, 20 mm 이상 100 mm 이하로 설정하는 것이 바람직하고, 30 mm 이상 50 mm 이하로 설정하는 것이 더욱 바람직하다.
- [0054] 도전성 재료로 이루어지는 노즐 (13) 과 전극 (14) 의 사이에는, 어스 (102) 와 금속 도선 (103) 을 개재하여, 전압 발생 수단 (101) 에 의해 직류 전압이 인가되도록 되어 있다. 노즐 (13) 은 도 1 에 나타내는 바와 같이 접지되어 있다. 이에 대하여 전극 (14) 에는 부전압이 인가되어 있다. 따라서 전극 (14) 이 음극이 되고, 또한 노즐 (13) 이 양극이 되어, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 전압이 발생하여, 전계가 형성된다. 또한, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 전계를 발생시키기 위해서는, 도 1 에 나타내는 전압의 인가 방법 대신에, 노즐 (13) 에 정전압을 인가함과 함께, 전극 (14) 을 접지해도 된다. 다만, 노즐 (13) 에 정전압을 인가하는 것보다도, 그 노즐 (13) 을 접지하는 편이, 절연 대책을 간편하게 할 수 있으므로 바람직하다. 또 전압 발생 수단 (101) 에 의해 발생시키는 전압은, 전극 (14) 이 음극으로 유지되고, 또한 노즐 (13) 이 양극으로 유지되는 한, 즉 노즐 (13) 이 전극 (14) 보다 고전위로 유지되는 한, 직류 전압에 교류 전압을 중첩한 것 같은 변동 전압이어도 된다. 원료액의 대전량을 일정하게 유지하여, 균일한 굵기의 나노 파이버를 제조한다는 관점에서는 전압은 직류 전압인 것이 바람직하다.
- [0055] 전압 발생 수단 (101) 에는 고압 전원 장치 등의 공지된 장치를 사용할 수 있다. 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 가해지는 전위차는, 1 kV 이상, 특히 10 kV 이상으로 하는 것이, 원료액을 충분히 대전시킬 수 있는 점에서 바람직하다. 한편, 이 전위차는 100 kV 이하, 특히 50 kV 이하로 하는 것이, 노즐 (13) 과 전극 (14) 의 사이에 있어서의 방전을 방지하는 점에서 바람직하다. 예를 들어 1 kV 이상 100 kV 이하, 특히 10 kV 이상 50 kV 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한 전압 발생 수단 (101) 에서 인가한 전압이 변동 전압인 경우는, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 발생하는 전위차의 시간 평균이 상기 범위 내로 하는 것이 바람직하다.
- [0056] 제조 장치 (10) 는 추가로 공기류 분사 수단 (15) 을 구비하고 있다. 공기류 분사 수단 (15) 은, 1 차 고속 공기류의 분사가 가능하게 되어 있다. 공기류 분사 수단 (15) 은, 노즐 (13) 과 전극 (14) 의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능한 위치에 배치되어 있다. 원료액으로부터 형성된 나노 파이버는 정(正)으로 대전하고 있고, 양극인 노즐 (13) 로부터 음극인 전극 (14) 으로 향해 뻗어 가려고 한다. 공기류 분사 수단 (15) 으로부터 분사된 공기류는 이 나노 파이버의 진행 방향을 전환시켜, 포집 수단이 있는 방향 (도 1 의 (a) 의 도면의 우방향) 으로 반송함과 함께, 나노 파이버를 연신시키는 것에 기여한다.
- [0057] 공기류 분사 수단 (15) 으로부터 분사되는 공기류로서는, 예를 들어 드라이어 등에 의해 습도 30 %RH 이하로 건조시킨 것을 사용할 수 있다. 또 공기류는, 제조되는 나노 파이버 상태가 일정하게 유지되도록 하기 위해서, 온도가 일정하게 유지되어 있는 것이 바람직하다. 공기류의 유속은, 예를 들어 200 m/sec 이상, 특히 250 m/sec 이상으로 하는 것이 바람직하다. 이것보다 느리면, 나노 파이버의 진행 방향을, 노즐 (13) 과 전

극 (14) 간의 전계에 역행하여, 포집 수단이 있는 방향으로 전환하는 것이 어려워진다. 유속의 상한은 예를 들어 600 m/sec 이하, 특히 530 m/sec 이하로 하는 것이 바람직하다. 이것보다 빠른 유속을 만드는 것은 설비적 부하가 커짐과 함께, 공기류로 파이버가 끊어질 우려가 있다. 유속은 200 m/sec 이상 600 m/sec 이하로 하는 것이 바람직하고, 특히 250 m/sec 이상 530 m/sec 이하인 것이 바람직하다.

[0058] 공기류 분사 수단 (15) 에 더하여, 제조 장치 (10) 는 제 2 공기류 분사 수단 (16) 도 구비하고 있다. 제 2 공기류 분사 수단 (16) 은, 공기류 분사 수단 (15) 으로부터의 1 차 고속 공기류를 포함하도록, 이 1 차 고속 공기류의 속도보다는 느린 공기류인 2 차 고속 공기류를 광범위하게 분사하는 것이다. 1 차 고속 공기류를 포함하도록 2 차 고속 공기류를 대량으로 분사함으로써, 1 차 고속 공기류의 호트러짐을 억제할 수 있고, 나노 파이버의 제조를 안정적으로 실시하는 것이 가능하게 된다.

[0059] 본 실시 형태의 제조 장치 (10) 에 있어서는, 공기류 분사 수단 (15) 및 제 2 공기류 분사 수단 (16) 에 대향하는 위치에, 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 배치한다. 특히 포집 수단의 일부로서 포집용 전극 (도시 생략) 을 배치할 수 있다. 포집용 전극은, 금속 등의 도전성 재료로 구성되어 있는 평판상의 것으로 할 수 있다. 포집용 전극의 판면과, 공기류의 분사 방향은 대략 직교하고 있다. 또 후술하는 바와 같이, 포집용 전극은 그 대략 전체면을 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복할 수 있고, 더욱 바람직하게는 전체면을 피복할 수 있다. 여기서 대략 전체면이란 당해 면의 전체 표면적의 90 % 이상의 면적을 차지하는 면을 의미한다. 전체면이란, 당해 면의 전체 표면적의 100 % 를 차지하는 면을 의미한다. 정으로 대전한 나노 파이버를 포집용 전극으로 유인하기 위해서, 포집용 전극에는 양극인 노즐 (13) 보다 낮은 (부 (負) 의) 전위를 부여한다. 유인을 더욱 효율적으로 하기 위해, 음극인 전극 (14) 보다 낮은 (부의) 전위를 부여하는 것이 바람직하다. 포집용 전극 (전극 표면) 과 노즐 (13) 의 선단의 거리 (최단 거리) 는, 그 하한치를 바람직하게는 100 mm 이상, 더욱 바람직하게는 500 mm 이상으로 할 수 있다. 이렇게 함으로써, 포집용 전극에 도달하기까지 나노 파이버가 충분히 고화될 수 있다. 상한치는 바람직하게는 3000 mm 이하, 더욱 바람직하게는 1000 mm 이하로 할 수 있다. 이렇게 함으로써, 포집용 전극에 의한 전기적 유인의 힘이 강해져, 나노 파이버의 포집율이 향상된다. 예를 들어 바람직하게는 100 mm 이상 3000 mm 이하, 더욱 바람직하게는 500 mm 이상 1000 mm 이하로 할 수 있다.

[0060] 또한 본 실시 형태의 제조 장치 (10) 에 있어서는, 상기의 포집용 전극에 인접하도록, 그 포집용 전극과 노즐 (13) 의 사이에, 나노 파이버가 포집되는 포집체 (도시 생략) 를 포집 수단으로서 배치할 수도 있다. 포집체로서는, 예를 들어 필름, 메시, 부직포, 종이 등의 절연체를 사용할 수 있다.

[0061] 또한 본 실시 형태의 제조 장치 (10) 에 있어서는, 공기류 분사 수단 (15) 및 제 2 공기류 분사 수단 (16) 에 대향하도록, 분사된 공기류의 배기를 실시하는 공기 배기 수단 (도시 생략) 을 배치할 수도 있다. 공기 배기 수단은, 상기 서술한 포집용 전극보다 배면측 (노즐 (13) 로부터 먼 측) 에 배치되는 것이 바람직하다. 공기 배기 수단으로서, 예를 들어 석션 박스 등의 공지된 장치를 사용할 수 있다.

[0062] 이상과, 본 실시 형태의 제조 장치 (10) 의 기본 구조인 바, 본 제조 장치 (10) 에 있어서는, 판상의 전극 (14) 을 구성하는 평면부 중, 노즐 (13) 에 대향하는 면 (도면 중의 전극 (14) 의 저면) 이, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (17) 로 피복되어 있다. 도 1 의 경우, 피복체 (17) 는 단일종의 유전체로 구성되어 있다.

[0063] 본 발명에서는, 전극은 노즐과 대향하는 면의 대략 전체면이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복된다. 더욱 바람직하게는 노즐과 대향하는 면의 전체면이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복된다. 노즐과 대향하는 면은, 노즐의 선단 (원료액이 분사되는 개구부) 으로부터 향할 수 있는 전극의 표면이다. 보다 상세하게는, 노즐의 선단 상의 각 점으로부터 전극을 향하여 직선을 그었을 때에 전극과 최초로 접하는 점의 집합이다. 또 대략 전체면이란 당해 면의 전체 표면적의 90 % 이상의 면적을 차지하는 면을 의미하고, 전체면이란 당해 면의 전체 표면적의 100 % 의 면적을 차지하는 면을 의미한다. 표면에 유전체가 노출된 피복체란, 그 표면의 대략 전체면 (90 % 이상의 면적) 이 유전체만으로 구성된 피복체이다. 후술하는 바와 같이, 그 피복체는 표면의 전체면 (100 % 의 면적) 이 유전체만으로 구성되어 있는 것이 바람직하다. 즉, 본 발명에 있어서, 피복체는 표면에 유전체가 노출되고, 표면에 금속 등의 도전체가 비존재로 한 피복체인 것이 바람직하다. 단일종의 유전체로 구성된 피복체가 그 전형예이지만, 피복체는 복수종의 유전체가 적층된 복합체여도 되고, 표면이 유전체만으로 구성되어 있으면, 내부 (표면에 노출되지 않는 부분) 에 금속의 입자 또는 공기의 층 등을 포함한 복합체여도 된다. 특히 전극과 피복체의 접합부의 일부에 공기의 층이 존재하고 있어도 되지만, 전극과 피복체의 접합을 강고하게 하는 관점에서는 전극과 피복체는 밀착되어 있는 편이 바람직하다. 또한 본 발명에서는, 당해 피복체의 표면을 추가로 피복하는 물체는 존재하지 않는 것으로 상정하고 있다.

만일, 당해 피복체의 표면을 추가로 피복하는, 금속 등으로 이루어지는 도전층이 존재한다면 본 발명의 효과는 저감된다.

[0064] 도 1 에 나타내는 전극 (14) 은, 노즐 (13) 에 대향하는 면만이 피복체 (17) 로 피복되어 있지만, 이것에 더하여, 노즐 (13) 과 대향하지 않는 면의 일부도, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (17) 로 피복되어 있는 것이 바람직하다. 또한, 노즐 (13) 과 대향하지 않는 면의 전부가, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (17) 로 피복되어 있는 것이 바람직하다. 여기서 노즐과 대향하지 않는 면이란, 노즐의 선단 (원료액이 분사되는 개구부) 으로부터 향할 수 없는 전극의 표면이다. 보다 상세하게는, 전극의 표면 중, 노즐과 대향하는 면을 제외한 면이다.

[0065] 본 발명자들은, 상기와 같이, 전극 (14) 의 표면 중의 노즐 (13) 과 대향하는 면을 피복체로 피복함으로써, 노즐 (13) 으로부터 분사되는 원료액의 대전량을 현저하게 높일 수 있는 것을 알아냈다. 그 메커니즘은 다음과 같이 예상된다. 본 실시 형태의 전계 방사 장치 (10) 에 있어서는, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 형성된 전계에 의해, 원료액 중의 양이온은 전극 (14) (음극) 측으로 끌어당겨지고, 원료액의 음이온은 노즐 (13) (양극) 의 내면에 끌어당겨진다. 이 때문에 전극 (14) 을 향하여 분사되는 원료액에는 양이온이 많이 포함되어, 원료액은 정으로 대전한다. 동시에, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 인가된 전압에 의해, 전극 (14) (음극) 으로부터 대기에 전자가 방출되어, 노즐 (13) (양극) 을 향하여 비레한다. 이 비레한 (부로 대전한) 전자는, 분사된 (정으로 대전한) 원료액과 충돌하고, 원료액의 대전을 중화하여, 대전량을 감소시켜 버린다. 한편, 음극인 전극 (14) 의 표면을, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (17) 로 피복하면, 전극 (14) 으로부터의 전자의 방출을 억제할 수 있다. 그 결과, 비레한 전자에 의한 원료액의 중화, 즉 대전량의 감소를 억제할 수 있어, 원료액의 대전량이 높아진다고 생각된다. 또한, 전극 (14) 으로부터 노즐 (13) 에 비레하는 전자의 수가 적어지기 때문에, 전극 (14) 과 노즐 (13) 간의 방전이 억제되어, 전극 (14) 과 노즐 (13) 간의 인가 전압을 늘리는 것이나, 거리를 좁히는 것이 가능하게 된다. 이로써, 전극 (14) 과 노즐 (13) 간의 전계를 강하게 하여 원료액의 대전량을 높일 수 있다. 게다가 또, 전극 (14) (음극) 과 노즐 (13) (양극) 은 공기를 사이에 둔 콘덴서로 간주할 수 있기 때문에, 전극간에 유전체를 삽입함으로써 콘덴서의 전기 용량이 증가하고, 이 결과, 원료액의 대전량이 증가한다는 효과도 기대할 수 있다. 또, 전극 (14) 으로부터 노즐 (13) 에 비레하는 전자의 수가 적어지면, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 흐르는 전류 (누설 전류) 가 줄어들어, 나노 파이버 제조 시의 소비 전력이 저감된다는 효과도 기대할 수 있다.

[0066] 상기 효과를 유효하게 발현시키기 위해서는, 노즐 (13) 과 대향하는 면의 대략 전체면 (90 % 이상의 면적) 을 피복체 (17) 로 피복하는 것이 바람직하고, 특히 노즐 (13) 과 대향하는 면의 전체면 (100 % 의 면적) 을 피복체 (17) 로 피복하는 것이 바람직하다. 피복되어 있지 않은 면의 면적이 크면, 그곳으로부터 전자가 대기에 방출되어, 비레한 전자에 의해 원료액의 대전량이 감소되어 버린다. 또, 전극 (14) 의 표면 중의 노즐 (13) 과 대향하는 면만이 아니고, 노즐 (13) 과 대향하지 않는 면도 피복체 (17) 로 피복함으로써 상기 효과는 한층 커진다. 노즐 (13) 과 대향하지 않는 면으로부터도 많이 전자가 대기에 방출되기 때문이다. 원료액의 대전량을 높인다는 관점에서는, 전극 (14) 의 모든 면을 피복체 (17) 로 피복하는 것이 바람직하다.

[0067] 먼저 배경 기술의 항에서 기술한 특허문헌 2 에는, 인체가 인가 전극에 접촉하여 감전되는 위험성을 저감하는 것을 목적으로, 분사 수단으로부터 향하는 인가 전극의 표면에 유전체로 이루어지는 절연층을 배치한 나노 파이버 제조 장치가 개시되어 있다. 그러나, 특허문헌 2 에서는, 절연층의 표면 상에 도체로 이루어지는 도체층 (도전층) 을 추가로 배치하고 있다. 즉, 표면에 도체층이 노출된 피복체를 사용하고 있다. 이와 같은 도체층으로부터는 전자가 대기에 방출되기 쉽고, 표면에 유전체가 노출된 피복체를 사용하여 전자의 방출을 억제하는, 본 발명의 효과는 기대할 수 없다고 생각된다. 동일한 이유에서, 본 발명의 피복체는 표면의 전체면 (100 % 의 면적) 이 유전체만으로 구성되어 있는 것, 즉, 표면에 유전체가 노출되고, 표면에 금속 등의 도전체가 비존재로 한 피복체인 것이 바람직하다.

[0068] 피복체 (17) 에 사용하는 유전체로서는, 절연 재료인 마이카, 알루미늄, 지르코니아, 티탄산바륨 등의 세라믹 재료나, 베이클라이트 (페놀 수지), 나일론 (폴리아미드), 염화비닐 수지, 폴리스티렌, 폴리에스테르, 폴리프로필렌, 폴리 4 불화에틸렌, 폴리페닐렌설파이드 등의 수지계 재료를 들 수 있다. 이들 중, 알루미늄, 베이클라이트, 나일론, 염화비닐 수지 중에서 선택되는 적어도 1 종 이상의 절연 재료를 사용하는 것이 바람직하고, 특히 나일론을 사용하는 것이 바람직하다. 나일론으로서, 6 나일론이나 66 나일론 등의 각종의 폴리아미드를 사용할 수 있다. 또 나일론으로서 시판품을 사용할 수도 있다. 그러한 시판품으로서, 예를 들어 MC 나일론 (등록상표) 을 들 수 있다. 피복체 (17) 에 사용하는 유전체에는 대전 방지제를 함유시킬 수 있다. 대전 방지제를 함유시킴으로써, 대전한 원료액이나 나노 파이버 등이 피복체 (17) 에 부착되었을 때,

피복체 (17) 의 대전을 저감할 수 있다. 대전 방지제로서는 공지된 시판품을 사용할 수 있고, 예를 들어 펠렉트론 (산요 화성공업 (주)), 일렉트로 스트립퍼 (카오 (주)), 엘레스트 마스터 (카오 (주)), 리케마르 (리켄 비타민 (주)), 리케마스타 (리켄 비타민 (주)) 등을 사용할 수 있다.

[0069] 피복체 (17) 는, 균일한 두께로 전극 (14) 을 피복하고 있는 것이 바람직하다. 피복체 (17) 를 구성하는, 표면에 노출된 유전체의 두께는, 0.8 mm 이상, 특히 2 mm 이상, 특히 8 mm 이상인 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써, 전극으로부터의 전자의 방출을 충분히 억제할 수 있어, 원료액의 대전량을 높일 수 있다. 이것보다 얇으면, 전극 (14) 으로부터의 전자의 방출을 충분히 억제할 수 없어, 원료액의 대전량을 높일 수 없는 경우가 있다. 또한 당해 두께는, 피복체 (17) 가 단일종 또는 복수종의 유전체로 구성되어 있는 경우, 피복체 (17) 의 두께를 가리키는 (피복체 (17) 의 두께와 동일한) 것으로 한다. 또 피복체 (17) 가 내부 (표면에 노출되지 않는 부분) 에 금속의 입자 또는 공기의 층 등을 포함한 복합체인 경우는, 표면으로부터 금속 또는 공기까지의 사이에 존재하는 유전체의 두께를 가리키는 것으로 한다. 피복체 (17) 의 두께의 상한치는, 25 mm 이하, 특히 20 mm 이하, 특히 15 mm 이하인 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써, 노즐의 선단으로부터 분사되어, 파이버상이 된 원료액이 유전체에 끌어당겨져 부착되는 것을 방지할 수 있다. 또, 원료액이 전극에 부착되기 어려워지므로, 보다 높은 전압을 인가할 수 있고, 그것에 따라 원료액의 대전량을 높일 수 있다. 이것보다 두꺼우면, 노즐 (13) 의 선단으로부터 분사되어, 파이버상이 된 원료액이 피복체 (17) 에 부착되기 쉬워진다. 피복체 (17) 가 단종 또는 복수종의 유전체로 구성되어 있는 경우, 예를 들어 피복체 (17) 의 두께는 0.8 mm 이상 25 mm 이하, 특히 2 mm 이상 20 mm 이하, 특히 8 mm 이상 15 mm 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0070] 먼저 배경 기술의 항에서 기술한 특허문헌 3 에는, 전극의 표면에 얇은 절연체층을 형성한 나노 파이버 제조 장치가 개시되어 있다. 당해 나노 파이버 제조 장치는, 원료액 분사 노즐이 아니고, 직경 10 mm ~ 300 mm 의 도전성 원통의 측면에 다수의 유출공을 형성한 유출체를 사용하고 있는 점에서 원래 본 발명과는 구성이 상이하지만, 유출체에 대향하는 면에 얇은 절연체층을 형성한 전극을 구비하고 있다. 그러나 절연체층의 목적은, 전극에 나노 파이버가 부착되는 것을 방지하고, 또한 나노 파이버의 대전 상태를 변화시키는 것이며, 그 목적을 달성하기 위해서 0.2 mm 두께의 얇은 절연체층을 사용하고 있다. 특허문헌 3 에서 이용되고 있는 이와 같은 얇은 절연체층에서는 전극으로부터의 전자의 방출을 충분히 억제할 수는 없어, 본 발명의 효과는 기대할 수 없다고 생각된다.

[0071] 본 실시 형태의 제조 장치에 있어서는, 전극 (14) 의 표면 중의, 노즐 (13) 과 대향하는 면의 대략 전체면에 피복체 (17) 를 배치하는 것에 더하여, 또는 그것대신에, 노즐 (13) 의 외면의 대략 전체면을, 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해 피복하는 것으로도, 원료액의 대전량을 증가시킬 수 있다. 상세하게는, 도 2 에 나타내는 바와 같이, 노즐 (13) 은, 그 외면이 피복체 (107) 에 의해 피복되어 있다. 그리고 피복체 (107) 는, 노즐 (13) 의 선단 (13a) 을 넘어 연장되어 있다. 피복체 (107) 중 연장 부분 (107a) 은, 노즐 (13) 을 둘러싸는 통형상의 형태를 하고 있고, 중공부를 가지고 있다. 이 중공부가 노즐 (13) 의 내부와 연통되어 있다. 또한 노즐 (13) 의 외면이란, 노즐 (13) 의 표면 중, 노즐 (13) 내를 유통하는 원료액과 접하는 노즐 내면 및 원료액이 분사되는 노즐 (13) 의 선단 (13a) 의 면 및 그것과 반대측의 노즐 (13) 의 후단의 면을 제외한 면이다. 피복체 (107) 는 단일종 또는 복수종의 유전체로 구성되어 있다.

[0072] 노즐 (13) 의 외면의 대략 전체면을, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (107) 로 피복함으로써, 전극 (14) 으로부터 비래하여 노즐 (13) 에 유입되는 전자의 수를 억제할 수 있다. 그 결과, 전극 (14) 과 노즐 (13) 간의 방전이 일어나기 어려워져, 전극 (14) 과 노즐 (13) 간의 인가 전압을 늘리는 것이나, 거리를 좁히는 것이 가능하게 된다. 이로써 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 전계를 강하게 하여 원료액의 대전량을 높일 수 있다. 상기 효과를 유효하게 발현시키기 위해서는, 노즐 (13) 의 외면의 대략 전체면 (90 % 이상의 면적) 을 피복체 (107) 로 피복하는 것이 바람직하고, 특히 노즐 (13) 의 외면의 전체면 (100 % 의 면적) 을 피복체 (107) 로 피복하는 것이 바람직하다. 또 피복체 (107) 를 노즐 (13) 의 선단 (13a) 을 넘어 연장시킴으로써, 노즐 (13) 의 선단 (13a) 에 전자가 비래하는 것을 억제할 수 있어, 원료액의 대전량을 더욱 높일 수 있다.

[0073] 피복체 (107) 의 연장 부분 (107a) 의 길이는, 1 mm 이상인 것이 바람직하고, 10 mm 이상인 것이 더욱 바람직하다. 이것보다 짧으면 피복체 (107) 를 연장한 효과가 작아진다. 상한치는, 15 mm 이하인 것이 바람직하고, 12 mm 이하인 것이 더욱 바람직하다. 이것보다 길면, 피복체 (107) 의 선단으로부터 분사되어, 파이버상이 된 원료액이 전극 (14) 또는 피복체 (17) 에 부착되기 쉬워진다. 예를 들어 연장 부분 (107a) 의 길이는, 1 mm 이상 15 mm 이하, 특히 10 mm 이상 12 mm 이하인 것이 바람직하다. 이 길이의 연장 부분 (107a) 을 형성함으로써, 전극 (14) 과 노즐 (13) 간의 방전을 억제하여 원료액의 대전량을 효과적으로 높일 수 있다.

- [0074] 노즐 (13) 을 피복하는 피복체 (107) 를 구성하는 유전체로서는, 전극 (14) 을 피복하는 피복체 (17) 를 구성하는 유전체와 동일한 것을 사용할 수 있다. 그 유전체에는 피복체 (17) 로 사용한 것과 동일한 대전 방지제를 함유시킬 수 있다. 또 노즐 (13) 을 피복하는 피복체 (107) 의 두께도, 전극 (14) 을 피복하는 피복체 (17) 의 두께와 동일하게 할 수 있다.
- [0075] 본 실시 형태의 제조 장치에 있어서는, 포집 수단의 일부인 포집용 전극의 대략 전체면을, 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해 피복하는 것으로도, 원료액의 대전량을 증가시킬 수 있다. 전술한 바와 같이, 포집용 전극 (도시 생략) 은, 정으로 대전한 나노 파이버를 유인하기 위해서, 양극인 노즐 (13) 보다 낮은 (부의) 전위가 부여되어 있다. 따라서 포집용 전극의 표면에서도 전자가 대기에 방출되어, 그 전자가 노즐 (13) 에 비례한다. 이 전자의 비례를, 포집용 전극의 대략 전체면을, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복함으로써 억제할 수 있다. 그 결과, 비례한 전자에 의한 원료액의 중화, 즉 대전량의 감소를 억제할 수 있어, 원료액의 대전량을 높일 수 있다. 상기 효과를 유효하게 발현시키기 위해서는, 포집용 전극의 대략 전체면 (90 % 이상의 면적) 을 피복체로 피복하는 것이 바람직하고, 특히 포집용 전극의 전체면 (100 % 의 면적) 을 피복체로 피복하는 것이 바람직하다. 포집용 전극을 피복하는 피복체를 구성하는 유전체로서는, 전극 (14) 을 피복하는 피복체 (17) 를 구성하는 유전체와 동일한 것을 사용할 수 있다. 그 유전체에는 피복체 (17) 로 사용한 것과 동일한 대전 방지제를 함유시킬 수 있다. 또 피복체는, 균일한 두께로 포집용 전극을 피복하고 있는 것이 전극과 노즐간의 전계를 안정시키는 점에서 바람직하다. 피복체를 구성하는, 표면에 노출된 유전체의 두께는, 0.8 mm 이상, 특히 2 mm 이상, 특히 8 mm 이상인 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써, 전극으로부터의 전자의 방출을 충분히 억제할 수 있어 원료액의 대전량을 높일 수 있다. 이것보다 얇으면, 포집용 전극으로부터의 전자의 방출을 충분히 억제할 수 없어, 원료액의 대전량을 높일 수 없다. 피복체의 두께의 상한에 대해서는 특별한 제한은 없지만, 사용하는 재료의 양을 저감한다는 경제적 관점에서 두께의 상한치는, 25 mm 이하, 특히 20 mm 이하, 특히 15 mm 이하인 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써, 노즐의 선단으로부터 분사되어, 파이버상이 된 원료액이 유전체에 끌어당겨져 부착되는 것을 방지할 수 있다. 또, 원료액이 전극에 부착되기 어려워지므로, 보다 높은 전압을 인가할 수 있고, 그것에 따라 원료액의 대전량을 높일 수 있다. 피복체가 단일종 또는 복수종의 유전체로 구성되어 있는 경우, 예를 들어 피복체의 두께는 0.8 mm 이상 25 mm 이하, 특히 2 mm 이상 20 mm 이하, 특히 8 mm 이상 15 mm 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0076] 본 실시 형태의 제조 장치에 있어서는, 피복체에 의한 포집용 전극의 피복과 전술한 피복체 (17) 에 의한 전극 (14) 의 피복 및/또는 피복체 (107) 에 의한 노즐 (13) 의 피복을 조합할 수도 있다.
- [0077] 본 실시 형태의 제조 장치 (10) 를 사용한 나노 파이버의 제조 방법에 있어서는, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 전계를 발생시킨 상태하에, 노즐 (13) 의 선단으로부터 원료액을 분사한다. 전계에 의해, 원료액 중의 양이온은 전극 (14) (음극) 측으로 끌어당겨지기 때문에, 노즐 (13) 로부터 전극 (14) 을 향하여 분사되는 원료액에는 양이온이 많이 포함되어 원료액은 정으로 대전한다. 그리고 전술한 바와 같이, 전극 (14) 을 피복체 (17) 로 피복하고 있는 것에서 기인하여, 원료액의 단위 질량당 대전량은 매우 높아진다. 대전한 상태에서 분사된 원료액은 전계의 작용에 의해, 그 액면이 원추상으로 변형된다. 전극 (14) 에 끌어당겨지는 힘이 원료액의 표면 장력을 초과하면, 전극 (14) 의 방향으로 원료액이 단번에 끌어당겨진다. 이 때, 분사한 원료액을 향하여 공기류 분사 수단 (15) 으로부터 공기류를 분사시킴으로써, 원료액의 진행 방향을 바꾸어 원료액을 포집체 (도시 생략) 의 방향으로 향하게 한다. 이 동안, 원료액이 가지는 전하의 자기 반발의 연쇄에 의해 파이버는 나노 사이즈로까지 가늘어지고, 동시에, 용매의 휘발이나 고분자의 응고 등이 진행되어, 나노 파이버가 생성된다. 생성된 나노 파이버는, 공기류 분사 수단 (15) 및 제 2 공기류 분사 수단 (16) 으로부터 분사된 공기류를 타고, 또한 포집용 전극 (도시 생략) 이 만드는 전계에 유인되어, 공기류 분사 수단 (15) 과 대향하는 위치에 배치된 포집체의 표면에 퇴적된다. 정으로 대전한 나노 파이버를 포집체에 유인하기 위해, 포집용 전극에는 양극인 노즐 (13) 보다 낮은 (부의) 전위를 부여한다. 혹은 유인을 더욱 효율적으로 하기 위해, 음극인 전극 (14) 보다 낮은 (부의) 전위를 부여한다.
- [0078] 이상의 나노 파이버의 제조 방법에 있어서는, 노즐 (13) 의 선단으로부터 분사되는 원료액의 대전량이 매우 높아져 있으므로, 전극 (14) 의 방향으로 원료액을 끌어당기는 힘이 큰 것이 된다. 따라서, 종래보다 (단위 시간당) 다량의 원료액을 노즐 (13) 로부터 분사해도, 종래와 동일한 정도로 가는 나노 파이버를 제조하는 것이 가능하게 된다. 게다가, 원료액의 토출량을 증가시켜도, 얻어지는 나노 파이버에 결함 등이 생기기 어려워진다. 여기서 말하는 결함이란, 예를 들어 원료액의 액적이 그대로 고화된 것이나, 원료액의 액적이 충분히 늘어지지 않은 채 고화되어 생긴 비드상의 것이다.
- [0079] 도 3 및 도 4 에는, 본 발명의 제조 장치의 다른 실시 형태가 나타나 있다. 또한 도 3 및 도 4 에 나타내는

실시 형태에 관하여, 특별히 설명하지 않는 점에 대해서는, 도 1 및 도 2 에 나타내는 실시 형태에 관한 설명이 적절히 적용된다.

[0080] 본 실시 형태의 제조 장치 (18) 는, 전극 (19) 과 원료액 분사용 노즐 (20) 을 가지고 있다. 전극 (19) 은 전체적으로 오목 곡면 형상을 하고 있고, 특히 대략 완형(碗形)을 하고 있다. 그리고 그 내면에 오목 곡면 (R) 을 구비하고 있다. 오목 곡면 (R) 을 갖는 전극 (19) 은, 그 개구단의 위치에, 평면상의 플랜지부 (19a) 를 가지고 있다. 전극 (19) 은, 그 내면이 오목 곡면 (R) 으로 되어 있는 한에 있어서, 그 외면의 형상은 대략 완형이 되어 있는 것을 필요로 하지 않고, 그 밖의 형상으로 되어 있어도 된다. 전극 (19) 은 도전성 재료로 구성되어 있고, 일반적으로는 금속체이다. 전극 (19) 은, 전기 절연성 재료로 이루어지는 기대 (30) 에 고정되어 있다. 또 전극 (19) 은, 도 4 에 나타내는 바와 같이 전압 발생 수단인 직류 고압 전원 (40) 에 접속되어 부전압이 인가되어 있다.

[0081] 오목 곡면 (R) 을 그 개구단측에서 보았을 때, 그 개구단은 원형을 하고 있다. 이 원형은, 진원형이어도 되고, 혹은 타원형이어도 된다. 후술하는 바와 같이, 노즐 (20) 의 선단에 전계를 집중시키는 관점에서는, 오목 곡면 (R) 의 개구단은 진원형인 것이 바람직하다. 한편, 오목 곡면 (R) 은, 그 어느 위치에 있어서도 곡면으로 되어 있다. 여기서 말하는 곡면이란, (⌒) 평면부를 전혀 가지지 않은 곡면이거나, (⌒) 평면부를 갖는 복수의 세그먼트를 서로 연결하여 전체적으로 오목 곡면으로 간주할 수 있는 형상으로 되어 있는 것이거나, 또는 (⌒) 서로 직교하는 3 축 중 1 축이 곡률을 갖지 않는 띠형상부를 갖는 복수의 고리형 세그먼트를 서로 연결하여 전체적으로 오목 곡면으로 간주할 수 있는 형상으로 되어 있는 것 중 어느 것을 말한다. (⌒) 의 경우에는, 예를 들어 세로 및 가로 길이가 0.5 ~ 5 mm 정도의 직사각형으로 되어 있는, 동일한 또는 상이한 크기의 평면부를 갖는 세그먼트를 서로 연결하여 오목 곡면 (R) 을 형성하는 것이 바람직하다. (⌒) 의 경우에는, 예를 들어 반경이 여러 가지 상이하고, 또한 높이가 0.001 ~ 5 mm 인 편평한 복수 종류의 원통으로 이루어지는 고리형 세그먼트를 서로 연결하여 오목 곡면 (R) 을 형성하는 것이 바람직하다. 이 고리형 세그먼트에 있어서는, 서로 직교하는 3 축, 즉 X 축, Y 축 및 Z 축 중, 원통의 횡단면을 포함하는 X 축 및 Y 축이 곡률을 가지며, 또한 원통의 높이 방향인 Z 축이 곡률을 가지고 있지 않다.

[0082] 노즐 (20) 의 선단 (20a) 과 오목 곡면 (R) 사이의 거리 (최단 거리) 는, 제조 장치 (10) 에 있어서의 노즐 (13) 의 선단과 전극 (14) 사이의 거리 (최단 거리) 와 동일하게 할 수 있다.

[0083] 오목 곡면 (R) 은, 그 임의의 위치에 있어서의 법선이 노즐 (20) 의 선단 또는 그 근방을 지나는 값으로 되어 있는 것이 바람직하다. 이 관점에서, 오목 곡면 (R) 은, 진구의 구각(球角)의 내면과 동일한 형상을 하고 있는 것이 특히 바람직하다.

[0084] 도 3 및 도 4 에 나타내는 바와 같이, 오목 곡면 (R) 의 최저부는 개구하고 있고, 그 개구부에 노즐 어셈블리 (21) 가 장착되어 있다.

[0085] 노즐 어셈블리 (21) 는, 먼저 기술한 노즐 (20) 과, 그 노즐 (20) 을 지지하는 지지부 (22) 를 가지고 있다. 노즐 (20) 은 도전성 재료로 구성되어 있고, 일반적으로는 금속으로 구성되어 있다. 한편, 지지부 (22) 는 전기 절연성 재료로 구성되어 있다. 따라서, 먼저 기술한 전극 (19) 과 노즐 (20) 은, 지지부 (22) 에 의해 전기적으로 절연되어 있다. 노즐 (20) 은 접지되어 있다. 노즐 (20) 의 선단 (20a) 은 오목 곡면 (R) 으로 이루어지는 전극 (19) 내에 노출되어 있다. 노즐 (20) 은 지지부 (22) 를 관통하고 있고, 노즐 (20) 의 후단 (20b) 은, 전극 (19) 의 배면측 (즉, 오목 곡면 (R) 과 반대측) 에 있어서 노출되어 있다. 또한 노즐 (20) 은 반드시 지지부 (22) 를 관통하고 있을 필요는 없고, 지지부 (22) 에 형성한 원료액 공급용의 관통공의 도중에 노즐 (20) 의 후단 (20b) 이 위치하고 있어도 된다. 노즐 (20) 의 후단 (20b) 혹은 지지부 (22) 에 형성한 원료액 공급용의 관통공은, 원료액의 공급원 (도시 생략) 에 접속되어 있다. 노즐 어셈블리 (21) 는 원료의 공급원과 함께 원료 분사 수단을 구성한다.

[0086] 본 실시 형태의 제조 장치 (18) 에 있어서는, 도 3 및 도 4 에 나타내는 바와 같이, 노즐 어셈블리 (21) 에 있어서의 노즐 (20) 의 기부의 근방에, 관통공으로 이루어지는 공기류 분사 수단 (23) 이 형성되어 있다. 공기류 분사 수단 (23) 은, 노즐 (20) 이 연장되는 방향을 따라 형성되어 있다. 또한 공기류 분사 수단 (23) 은, 노즐 (20) 의 선단 (20a) 의 방향을 향하여 공기류를 분사시키는 것이 가능하도록 형성되어 있다. 전극 (19) 의 개구단측에서 보았을 때, 공기류 분사 수단 (23) 은, 노즐 (20) 을 둘러싸도록 2 개 형성되어 있다. 공기류 분사 수단 (23) 은, 노즐 (20) 을 사이에 두고 대칭인 위치에 형성되어 있다. 관통공으로 이루어지는 공기류 분사 수단 (23) 은, 그 후단측의 개구부가 공기류의 공급원 (도시 생략) 에 접속되어 있다. 이 공급원으로부터 공기가 공급됨으로써, 노즐 (20) 의 주위로부터 공기가 분출되도록 되어 있다. 분출된 공기

는, 노즐 (20) 의 선단 (20a) 으로부터 토출되고, 또한 전계의 작용에 의해 좁다랗게 늘어진 원료액을, 공기류 분사 수단 (23) 에 대향하는 위치에 배치된 포집용 전극 (도시 생략) 을 향하여 반송한다. 또한, 도 3 및 도 4 에 있어서는, 공기류 분사 수단 (23) 이 2 개 형성되어 있는 상태가 나타나 있지만, 공기류 분사 수단 (23) 을 형성하는 개수는 이것에 한정되지 않고, 1 개 또는 3 개 이상이어도 된다. 또한 공기류 분사 수단을 이루는 관통공의 형상 (단면 형상) 은 원형에 한정되지 않고, 직사각형, 타원, 이중 원고리, 삼각, 허니콤 등이어도 된다. 균일한 공기류를 얻는 관점에서는 노즐을 둘러싸는 환상의 관통공이 바람직하다.

[0087] 그리고 본 실시 형태의 제조 장치 (18) 에 있어서는, 음극인 전극 (19) 의 표면 중, 노즐 (20) 과 대향하는 면의 전체면과 노즐 (20) 과 대향하지 않는 면의 일부에, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (207) 가 배치되어 있다. 전극 (19) 과 피복체 (207) 는 직접 접촉하고 있다. 피복체 (207) 는, 오목 곡면 (R) 으로 이루어지는 전극 (19) 과 상보 형상을 갖는 중공의 볼록부 (207a) 를 가지고 있다. 볼록부 (207a) 의 정부(頂部)는 개구하고 있고, 그 개구에는, 노즐 어셈블리 (21) 가 끼워넣어지도록 되어 있다. 볼록부 (207a) 는 전극 (19) 의 표면 중 노즐 (20) 과 대향하는 면을 피복한다. 또 피복체 (207) 는, 중공의 볼록부 (207a) 의 개구단으로부터 수평 방향으로 연장되는 플랜지부 (207b) 를 가지고 있다. 플랜지부 (207b) 는 전극 (19) 의 표면 중 노즐 (20) 과 대향하지 않는 면의 일부 (플랜지부 (19a)) 를 피복한다. 피복체 (207) 를, 전극 (19) 의 오목 곡면 (R) 에 끼워맞춘 상태에 있어서는, 소정의 접합 부재에 의해 전극 (19) 과 피복체 (207) 를 고정시킨다.

[0088] 상기의 접합 부재는 유전체로 구성되어 있는 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써, 접합 부재 자체에 전기가 흐르는 경우가 없어져, 전극 (19) 과 피복체 (207) 의 접합부로부터 발생하는 전기력선을 억제하는 것이 가능해지고, 전극 (19) 과 노즐 (20) 사이의 전계의 호트러짐을 방지할 수 있다. 또, 접합 부재에 의해 전극 (19) 과 피복체 (207) 를 접합함으로써, 전극 (19) 을 피복하는 피복체 (207) 의 종류를 변경하는 경우에, 그 피복체 (207) 를 용이하게 교환할 수 있어, 제조 장치 (18) 가 사용하기 쉬워진다.

[0089] 접합 부재로서는 예를 들어 점착제를 사용할 수 있다. 접합 부재로서는, 후술하는 바와 같이 나사를 사용할 수도 있다. 점착제로서는, 예를 들어 에폭시 수지계의 점착제나 외부 부착 테이프 등을 사용할 수 있다. 특히 의치 안정제와 같은 착탈 가능한 점착제를 사용함으로써, 피복체 (207) 를 전극 (19) 으로부터 떼어내기 쉬워져, 제조 장치 (18) 의 메인テナンス성이 향상된다. 나사를 사용하는 경우, 그 나사는, 피복체 (207) 와 동종 또는 이종의 유전체체나 목제일 수 있다. 이들의 재료로 이루어지는 접합 부재에 의해 전극 (19) 과 피복체 (207) 와 접합하여, 양자간에 공기층이 생기기 어려워져, 전극 (19) 과 노즐 (20) 사이의 전계를 안정시킬 수 있다.

[0090] 도 3 및 도 4 에 나타내는 실시 형태에 있어서는, 플랜지부 (207b) 에 형성된 관통공 (207c) 에, 접합 부재로서의 볼트 (207d) 를 통과시키고, 그 볼트 (207d) 를, 전극 (19) 의 플랜지부 (19a) 에 형성된 나사공 (19b) 에 박아넣어, 전극 (19) 과 피복체 (207) 를 고정하고 있다.

[0091] 관통공 (207c) 에는, 볼트 (207d) 의 헤드부보다 큰 치수의 구멍 (카운터 보어 구멍) 이 형성되어 있다. 그 것에 따라, 전극 (19) 과 피복체 (207) 가 고정된 상태에 있어서는, 볼트 (207d) 의 헤드부는 피복체 (207) 의 표면으로부터 돌출하지 않고, 피복체 (207) 의 내부에 위치하게 된다. 볼트 (207d) 를, 피복체 (207) 의 표면으로부터 최대한 돌출시키지 않도록 함으로써, 전극 (19) 과 노즐 (20) 사이의 전계를 안정시킬 수 있다. 또한, 전극 (19) 의 배면측으로부터 볼트를 삽입함으로써, 전극 (19) 과 피복체 (207) 를 고정하면, 피복체 (207) 의 표면측에 카운터 보어 구멍을 형성할 필요가 없기 때문에, 전계를 보다 안정시킬 수 있다.

[0092] 상기의 볼트 (207d) 는, 전극 (19) 과 노즐 (20) 사이의 전계를 안정시키는 관점에서 유전체로 구성되어 있는 것이 바람직하고, 구체적으로는 폴리에테르에테르케톤, 폴리페닐렌설파이드, 유리 섬유 강화 폴리아미드 MXD6, 폴리카보네이트, 폴리프로필렌, 세라믹, 테플론 (등록상표), 폴리불화비닐리덴, 비열가소성 폴리아미드 수지, 경질 폴리염화비닐 등을 들 수 있다.

[0093] 본 실시 형태에서 사용하는 피복체 (207) 를 구성하는 유전체로서는, 전극 (14) 을 피복하는 피복체 (17) 를 구성하는 유전체와 동일한 것을 사용할 수 있다. 그리고 각종의 열가소성 수지를 용융 성형하여 얻어진 성형체를 사용하면 간편해서 좋다. 그 유전체에는 피복체 (17) 로 사용한 것과 동일한 대전 방지제를 함유시킬 수 있다. 또 전극 (19) 을 피복하는 피복체 (207) 의 두께는, 전극 (14) 을 피복하는 피복체 (17) 의 두께와 동일하게 할 수 있다.

[0094] 본 실시 형태의 제조 장치 (18) 를 사용한 경우에도, 먼저 기술한 실시 형태의 제조 장치 (10) 와 마찬가지로,

피복체 (207) 의 작용에 의해 원료액의 대전량을 증가시킬 수 있다. 게다가 본 실시 형태의 제조 장치 (18) 는 전극 (19) 이 오목 구면 형상을 하고 있으므로, 원료액의 대전량의 증가가 한층 현저해진다. 제조 장치 (18) 에 있어서는, 노즐 (20) 의 선단 (20a) 으로부터 거의 등거리의 위치에, 노즐 (20) 의 면적보다 훨씬 넓은 전극면이 있다. 음극인 전극 (19) 과 양극인 노즐 (20) 에 축적되는 전하의 총량은 동일하기 때문에, 노즐 (20) 의 표면에는 전극 (19) 에 비해 훨씬 고밀도로 전하가 분포하게 되고, 그 결과, 노즐 (20) 근방의 전계가 강해진다. 이 강력한 전계가 원료액의 대전량을 한층 증가시키는 것이다. 이 관점에서는 노즐 (20) 의 면적은 작은 것이 바람직하고, 특히 노즐 (20) 의 길이 (노즐 (20) 의 선단 (20a) 과 후단 (20b) 사이의 거리) 는 짧은 것이 바람직하다. 구체적으로는 노즐 (20) 의 길이는 50 mm 이하인 것이 바람직하고, 10 mm 이하인 것이 더욱 바람직하고, 5 mm 이하인 것이 한층 바람직하다. 또 본 실시 형태와 같이 전극 (19) 을 오목 구면 형상으로 함으로써, 평면상의 전극을 사용한 경우보다 전극의 부피를 줄일 수 있으므로, 제조 장치 (18) 를 소형화할 수 있다.

[0095] 노즐 (20) 은, 그 연장되는 방향이, 전극 (19) 의 오목 곡면 (R) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원의 중심이나, 또는 그 중심의 근방과, 그 오목 곡면 (R) 에 있어서의 최저부에 형성된 개구의 중심이나, 또는 그 중심의 근방을 지나도록 배치되는 것이 바람직하다. 특히, 오목 곡면 (R) 의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면과, 노즐 (20) 이 연장되는 방향이 직교하고 있는 것이 바람직하다. 이와 같이 노즐 (20) 을 배치함으로써, 노즐 (20) 의 선단 (20a) 에 전계가 더 한층 집중하게 된다.

[0096] 노즐 (20) 의 선단 (20a) 의 위치에 관해서는, 그 선단 (20a) 이, 전극 (19) 의 오목 곡면 (R) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면 내 또는 그 평면 근방에 위치하는 것이 바람직하다. 특히, 그 평면보다 그 오목 곡면 (R) 의 내측에 위치하도록 그 노즐 (20) 을 배치하는 것이 바람직하다. 구체적으로는 그 평면보다 1 ~ 10 mm 내측에 배치하는 것이 바람직하다. 노즐 (20) 의 선단 (20a) 의 위치를 이와 같이 함으로써, 노즐 (20) 의 선단 (20a) 으로부터 분사된 원료액이, 전극 (19) 의 오목 곡면 (R) 에 끌어당겨지기 어려워져, 그 오목 곡면 (R) 이 그 원료액에 의해 오염되기 어려워진다. 이 관점에서, 전극 (19) 의 오목 곡면 (R) 은, 진구의 구각의 대략 반구면의 형상을 하고 있는 것이 특히 바람직하다.

[0097] 상기와 동일한 관점에서, 노즐 (20) 의 선단 (20a) 은, 오목 곡면 (R) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면 내에 위치하는 것이 바람직하다. 이 경우, 노즐 (20) 의 선단 (20a) 이, 개구단에 의해 형성되는 원의 중심으로부터 반경 10 mm 이내에 배치되는 것이 바람직하고, 반경 5 mm 이내에 배치되는 것이 보다 바람직하고, 원의 중심에 배치되는 것이 더욱 바람직하다.

[0098] 본 실시 형태의 제조 장치 (18) 에 있어서, 전극 (19) 은 노즐 (20) 과 대향하지 않는 면의 전부도, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복해도 된다. 구체적으로는, 도 4 에 있어서, 전극 (19) 의 외면 (오목 곡면 (R) 과는 반대측의 면) 및 플랜지부 (19a) 의 단면도 피복체로 피복해도 된다. 또, 먼저 기술한 실시 형태의 제조 장치 (10) 와 마찬가지로, 전극 (19) 에 있어서의 오목 곡면 (R) 의 내면에 피복체 (207) 를 배치하는 것에 더하여, 또는 그것 대신에, 노즐 (20) 의 외면의 대략 전체면을 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해 피복하는 것으로도, 원료액의 대전량을 증가시킬 수 있다. 구체적으로는, 먼저 기술한 도 2 에 나타내는 구성을 채용할 수 있다. 이들에 더하여 또한, 포집 수단의 일부인 포집용 전극의 대략 전체면을 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복해도 된다.

[0099] 도 5 에는, 본 발명의 제조 장치의 또 다른 실시 형태가 나타나 있다. 도 5 의 (b) 에는, 본 실시 형태에 있어서의 제조 장치 (310) 의 상면도가 나타나 있다. 도 5 의 (a) 는, 도 5 의 (b) 에 있어서의 A-A' 단면을 도면의 하방에서 바라보았을 때의 측면도이다. 이들의 도면에 나타내는 바와 같이, 제조 장치 (310) 는, 기본적으로는 도 1 및 도 2 에 나타내는 제조 장치 (10) 의 판상의 전극 (14) 을 오목 구면 형상의 전극 (314) 으로 치환한 것이다. 또한 도 5 에 나타내는 실시 형태에 관하여, 특별히 설명하지 않는 점에 대해서는, 도 1 내지 도 4 에 나타내는 실시 형태에 관한 설명이 적절히 적용된다. 또 도 5 에 있어서, 도 1 내지 도 4 와 동일한 부재에는 동일한 부호를 첨부하고 있다.

[0100] 제조 장치 (310) 는, 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 원료 분사 수단 (11) 을 구비하고 있다. 원료 분사 수단 (11) 은 송액부 (12) 및 노즐 (13) 을 가지고 있다. 노즐 (13) 의 개구의 바로 위의 위치에, 오목 구면 형상의 전극 (314) 이 그 내면을 아래로 향하여 배치되어 있다. 노즐 (13) 과 전극 (314) 은 금속 등으로 구성되어 있어 도전성을 가지고 있다. 노즐 (13) 과 전극 (314) 의 사이에는, 어스 (102) 와 금속 도선 (103) 을 개재하여, 전압 발생 수단인 직류 고압 전원 (101) 에 의해 직류 전압이 인가되도록 되어 있다. 노즐 (13) 은 도 5 의 (a) 에 나타내는 바와 같이 접지되어 양극이 된다. 이에 대하여 전극 (314)

에는 부전압이 인가되어 음극이 된다.

- [0101] 전극 (314) 은 전체적으로 오목 구면 형상을 하고 있고, 특히 대략 완형을 하고 있다. 그리고 그 내면에 오목 곡면 (R) 을 구비하고, 그 개구단의 위치에 평면상의 플랜지부 (314a) 를 가지고 있다. 또한 전극 (314) 은 대향하는 두 개의 측면의 위치에, 공기류 분사 수단 (15) 을 배치하기 위한 개구 (320) 와, 공기류 분사 수단 (15) 으로부터 분사된 공기류 및 노즐 (13) 로부터 분사되어 파이버상이 된 원료액을 통과시키기 위한 개구 (321) 를 가지고 있다. 또한 전극 (314) 은, 그 내면이 오목 곡면 (R) 으로 되어 있는 한에 있어서, 그 외면의 형상은 대략 완형이 되어 있는 것을 필요로 하지 않고, 그 밖의 형상으로 되어 있어도 된다.
- [0102] 제조 장치 (310) 는 공기류 분사 수단 (15) 을 구비하고 있다. 공기류 분사 수단 (15) 은, 전극 (314) 에 형성된 개구 (320) 를 통하여, 노즐 (13) 과 전극 (314) 의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능한 위치에 배치되어 있다. 생성된 파이버는 정으로 대전되고 있고, 양극인 노즐 (13) 로부터 음극인 전극 (314) 으로 향해 뻗어 가지만, 공기류 분사 수단 (15) 으로부터 분사된 공기류는 이 파이버의 진행 방향을 전환시켜, 개구 (321) 를 통하여 포집 수단이 있는 방향 (도 5 의 (b) 의 도면의 하방향) 으로 반송된다.
- [0103] 그리고 본 실시 형태의 제조 장치 (310) 에 있어서는, 음극인 전극 (314) 의 표면 중 오목 곡면 (R) 의 전체면 및 플랜지부 (314a) 의 일부의 면에, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (307) 가 피복되어 있다. 노즐 (13) 의 선단은 오목 곡면 (R) 의 외측에 위치하고 있기 때문에, 당해 오목 곡면 (R) 및 플랜지부 (314a) 의 일부의 면은 노즐 (13) 과 대향하고 있다. 피복체 (307) 의 두께는 대략 일정하고, 전극 (314) 과 피복체 (307) 는 직접 접촉하고 있다. 전극 (314) 과 피복체 (307) 는, 도 3 에 나타낸 전극 (19) 과 피복체 (207) 와 동일하게, 전극 (314) 의 플랜지부 (314a) 및 피복체 (307) 의 플랜지부에 형성된 관통공에 볼트를 통하여 볼트 체결에 의해 고정된다.
- [0104] 본 실시 형태에서 사용하는 피복체 (307) 를 구성하는 유전체로서는, 도 1 에 나타내는 제조 장치 (10) 의 피복체 (17) 를 구성하는 유전체와 동일한 것을 사용할 수 있다. 그리고 각종의 열가소성 수지를 용융 성형하여 얻어진 성형체를 사용하면 간편해서 좋다. 그 유전체에는 피복체 (17) 로 사용한 것과 동일한 대전 방지제를 함유시킬 수 있다. 또 전극 (314) 을 피복하는 피복체 (307) 의 두께는, 전극 (14) 을 피복하는 피복체 (17) 의 두께와 동일하게 할 수 있다.
- [0105] 본 실시 형태의 제조 장치 (310) 를 사용한 경우에도, 먼저 기술한 실시 형태의 제조 장치 (10) 및 제조 장치 (18) 와 마찬가지로, 피복체 (307) 의 작용에 의해 원료액의 대전량을 증가시킬 수 있다. 게다가 본 실시 형태의 제조 장치 (310) 는, 제조 장치 (18) 와 마찬가지로, 전극 (314) 이 오목 구면 형상을 하고 있기 때문에, 원료액의 대전량의 증가가 한층 현저해지고, 게다가 제조 장치를 소형화할 수 있다. 이 때 노즐 (13) 의 길이는 50 mm 이하인 것이 바람직하고, 10 mm 이하인 것이 더욱 바람직하고, 5 mm 이하인 것이 한층 바람직하다.
- [0106] 노즐 (13) 의 선단과 오목 곡면 (R) 사이의 거리 (최단 거리) 는, 제조 장치 (10) 에 있어서의 노즐 (13) 의 선단과 전극 (14) 사이의 거리 (최단 거리) 와 동일하게 할 수 있다. 노즐 (13) 의 선단의 위치는, 전극 (314) 의 오목 곡면 (R) 의 중심이나, 또는 그 중심의 근방에 위치하는 것이 바람직하다. 구체적으로는 오목 곡면 (R) 의 중심으로부터 10 mm 이내의 위치에 배치하는 것이 바람직하다. 이로써 노즐 (13) 의 선단의 전계가 한층 강해져, 원료액의 대전량이 증가한다. 이 관점에서, 전극 (314) 의 오목 곡면 (R) 은, 진구의 구각의 대략 반구면의 형상을 하고 있는 것이 특히 바람직하다. 본 실시 형태의 제조 장치 (310) 에서는 도 5 의 (a) 에 나타내는 바와 같이, 전극 (314) 을, 오목 곡면 (R) 의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면이 노즐 (13) 이 연장되는 방향과 대략 직교하도록 배치했지만, 도 6 에 나타내는 바와 같이, 그 평면과 노즐 (13) 이 연장되는 방향이 90 도 이외의 각도로 교차하도록 기울여 전극 (314) 을 배치해도 된다.
- [0107] 본 실시 형태의 제조 장치 (310) 에 있어서, 전극 (314) 은 노즐 (13) 과 대향하지 않는 면의 일부 또는 전부도, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복해도 된다. 구체적으로는, 도 5 의 (a) 에 있어서, 전극 (314) 의 외면 (오목 곡면 (R) 과는 반대측의 면) 및 플랜지부 (314a) 의 단면도 피복체로 피복해도 된다. 또, 제조 장치 (10) 와 마찬가지로, 전극 (314) 에 있어서의 오목 곡면 (R) 의 내면에 피복체 (307) 를 배치하는 것에 더하여, 또는 그것 대신에, 노즐 (13) 의 외면의 대략 전체면을 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해 피복하는 것으로도, 원료액의 대전량을 증가시킬 수 있다. 구체적으로는, 먼저 기술한 도 2 에 나타내는 구성을 채용할 수 있다. 이들에 더하여 또한, 포집 수단의 일부인 포집용 전극의 대략 전체면을 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복해도 된다.

- [0108] 도 7 에는, 본 발명의 제조 장치의 또 다른 실시 형태가 나타나 있다. 도 7 의 (a) 에는, 본 실시 형태에 있어서의 제조 장치 (410) 의 측면도가 나타나 있다. 도 7 의 (b) 는, 도 7 의 (a) 에 있어서의 정면도이다. 이들의 도면에 나타내는 바와 같이, 제조 장치 (410) 는, 기본적으로는 도 1 및 도 2 에 나타내는 제조 장치 (10) 에 있어서 전극 (14) 을 피복하는 피복체 (17) 대신에 노즐 (13) 을 피복하는 피복체 (107) 를 사용하고, 또한 전압 발생 수단 (101) 의 극성을 반전시킨 것이다. 또한 도 7 에 나타내는 실시 형태에 관하여, 특별히 설명하지 않는 점에 대해서는, 도 1 내지 도 5 에 나타내는 실시 형태에 관한 설명이 적절히 적용된다. 또 도 7 에 있어서, 도 1 내지 도 5 와 동일한 부재에는 동일한 부호를 첨부하고 있다.
- [0109] 제조 장치 (410) 는, 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 원료 분사 수단 (11) 을 구비하고 있다. 원료 분사 수단 (11) 은 송액부 (12) 및 노즐 (13) 을 가지고 있다.
- [0110] 노즐 (13) 의 개구의 바로 위의 위치에, 판상의 전극 (14) 이 노즐 (13) 의 개구에 대면하여 배치되어 있다. 노즐 (13) 과 전극 (14) 은 금속 등으로 구성되어 있어 도전성을 가지고 있다. 노즐 (13) 과 전극 (14) 의 사이에는, 어스 (102) 와 금속 도선 (103) 을 개재하여, 전압 발생 수단인 직류 고압 전원 (401) 에 의해 직류 전압이 인가되도록 되어 있다. 노즐 (13) 은 도 7 의 (b) 에 나타내는 바와 같이 접지되어 음극이 된다. 이에 대하여 전극 (14) 에는 정전압이 인가되어 양극이 된다.
- [0111] 제조 장치 (410) 는 공기류 분사 수단 (15) 을 구비하고 있다. 원료액으로 형성된 나노 파이버는 후술하는 바와 같이 부로 대전하고 있고, 음극인 노즐 (13) 로부터 양극인 전극 (14) 을 향해 뻗어 가려고 한다. 공기류 분사 수단 (15) 으로부터 분사된 공기류는 이 나노 파이버의 진행 방향을 전환시켜, 포집 수단이 있는 방향 (도 7 의 (a) 의 도면의 우방향) 으로 반송함과 함께, 나노 파이버를 연신시키는 것에서 기여한다.
- [0112] 또 제조 장치 (410) 는 제조 장치 (10) 와 동일한, 제 2 공기류 분사 수단 (16), 나노 파이버를 포집하는 포집 수단 (포집용 전극 및 포집체) 및 공기 배기 수단, 을 구비하고 있다. 부로 대전한 나노 파이버를 포집용 전극으로 유인하기 위해서, 포집용 전극에는 음극인 노즐 (13) 보다 높은 (정 (正) 의) 전위를 부여한다. 유인을 더욱 효율적으로 하기 위해, 양극인 전극 (14) 보다 높은 (정의) 전위를 부여하는 것이 바람직하다.
- [0113] 이상이 본 실시 형태의 제조 장치 (410) 의 기본 구조인 바, 본 제조 장치 (410) 에 있어서는, 노즐 (13) 의 외면의 대략 전체면이, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (107) 에 의해 피복되어 있다. 피복체의 효과를 보다 강하게 하기 위해, 피복체 (107) 는, 도 2 에 나타내는 바와 같이, 노즐 (13) 의 선단 (13a) 을 넘어 연장하고 있는 것이 바람직하다.
- [0114] 상기와 같이, 노즐 (13) 의 외면을 표면에 유전체가 노출된 피복체 (107) 로 피복함으로써, 노즐 (13) 로부터 분사되는 원료액의 대전량을 현저하게 높일 수 있다. 그 메커니즘은 다음과 같이 생각된다. 본 실시 형태의 전계 방사 장치 (410) 에 있어서는, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이에 형성된 전계에 의해, 원료액 중의 음이온은 전극 (14) (양극) 측으로 끌어당겨지고, 원료액 중의 양이온은 노즐 (13) (음극) 의 내면으로 끌어당겨진다. 이 때문에 전극 (14) 을 향하여 분사되는 원료액에는 음이온이 많이 포함되어, 원료액은 부로 대전한다. 동시에, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이에 인가된 전압에 의해, 노즐 (13) (음극) 의 외면으로부터 대기에 전자가 방출되어, 전극 (14) (양극) 을 향하여 비례한다. 이 전자의 방출에 의해 노즐 (13) 에서 부전하가 소비되어, 노즐 (13) 에 있어서 원료액을 부로 대전시키는 능력이 저하된다. 이 때문에 원료액의 대전량이 감소한다. 한편, 음극인 노즐 (13) 의 외면을, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (107) 로 피복하면, 노즐 (13) 로부터의 전자의 방출을 억제할 수 있다. 그 결과, 노즐 (13) 에서의 대전능의 저하를 억제할 수 있어, 원료액의 대전량이 높아진다고 생각된다. 또한, 노즐 (13) 로부터 전극 (14) 에 비례하는 전자의 수가 적어지기 때문에, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 방전이 억제되어, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 인가 전압을 늘리는 것이나, 거리를 좁히는 것이 가능하게 된다. 이로써, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 전계를 강하게 하여 원료액의 대전량을 높일 수 있다. 또, 노즐 (13) 로부터 전극 (14) 에 비례하는 전자의 수가 적어지면, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이에 흐르는 전류 (누설 전류) 가 줄어들어, 나노 파이버 제조 시의 소비 전력이 저감된다는 효과도 기대할 수 있다.
- [0115] 상기 효과를 유효하게 발현시키기 위해서는, 노즐 (13) 의 외면의 대략 전체면 (90 % 이상의 면적) 을 피복체 (107) 로 피복하는 것이 바람직하고, 특히 노즐 (13) 의 외면의 전체면 (100 % 의 면적) 을 피복체 (107) 로 피복하는 것이 바람직하다. 또 피복체 (107) 를 노즐 (13) 의 선단을 넘어 연장시킴으로써, 노즐 (13) 의 선단으로부터 전자가 방출되는 것을 억제할 수 있어, 원료액의 대전량을 더욱 높일 수 있다. 노즐 (13) 의 선단을 넘어 연장시키는, 피복체 (107) 의 연장 부분의 길이의 바람직한 범위는, 제조 장치 (10) 를 사용한 실

시 형태에서 기술한 바와 같다.

- [0116] 본 실시 형태의 제조 장치에 있어서는, 노즐 (13) 의 외면에, 표면에 유전체가 노출된 피복체 (107) 를 배치하는 것에 더하여, 또는 그것 대신에, 전극 (14) 의 표면 중의, 노즐 (13) 과 대향하는 면의 대략 전체면을, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복하는 것으로도, 원료액의 대전량을 증가시킬 수 있다. 표면에 유전체가 노출된 피복체로 전극 (14) 을 피복함으로써, 노즐 (13) 로부터 비례하여 전극 (14) 에 유입되는 전자의 수를 억제할 수 있다. 그 결과, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 방전이 일어나기 어려워져, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 인가 전압을 늘리는 것이나, 거리를 좁히는 것이 가능하게 된다. 이로써, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 전계를 강하게 하여 원료액의 대전량을 높일 수 있다. 또, 노즐 (13) 로부터 전극 (14) 에 유입되는 전자의 수가 적어지면, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이에 흐르는 전류 (누설 전류) 가 줄어들어, 나노 파이버 제조 시의 소비 전력이 저감된다는 효과도 기대할 수 있다.
- [0117] 상기 효과를 유효하게 발현시키기 위해서는, 노즐 (13) 과 대향하는 면의 대략 전체면 (90 % 이상의 면적) 을 피복체로 피복하는 것이 바람직하고, 특히 노즐 (13) 과 대향하는 면의 전체면 (100 % 의 면적) 을 피복체로 피복하는 것이 바람직하다. 피복되어 있지 않은 면의 면적이 크면, 그곳으로부터 전자가 전극 (14) 에 유입되어, 방전이나 누설 전류를 유효하게 억제할 수 없다. 또, 전극 (14) 의 표면 중의 노즐 (13) 과 대향하는 면만이 아니고, 노즐 (13) 과 대향하지 않는 면도 피복체로 피복함으로써 상기 효과는 한층 커진다. 노즐 (13) 과 대향하지 않는 면에도 많이 전자가 유입되기 때문이다. 원료액의 대전량을 높이고, 나노 파이버 제조 시의 소비 전력을 저감한다는 관점에서는, 전극 (14) 의 모든 면을 피복체로 피복하는 것이 바람직하다.
- [0118] 이들에 더하여, 포집 수단의 일부인 포집용 전극의 대략 전체면을 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복해도 된다. 포집용 전극에는, 부로 대전한 나노 파이버를 유인하기 위해, 음극인 노즐 (13) 보다 높은 (정의) 전위가 부여되고 있다. 이 때문에 노즐 (13) 로부터 방출된 전자는, 포집용 전극에도 비례한다. 포집용 전극의 대략 전체면을 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복함으로써, 노즐 (13) 로부터 비례한 전자가 포집용 전극에 유입되는 것을 방지할 수 있다. 이로써 포집용 전극과 노즐 (13) 의 사이에 흐르는 전류 (누설 전류) 가 줄어들어, 나노 파이버 제조 시의 소비 전력이 저감된다는 효과를 기대할 수 있다.
- [0119] 도 8 에는, 본 발명의 또 다른 실시 형태가 나타나 있다. 도 8 의 (a) 에는, 본 실시 형태에 있어서의 제조 장치 (510) 의 측면도가 나타나 있다. 도 8 의 (b) 는, 도 8 의 (a) 에 있어서의 정면도이다. 이들의 도면에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태의 제조 장치 (510) 는, 기본적으로는 도 1 및 도 7 에 나타내는 제조 장치 (10, 410) 와 동일한 구조를 가지고 있다. 본 실시 형태의 제조 장치 (510) 가, 도 1 및 도 7 에 나타내는 제조 장치 (10, 410) 와 다른 점은, 공기류 분사 수단의 구조이다. 도 1 및 도 7 에 나타내는 제조 장치 (10, 410) 에 있어서는, 2 개의 공기류 분사 수단을 채용하고 있던 것에 대해, 본 실시 형태의 제조 장치 (510) 에서는 단일의 공기류 분사 수단 (15A) 을 채용하고 있다.
- [0120] 도 9 에는, 도 8 에 나타내는 제조 장치 (510) 에 있어서의 공기류 분사 수단 (15A) 의 일부 파단 사시도가 나타나 있다. 공기류 분사 수단 (15A) 은, 그 전체면에, 공기류가 분출되는 복수의 개구부 (151A) 를 가지고 있다. 또 공기류 분사 수단 (15A) 은, 그 배면에, 공기의 공급관 (152A) 이 접속되어 있다. 또한 공기류 분사 수단 (15A) 은 매니폴드 구조를 가지고 있고, 그 내부에 공기 저류의 공간, 즉 매니폴드 (153A) 가 형성되어 있다. 매니폴드 (153A) 가 형성되어 있음으로써, 개구부 (151A) 로부터 균일하게 공기류를 분사할 수 있다. 또, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 공간을 간극 없이 공기류가 흐를 수 있어, 노즐 (13) 로부터 토출된 원료액이 전극 (14) 에 끌어당겨져 부착되는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 또, 보다 높은 전압을 인가하여 원료액의 대전량을 높일 수 있다.
- [0121] 공기류 분사 수단 (15A) 은 유전체로 구성되어 있는 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 전계의 흐트러짐을 방지할 수 있다. 유전체의 재료로서는, 전극 (14) 을 피복하는 유전체와 동일한 여러 가지 재료를 사용할 수 있다. 특히, 전극 (14) 의 피복에 사용하는 재료와 동일한 재료를 사용하는 것이, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 전계의 흐트러짐을 방지할 수 있는 점에서 바람직하다.
- [0122] 도 8 에 나타내는 바와 같이, 공기류 분사 수단 (15A) 은, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 공간에 개구부 (151A) 가 향하도록 배치되어 있다. 이렇게 함으로써 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 공간을 간극 없이 공기류가 흐를 수 있어, 노즐 (13) 로부터 토출된 원료액이 전극 (14) 에 끌어당겨져 부착되는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 또, 보다 높은 전압을 인가하여 원료액의 대전량을 높일 수 있다.
- [0123] 공기류 분사 수단 (15A) 의 전면에 형성되어 있는 개구부 (151A) 는, 상기 서술한 매니폴드 (153A) 와 외부 공

간을 연통시키는 것이다. 개구부 (151A) 의 배치는 자유롭게 설정할 수 있고, 한정되는 것은 아니다. 예를 들어 도 9 에 나타내는 바와 같이, 수평 방향 H 로 연장되는 개구부열이, 연직 방향 V 를 따라 다열 (도 9 에서는 3 열) 로 늘어서도록, 각 개구부 (151A) 를 지그재그 격자상으로 배치할 수 있다. 이와 같이 개구부 (151A) 를 배치함으로써, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 공간을 간극 없이 공기류가 흐를 수 있어, 노즐 (13) 로부터 토출된 원료액이 전극 (14) 에 끌어당겨져 부착되는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 또, 보다 높은 전압을 인가하여 원료액의 대전량을 높일 수 있다.

[0124] 개구부 (151A) 는, 예를 들어 세폭(細幅)의 간극으로 이루어지는 공간이나, 또는 대략 기둥상의 공간일 수 있다. 따라서 개구부 (151A) 가, 공기류 분사 수단 (15A) 의 전면에 있어서 개구하고 있는 형상은, 세폭의 선상이나, 또는 원형이나 타원형, 및 삼각형이나 사각형 등의 다각형 등일 수 있다. 가공성의 점에서는 원형이 바람직하다. 개구부 (151A) 가 이들의 형상을 하고 있음으로써, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 공간을 간극 없이 공기류가 흐를 수 있어, 노즐 (13) 로부터 토출된 원료액이 전극에 끌어당겨져 부착되는 것을 방지할 수 있다. 또, 보다 높은 전압을 인가하여 용액의 대전량을 높일 수 있다. 또한, 공기의 소비량을 억제할 수 있다.

[0125] 개구부 (151A) 가 세폭의 선상의 공간인 경우, 폭의 최소치는 0.1 mm 이상인 것이 바람직하고, 0.3 mm 이상인 것이 보다 바람직하다. 이렇게 함으로써, 압력 손실을 억제하여 공기류를 분사할 수 있다. 폭의 최대치는 1.5 mm 이하인 것이 바람직하고, 1.2 mm 이하인 것이 보다 바람직하다. 이렇게 함으로써, 노즐 (13) 로부터 토출된 원료액을 포집 수단에 날려 버리기 위해서 충분한 공기류의 유량을 확보할 수 있어, 방사가 가능하게 된다. 또, 공기의 소비량을 억제할 수 있다. 동일한 점에서, 0.1 mm 이상 1.5 mm 이하가 바람직하고, 0.3 mm 이상 1.2 mm 이하가 보다 바람직하다.

[0126] 개구부 (151A) 가 대략 기둥상의 공간인 경우, 예를 들어 대략 원주상의 공간인 경우, 상기 서술한 이유와 동일한 이유에 의해, 직경의 최소치는 0.1 mm 이상인 것이 바람직하고, 0.3 mm 이상인 것이 보다 바람직하고, 또, 직경의 최대치는 1.5 mm 이하인 것이 바람직하고, 1.2 mm 이하인 것이 보다 바람직하다. 구체적으로는, 직경은 0.1 mm 이상 1.5 mm 이하가 바람직하고, 0.3 mm 이상 1.2 mm 이하가 보다 바람직하다.

[0127] 공기류 분사 수단 (15A) 의 전면에 있어서 개구부 (151A) 가 규칙적으로 배치되어 있는 경우, 예를 들어 지그재그 격자상으로 개구부가 규칙적으로 배치되어 있는 경우, 피치의 최소치는 3 mm 이상인 것이 바람직하고, 5 mm 이상인 것이 보다 바람직하다. 이와 같이 함으로써, 개구부 (151A) 의 수가 과도하게 많아지는 것을 방지할 수 있고, 공기류 분사 수단 (15A) 의 가공비를 억제할 수 있다. 피치의 최대치는 15 mm 이하인 것이 바람직하고, 12 mm 이하인 것이 보다 바람직하다. 이와 같이 함으로써, 각 개구부 (151A) 로부터 분사된 공기류의 사이에 간극이 생기기 어려워지고, 노즐 (13) 로부터 토출된 원료액이 전극 (14) 에 부착되는 것을, 효과적으로 방지할 수 있다.

[0128] 도 10 에는, 본 발명의 또 다른 실시 형태가 나타나 있다. 본 실시 형태의 제조 장치 (610) 는, 기본적으로는 도 3 및 도 4 에 나타내는 제조 장치 (18) 와 동일한 구조를 가지고 있다. 본 실시 형태의 제조 장치 (610) 가, 도 3 및 도 4 에 나타내는 제조 장치 (18) 와 다른 점은, 공기류 분사 수단의 구조이다. 도 3 및 도 4 에 나타내는 제조 장치 (18) 에서는, 노즐 어셈블리 (21) 에 있어서의 노즐 (20) 의 기부의 근방에, 관통공으로 이루어지는 공기류 분사 수단 (23) 이 형성되어 있다. 이에 대하여, 본 실시 형태의 제조 장치 (610) 에서는, 노즐 어셈블리 (21) 의 선단에, 공기류 분사 수단으로서의 매니폴드 부재 (24) 가 장착되어 있다.

[0129] 도 10 의 주요부 분해 사시도인 도 11 에 나타내는 바와 같이, 매니폴드 부재 (24) 는 대략 원통형을 하고 있다. 대략 원통의 내부 공간에는, 노즐 (20) 을 포함하는 노즐 선단역 (210) 이 삽입된다. 또, 도 12 의 (a) 및 (b) 에 나타내는 바와 같이, 대략 원통형을 한 매니폴드 부재 (24) 는, 원환면을 한 2 개의 면 (242a, 242b) 중, 전면 (242a) 에 있어서 다수의 공기류 분사구 (241) 가 개구하고 있다. 공기류 분사구 (241) 는, 대략 원통의 높이 방향과 동방향으로 연장되어 있다. 또 매니폴드 부재 (24) 에는, 전면 (242a) 과 반대측에 위치하는 원환면을 한 배면 (242b) 에 있어서 개구하는 공기 저류의 공간, 즉 매니폴드 (243) 가 형성되어 있다. 매니폴드 (243) 는 원환체로 이루어지는 공간이다. 도 12 의 (b) 에 나타내는 바와 같이, 매니폴드 (243) 는, 상기 서술한 공기류 분사구 (241) 와 연통하고 있다. 또, 도 10 에 나타내는 바와 같이, 매니폴드 부재 (24) 가 노즐 어셈블리 (21) 의 선단에 장착된 상태에 있어서는, 노즐 어셈블리 (21) 에 형성된 관통공과 매니폴드 (243) 가 연통한다.

[0130] 도 12 의 (a) 에 나타내는 바와 같이, 매니폴드 부재 (24) 의 전면 (242a) 에 형성된 공기류 분사구 (241) 는,

전극 (19) 의 개구부를 정면에서 보았을 때, 노즐 (20) 을 둘러싸도록, 그 노즐 (20) 을 중심으로 한 동심원의 위치에 복수 위치하고 있다. 이와 같이 공기류 분사구 (241) 를 배치함으로써, 전극 (19) 과 노즐 (20) 사이의 공간을 간극 없이 공기류가 흐를 수 있어, 노즐 (20) 로부터 토출된 원료액을 전극에 끌어당겨져 부착되는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 또, 보다 높은 전압을 인가하여 원료액의 대전량을 높일 수 있다.

[0131] 각 공기류 분사구 (241) 를 동심원상으로 배치했을 경우, 피치원의 반경의 최소치는 6 mm 이상인 것이 바람직하고, 7.5 mm 이상인 것이 보다 바람직하다. 이렇게 함으로써, 노즐 (20) 과 간섭하지 않고 노즐 (20) 의 주위에 간극이 없는 공기류를 발생시킬 수 있다. 피치원의 반경의 최대치는 15 mm 이하인 것이 바람직하고, 12.5 mm 이하인 것이 보다 바람직하다. 이렇게 함으로써, 노즐 (20) 의 선단에 있어서 공기류의 역류가 발생하는 것을 효과적으로 억제할 수 있어, 방사를 가능하게 할 수 있다. 동일한 점에서 피치원의 반경은, 6 mm 이상 15 mm 이하가 바람직하고, 7.5 mm 이상 12.5 mm 이하가 보다 바람직하다.

[0132] 또, 각 공기류 분사구 (241) 를 동심원상으로 배치했을 경우, 이웃하는 공기류 분사구 (241) 와 노즐 (20) 의 중심이 이루는 각도의 최소치는 5 ° 이상인 것이 바람직하고, 8 ° 이상인 것이 보다 바람직하다. 이렇게 함으로써, 노즐 (20) 의 주위에 간극이 없는 공기류를 만들 수 있고, 또 가공비가 억제된다. 상기 각도의 최대치는 60 ° 이하인 것이 바람직하고, 30 ° 이하인 것이 보다 바람직하다. 이렇게 함으로써, 전극 (19) 과 노즐 (20) 사이의 공간을 간극 없이 공기류가 흐를 수 있어, 노즐 (20) 로부터 토출된 원료액이 전극에 끌어당겨져 부착되는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 또, 보다 높은 전압을 인가하여 원료액의 대전량을 올릴 수 있다. 동일한 관점에서, 상기의 각도는 5 ° 이상 60 ° 이하가 바람직하고, 8 ° 이상 30 ° 이하가 한층 바람직하다.

[0133] 공기류 분사구 (241) 는, 대략 기둥상의 공간, 예를 들어 대략 원주상의 공간으로 이루어진다. 이 경우, 직경의 최소치는 0.1 mm 이상인 것이 바람직하고, 0.3 mm 이상인 것이 보다 바람직하고, 또, 직경의 최대치는 1.5 mm 이하인 것이 바람직하고, 1.2 mm 이하인 것이 보다 바람직하다. 구체적으로는, 직경은 0.1 mm 이상 1.5 mm 이하가 바람직하고, 0.3 mm 이상 1.2 mm 이하가 보다 바람직하다. 이렇게 함으로써, 압력 손실을 억제하여 공기류를 분사할 수 있다. 또, 노즐 (20) 로부터 토출된 원료액을 포집 수단에 날려 버리기 위해서 충분한 공기류의 유량을 확보할 수 있어, 방사가 가능하게 된다. 또한, 공기의 소비량을 억제할 수 있다.

[0134] 이상의 구조를 갖는 도 10 내지 도 12 에 나타내는 실시 형태의 제조 장치 (610) 에 의하면, 노즐 (20) 이 연장되는 방향과 동방향으로 공기류를 분사할 수 있다. 그것에 따라, 원료액에 불필요한 힘이 가해지는 것이 효과적으로 억제되고, 원료액이 끊어지기 어려워지므로, 나노 파이버의 생산성이 향상된다.

[0135] 도 13 에는, 본 발명의 전계 방사 장치의 또 다른 실시 형태의 정면도가 나타나 있다. 도 14 는, 도 13 에 나타내는 전계 방사 장치의 단면 구조를 나타내는 모식도이다. 도 13 에 나타내는 전계 방사 장치 (701) 는, 전극 (710) 과 원료액 토출용 노즐 (720) 을 가지고 있다. 또한 도 13 내지 도 17 에 나타내는 실시 형태에 관하여, 특별히 설명하지 않는 점에 대해서는, 도 1 내지 도 12 에 나타내는 실시 형태에 관한 설명이 적절히 적용된다.

[0136] 전극 (710) 은 전체적으로 원통 형상을 하고 있고, 그 내면에 원통 형상의 오목 곡면 (711) 을 구비하고 있다. 전극 (710) 은, 그 내면이 원통 형상의 오목 곡면 (711) 으로 되어 있는 한에 있어서, 그 전체의 형상은 원통 형상이 되어 있는 것을 필요로 하지 않고, 그 밖의 형상으로 되어 있어도 된다. 원통 형상의 오목 곡면 (711) 은 도전성 재료로 구성되어 있고, 일반적으로는 금속제이다. 또 전극 (710) 은, 도 13 및 도 14 에 나타내는 바와 같이 직류 고압 전원 (740) 에 접속되어 있다.

[0137] 원통 형상의 오목 곡면 (711) 을 그 개구단측에서 보았을 때, 그 개구단은 원형을 하고 있다. 이 원형은, 진원형이어도 되고, 혹은 타원형이어도 된다. 후술하는 바와 같이, 노즐 (720) 의 선단에 전하를 집중시키는 관점에서는, 원통 형상의 오목 곡면 (711) 의 개구단은 진원형인 것이 바람직하다. 한편, 원통 형상의 오목 곡면 (711) 은, 그 어느 위치에 있어서도 곡면으로 되어 있다. 여기서 말하는 곡면이란, (⌒) 평면부를 전혀 가지지 않은 곡면이나, (L) 도 16 에 나타내는 바와 같이, 평면부 (P) 를 갖는 복수의 세그먼트 (G) 를 서로 연결하여 전체적으로 오목 곡면 (711) 으로 간주할 수 있는 형상으로 되어 있는 것, 중 어느 하나를 말한다. (L) 의 경우에는, 예를 들어 세로 및 가로 길이가 각각 독립적으로 0.5 ~ 150 mm 정도의 직사각형으로 되어 있는, 동일하거나 또는 상이한 크기의 평면부 (P) 를 갖는 세그먼트 (G) 를 서로 연결하여 오목 곡면 (711) 을 형성하는 것이 바람직하다.

[0138] 노즐 (720) 의 선단 (720a) 을 포함하고, 또한 원통의 축방향으로 수직인 면이 그 오목 곡면 (711) 과 교차하는

위치를 생각했을 때, 그 오목 곡면 (711) 의 임의의 그 위치에 있어서의 법선이, 노즐 (720) 의 선단 또는 그 근방을 지나는 곡면 형상을, 원통 형상의 오목 곡면 (711) 은 가지고 있는 것이 바람직하다. 이 관점에서, 원통 형상의 오목 곡면 (711) 은, 축방향에 수직인 단면에서 보았을 때, 진원과 동일한 형상을 하고 있는 것이 특히 바람직하다.

[0139] 전극 (710) 은 그 내면이 전체적으로 원통 형상을 하고 있고, 예를 들어 금속제 파이프를 커트한 것, 원주상의 금속제 블록에 관통공을 연 것, 반원 통형상의 전극을 겹쳐 원통으로 한 것, 평판을 굽힘 가공하여 원통 형상으로 한 것이어도 된다. 이렇게 함으로써, 간편하게 가공할 수 있어 저비용으로 제작할 수 있는 점에서 바람직하다.

[0140] 전극 (710) 의 축방향에 수직인 단면에 있어서의 내면의 형상은 타원 형상이어도 되고, 내면에 평판을 굽힘 가공했을 때에 생기는 미세한 요철이 있어도 되지만, 진원인 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써, 노즐 선단 (720a) 에 전계를 집중시켜 대전량을 높일 수 있는 점에서 바람직하다.

[0141] 전극 (710) 의 내면의 벽면은, 반원통 형상의 전극을 겹쳐 접합부를 형성하거나, 평판을 굽힘 가공하여 접합부를 형성하거나 하여 원통 형상을 만들 때에, 접합부의 단부를 모두 결합할 필요는 없지만, 접합부에 간극이 없는 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써, 노즐 선단 (720a) 에 전계를 집중시켜 대전량을 높일 수 있는 점에서 바람직하다.

[0142] 전극 (710) 은, 그 축방향에 수직인 단면에 있어서의 내면의 형상이 원 또는 타원 형상의 경우에는, 그 원 또는 타원의 이심율은, 0 이상 0.6 미만이 바람직하고, 0 이상 0.3 미만이 보다 바람직하고, 이심율 0 의 진원인 것이 더욱 바람직하다. 이렇게 함으로써, 노즐 선단 (720a) 에 전계를 집중시켜 대전량을 높일 수 있는 점에서 바람직하다.

[0143] 전극 (710) 은, 그 길이 방향, 즉 축방향의 길이가, 10 mm 이상인 것이 바람직하고, 20 mm 이상인 것이 더욱 바람직하고, 30 mm 이상인 것이 한층 바람직하다. 전극 (710) 의 길이를 이와 같이 설정함으로써, 노즐 선단 (720a) 과 전극 (710) 의 사이에 형성되는 전계가 강해져, 높은 대전량을 얻을 수 있다. 상한치에 관해서는, 150 mm 이하인 것이 바람직하고, 80 mm 이하인 것이 더욱 바람직하고, 60 mm 이하인 것이 한층 바람직하다. 전극 (710) 의 길이를 이와 같이 설정함으로써, 노즐 선단 (720a) 으로부터 분사되어, 파이버상이 된 원료액이 전극 (710) 에 부착되기 어려워진다. 예를 들어 전극 (710) 의 길이 방향의 길이는, 10 mm 이상 150 mm 이하인 것이 바람직하고, 20 mm 이상 150 mm 이하인 것이 더욱 바람직하고, 20 mm 이상 80 mm 이하인 것이 한층 바람직하고, 30 mm 이상 80 mm 이하인 것이 더 한층 바람직하고, 30 mm 이상 60 mm 이하인 것이 더 한층 바람직하다. 전극 (710) 의 길이를 이와 같이 설정함으로써, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 에 전계를 효율적으로 집중시켜 대전량을 높일 수 있다.

[0144] 전극 (710) 은, 그 축방향에 수직인 단면에 있어서의 내면의 형상이 원형상의 경우에는, 반경의 값이, 10 mm 이상인 것이 바람직하고, 20 mm 이상인 것이 더욱 바람직하고, 30 mm 이상인 것이 한층 바람직하다. 반경의 값을 이와 같이 설정함으로써, 노즐 선단 (720a) 으로부터 분사되어, 파이버상이 된 원료액이 전극 (710) 에 부착되기 어려워진다. 상한치에 관해서는, 200 mm 이하인 것이 바람직하고, 100 mm 이하인 것이 더욱 바람직하고, 50 mm 이하인 것이 한층 바람직하다. 반경의 값을 이와 같이 설정함으로써, 노즐 선단 (720a) 과 전극 (710) 의 사이에 형성되는 전계가 강해져, 높은 대전량을 얻을 수 있다. 예를 들어 전극 (710) 에 있어서의 원통 형상의 오목 곡면 (711) 의 반경의 값은, 10 mm 이상 200 mm 이하인 것이 바람직하고, 20 mm 이상 100 mm 이하인 것이 더욱 바람직하고, 30 mm 이상 50 mm 이하인 것이 한층 바람직하다. 이와 같이 함으로써, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 에 전계를 효율적으로 집중시켜, 대전량을 높일 수 있다. 또, 전계 방사 장치 (701) 를 인접시켜 복수개 배치할 때에, 이웃하는 장치 (701) 끼리가 간섭하는 것을 효과적으로 방지할 수 있다. 여기서 말하는 반경이란, 전극 (710) 의 축방향에 수직인 단면에 있어서의 노즐 (720) 과 전극 (710) 사이의 거리이다.

[0145] 도 13 및 도 14 에 나타내는 바와 같이, 원통 형상의 오목 곡면 (711) 의 일방의 단부는 개구하고 있고, 그 개구부에 노즐 어셈블리 (721) 가 장착되어 있다. 노즐 어셈블리 (721) 는, 먼저 기술한 노즐 (720) 과, 그 노즐 (720) 을 지지하는 지지부 (722) 를 가지고 있다. 전극 (710) 과 노즐 (720) 은, 지지부 (722) 에 의해 전기적으로 절연되어 있다. 노즐 (720) 의 선단 (720a) 은 원통으로 이루어지는 전극 (710) 내에 노출되어 있다. 노즐 (720) 의 후단 (720b) 은, 전극 (710) 의 개구측과 반대에 있어서 노출되어 있다. 노즐 (720) 의 후단 (720b) 은, 원료액의 공급원 (도시 생략) 에 접속되어 있다.

- [0146] 노즐 (720) 은 도 14 에 나타내는 바와 같이 접지되어 있다. 이에 대하여 전극 (710) 에는 부전압이 인가되어 있으므로, 전극 (710) 과 노즐 (720) 사이에는 전계가 생긴다. 도 14 에 나타내는 전압의 인가 방법 대신에, 노즐 (720) 에 정전압을 인가함과 함께, 전극 (710) 을 접지해도 된다.
- [0147] 본 실시 형태의 전계 방사 장치 (701) 에 있어서는, 지금까지의 실시 형태 와 마찬가지로, 정전 유도의 원리를 사용하여 대전을 실시하고 있다. 정전 유도란, 안정 상태의 도체에, 예를 들어 정으로 대전시킨 물체 (대전체) 를 근접시키면, 그 도체 중, 대전체에 가까운 부위에 부전하가 이동하고, 반대로 정전하가 대전체로부터 멀어져 정전 도체가 되는 현상을 말한다. 이 도체에 대전체를 근접시킨 채로, 그 도체 중 정으로 하전하고 있는 부위를 접지하면, 정전하가 전기적으로 중화되고, 그 도체는 부전하를 가지는 대전체가 된다. 도 13 및 도 14 에 나타내는 실시 형태에서는 전극 (710) 을 부로 대전시킨 대전체로서 사용하고 있으므로, 노즐 (720) 은 정전하를 가지는 대전체가 된다. 따라서, 정으로 대전한 노즐 (720) 내를 원료액이 유통하면, 그 노즐 (720) 로부터 정전하가 공급되어, 그 원료액은 정으로 대전한다.
- [0148] 본 실시 형태의 경우에, 후술하는 바와 같이 유전체 (730) 의 작용에 의해 원료액의 대전량을 증가시킬 수 있다. 게다가 본 실시 형태의 전계 방사 장치 (701) 는 전극 (710) 이 원통 형상의 오목 곡면 (711) 을 가지고 있기 때문에, 원료액의 대전량의 증가가 한층 현저해진다. 전계 방사 장치 (701) 에 있어서는, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 으로부터 거의 등거리의 위치에, 노즐 (720) 의 면적보다 훨씬 넓은 전극면이 있다. 음극인 전극 (710) 과 양극인 노즐 (720) 에 축적되는 전하의 총량은 동일하기 때문에, 노즐 (720) 의 표면에는 전극 (710) 에 비해 훨씬 고밀도로 전하가 분포하게 되고, 그 결과, 노즐 (720) 근방의 전계가 강해진다. 이 강력한 전계가 원료액의 대전량을 한층 증가시키는 것이다. 이 관점에서는 노즐 (720) 이 노출되어 있는 면적은 작은 것이 바람직하고, 특히 노즐 (720) 이 노출되어 있는 길이 (지지부 (722) 로부터 노즐 (720) 의 선단 (720a) 사이의 거리) 는 짧은 것이 바람직하다. 구체적으로는 노즐 (720) 이 노출되어 있는 길이는 50 mm 이하인 것이 바람직하고, 10 mm 이하인 것이 더욱 바람직하고, 5 mm 이하인 것이 한층 바람직하다. 또 본 실시 형태와 같이 전극 (710) 을 원통 형상의 오목 곡면 (711) 으로 함으로써, 평면상의 전극을 사용한 경우보다 전극의 부피를 줄일 수 있으므로, 전계 방사 장치 (701) 를 소형화할 수 있다. 게다가, 먼저 기술한 특허문헌 3 에 기재된 전계 방사 장치와 달리 가동 부위가 존재하지 않기 때문에, 장치가 복잡화하지 않는다는 이점도 있다.
- [0149] 노즐 (720) 의 선단 (720a) 에 전하를 한층 집중시켜 대전량을 높이도록 하기 위해서, 그 노즐 (720) 은, 그 연장되는 방향이, 전극 (710) 의 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원의 중심이나, 또는 그 중심의 근방을 지나고, 또한 그 노즐 (720) 의 선단 (720a) 이, 그 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면 내에 위치하는 것이 바람직하다. 이 경우, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 이, 개구단에 의해 형성되는 원의 중심으로부터 반경 10 mm 이내에 배치되는 것이 바람직하고, 반경 5 mm 이내에 배치되는 것이 보다 바람직하고, 원의 중심에 배치되는 것이 더욱 바람직하다.
- [0150] 동일한 목적을 위해서, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 은, 원통 형상의 전극 (710) 의 축방향에 수직의 단면에 있어서의 원의 중심 근방에 배치되고, 그 축방향에 있어서는 선단 (720a) 이 원통 내부에 형성되는 원주 공간 내에 배치되어 있는 것이 바람직하다. 특히, 원통 형상의 전극 (710) 의 축방향을 따라 보았을 때, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 이, 원통 내부에 형성되는 원주 공간 내에 배치되고, 또한 전극 (710) 의 2 개의 단부 중, 원료액의 토출측의 단부로부터 축의 중심까지의 사이에 배치되는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 은, 전극 (710) 의 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 평면의 내측이고, 또한 그 평면의 근방에 위치하도록 배치되는 것이 유리하다. 근방이란, 전극 (710) 의 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원의 반경을 r 로 했을 때, 그 원의 중심으로부터 $r/5$ 의 거리보다 내측이다. 구체적으로는 상기 평면보다 1 mm 이상 20 mm 이하 내측에 배치하는 것이 바람직하고, 1 mm 이상 15 mm 이하 내측에 배치하는 것이 보다 바람직하고, 1 mm 이상 10 mm 이하 내측에 배치하는 것이 더욱 바람직하다. 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 위치를 이와 같이 함으로써, 방사액을 원통 전극의 개구 단부보다 전방으로 배출하기 쉬운 점에서 바람직하다. 또, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 으로부터 토출된 원료액이, 전극 (710) 의 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 끌어당겨지기 어려워져, 그 오목 곡면 (711) 이 그 원료액에 의해 오염되기 어려워진다. 또, 이렇게 함으로써, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 에 전계를 집중시켜 대전량을 높일 수 있는 점에서 바람직하다.
- [0151] 특히 노즐 (720) 은, 그 연장되는 방향이, 전극 (710) 의 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원의 중심이나, 또는 그 중심의 근방과, 그 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 타방의 개구단에 의해 형성되는 원의 중심이나, 또는 그 중심의 근방을 지나도록 배치되는 것이 바람직하다. 특히,

원통 형상의 오목 곡면 (711) 의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면과, 노즐 (720) 이 연장되는 방향 이 직교하고 있는 것이 바람직하다. 이와 같이 노즐 (720) 을 배치함으로써, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 에 전하가 더 한층 집중하게 된다. 이 관점에서, 전극 (710) 의 원통 형상의 오목 곡면 (711) 은, 진원의 형상을 하고 있는 것이 특히 바람직하다.

[0152] 특히, 전극 (710) 의 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원의 반경을 r 로 했을 때, 그 원을 포함하는 평면 상에 중심을 동일하게 하여 그려지는, 반경이 $r/5$ 인 가상원을 생각한 경우, 노즐 (720) 은, 그 연장되는 방향이, 그 가상원의 내측과, 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 최저부 (711a) 를 통과하도록 배치되는 것이 바람직하다. 특히, 상기 가상원으로서, 반경이 $r/10$ 인 것을 생각한 경우, 노즐 (720) 은, 그 연장되는 방향이, 반경이 $r/10$ 인 그 가상원의 내측과, 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 최저부 (711a) 를 통과하도록 배치되는 것이 바람직하다. 더욱 바람직한 형태로서, 노즐 (720) 은, 그 연장되는 방향이, 전극 (710) 의 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원의 중심과, 그 오목 곡면 (711) 에 있어서의 최저부 (711a) 를 통과하도록 배치되는 형태를 들 수 있다. 이렇게 함으로써, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 에 전계를 집중시켜 대전량을 높일 수 있는 점에서 바람직하다.

[0153] 먼저 기술한 바와 같이, 본 실시 형태의 전계 방사 장치 (701) 에 있어서는, 노즐 (720) 중, 전극 (710) 내에 노출된 금속 부분 (도체 부분) 의 면적을 작게 하고, 또한 전극 (710) 의 내면의 면적을 크게 함으로써, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 전하 밀도를 높이고 있다. 이 관점에서, 노즐 (720) 중 전극 (710) 내에 노출된 금속 부분 (도체 부분) 의 면적에 대한 전극 (710) 의 내면의 면적의 비율은, 그 하한치가 30 이상인 것이 바람직하고, 100 이상인 것이 더욱 바람직하다. 상한치에 관해서는, 90000 이하인 것이 바람직하고, 5000 이하인 것이 더욱 바람직하다. 예를 들어 30 이상 90000 이하인 것이 바람직하고, 100 이상 5000 이하인 것이 더욱 바람직하다. 이 관점에서, 노즐 (720) 중 전극 (710) 내에 노출된 금속 부분 (도체 부분) 의 면적은, 노즐 (720) 의 측면의 면적을 말하며, 노즐 (720) 의 내벽의 면적은 포함되지 않는다. 또 전극 (710) 의 내면의 면적에는, 노즐 어셈블리 (721) 가 장착되는 개구부의 면적은 포함되지 않는다.

[0154] 전극 (710) 의 내면의 면적 자체의 값은, 그 하한치가 500 mm² 이상인 것이 바람직하고, 1000 mm² 이상인 것이 더욱 바람직하다. 상한치에 관해서는, 2000×10^2 mm² 이하인 것이 바람직하고, 4000×10^1 mm² 이하인 것이 더욱 바람직하다. 예를 들어 500 mm² 이상 2000×10^2 mm² 이하인 것이 바람직하고, 1000 mm² 이상 4000×10^1 mm² 이하인 것이 더욱 바람직하다. 노즐 (720) 중 전극 (710) 내에 노출된 금속 부분 (도체 부분) 의 면적은, 그 하한치가 2 mm² 이상인 것이 바람직하고, 5 mm² 이상인 것이 더욱 바람직하다. 상한치에 관해서는, 1000 mm² 이하인 것이 바람직하고, 100 mm² 이하인 것이 더욱 바람직하다. 예를 들어 2 mm² 이상 1000 mm² 이하인 것이 바람직하고, 5 mm² 이상 100 mm² 이하인 것이 더욱 바람직하다.

[0155] 도 13 및 도 14 에 나타내는 바와 같이, 노즐 어셈블리 (721) 에 있어서의 노즐 (720) 의 지지부 (722) 의 근방에는, 관통공으로 이루어지는 공기류 분출부 (723) 가 형성되어 있다. 공기류 분출부 (723) 는, 노즐 (720) 이 연장되는 방향을 따라 형성되어 있다. 전극 (710) 의 개구단측에서 보았을 때, 공기류 분출부 (723) 는, 노즐 (720) 을 둘러싸도록 복수개 형성되어 있다. 각 공기류 분출부 (723) 는, 노즐 (720) 을 사이에 두고 대칭인 위치에 형성되어 있다.

[0156] 이상과, 본 실시 형태의 전계 방사 장치 (701) 의 기본 구조인 바, 본 전계 방사 장치 (701) 에 있어서는, 전극 (710) 을 구성하는 원통 형상의 오목 곡면 (711) 중, 노즐 (720) 에 대향하는 면 (도면 중의 전극 (710) 의 내면) 이, 유전체 (730) 로 피복되어 있다. 도 13 및 도 14 의 경우, 유전체 (730) 는 단일종 또는 복수종의 유전체로 구성되어 있다.

[0157] 본 발명에서는, 전극은 노즐과 대향하는 면의 대략 전체면이, 유전체로 피복 된다. 더욱 바람직하게는 노즐과 대향하는 면의 전체면이, 유전체로 피복된다. 노즐과 대향하는 면이란, 노즐의 선단 (원료액이 분사되는 개구부) 으로부터 향할 수 있는 전극의 표면이다. 보다 상세하게는, 노즐의 선단 상의 각 점으로부터 전극을 향하여 직선을 그었을 때에 전극과 최초로 접하는 점의 집합이다. 또 대략 전체면과는 당해 면의 전체 표면적의 90 % 이상의 면적을 차지하는 면을 의미하고, 전체면과는 당해 면의 전체 표면적의 100 % 의 면적을 차지하는 면을 의미한다. 유전체는, 표면의 대략 전체면 (90 % 이상의 면적) 이 유전체만으로 구성되어 있다. 유전체는, 표면의 전체면 (100 % 의 면적) 이 유전체만으로 구성되어 있는 것이 바람직하다. 즉, 본 발명의 유전체는, 표면에 금속 등의 도전체가 비존재로 한 것이 바람직하다. 단일종의 유전체로 구성된 유전체가 그 전형예이지만, 유전체는 복수종의 유전체가 적층된 복합체어도 되고, 표면이 유전체만으로 구성된

어 있으면, 내부(표면에 노출되지 않는 부분)에 금속의 입자나 층, 혹은 공기의 층 등을 포함한 복합체여도 된다. 특히 전극과 유전체의 접합부의 일부에 공기의 층이 존재하고 있어도 되지만, 전극과 유전체의 접합을 강고하게 하는 관점에서는 전극과 유전체는 밀착되어 있는 것이 바람직하다. 또한 본 발명에서는, 당해 유전체의 표면을 추가로 피복하는 물체는 존재하지 않는 것으로 상정하고 있다. 만일, 당해 유전체의 표면을 추가로 피복하는, 금속 등으로 이루어지는 도전층이 존재한다면 본 발명의 효과는 저감된다.

[0158] 도 13 및 도 14에 나타내는 전극(710)은, 노즐(720)에 대향하는 면만이 유전체(730)로 피복되어 있지만, 이것에 더하여, 노즐(720)과 대향하지 않는 면의 일부도, 유전체(730)로 피복되어 있는 것이 바람직하다. 또한, 노즐(720)과 대향하지 않는 면의 전부가, 유전체(730)로 피복되어 있는 것이 바람직하다. 여기서 노즐과 대향하지 않는 면이란, 노즐의 선단(720a)(원료액이 분사되는 개구부)으로부터 향할 수 없는 전극의 표면이다. 보다 상세하게는, 전극의 표면 중, 노즐과 대향하는 면을 제외한 면이다.

[0159] 도 15에 나타내는 바와 같이, 유전체(730)와 전극(710)은 끼워맞춤 구조로 할 수 있다. 동 도면에 나타내는 유전체(730)는, 원통형의 전극(710)의 오목 곡면(711)과 끼워맞추는 원통부(731)와, 그 원통부(731)의 상단으로부터 수평 방향으로 장출한 플랜지부(732)로 구성되어 있다. 유전체(730)와 전극(710)을 끼워맞춘 상태에서는, 플랜지부(732)는, 전극(710)의 일방의 개구 단면(712)을 피복하도록 되어 있다.

[0160] 유전체(730)를, 전극(710)의 오목 곡면(711)에 끼워맞춘 상태에 있어서는, 소정의 접합 부재에 의해 전극(710)과 유전체(730)를 고정시킨다.

[0161] 상기의 접합 부재는 유전체로 구성되어 있는 것이 바람직하다. 이렇게 함으로써, 접합 부재 자체에 전기가 흐르는 경우가 없어져, 전극(710)과 유전체(730)의 접합부로부터 발생하는 전기력선을 억제하는 것이 가능해지고, 전극(710)과 노즐(720)사이의 전계의 흐트러짐을 방지할 수 있다. 또, 접합 부재에 의해 전극(710)과 유전체(730)를 접합함으로써, 전극(710)을 피복하는 유전체(730)의 종류를 변경하는 경우에, 그 유전체(730)를 용이하게 교환할 수 있어, 전계 방사 장치(701)가 사용하기 쉬워진다.

[0162] 접합 부재로서는, 먼저 기술한 실시 형태에서 사용한 접합 부재와 마찬가지로, 점착제를 사용할 수 있다. 혹은 접합 부재로서 도 15에 나타내는 바와 같이, 나사(733)를 사용할 수도 있다. 나사(733)를 사용하는 경우, 그 나사(733)는, 유전체(730)와 동종 또는 이종의 유전체체나 목제일 수 있다. 도 15에 나타내는 실시 형태에서는, 플랜지부(732)에 형성된 관통공(734)에, 접합 부재로서의 나사(733)를 통하여, 그 나사(733)를, 원통형의 전극(710)의 일방의 개구 단면(712)에 형성된 나사공(713)에 박아넣어, 전극(710)과 유전체(730)를 고정시키고 있다.

[0163] 관통공(734)에는, 나사(733)의 헤드부보다 큰 치수의 구멍(카운터 보어 구멍)이 형성되어 있다. 그것에 따라, 전극(710)과 유전체(730)가 고정된 상태에 있어서는, 나사(733)의 헤드부는 유전체(730)의 플랜지부(732)의 표면으로부터 돌출되지 않고, 플랜지부(732)의 내부에 위치하게 된다.

[0164] 본 실시 형태의 전계 방사 장치(701)를 사용한 나노 파이버의 제조 방법에 있어서는, 전극(710)과 노즐(720)사이에 전계를 발생시킨 상태하에, 노즐(720)의 선단(720a)으로부터 원료액을 토출한다. 원료액은 노즐(720)로부터 토출될 때까지의 동안에 정전 유도에 의해 대전하고, 대전한 상태로 토출된다. 노즐(720)의 선단(720a)에는 전하가 집중하고 있으므로, 원료액의 단위 질량당 대전량은 매우 높아진다. 대전한 상태에서 토출된 원료액은 전계의 작용에 의해, 그 액면이 원추형으로 변형된다. 전극(710)에 끌려 당겨지는 힘이 원료액의 표면 장력을 초과하면, 전극(710)의 방향으로 원료액이 단번에 끌려당겨진다. 이 때, 공기류를 분출시킴으로써, 토출된 원료액을 향하여 공기류 분출부(723)로부터 공기류를 분출시킴으로써, 원료액의 자기 반발의 연쇄에 의해 파이버는 나노 사이즈로까지 가늘어진다. 그것과 동시에 비표면적이 커지고, 용매의 휘발이 진행된다. 그 결과, 건조에 의해 생성된 나노 파이버가, 노즐(720)과 대향하는 위치에 배치된 포집체(도시 생략)의 표면에 랜덤하게 퇴적된다. 포집체의 표면에 나노 파이버를 확실하게 퇴적시키는 관점에서, 노즐(720)의 선단(720a)에 대향하도록 나노 파이버 포집용 전극(도시 생략)을 배치하고, 또한 그 포집용 전극에 인접하도록, 그 포집용 전극과 노즐(720)의 사이에, 포집체를 배치해도 된다. 그리고 포집용 전극에, 대전한 원료액의 전하와 다른 전하의 전위를 인가해 두는 것이 바람직하다. 예를 들어 원료액이 정으로 대전하고 있는 경우에는, 포집용 전극을 접지하거나, 또는 포집용 전극에 부의 전압을 인가할 수 있다.

[0165] 도 17에는, 본 실시 형태의 전계 방사 장치(701)를 사용한 나노 파이버의 제조 장치(750)의 일례가 나타나

있다. 동 도면에 나타내는 제조 장치 (750) 에서는, 도 13 및 도 14 에 나타내는 전계 방사 장치 (701) 가 복수 배치되어 있다. 각 전계 방사 장치 (701) 는 판상의 기대 (745) 에 고정되어 있다. 각 전계 방사 장치 (701) 는 기대 (745) 의 판면의 평면 방향에 걸쳐 이차원상으로 배치되어 있다. 또 각 전계 방사 장치 (701) 는, 노즐 (720) 이 모두 동방향 (도 17 에서는 상방) 을 향하도록 배치되어 있다. 각 전계 방사 장치 (701) 에 있어서는, 전극 (710) 에 부의 직류 전압이 인가되어 있음과 함께, 노즐 (720) 이 접지되어 있다.

[0166] 전계 방사 장치 (701) 의 상방에는, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 에 대향하도록 나노 파이버 포집용 전극 (751) 이 배치되어 있다. 포집용 전극 (751) 은 금속 등의 도체로 구성되어 있는 평판상의 것이다. 포집용 전극 (751) 의 판면과, 노즐 (720) 이 연장되는 방향과는 대략 직교하고 있다. 또 후술하는 바와 같이, 포집용 전극은 그 대략 전체면을 유전체로 피복할 수 있고, 더욱 바람직하게는 전체면을 피복할 수 있다. 여기서 대략 전체면이란 당해 면의 전체 표면적의 90 % 이상의 면적을 차지하는 면을 의미한다. 전체면이란, 당해 면의 전체 표면적의 100 % 를 차지하는 면을 의미한다. 정으로 대전한 나노 파이버를 포집용 전극에 유인하기 위해서, 포집용 전극에는 양극인 노즐 (720) 보다 낮은 (부의) 전위를 부여한다. 유인을 더욱 효율적으로 하기 위해, 음극인 전극 (711) 보다 낮은 (부의) 전위를 부여하는 것이 바람직하다. 포집용 전극 (751) 과 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 거리는, 그 하한치를 바람직하게는 100 mm 이상, 더욱 바람직하게는 500 mm 이상으로 할 수 있다. 상한치는 바람직하게는 3000 mm 이하, 더욱 바람직하게는 1000 mm 이하로 할 수 있다. 예를 들어 바람직하게는 100 mm 이상 3000 mm 이하, 더욱 바람직하게는 500 mm 이상 1000 mm 이하로 할 수 있다.

[0167] 제조 장치 (750) 에 있어서는, 포집용 전극 (751) 에 인접하도록, 그 포집용 전극 (751) 과 노즐 (720) 의 사이에, 나노 파이버가 포집되는 포집체 (752) 가 배치되어 있다. 포집체 (752) 는 긴 띠형상의 것이며, 물상의 원단(原反) (752a) 으로부터 계속 내보내지도록 되어 있다. 계속 내보내진 포집체 (752) 는, 도 17 중, 화살표 A 로 나타내는 방향으로 반송되고, 노즐 (720) 과 대향하도록 노즐 (720) 상을 통과하여, 와인더 (752b) 에 권취되도록 되어 있다. 포집체 (752) 로서는, 예를 들어 필름, 메시, 부직포, 종이 등을 사용할 수 있다.

[0168] 도 17 에 나타내는 제조 장치 (750) 를 운전하려면, 먼저 포집체 (752) 를 계속 내보내어, 화살표 A 로 나타내는 방향으로 반송한다. 또, 전극 (710) 에 부의 직류 전압을 인가함과 함께, 노즐 (720) 및 포집용 전극 (751) 을 접지한다. 이들의 상태하에, 전계 방사 장치 (701) 에 형성된 공기류 분출부 (723) 로부터 공기류를 분출시키면서, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 으로부터 원료액을 토출한다. 토출된 원료액으로부터 나노 파이버가 생성되고, 그 나노 파이버는, 주행하는 포집체 (752) 의 표면에 연속적으로 퇴적된다. 제조 장치 (750) 에는 복수의 전계 방사 장치 (701) 가 배치되어 있으므로, 다량의 나노 파이버를 제조할 수 있다. 게다가, 토출된 원료액의 대전량은 매우 높기 때문에, 원료액의 토출량을 종래보다 높여도, 종래와 동일한 정도의 굵기를 갖는 나노 파이버를 제조할 수 있다. 이것에 의해서도, 다량의 나노 파이버를 제조할 수 있다.

[0169] 이상의 각 실시 형태의 제조 장치에 있어서 사용되는 원료액으로서는, 파이버 형성이 가능한 고분자 화합물이 용매에 용해 또는 분산된 용액 혹은 고분자 화합물을 가열, 용융한 용액을 사용할 수 있다. 원료액에 고분자 용액을 사용하는 일렉트로 스피닝법은 용액법, 고분자 용액을 사용하는 방법은 용융법으로 불리는 경우가 있다. 그 용액 또는 용액에는 적절히, 무기물 입자, 유기물 입자, 식물 엑기스, 계면 활성제, 유제, 이온 농도를 조정하기 위한 전해질 등을 배합할 수 있다.

[0170] 나노 파이버 제조용의 고분자 화합물로서는 일반적으로, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리스티렌, 폴리비닐알코올, 폴리우레탄, 폴리에틸렌옥사이드, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리-m-페닐렌테레프탈레이트, 폴리-p-페닐렌이소프탈레이트, 폴리불화비닐리덴, 폴리불화비닐리덴-헥사플루오로프로필렌 공중합체, 폴리염화비닐, 폴리염화비닐리덴-아크릴레이트 공중합체, 폴리아크릴로니트릴, 폴리아크릴로니트릴-메타크릴레이트 공중합체, 폴리카보네이트, 폴리아릴레이트, 폴리에스테르카보네이트, 나일론, 아라미드, 폴리카프로락톤, 폴리락트산, 폴리글리콜산, 콜라겐, 폴리하이드록시부티르산, 폴리아세트산비닐, 폴리펩티드 등을 예시할 수 있다. 사용되는 고분자 화합물은 1 종류로 한정되는 것은 아니고, 상기 예시한 고분자 화합물로부터 임의의 복수 종류를 조합하여 사용할 수 있다.

[0171] 원료액에, 고분자 화합물이 용매에 용해 또는 분산된 용액을 사용하는 경우, 그 용매로서는, 물, 메탄올, 에탄올, 1-프로판올, 2-프로판올, 헥사플루오로이소프로판올, 테트라에틸렌글리콜, 트리에틸렌글리콜, 디벤질알코올, 1,3-디옥소란, 1,4-디옥산, 메틸에틸케톤, 메틸이소부틸케톤, 메틸-n-헥실케톤, 메틸-n-프로필케톤, 디이소프로필케톤, 디이소부틸케톤, 아세톤, 헥사플루오로아세톤, 페놀, 포름산, 포름산메틸, 포름산에틸,

포름산프로필, 벤조산메틸, 벤조산에틸, 벤조산프로필, 아세트산메틸, 아세트산에틸, 아세트산프로필, 프탈산디메틸, 프탈산디에틸, 프탈산디프로필, 염화메틸, 염화에틸, 염화메틸렌, 클로로포름, o-클로로톨루엔, p-클로로톨루엔, 사염화탄소, 1,1-디클로로에탄, 1,2-디클로로에탄, 트리클로로에탄, 디클로로프로판, 디브로모에탄, 디브로모프로판, 브롬화메틸, 브롬화에틸, 브롬화프로필, 아세트산, 벤젠, 톨루엔, 헥산, 시클로헥산, 시클로헥사논, 시클로펜탄, o-자일렌, p-자일렌, m-자일렌, 아세토니트릴, 테트라하이드로푸란, N,N-디메틸포름아미드, 피리딘 등을 예시할 수 있다. 사용하는 용매는 1 종류로 한정되는 것은 아니고, 상기 예시한 용매로부터 임의의 복수 종류를 선정하고, 혼합하여 사용해도 상관없다.

[0172] 특히 용매로서 물을 사용하는 경우에는, 물에 대한 용해도가 높은 하기와 같은 천연 고분자 및 합성 고분자를 사용하는 것이 바람직하다. 천연 고분자로서는, 예를 들어 폴루란, 히알루론산, 콘드로이틴황산, 폴리- γ -글루타민산, 변성 옥수수 전분, β -글루칸, 글루코올리고당, 헤파린, 케라토황산 등의 무코 다당, 셀룰로오스, 펙틴, 자일란, 리그닌, 글루코만난, 갈락투론산, 사일립시드검, 타마린드 종자검, 아라비아검, 트라간트검, 대두 수용성 다당, 알긴산, 카라기난, 라미나란, 한천 (아가로스), 푸코이단, 메틸셀룰로오스, 하이드록시프로필셀룰로오스, 하이드록시프로필메틸셀룰로오스 등을 들 수 있다. 합성 고분자로서는, 예를 들어 부분 비누화 폴리비닐알코올, 저비누화 폴리비닐알코올, 폴리비닐피롤리돈, 폴리에틸렌옥사이드, 폴리아크릴산나트륨 등을 들 수 있다. 이들의 고분자 화합물은 1 종을 단독으로 또는 2 종 이상을 조합하여 사용할 수 있다. 이들의 고분자 화합물 중, 나노 파이버의 조제가 용이한 관점에서, 폴루란 등의 천연 고분자, 그리고 부분 비누화 폴리비닐알코올, 저비누화 폴리비닐알코올, 폴리비닐피롤리돈 및 폴리에틸렌옥사이드 등의 합성 고분자를 사용하는 것이 바람직하다.

[0173] 또, 물에 대한 용해도는 높지 않지만, 나노 파이버 형성 후에 불용화 처리할 수 있는 완전 비누화 폴리비닐알코올, 가교제와 병용함으로써 나노 파이버 형성 후에 가교 처리할 수 있는 부분 비누화 폴리비닐알코올, 폴리(N-프로파노일에틸렌아민)그래프트-디메틸실록산/ γ -아미노프로필메틸실록산 공중합체 등의 옥사졸린 변성 실리콘, 제인 (옥수수 단백질의 주요 성분), 폴리에스테르, 폴리락트산 (PLA), 폴리아크릴로니트릴 수지, 폴리메타크릴산 수지 등의 아크릴 수지, 폴리스티렌 수지, 폴리비닐부티랄 수지, 폴리에틸렌테레프탈레이트 수지, 폴리부틸렌테레프탈레이트 수지, 폴리우레탄 수지, 폴리아미드 수지, 폴리이미드 수지, 폴리아미드이미드 수지 등의 고분자 화합물도 사용할 수 있다. 이들의 고분자 화합물은 단독으로 또는 2 종 이상을 조합하여 사용할 수 있다.

[0174] 이상의 각 실시 형태의 제조 장치에 의해 제조되는 나노 파이버는, 그 굵기를 원 상당 직경으로 나타낸 경우, 일반적으로 10 nm 이상 3000 nm 이하, 특히 10 nm 이상 1000 nm 이하의 것이다. 나노 파이버의 굵기는, 예를 들어 주사형 전자 현미경 (SEM) 관찰에 의해 측정할 수 있다.

[0175] 본 발명의 나노 파이버 제조 장치를 사용하여 제조한 나노 파이버는, 그것을 집적시킨 나노 파이버 성형체로서 각종의 목적으로 사용할 수 있다. 성형체의 형상으로서, 시트, 먼 (숨) 상체, 사(絲)상체 등이 예시된다. 나노 파이버 성형체는 다른 시트와 적층하거나, 각종의 액체, 미립자, 파이버 등을 함유시키거나 하여 사용해도 된다. 나노 파이버 시트는, 예를 들어 의료 목적이나, 미용 목적 등의 비의료 목적으로 사람의 피부, 치아, 치경 등에 부착되는 시트로서 바람직하게 사용된다. 또, 고집진성이고 또한 저압손의 고성능 필터, 고전류 밀도에서의 사용이 가능한 전지용 세퍼레이터, 고공공(高空孔) 구조를 갖는 세포 배양용 기체 등으로서도 바람직하게 사용된다. 나노 파이버의 면상체는 방음재나 단열재 등으로서 바람직하게 사용된다.

[0176] 이상, 본 발명을 그 바람직한 실시 형태에 기초하여 설명했지만, 본 발명은 상기 실시 형태에 제한되지 않는다. 예를 들어 도 1 에 나타내는 실시 형태에 있어서, 노즐 (13) 은 곡률을 갖는 곡관이어도 된다. 혹은 도 3 및 도 4 에 나타내는 실시 형태에 있어서, 전극 (19) 의 오목 곡면 (R) 은, 반구의 구각의 내면의 형상인 것이 바람직하지만, 이것 대신에 예를 들어, 구관의 구각의 내면의 형상으로 해도 된다.

[0177] 또, 도 3 및 도 4 에 나타내는 실시 형태에 있어서는, 노즐 (20) 을 오목 곡면 (R) 의 최저부에 배치했지만, 그 이외의 위치에 노즐 (20) 을 배치해도 된다.

[0178] 또, 도 13 내지 도 16 에 나타내는 실시 형태에 있어서는, 노즐 (720) 을 원통 형상의 일방의 개구 단부에 배치했지만, 그 이외의 위치에 노즐 (720) 을 배치해도 된다.

[0179] 또한, 상기 서술한 각 실시 형태에 있어서는, 노즐 (13 (20, 720)) 을, 도 18 에 나타내는 바와 같이, 그 횡단면에서 보아 복수의 구획 S 로 단락짓고, 각 구획에 상기 원로액을 유통시키도록 해도 된다. 이렇게 함으로써, 원로액과 노즐의 내벽의 접촉 면적이 증대하여, 원로액을 한층 대전시키기 쉽게 할 수 있다. 노즐을 그

횡단면에서 보아 복수의 구획 S 로 단락지었을 경우, 상기 서술한 노즐의 내경은, 각 구획에 있어서의 내경을 말한다. 각 구획의 형상이나 내경은 동일해도 되고, 혹은 상이해도 된다.

[0180] 또한, 본 발명에 의해 발휘되는 유리한 효과가 저해되지 않는 범위에 있어서, 하나의 실시 형태의 기술 요소를 다른 실시 형태의 기술 요소와 치환해도 된다. 예를 들어 도 7 에 나타내는 실시 형태에 있어서, 도 8 에 나타내는 공기류 분사 수단 (15A) 을 채용해도 된다.

[0181] 상기 서술한 실시 형태에 관하여, 본 발명은 추가로 이하의 나노 파이버 제조 장치를 개시한다.

[0182] <1>

[0183] 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,

[0184] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,

[0185] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,

[0186] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,

[0187] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,

[0188] 상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 양극이 되고, 또한 상기 전극이 음극이 되도록 전압을 발생시키고,

[0189] 상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 대략 전체면이 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되고,

[0190] 상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상인 나노 파이버 제조 장치.

[0191] <2>

[0192] 전극은 노즐과 대향하지 않는 면의 일부 또는 전부가, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 <1> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.

[0193] <3>

[0194] 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해 상기 노즐의 외면의 대략 전체면이 피복되어 있음과 함께, 그 피복체가 그 노즐의 선단을 넘어 연장되어 있는 <1> 또는 <2> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.

[0195] <4>

[0196] 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,

[0197] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,

[0198] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,

[0199] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,

[0200] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,

[0201] 상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 양극이 되고, 또한 상기 전극이 음극이 되도록 전압을 발생시키고,

[0202] 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해, 상기 노즐의 외면의 대략 전체면이 피복되어 있음과 함께, 그 피복체가 그 노즐의 선단을 넘어 연장되어 있는 나노 파이버 제조 장치.

[0203] <5>

[0204] 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,

[0205] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,

[0206] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,

[0207] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,

[0208] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,

[0209] 상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 음극이 되고, 또한 상기 전극이 양극이 되도록 전압을 발생시키고,

[0210] 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해, 상기 노즐의 외면의 대략 전체면이 피복되어 있는 나노 파이버 제조 장

치.

- [0211] <6>
- [0212] 피복체가 상기 노즐의 선단을 넘어 연장되어 있는 <5> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0213] <7>
- [0214] 상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 대략 전체면이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 <5> 또는 <6> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0215] <8>
- [0216] 상기 전극은 상기 노즐과 대향하지 않는 면의 일부 또는 전부가, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 <7> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0217] <9>
- [0218] 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
- [0219] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,
- [0220] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
- [0221] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
- [0222] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
- [0223] 상기 전압 발생 수단은, 상기 노즐이 음극이 되고, 또한 상기 전극이 양극이 되도록 전압을 발생시키고,
- [0224] 상기 전극은 상기 노즐과 대향하는 면의 대략 전체면이 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되고,
- [0225] 상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상인 나노 파이버 제조 장치.
- [0226] <10>
- [0227] 상기 전극은 상기 노즐과 대향하지 않는 면의 일부 또는 전부가, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 <9> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0228] <11>
- [0229] 포집 수단이 포집용 전극을 가지며, 그 포집용 전극의 대략 전체면이 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 <1> 내지 <10> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0230] <12>
- [0231] 나노 파이버 제조용의 원료액을 분사하는 도전성의 노즐을 구비한 원료 분사 수단과,
- [0232] 상기 노즐과 이간하여 배치된 전극과,
- [0233] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 전압을 발생시키는 전압 발생 수단과,
- [0234] 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능하게 배치된 공기류 분사 수단과,
- [0235] 나노 파이버를 포집하는 포집 수단을 구비한 나노 파이버 제조 장치로서,
- [0236] 상기 포집 수단이 포집용 전극을 가지며, 그 포집용 전극의 대략 전체면이 표면에 유전체가 노출된 피복체로 피복되어 있는 나노 파이버 제조 장치.
- [0237] <13>
- [0238] 상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 0.8 mm 이상인 <2> 내지 <8> 또는 <10> 내지 <12> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0239] <14>
- [0240] 상기 표면에 노출된 유전체의 두께가 8 mm 이상인 <1> 내지 <13> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.

- [0241] <15>
- [0242] 피복체를 구성하는, 표면에 노출된 유전체의 두께는, 0.8 mm 이상, 특히 2 mm 이상, 특히 8 mm 이상인 것이 바람직하고, 피복체의 두께의 상한치는, 25 mm 이하, 특히 20 mm 이하, 특히 15 mm 이하인 것이 바람직하고, 피복체가 단일종 또는 복수종의 유전체로 구성되어 있는 경우, 예를 들어 피복체의 두께는 0.8 mm 이상 25 mm 이하, 특히 2 mm 이상 20 mm 이하, 특히 8 mm 이상 15 mm 이하로 하는 것이 바람직한 <1> 내지 <14> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0243] <16>
- [0244] 전극이 판상인 <1> 내지 <15> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0245] <17>
- [0246] 상기 공기류 분사 수단은, 상기 노즐과 상기 전극의 사이에 공기류를 분사하는 것이 가능한 위치에 배치되어 있고,
- [0247] 원료액으로 형성된 나노 파이버는, 상기 노즐로부터 상기 전극을 향해 뻗어 가려고 하고,
- [0248] 상기 공기류 분사 수단으로부터 분사된 공기류는 상기 나노 파이버의 진행 방향을 전환시켜, 포집 수단이 있는 방향으로 반송함과 함께, 그 나노 파이버를 연신시키는 <1> 내지 <16> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0249] <18>
- [0250] 전극이 오목 구면 형상을 하고 있는 <1> 내지 <15> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0251] <19>
- [0252] 상기 전극에 있어서의 오목 곡면이, 평면부를 전혀 가지지 않은 곡면이거나, 평면부를 갖는 복수의 세그먼트를 서로 연결하여 전체적으로 오목 곡면으로 간주할 수 있는 형상으로 되어 있거나, 또는 서로 직교하는 3 축 중 1 축이 곡률을 갖지 않는 띠형상부를 갖는 복수의 환상 세그먼트를 서로 연결하여 전체적으로 오목 곡면으로 간주할 수 있는 형상으로 되어 있는 <18> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0253] <20>
- [0254] 상기 전극에 있어서의 오목 곡면은, 그 임의의 위치에 있어서의 법선이 상기 노즐의 선단 또는 그 근방을 지나 는 값으로 되어 있는 <18> 또는 <19> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0255] <21>
- [0256] 상기 노즐이 연장되는 방향이, 상기 전극의 오목 곡면에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원의 중심이나, 또는 그 중심의 근방과, 그 오목 곡면에 있어서의 최저부에 형성된 개구의 중심이나, 또는 그 중심의 근방을 지나도 록 배치되는 것이 바람직하고, 특히, 오목 곡면의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면과, 노즐이 연장 되는 방향이 직교하도록, 그 노즐을 배치한 <18> 내지 <20> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0257] <22>
- [0258] 상기 노즐의 선단이, 전극의 오목 곡면에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면 내에 위치하거 나, 또는 그 평면보다 그 오목 곡면의 내측에 위치하도록, 그 노즐을 배치한 <18> 내지 <21> 중 어느 한 항 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0259] <23>
- [0260] 상기 공기류 분사 수단은, 상기 노즐이 연장되는 방향을 따라 형성되어 있고, 그 노즐의 선단의 방향을 향하여 공기류를 분사시키는 것이 가능하도록 형성되어 있고,
- [0261] 상기 전극의 개구단측에서 보았을 때, 상기 공기류 분사 수단은, 상기 노즐을 둘러싸도록 복수 형성되어 있고,
- [0262] 상기 공기류 분사 수단은, 상기 노즐을 사이에 두고 대칭인 위치에 형성되어 있는, <18> 내지 <22> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.

- [0263] <24>
- [0264] 상기 노즐의 선단이, 상기 평면보다 1 ~ 10 mm 내측에 위치하도록 그 노즐을 배치하는 <22> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0265] <25>
- [0266] 전극이 원통 형상을 하고 있는 <1> 내지 <15> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0267] <26>
- [0268] 상기 전극은 내면이 대략 원통 형상이며, 축방향에 수직인 단면에 있어서의 중심 근방에 노즐 선단이 배치되고, 축방향에 있어서는 노즐 선단이 원통 내부에 형성되는 원주 공간 내에 배치되어 있는 <25> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0269] <27>
- [0270] 상기 전극의 축방향에 수직인 단면에 있어서의 원 또는 타원의 이심율은 0 이상 0.6 미만이며, 바람직하게는 이심율 0 의 진원인 <25> 또는 <26> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0271] <28>
- [0272] 상기 전극의 축방향에 수직인 단면에 있어서의 상기 노즐과 상기 전극 사이의 거리로 정의되는 반경은, 20 mm 이상 100 mm 이하이며, 30 mm 이상 50 mm 이하인 것이 바람직한 <25> 내지 <27> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0273] <29>
- [0274] 원통 형상을 하고 있는 상기 전극의 축방향의 길이가 20 mm 이상 150 mm 이하이며, 30 mm 이상 80 mm 이하인 것이 바람직한 <25> 내지 <28> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0275] <30>
- [0276] 상기 전극은 내면이 대략 원통 형상이며, 그 대략 원통의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면 내에 상기 노즐의 선단이 위치하고, 또한 그 선단은, 그 개구단에 의해 형성되는 원의 중심으로부터 10 mm 이내에 위치하는 <25> 내지 <29> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0277] <31>
- [0278] 원통 형상의 상기 전극의 축방향을 따라 보았을 때, 상기 노즐의 선단이, 원통 내부에 형성되는 원주 공간 내에 배치되고, 또한 상기 전극의 2 개의 단부 중, 원료액의 토출측의 단부로부터 축방향의 중심까지의 사이에 배치되어 있는 <25> 내지 <30> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0279] <32>
- [0280] 상기 공기류 분사 수단은, 상기 노즐이 연장되는 방향을 따라 형성되어 있고, 그 노즐의 선단의 방향을 향하여 공기류를 분사시키는 것이 가능하도록 형성되어 있고,
- [0281] 상기 전극의 개구단측에서 보았을 때, 상기 공기류 분사 수단은, 상기 노즐을 둘러싸도록 복수 형성되어 있고,
- [0282] 상기 공기류 분사 수단은, 상기 노즐을 사이에 두고 대칭인 위치에 형성되어 있는 <25> 내지 <31> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0283] <33>
- [0284] 전극은 유전체에 의해 그 전체면이 피복되어 있는 <25> 내지 <32> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0285] <34>
- [0286] 유전체의 두께는, 0.8 mm 이상, 보다 바람직하게는 2 mm 이상, 특히 8 mm 이상인 것이 바람직하고, 25 mm 이하, 보다 바람직하게는 20 mm 이하, 특히 15 mm 이하인 것이 바람직하고, 0.8 mm 이상 25 mm 이하, 보다 바람직하게는 2 mm 이상 20 mm 이하, 특히 8 mm 이상 15 mm 이하로 하는 것이 바람직한 <25> 내지 <33> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.

- [0287] <35>
- [0288] 상기 노즐의 선단이, 상기 전극의 오목 곡면에 있어서의 원통 형상의 개구단에 의해 형성되는 평면보다 1 mm 이상 10 mm 이하 내측에 배치되어 있는 <25> 내지 <34> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0289] <36>
- [0290] 유전체가 알루미늄, 베이크라이트, 나일론, 염화비닐 수지 중에서 선택되는 적어도 1 종 이상인 <1> 내지 <35> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0291] <37>
- [0292] 유전체가 나일론인 <1> 내지 <36> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0293] <38>
- [0294] 노즐의 선단과 전극 사이의 거리는, 20 mm 이상, 특히 30 mm 이상으로 설정하는 것이 바람직하고, 상한치는 100 mm 이하, 특히 50 mm 이하로 설정하는 것이 바람직하고, 예를 들어 양자간의 거리는, 20 mm 이상 100 mm 이하로 설정하는 것이 바람직하고, 30 mm 이상 50 mm 이하로 설정하는 것이 더욱 바람직한 <1> 내지 <37> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0295] <39>
- [0296] 공기류의 유속은, 200 m/sec 이상, 특히 250 m/sec 이상으로 하는 것이 바람직하고, 600 m/sec 이하, 특히 530 m/sec 이하로 하는 것이 바람직하고, 200 m/sec 이상 600 m/sec 이하로 하는 것이 바람직하고, 특히 250 m/sec 이상 530 m/sec 이하인 것이 바람직한 <1> 내지 <38> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0297] <40>
- [0298] 노즐의 선단을 넘어 연장되어 있는 피복체 중 연장 부분은, 노즐을 둘러싸는 통형상의 형태를 하여 중공부를 가지고 있고, 이 중공부가 노즐의 내부와 연통되어 있는 <3>, <4> 또는 <6> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0299] <41>
- [0300] 상기 노즐의 피복체의 연장 부분의 길이는, 1 mm 이상인 것이 바람직하고, 10 mm 이상인 것이 더욱 바람직하고, 상한치는, 15 mm 이하인 것이 바람직하고, 12 mm 이하인 것이 더욱 바람직하고, 1 mm 이상 15 mm 이하, 특히 10 mm 이상 12 mm 이하인 것이 바람직한 <3>, <4> 또는 <6> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0301] <42>
- [0302] 상기 노즐의 외경은, 그 하한치를 바람직하게는 300 μm 이상, 더욱 바람직하게는 400 μm 이상으로 설정할 수 있고, 그 상한치를 바람직하게는 4000 μm 이하, 더욱 바람직하게는 3000 μm 이하로 설정할 수 있고, 예를 들어 바람직하게는 300 μm 이상 4000 μm 이하, 더욱 바람직하게는 400 μm 이상 3000 μm 이하로 설정할 수 있는, <1> 내지 <41> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0303] <43>
- [0304] 상기 노즐의 길이는 50 mm 이하인 것이 바람직하고, 10 mm 이하인 것이 더욱 바람직하고, 5 mm 이하인 것이 한층 바람직한, <1> 내지 <42> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0305] <44>
- [0306] 상기 전극 또는 상기 노즐은, 상기 피복체로 대략 전체면 (90 % 이상의 면적) 이 피복되고, 바람직하게는 상기 피복체로 전체면 (100 % 의 면적) 이 피복되어 있는 <1> 내지 <43> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0307] <45>
- [0308] 표면에 유전체가 노출된 상기 피복체는, (그 피복체의) 그 표면의 대략 전체면 (90 % 이상의 면적) 이 유전체만으로 구성되어 있고, 바람직하게는, 그 피복체는, (그 피복체의) 그 표면의 전체면 (100 % 의 면적) 이 유전체만으로 구성되어 있는 <1> 내지 <44> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.

- [0309] <46>
- [0310] 상기 원료액으로서, 파이버 형성이 가능한 고분자 화합물이 용매에 용해 또는 분산된 용액 혹은 고분자 화합물을 가열, 용융한 용액을 사용하는, <1> 내지 <45> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0311] <47>
- [0312] 상기 전극과 상기 피복체를, 유전체로 구성되는 접합 부재로 접합한 <1> 내지 <46> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0313] <48>
- [0314] 상기 접합 부재는 유전체로 구성되어 있는 <47> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0315] <49>
- [0316] 상기 접합 부재는 점착제 또는 유전체로 구성된 나사 또는 목재의 나사인 <47> 또는 <48> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0317] <50>
- [0318] 상기 접합 부재가 나사이며, 상기 피복체에 나사 구멍이 형성되어 있고, 그 나사 구멍에 카운터 보어 가공이 되어 있는 <49> 에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0319] <51>
- [0320] 상기 공기류 분사 수단은 유전체로 구성되어 있는 <1> 내지 <50> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0321] <52>
- [0322] 상기 공기류 분사 수단은, 상기 공기류가 분출되는 복수의 개구부를 가지며, 그 개구부는 세폭의 간극으로 이루어지는 공간이거나, 또는 대략 기둥상의 공간이며,
- [0323] 상기 공기류 분사 수단은, 상기 전극과 상기 노즐 사이의 공간에 상기 개구부가 향하도록 배치되어 있는 <1> 내지 <51> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0324] <53>
- [0325] 상기 공기류 분사 수단은 매니폴드 구조를 가지고 있는 <1> 내지 <52> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0326] <54>
- [0327] 상기 공기류 분사 수단에 형성된 개구부의 배치를 자유롭게 설정할 수 있는 <1> 내지 <53> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0328] <55>
- [0329] 상기 공기류 분사 수단에 형성된 개구부는 대략 기둥상의 공간으로 이루어지고,
- [0330] 상기 개구부를 3 열의 지그재그 격자상으로 배치하여 공기류의 간극을 매우도록 한 <1> 내지 <54> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0331] <56>
- [0332] 상기 공기류 분사 수단에 형성된 개구부는, 상기 전극이 오목 구면 형상의 경우에는 그 전극의 개구부를 정면에서 보았을 때, 상기 노즐을 중심으로 하여 동심원상으로 배치되어 있는 <1> 내지 <55> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0333] <57>
- [0334] 상기 공기류 분사 수단에 형성된 개구부의 형상은, 원형, 타원형, 삼각형, 사각형 또는 다각형인 <1> 내지 <56> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.

- [0335] <58>
- [0336] 상기 공기류 분사 수단에 형성된 개구부가 원형의 경우, 직경의 범위는 0.1 mm 이상 1.5 mm 이하인 것이 바람직하고, 0.3 mm 이상 1.2 mm 이하인 것이 보다 바람직한 <1> 내지 <57> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0337] <59>
- [0338] 상기 공기류 분사 수단에 형성된 개구부의 피치는, 그 개구부가 지그재그 격자상으로 배치되어 있는 경우, 3 mm 이상 15 mm 이하인 것이 바람직하고, 5 mm 이상 12 mm 이하인 것이 보다 바람직한 <1> 내지 <58> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0339] <60>
- [0340] 상기 공기류 분사 수단에 형성된 개구부가 상기 노즐을 중심으로 하여 동심원상으로 배치되어 있는 경우, 이웃하는 개구부와 그 노즐의 중심이 이루는 각도는, 5 ° 이상 60 ° 이하인 것이 바람직하고, 8 ° 이상 30 ° 이하인 것이 보다 바람직한 <1> 내지 <59> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0341] <61>
- [0342] 상기 공기류 분사 수단에 형성된 개구부가 상기 노즐을 중심으로 하여 동심원상으로 배치되어 있는 경우, 피치원의 반경은 6 mm 이상 15 mm 이하인 것이 바람직하고, 7.5 mm 이상 12.5 mm 이하인 것이 보다 바람직한 <1> 내지 <60> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치.
- [0343] <62>
- [0344] <1> 내지 <61> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치를 사용하여 나노 파이버를 제조하는 나노 파이버 제조 방법.
- [0345] <63>
- [0346] <1> 내지 <61> 중 어느 한 항에 기재된 나노 파이버 제조 장치를 사용하여 제조한 나노 파이버로 이루어지는 나노 파이버 성형체.
- [0347] 실시예
- [0348] 이하, 실시예에 의해 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명의 범위는, 이러한 실시예에 제한되지 않는다. 특별히 언급하지 않는 한, 「%」 및 「부」는 각각 「질량%」 및 「질량부」를 의미한다.
- [0349] [실시예 1 내지 3]
- [0350] 도 1에 나타내는 제조 장치 (10)에 있어서의 원료액의 대전량을 평가하기 위해, 물을 모델 원료액으로서 사용하여, 물의 대전량을 측정했다. 대전량의 측정 방법은 후술한다. 물은 파이버화되지 않기 때문에, 대전한 액의 포집이 용이하고, 후술하는 방법으로 간편하게 대전량을 측정할 수 있다. 노즐 (13)로부터 물을 분사하는 속도는 1 g/min으로 하고, 노즐 (13)의 내경은 2 mm, 길이는 50 mm로 했다. 전극 (14)의 평면부 (노즐 (13)과 대향하는 면)의 면적은 81 cm² (세로 9 cm × 가로 9 cm)로 하고, 그 면의 전체면을 유전체 (나일론 ((주) 미스미 제조 MC 나일론 MCA-90-90-10), 베이클라이트 ((주) 미스미 제조 BLA-90-90-10), 알루미나 ((주) 미스미 제조 CEMN-90-90-10))로 이루어지는 피복체 (17)로 각각 피복했다. 유전체의 두께는 모두 10 mm로 했다. 노즐 (13)의 선단과 전극 (14)의 거리 (최단 거리)는 50 mm로 했다.
- [0351] 또, 전극 (14)과 노즐 (13)의 사이에 직류 전압 (-20 kV, -30 kV, -40 kV)을 인가하고, 전극 (14)과 노즐 (13)의 사이에 흐르는 전류 (이하, 누설 전류라고 부른다)의 양을 측정함과 함께 방전의 유무를 관찰했다. 누설 전류의 측정은, 전압 발생 수단으로서 사용한 고전압 발생 장치 (마츠사다 프레스존 (주) 제조의 HAR-60R1-LF)에 내장되어 있는 전류계를 사용하여 실시했다. 또한 누설 전류에 미치는 원료액의 영향을 배제하기 위해, 원료액은 분사하지 않았다. 이들의 결과를 표 1에 나타낸다.
- [0352] [비교예 1]
- [0353] 본 비교예는, 실시예 1에 있어서 전극 (14)을 유전체로 이루어지는 피복체 (17)로 피복하지 않은 예이다. 이것 이외는 실시예 1과 동일한 조작을 실시하여, 동일한 측정을 실시했다. 결과를 표 1에 나타낸다.

[0354] [비교예 2 내지 4]

[0355] 본 비교예는, 피복체 (17) 로서, 표면에 금속으로 이루어지는 도전층 (도체층) 이 노출된 피복체를 사용한 예이다. 실시예 1 내지 3 에 있어서, 유전체의 표면에 두께 0.2 mm 의 알루미늄 테이프 (SLIONTEC (등록상표)) 를 추가로 적층하여, 피복체를 형성했다. 본 비교예에 대응하는 예는 특허문헌 2 의 실시예에 보여진다. 그 이외는 실시예 1 과 동일한 조작을 실시하여, 동일한 측정을 실시했다. 결과를 표 1 에 나타낸다.

표 1

	유전체	유전체 표면의 도전층	누설 전류 (μA)			대전량 (nC/g)
			-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]	
실시예 1	MC 나일론	없음	0	5	13	20.5
실시예 2	베이크라이트	없음	3	8	16	21.0
실시예 3	알루미나	없음	5	15	34	21.3
비교예 1	없음	없음	27	방전	방전	16.2
비교예 2	MC 나일론	있음	2	방전	방전	19.7
비교예 3	베이크라이트	있음	4	11	방전	19.8
비교예 4	알루미나	있음	14	38	방전	20.1

[0356]

[0357] 표 1 에 나타내는 실시예 1 내지 3 과 비교예 1 의 대비에서 분명한 바와 같이, 각 실시예에서는, 고전압을 인가해도 누설 전류의 값이 작고, 전극 (14) 으로부터 노즐 (13) 에 비래하는 전자수가 적은 것을 알 수 있다. 한편, 유전체를 사용하지 않은 비교예 1 에서는 전압의 인가와 함께 누설 전류가 현저하게 증가하고, -30 kV 및 -40 kV 의 인가에서 방전이 발생했다. 또, 모델 원료액으로서 사용한 물의 대전량은 각 실시예에 있어서 비교예 1 보다 유의하게 컸었다.

[0358] 또 실시예 1 내지 3 과 비교예 2 내지 4 의 대비에서 분명한 바와 같이, 표면에 금속으로 이루어지는 도전층 (도체층) 이 노출된 피복체를 사용한 각 비교예에서는, 전압의 인가와 함께 누설 전류가 현저하게 증가하고, -40 kV 의 인가에서는 방전이 발생했다. 또, 모델 원료액으로서 사용한 물의 대전량은 각 실시예보다 작아졌다.

[0359] [실시예 4]

[0360] 도 3 및 도 4 에 나타내는 제조 장치 (18) 를 사용하여, 실시예 1 내지 3 과 동일한 방법으로, 물의 대전량 및 누설 전류를 측정했다.

[0361] 전극 (19) 의 오목 곡면 (R) 은 반경 45 mm 의 반구로 하고, 노즐 (20) 의 선단 (20a) 을 반구의 중심에 설치했다. 이 때 선단 (20a) 은 오목 곡면 (R) 에 있어서의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면 내에 위치한다. 노즐이 연장되는 방향은 반구의 회전 대칭축과 일치시켰다. 도 4 와 마찬가지로, 전극 (19) 의 오목 곡면 (R) 의 전체면 및 플랜지부 (19a) 의 일부를 두께 10 mm 의 유전체 (모노머 캐스트 나일론 (하쿠도 제조 MC901 절판 (청))) 로 이루어지는 피복체 (207) 로 피복했다. 그 이외의 측정 조건은 실시예 1 내지 3 과 동일하다. 이들의 결과를 표 2 에 나타낸다.

표 2

	유전체	유전체 표면의 도전층	누설 전류 (μA)			대전량 (nC/g)
			-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]	
실시예 4	모노머 캐스트 나일론	없음	0	4	방전	101

[0362]

[0363] 표 2 에 나타내는 바와 같이, -40 kV 의 인가 시에는 방전이 발생했지만, -20 kV, -30 kV 의 인가 시에는 비교예 1 내지 비교예 4 보다 유의하게 누설 전류가 작아지고, 실시예 4 에서는 방전이 억제되어 있는 것을 알 수 있다. 또한 실시예 4 에서는 전극 (19) 이 오목 구면 형상을 하고 있기 때문에, 판상의 전극 (14) 을 사용한 비교예 1 내지 비교예 4 보다 물의 대전량이 현저하게 증가하고 있다.

[0364] [실시예 5]

[0365] 도 1 에 나타내는 제조 장치 (10) 에 있어서, 피복체 (17) 에, 두께 0.2 mm 의 폴리프로필렌 시트를 복수매, 적층한 적층체를 사용하여, 누설 전류를 평가했다.

[0366] 피복체 (17) 에 폴리프로필렌의 시트를 사용한 것 이외는, 제조 장치 (10) 의 구조는 실시예 1 내지 3 과 동일하게 했다. 피복체 (17) 에는, 두께 0.2 mm 의 폴리프로필렌 시트를 4 매 적층한 적층체와, 5 매 적층한 적층체를 사용했다. 적층한 각 시트는 인접하는 시트와 밀착시켰다. 본 실시예의 경우, 피복체 (17) 가 단일종의 유전체 (폴리프로필렌) 로 구성되어 있기 때문에, 「표면에 노출된 유전체의 두께」 는 적층한 시트의 총 두께로서 정의되고, 그것은 피복체 (17) 의 두께와 동일하다. 따라서, 4 매 적층한 피복체 (17) 의 두께는 0.8 mm 가 되고, 5 매 적층한 피복체 (17) 의 두께는 1.0 mm 가 된다.

[0367] 전극 (14) 의 평면부 (노즐 (13) 과 대향하는 면) 의 전체면을 상기 폴리프로필렌 시트의 적층체로 피복하고, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이에 직류 전압 -40 kV 를 인가했다. 그리고 실시예 1 내지 3 과 동일한 방법으로, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 흐르는 누설 전류의 양을 측정함과 함께 방전의 유무를 관찰했다. 이들의 결과를 표 3 에 나타낸다.

[0368] [비교예 5]

[0369] 실시예 5 와 동일한 실험을, 폴리프로필렌 시트의 적층 매수를 0 매, 1 매, 2 매, 3 매로 하여 실시했다. 이 때의 피복체 (17) 의 두께 (표면에 노출된 유전체의 두께) 는 각각 0 mm, 0.2 mm, 0.4 mm, 0.6 mm 가 된다. 결과를 표 3 에 나타낸다.

표 3

	폴리프로필렌 두께 [mm]	누설 전류(μA) -40[kV]
비교예 5	0	방전
	0.2	180
	0.4	174
	0.6	142
실시예 5	0.8	115
	1.0	121

[0370]

[0371] [실시예 6]

[0372] 도 1 에 나타내는 제조 장치 (10) 에 있어서, 피복체 (17) 에, 두께 2 mm, 5 mm, 8 mm, 10 mm 의 베이클라이트를 사용하여, 누설 전류와 물의 대전량을 평가했다.

[0373] 피복체 (17) 에 상기 두께의 베이클라이트를 사용한 것 이외는, 제조 장치 (10) 의 구조는 실시예 1 내지 3 과 동일하게 했다. 본 실시예의 경우도, 피복체 (17) 가 단일종의 유전체 (베이클라이트) 로 구성되어 있기 때문에, 「표면에 노출된 유전체의 두께」 는 유전체 (베이클라이트) 의 두께, 즉 피복체 (17) 의 두께와 동일하다.

[0374] 전극 (14) 의 평면부 (노즐 (13) 과 대향하는 면) 의 전체면을 상기 베이클라이트로 피복하고, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 직류 전압 -40 kV 를 인가했다. 그리고 실시예 1 내지 3 과 동일한 방법으로, 전극 (14) 과 노즐 (13) 의 사이에 흐르는 누설 전류의 양을 측정함과 함께 방전의 유무를 관찰했다. 또, 실시예 1 내지 3 과 동일한 방법으로, 모델 원료액으로서 사용한 물의 대전량을 측정했다. 이들의 결과를 표 4 에 나타낸다.

표 4

	베이크라이트 두께 [mm]	누설 전류 (μ A) -40 [kV]	대전량 (nC/g) -5[kV]
실시에 6	2	80	16.0
	5	45	15.9
	8	35	19.4
	10	16	21.0

[0375]

[0376]

표 3 및 표 4로부터, 실시예 5, 비교예 5 및 실시예 6에 있어서의, 피복체 (17) (폴리프로필렌과 베이크라이트)의 두께와 누설 전류의 관계를 플롯하면 도 19와 같이 된다. 도 19를 보면, 피복체 (17)의 두께를 0 mm에서 0.8 mm로 늘림에 따라, 누설 전류가 크게 저감되고 있다. 이 점에서, 전극 (14)을 피복하는 피복체 (17)의 두께를 0.8 mm 이상으로 함으로써, 전극 (14)으로부터의 전자의 방출이 유효하게 억제되는 것을 알 수 있다. 또, 0.8 mm보다 두껍게 피복하여 피복 두께를 2 mm로 하면, 누설 전류를 한층 저감시킬 수 있다. 따라서 이 때, 전극 (14)과 노즐 (13)사이의 방전을 억제할 수 있음과 함께, 누설 전류에 수반되는 나노 파이버 제조 시의 전력 소비가 억제된다. 또한, 표 4를 보면, 피복체 (17)의 두께가 8 mm 이상이면 -5 kV에서 측정된 물의 대전량도 현저하게 증가하여, 본 발명의 효과가 한층 현저해지는 것을 알 수 있다. 이 이유는, 유전체의 두께가 증가함으로써 노즐과 전극 사이에 있어서의 정전 용량이 증가한 것과, 및 누설 전류를 대폭 저감한 것에 의해, 전자의 비례가 억제되어, 대전량이 증가했기 때문이라고 생각된다. 이 현저한 효과는, 전극에 얇게 유전체를 피복한 일본 공개특허공보 2010-59557호 (특허문헌 3)에 기재된 기술에서는 얻을 수 없는 것이다.

[0377]

[실시에 7]

[0378]

도 1에 나타내는 제조 장치 (10)에 있어서, 전극 (14)을 피복체 (17)로 피복하지 않고, 대신에, 노즐 (13)의 외면의 전체면을 피복체 (107)로 피복하여, 누설 전류를 평가했다.

[0379]

피복체 (107)에는 두께 2 mm의 염화비닐을 사용하여, 노즐 (13)의 외면의 전체면을 피복함과 함께, 피복체 (107)를, 노즐 (13)의 선단을 넘어 10 mm 및 1 mm 연장시켰다. 그리고 전극 (14)은 피복체 (17)로 피복하지 않았다. 이들 이외는, 실시예 1 내지 3과 동일한 구조의 제조 장치 (10)를 사용하여, 실시예 1 내지 3과 동일한 방법으로 누설 전류의 양을 측정함과 함께 방전의 유무를 관찰했다. 결과를 표 5에 나타낸다.

[0380]

[비교예 6]

[0381]

실시예 7에 있어서, 노즐 (13)의 선단을 넘어 피복체 (107)를 연장시키지 않고, 노즐 (13)의 외면만 또는 외면의 일부를 피복체 (107)로 피복하여, 누설 전류를 평가했다.

[0382]

길이 50 mm의 노즐 (13)의 외면 중, 노즐의 후단 (근원)으로부터 50 mm, 49 mm, 25 mm까지의 영역을 피복체 (107) (두께 2 mm의 염화비닐)로 피복했다. 편의적으로 이들을, 연장 부분의 길이가 각각 0 mm, -1 mm, -25 mm 이라고 표기한다. 예를 들어, 연장 부분의 길이가 -25 mm 일 때, 노즐 (13)의 선단으로부터 25 mm까지의 영역은 피복체로 피복되지 않아, 노즐이 노출되어 있다. 이들의 피복체를 사용한 것 이외는, 실시예 7과 동일하게 하여 누설 전류의 양을 측정함과 함께 방전의 유무를 관찰했다. 결과를 표 5에 나타낸다.

표 5

	연장 부분의 길이 [mm]	누설 전류(μA)		
		-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]
실시예 7	10	0	0	방전
	1	3	방전	방전
비교예 6	0	7	방전	방전
	-1	7	방전	방전
	-25	7	방전	방전

[0383]

[0384]

표 5에 나타내는 바와 같이, 인가 전압이 -40 kV 일 때는 실시예 7과 비교예 6의 모든 예에서 방전했지만, 인가 전압이 -20 kV 일 때는, 연장 부분의 길이가 1 mm 이상인 실시예 7의 누설 전류는 연장 부분이 없는 비교예 6의 누설 전류보다 유의하게 작아졌다. 특히 연장 부분을 10 mm (이상)로 하면, 인가 전압이 -30 kV에서도 누설 전류가 0으로 유지되어, 방전을 방지할 수 있는 것을 알 수 있었다. 이와 같이, 표면에 유전체가 노출된 피복체로 노즐의 외면을 피복함과 함께, 피복체를 노즐의 선단을 넘어 연장시킴으로써, 전극 (14)과 노즐 (13) 사이의 방전을 억제할 수 있음과 함께, 누설 전류에 수반되는 나노 파이버 제조 시의 전력 소비를 억제할 수 있다.

[0385]

[실시예 8]

[0386]

도 1에 나타내는 제조 장치 (10)에 있어서, 전극 (14)을 피복체 (17)로 피복함과 함께, 노즐 (13)의 외면의 전체면을 피복체 (107)로 피복하여, 누설 전류를 평가했다. 피복체 (107)에는 두께 2 mm의 염화비닐을 사용하여, 노즐 (13)의 외면의 전체면을 피복함과 함께, 피복체 (107)를, 노즐 (13)의 선단을 넘어 1 mm에서 10 mm까지 1 mm씩 연장시켰다. 이들 이외는, 실시예 1과 동일한 구조의 제조 장치 (10)를 사용하여, 실시예 1 내지 3과 동일한 방법으로 누설 전류의 양을 측정함과 함께 방전의 유무를 관찰했다. 또한 본 실시예에서는 전극 (14)은 두께 10 mm의 MC 나일론으로 이루어지는 피복체 (17)로 피복되어 있다. 결과를 표 6에 나타낸다.

[0387]

[비교예 7]

[0388]

실시예 8에 있어서, 노즐 (13)의 선단을 넘어 피복체 (107)를 연장시키지 않고, 노즐 (13)의 외면만 또는 외면의 일부를 피복체 (107)로 피복하여, 누설 전류를 평가했다.

[0389]

길이 50 mm의 노즐 (13)의 외면 중, 노즐의 후단 (근원)으로부터 50 mm 및 25 mm까지의 영역을 피복체 (107) (두께 2 mm의 염화비닐)로 피복했다. 편의적으로 이들을, 연장 부분의 길이가 각각 0 mm, -25 mm이라고 표기한다. 예를 들어, 연장 부분의 길이가 -25 mm일 때, 노즐 (13)의 선단으로부터 25 mm까지의 영역은 피복체로 피복되지 않아, 노즐이 노출되어 있다. 이들의 피복체를 사용한 것 이외는, 실시예 8과 동일하게 하여 누설 전류의 양을 측정함과 함께 방전의 유무를 관찰했다. 결과를 표 6에 나타낸다.

표 6

	연장 부분의 길이 [mm]	누설 전류 (μA)		
		-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]
실시에 8	10	0	0	1
	9	0	1	6
	8	0	2	6
	7	0	2	6
	6	0	2	6
	5	0	2	7
	4	0	2	7
	3	0	2	8
	2	0	3	8
	1	0	3	10
비교예 7	0	1	6	14
	-25	1	6	14

[0390]

[0391]

표 6 에 나타내는 바와 같이, -20 kV ~ -40 kV 의 모든 인가 전압에 있어서, 연장 부분의 길이가 1 mm 이상인 실시예 8 의 누설 전류는 연장 부분이 없는 비교예 7 의 누설 전류보다 유의하게 작아졌다. 특히 연장 부분을 10 mm (이상) 로 했을 때, 누설 전류의 감소는 현저했다. 또, 표면에 유전체가 노출된 피복체에 의해, 노즐 (13) 의 외면과 전극 (14) 의 양방을 피복하고 있기 때문에, 누설 전류는 한층 작게 유지되어 방전은 발생하지 않았다. 이와 같이 본 발명에 의하면, 비대한 전자에 의한 원료액의 중화 즉 대전량의 감소를 억제하고, 전극 (14) 과 노즐 (13) 사이의 방전을 억제할 수 있음과 함께, 누설 전류에 수반되는 나노 파이버 제조 시의 전력 소비를 억제할 수 있다.

[0392]

이상의 실시예와 비교예에 있어서, 물의 대전량은 도 20 에 나타내는 장치를 사용하여 이하의 방법으로 측정했다. 또한, 도 20 의 (a) 는 제조 장치 (10) 를 사용한 실시예 1 내지 3, 실시예 6 및 비교예 1 내지 4 에 대한 것이며, 도 20 의 (b) 는 제조 장치 (18) 를 사용한 실시예 4 에 대한 것이다.

[0393]

제조 장치 (10) 에 대해서는, 도 20 의 (a) 에 나타내는 바와 같이, 노즐 (13) 이 연장되는 방향이 수평이 되도록, 장치 전체를 90 도 회전하여 배치한다. 제조 장치 (18) 에 대해서는, 도 20 의 (b) 에 나타내는 바와 같이, 노즐 (20) 이 연장되는 방향이 연직 하방향이 되도록, 장치 전체를 배치한다. 그리고 노즐과 전극의 사이에 -5 kV 의 직류 전압을 고전압 발생 장치 (마츠사다 프레스존 (주) 제조 HAR-60R1-LF) 로 인가하고, 노즐로부터 물을 1 g/min 의 속도로 분사한다. 이 상태에서, 대전한 물은 중력에 의해 대략 연직 하방에 적하한다. 적하한 물방울을 패러데이 케이지 (카스가 전기 (주) 제조 NQ-1400) 내에 접지한 금속 용기에 받아, 일정 시간 내 (수 분 내) 에 고인 물의 대전량을 쿨롬미터 (카스가 전기 (주) 제조 NK-1001, 1002) 로 측정한다. 동시에, 고인 물의 질량을 화학 천칭으로 측정하고, 양자의 비로부터 물의 단위 질량당 대전량 (nC/g) 을 구했다. 또한, 노즐과 전극의 사이에 인가되는 전압을 -5 kV 보다 낮게 하면 (인가되는 전압의 절대치를 5 kV 보다 크게 한다), 대전한 물이 무산(霧散)되어 금속 용기에 물방울을 포집할 수 없는 경우가 있었기 때문에, 측정은 모두 -5 kV 의 인가 전압에서 실시했다.

[0394]

[실시에 9]

[0395]

도 8 에 나타내는 제조 장치 (510) 를 사용하여 나노 파이버의 제조를 실시했다. 원료액으로서 폴루란 15 % 수용액을 사용했다. 노즐 (13) 으로부터 원료액을 분사하는 속도는 1 g/min 으로 하고, 노즐 (13) 의 내경은 2 mm, 길이는 50 mm 로 했다. 전극 (14) 의 평면부 (노즐 (13) 과 대향하는 면) 의 면적을 81 cm² (세로 9 cm × 가로 9 cm) 로 하고, 그 면의 전체면을 베이클라이트로 이루어지는 피복체 (17) 로 피복했다. 베이클라이트의 두께는 10 mm 로 했다. 공기류 분사 수단 (15A) 으로부터 유량 100 l/min 의 공기류를 분사했다. 공기류 분사 수단 (15A) 의 전면에 형성된 개구부 (151A) 의 배치는, 수평 방향 H 의 피치가 10 mm 이고, 연직 방향 V 의 피치가 10 mm 이며, 수평 방향 H 로 연장되는 개구부열이, 연직 방향 V 를 따라 3 열 배치된 지그재그 격자상으로 했다. 각 개구부는 원주상의 공간으로 이루어지고, 그 직경은 1 mm 였다. 노즐 (13) 의 선단과 전극 (14) 의 거리 (최단 거리) 는 40 mm 로 하고, 노즐 (13) 과 전극 (14) 의 사이에 -30 kV 의 전압을 인가했다. 얻어진 나노 파이버를 주사형 전자 현미경 (SEM) 으로 촬영한 사진을 도 21 의 (a) 에

나타낸다.

[0396] [비교예 8]

[0397] 본 비교예는, 도 1 에 나타내는 제조 장치 (10) 의 전극 (14) 을 구상 전극 (볼록 구면 형상을 한 전극) 으로 변경하고, 또한 전극 (14) 을 피복체 (17) 로 피복되어 있지 않은 제조 장치를 사용하여 나노 파이버의 제조를 실시한 결과이다. 구상 전극의 직경은 25 mm 로 하고, 노즐 (13) 의 선단의 연직 바로 위에 구의 중심을 배치했다. 노즐 (13) 의 선단과 구상 전극의 거리 (최단 거리) 는 75 mm 로 했다. 그 이외의 장치 구조는 실시예 9 와 동일하고, 동일한 조건에서 방사를 실시했다. 얻어진 나노 파이버를 주사형 전자 현미경 (SEM) 으로 촬영한 사진을 도 21 의 (b) 에 나타낸다.

[0398] 도 21 에 나타내는 바와 같이, 실시예 9 (도 21 의 (a)) 에서는 평균 직경이 약 200 nm 의 가는 나노 파이버가 얻어진 것에 대해, 비교예 8 (도 21 의 (b)) 에서는 평균 직경이 약 500 nm 의 굵은 나노 파이버밖에 얻을 수 없었다. 게다가 실시예 9 는 비교예 8 보다 결함 (원료액의 액적이 그대로 고화된 것) 의 수가 적어, 양질의 나노 파이버를 얻을 수 있었다. 실시예 9 와 비교예 8 에서 노즐 (13) 로부터 분사되는 원료액의 속도는 공통이기 때문에, 실시예 9 는 비교예 8 보다 단위 시간당 약 6.25 배의 길이의 나노 파이버를 제조할 수 있었던 것이 되고, 본원 구성의 제조 장치를 사용함으로써 생산성이 향상되고 있는 것을 알 수 있다. 혹은, 노즐로부터 원료액을 분사하는 속도를 올리면 생성되는 나노 파이버는 일반적으로 굵어지는 것을 고려하면, 본원 구성의 제조 장치에 의하면 직경 500 nm 의 나노 파이버를 1 g/min 보다 빠른 원료 분사 속도로 (단위 시간당 1 g 보다 많은 원료액을 노즐 (13) 에 공급해도) 제조할 수 있게 된다. 이 점에서도, 본 발명의 구성의 제조 장치의 생산성이 향상되고 있는 것을 알 수 있다.

[0399] [실시예 10]

[0400] 도 3 및 도 4 에 나타내는 제조 장치 (18) 를 사용하여 나노 파이버의 제조를 실시했다. 원료액으로서 폴루란 25 % 수용액을 사용했다. 노즐 (20) 로부터 원료액을 분사하는 속도를 1 g/min 으로 하고, 공기류 분사 수단 (23) 으로부터 공기류를 분사하는 속도는 200 l/min 으로 했다. 노즐 (20) 과 전극 (19) 의 사이에 -30 kV 의 전압을 인가하고, 그 이외의 장치 구조는 실시예 4 와 동일하게 하여 방사를 실시했다. 얻어진 나노 파이버를 주사형 전자 현미경 (SEM) 으로 촬영한 사진을 도 22 에 나타낸다.

[0401] 실시예 10 에서는 원료액으로서, 폴루란 농도를 25 % 까지 늘린 고점도 (7372.8 mPa · s) 의 수용액을 사용했음에도 불구하고, 도 22 에 나타내는 바와 같이, 평균 직경이 약 856 nm 이고, 결함 (원료액의 액적이 그대로 고화된 것) 의 사이즈가 작은 양질의 나노 파이버를 얻을 수 있었다. 본원 구성의 제조 장치를 사용함으로써, 원료액의 대전량이 증가하고, 원료액을 전극 (19) (음극) 에 끌어당기는 힘이 향상되었기 때문에, 고점도의 용액 (고농도의 원료액) 으라도 방사가 가능하게 되었다고 생각된다. 고농도의 원료액을 사용함으로써 원료액 중의 파이버화되는 고형분이 증가하게 되고, 이 점에서도 본원 구성의 제조 장치의 생산성이 향상되고 있다고 할 수 있다.

[0402] [실시예 11 내지 13]

[0403] 도 13 및 도 14 에 나타내는 전계 방사 장치 (701) 에 있어서의 원료액의 대전량을 평가하기 위해, 물을 모델 원료액으로서 사용하여, 물의 대전량을 측정했다. 대전량의 측정 방법은 후술한다. 물은 파이버화되지 않기 때문에, 대전한 액의 포집이 용이하여, 후술하는 방법으로 간편하게 대전량을 측정할 수 있다. 노즐 (720) 로부터 물을 분사하는 속도는 1 g/min 으로 하고, 노즐 (720) 의 내경은 2000 μm, 길이는 50 mm 로 했다. 전극 (710) 은, 길이가 50 mm 이고, 내경이 반경 45 mm 이고, 두께 3 mm 의 원통 (기계 구조용 탄소강 S45C) 으로 하고, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 은 원통 형상의 오목 곡면 (711) 에 있어서의 일방의 개구단에 의해 형성되는 원을 포함하는 평면 내에 위치하도록 했다. 노즐이 연장되는 방향은 원통의 중심축과 일치시켰다. 실시예 11 은 도 13 및 도 14 와 마찬가지로, 전극 (710) 의 오목 곡면 (711) 의 전체면을 두께 10 mm 의 유전체 (730) (모노머 캐스트 나일론 (하쿠도 (주) 제조 MC901 절판 (청))) 로 피복했다. 실시예 12 는 전극 (710) 의 토출 방향측의 단면도 피복했다. 실시예 13 에서는, 실시예 12 의 피복에 더하여, 추가로 전극 (710) 의 외주면의 전체면을 피복했다. 어느 실시예에 있어서도, 전극 (710) 에 -5 kV 의 직류 전압을 인가했다. 노즐 (720) 은 접지했다.

[0404] [비교예 9 및 10]

[0405] 비교예 9 에서는, 도 13 에 나타내는 전계 방사 장치 (701) 의 전극 (710) 을 피복하고 있는 유전체 (730) 를, 전극 (710) 의 내면으로부터 15 mm 떨어진 위치에 배치한 제조 장치를 사용하여 물의 대전량을 측정했다.

유전체 (730) 는 내경이 반경 30 mm 의 원통으로 했다. 비교예 10 에서는, 도 13 에 나타내는 전계 방사 장치 (701) 의 전극 (710) 을 유전체 (730) 로 피복하지 않은 제조 장치를 사용하여 물의 대전량을 측정했다. 그 이외의 측정 조건은 실시예 11 내지 13 과 동일하다. 이들의 결과를 표 7 에 나타낸다.

표 7

	유전체 피복	대전량 (nC/g)
		-5[kV]
실시예 11	내면	60.5
실시예 12	내면 + 단면	114.4
실시예 13	내면 + 단면 + 외면	114.2
비교예 9	없음	31.8
비교예 10	없음	37.9

[0406]

[0407]

표 7 에 나타내는 실시예 11 내지 13 과 비교예 9 및 10 의 대비에서 분명한 바와 같이, 모델 원료액으로서 사용한 물의 대전량은 각 실시예에 있어서 비교예 9 및 10 보다 유의하게 커졌다.

[0408]

또, 전극 (710) 과 노즐 (720) 사이에 직류 전압 (-20 kV, -30 kV, -40 kV) 을 인가하고, 전극 (710) 과 노즐 (720) 의 사이에 흐르는 전류 (이하, 누설 전류라고 부른다) 의 양을 측정함과 함께 방전의 유무를 관찰했다.

누설 전류의 측정은, 전압 발생 수단으로서 사용한 고전압 발생 장치 (마츠사다 프래시콘 (주) 제조의 HAR-60R1-LF) 에 내장되어 있는 전류계를 사용하여 실시했다. 또한 누설 전류에 미치는 원료액의 영향을 배제하기 위해, 원료액은 분사하지 않았다. 이들의 결과를 표 8 에 나타낸다.

표 8

	유전체 피복	누설 전류 (μA)		
		-20[kV]	-30[kV]	-40[kV]
실시예 11	내면	6	방전	방전
실시예 12	내면 + 단면	0	3	18
실시예 13	내면 + 단면 + 외면	0	2	12
비교예 9	없음	11	방전	방전
비교예 10	없음	19	방전	방전

[0409]

[0410]

표 8 에 나타내는 실시예 11 내지 13 과 비교예 9 및 10 의 대비에서 분명한 바와 같이, 각 실시예에서는, 고전압을 인가해도 누설 전류의 값이 작고, 전극 (710) 으로부터 노즐 (720) 에 비래하는 전자수가 적은 것을 알 수 있다. 한편, 유전체에 의한 피복을 하고 있지 않은 비교예 9 및 10 에서는 전압 -20 kV 의 인가에서 실시예 11 보다 누설 전류가 많고, -30 kV 및 -40 kV 의 인가에서 방전이 발생했다.

[0411]

이상의 실시예와 비교예에 있어서, 물의 대전량은 도 20 의 (b) 에 나타내는 장치를 사용하여 이하의 방법으로 측정했다. 또한, 도 20 의 (b) 는 전계 방사 장치 (701) 를 사용한 실시예 11 내지 13, 비교예 9 및 10 에 대한 것이다.

[0412]

전계 방사 장치 (701) 에 대해서는, 도 20 의 (b) 에 나타내는 바와 같이, 노즐 (720) 이 연장되는 방향이 연직 하방향이 되도록, 장치 전체를 배치한다. 그리고 노즐과 전극의 사이에 -5 kV 의 직류 전압을 고전압 발생 장치 (마츠사다 프래시콘 (주) 제조 HAR-60R1-LF) 로 인가하고, 노즐로부터 물을 1 g/min 의 속도로 분사한다.

이 상태에서, 대전한 물은 중력에 의해 대략 연직 하방으로 적하한다. 적하한 물방울을 패러데이 케이지 (카스가 전기 (주) 제조 KQ-1400) 내에 접지한 금속 용기에 받아, 일정 시간 내 (수 분 내) 에 고인 물의 대전량을 쿨롬미터 (카스가 전기 (주) 제조 NK-1001, 1002) 로 측정한다. 동시에, 고인 물의 질량을 화학 천칭으로 측정하고, 양자의 비로부터 물의 단위 질량당 대전량 (nC/g) 을 구했다. 또한, 노즐과 전극의 사이에 인가하는 전압을 -5 kV 보다 낮게 하면 (인가되는 전압의 절대치를 5 kV 보다 크게 한다), 대전한 물이 무산되어 금속 용기에 물방울을 포집할 수 없는 경우가 있었기 때문에, 측정은 모두 -5 kV 의 인가 전압으로 실시했다.

[0413] [실시에 14 내지 16]

[0414] 도 13 및 도 14 에 나타내는 전계 방사 장치 (701) 에 있어서의 노즐 (720)의 선단 (720a) 의 위치를 전극 (710) 의 축방향에 대해 전극 (710) 의 개구단에 형성되는 평면으로부터 내측 부근에 배치했을 때의 대전량을 측정했다. 동시에, 물 대신 원료액을 사용하고, 그 원료액에 의한 전극 (710) 및 전극 (710) 을 피복하고 있는 유전체 (730) 의 오염 상태를 평가했다. 평가 기준은 후술한다. 측정하는 조건은 실시예 11 내지 13 을 측정했을 때와 동일하고, (i) 노즐 (720) 과 대향하는 내면을 피복한 경우 (실시예 11 과 동일), (ii) 노즐 (720) 과 대향하는 내면과 개구 단면을 피복한 경우 (실시예 12 와 동일), 및 (iii) 전극 (710) 의 내외면 및 개구 단면의 전체면을 피복한 경우 (실시예 13 과 동일) 의 3 조건에서 측정했다. 실시예 14 는 실시예 11 내지 13 과 마찬가지로 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 위치를 전극 (710) 의 개구단에 형성되는 평면 상의 위치로 했다. 실시예 15 는 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 위치를 전극 (710) 의 개구단에 형성되는 평면으로부터 내측으로 16 mm 의 위치로 했다. 실시예 16 은 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 위치를 전극 (710) 의 개구단에 형성되는 평면으로부터 내측으로 32 mm 의 위치로 했다. 이들의 결과를 표 9 에 나타낸다.

[0415] 전계 방사한 원료액에 의한 전극 (710) 및 유전체 (730) 의 오염 상태에 대해서는, 하기와 같이 A, B, C 평가로 했다.

[0416] A : 원료액에 의한 전극 (710) 및 유전체 (730) 의 오염이 적다.

[0417] B : 원료액에 의한 전극 (710) 및 유전체 (730) 의 오염이 약간 보여진다.

[0418] C : 원료액에 의한 전극 (710) 및 유전체 (730) 의 오염이 많다.

[0419] [비교예 11]

[0420] 비교예 11 에서는, 도 13 및 도 14 에 나타내는 전계 방사 장치 (701) 에 있어서의 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 위치를 전극 (710) 의 축방향에 대해 전극의 개구단에 형성되는 평면으로부터 외측으로 배치했을 때의 대전량을 측정했다. 동시에, 물 대신에 원료액을 사용하고, 그 원료액에 의한 전극 (710) 및 전극 (710) 을 피복하고 있는 유전체 (730) 의 오염 상태를 평가했다. 측정하는 조건은 실시예 14 내지 16 을 측정했을 때와 동일하고, (i) 노즐 (720) 과 대향하는 내면을 피복한 경우 (실시예 11 과 동일), (ii) 노즐 (720) 과 대향하는 내면과 개구 단면을 피복한 경우 (실시예 12 와 동일), (iii) 전극 (710) 의 내외면 및 개구 단면의 전체면을 피복한 경우 (실시예 13 과 동일) 의 3 조건에서 측정했다. 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 위치는 전극 (710) 의 개구단에 형성되는 평면으로부터 외측으로 16 mm 의 위치로 했다. 이들의 결과를 표 9 에 나타낸다.

표 9

유전체 피복	실시예 14	실시예 15	실시예 16	비교예 11
	전극의 개구 단부로부터의 노즐 선단까지의 위치 (mm)			
	0	-16	-32	16
	대전량 (nC/g)			
내면만	60.5	173.3	179.7	34.9
내면 + 단면	114.4	287.4	306.0	50.1
내면 + 단면 + 외면	114.2	226.3	296.5	47.8
전극 및 유전체의 오염 상태	A	A	B	A

[0421]

[0422] 표 9 에 나타내는 실시예 14 내지 16 및 비교예 11 의 대비에서 분명한 바와 같이, 각 실시예에 있어서, 모델 원료액으로서 사용한 물의 대전량은 비교예 11 보다 유의하게 커졌다.

[0423] 또, 표 9 에 나타내는 결과로부터 분명한 바와 같이, 실시예 14, 15 및 비교예 11 에서는 원료액에 의한 전극 (710) 및 유전체 (730) 의 오염이 적은 것을 알 수 있다. 또, 실시예 16 에서는 원료액에 의한 전극 (710) 및 유전체 (730) 의 오염이 약간 보여지는 것을 알 수 있다.

[0424] 이들의 결과로부터, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 위치를 전극 (710) 의 오목 곡면의 내측에 배치함으로써, 대전량을 높일 수 있는 것을 알 수 있었다. 또, 노즐 (720) 의 선단 (720a) 의 위치를, 전극 (710) 에 있어서의 원료액의 토출측의 개구단 부근에 배치함으로써, 원료액이 전극 (710) 및 유전체 (730) 에 부착되기 어려워

저, 원료액에 의한 전극 (710) 및 유전체 (730)의 오염을 저감할 수 있는 것을 알 수 있었다.

[0425] [실시에 17]

[0426] 도 13에 나타내는 전계 방사 장치 (701)를 사용하여 나노 파이버의 제조를 실시했다. 유전체 (730)의 피복 조건은 실시예 13과 동일하게 했다. 원료액으로서 폴루란 15 질량% 수용액을 사용했다. 노즐 (720)로부터 원료액을 분사하는 속도는 1 g/min으로 하고, 공기류 분사 수단 (723)으로부터 유량 150 ℓ/min의 공기류를 분출하고, 노즐 (720)과 전극 (710)의 사이에 -20 kV의 전압을 인가하고, 노즐 (720)의 선단 (720a)으로부터 포집판까지의 거리는 1200 mm로 했다. 얻어진 나노 파이버를 주사형 전자 현미경 (SEM)으로 촬영한 사진을 도 23의 (a) 및 도 23의 (b)에 나타낸다.

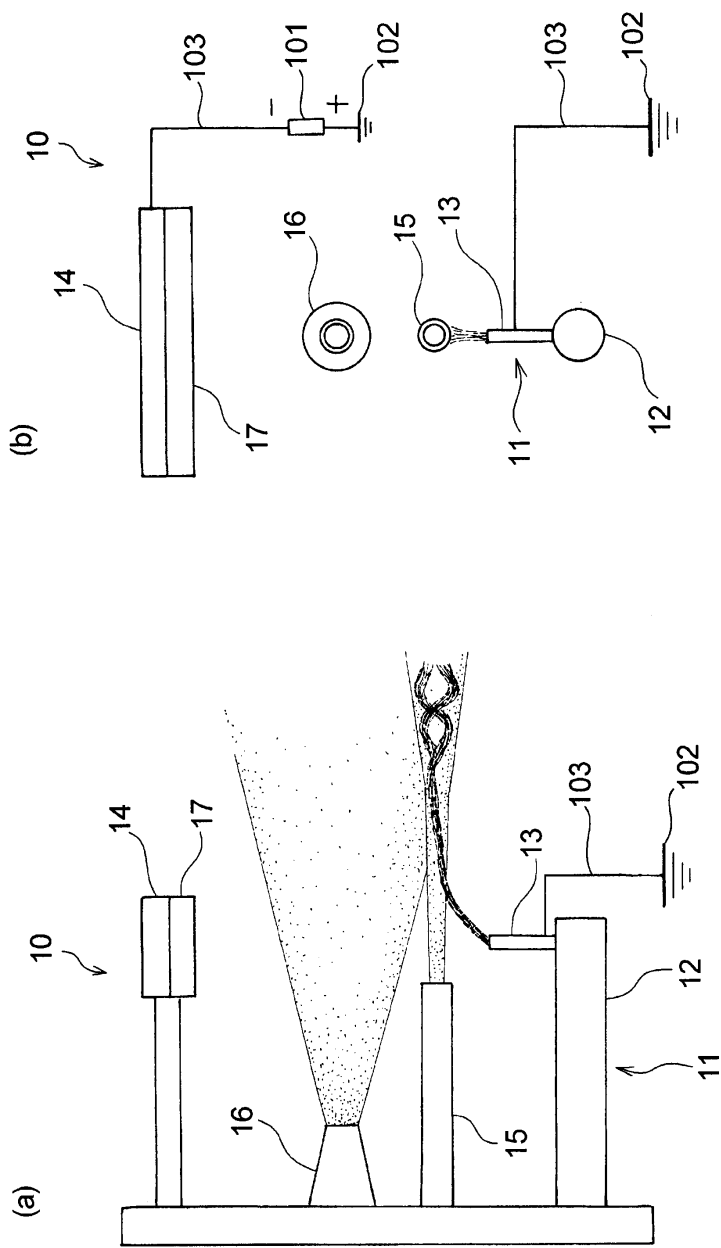
[0427] [비교예 12]

[0428] 본 비교예는, 도 13에 나타내는 전계 방사 장치 (701)의 전극 (710)을 유전체 (730)로 피복되어 있지 않은 제조 장치를 사용하여 나노 파이버의 제조를 실시한 결과이다. 그 이외의 장치 구조는 실시예 17과 동일하고, 인가되는 전압을 -10 kV로 한 것 이외는 실시예 17과 동일한 조건에서 방사를 실시했다. 인가되는 전압은, 나노 파이버의 제조가 가능한 값으로 설정했다. 얻어진 나노 파이버를 주사형 전자 현미경 (SEM)으로 촬영한 사진을 도 24의 (a) 및 도 24의 (b)에 나타낸다.

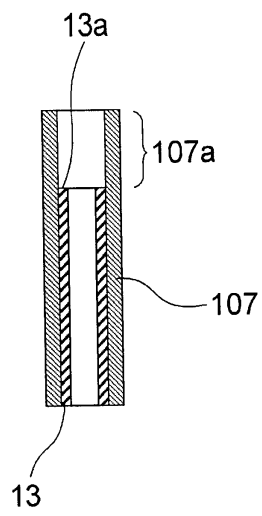
[0429] 도 23의 (a) 및 도 23의 (b)에 나타내는 바와 같이, 실시예 17에서는 평균 직경이 305 nm인 나노 파이버를 얻을 수 있었던 것에 대해, 도 24의 (a) 및 도 24의 (b)에 나타내는 바와 같이, 비교예 12에서는 평균 직경이 487 nm인 나노 파이버밖에 얻을 수 없었다. 게다가 실시예 17은 비교예 12보다 결함 (원료액의 액적이 그대로 고화된 것)의 수가 적어, 양질의 나노 파이버를 얻을 수 있었다. 실시예 17과 비교예 12에서 노즐 (720)로부터 분사하는 원료액의 속도는 동일하기 때문에, 나노 파이버가 평균 직경으로 균일하게 형성되어 있다고 가정하면, 실시예 17은 비교예 12보다 단위 시간당 약 2.5배의 길이의 나노 파이버를 제조할 수 있던 것이 되어, 본 발명의 구성을 갖는 제조 장치를 사용함으로써, 생산성이 향상되는 것을 알 수 있다. 혹은, 노즐로부터 원료액을 분사하는 속도를 올리면, 생성되는 나노 파이버는 일반적으로 굵어지는 것을 고려하면, 본 발명의 구성을 갖는 제조 장치에 의하면, 평균 직경 487 nm의 나노 파이버를 1 g/min보다 빠른 원료 분사 속도로 (단위 시간당 1 g보다 많은 원료액을 노즐 (720)에 공급해도) 제조할 수 있게 된다. 이 점에서도, 본 발명의 구성을 갖는 제조 장치의 생산성이 향상되고 있는 것을 알 수 있다.

도면

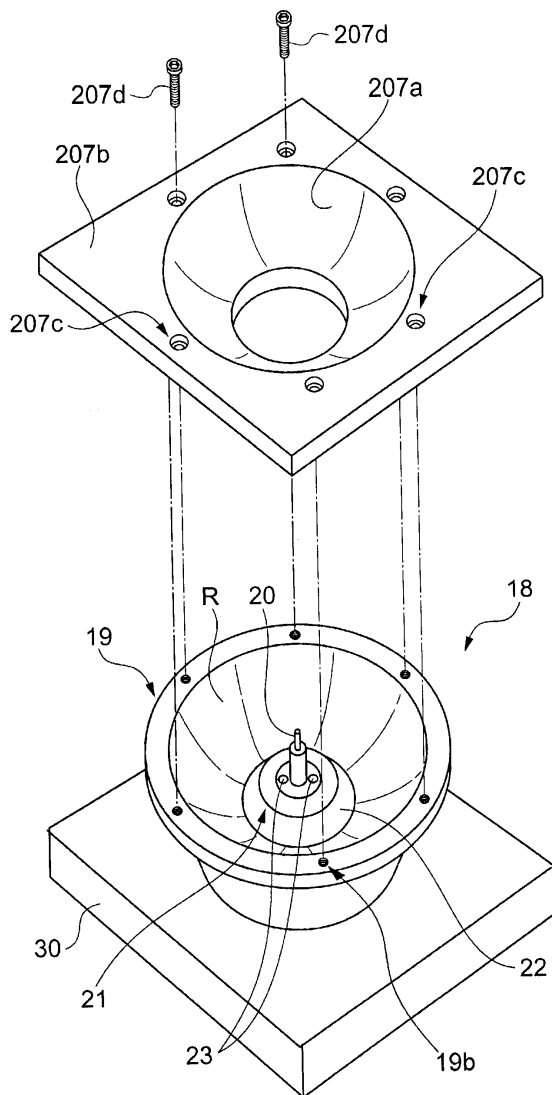
도면1



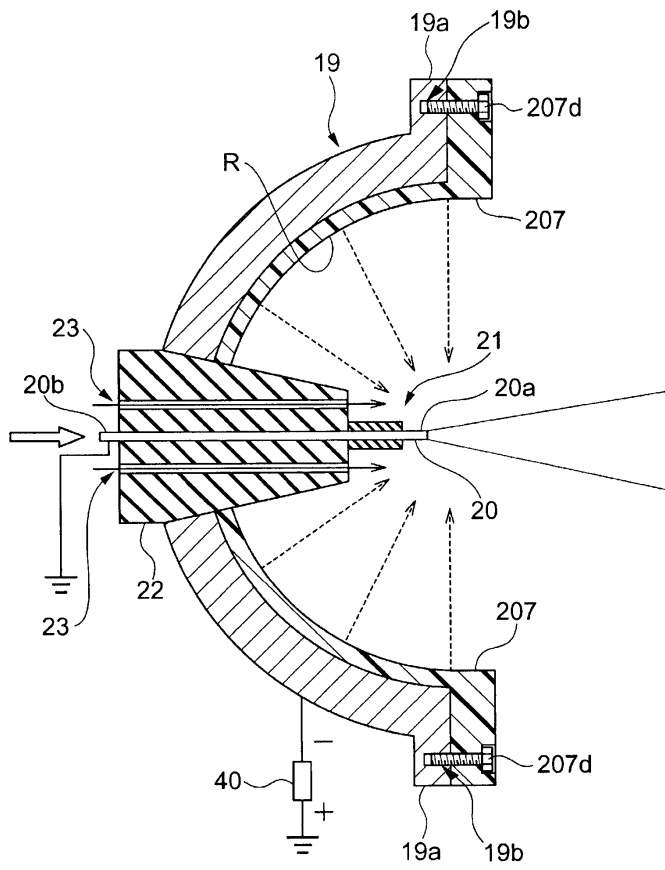
도면2



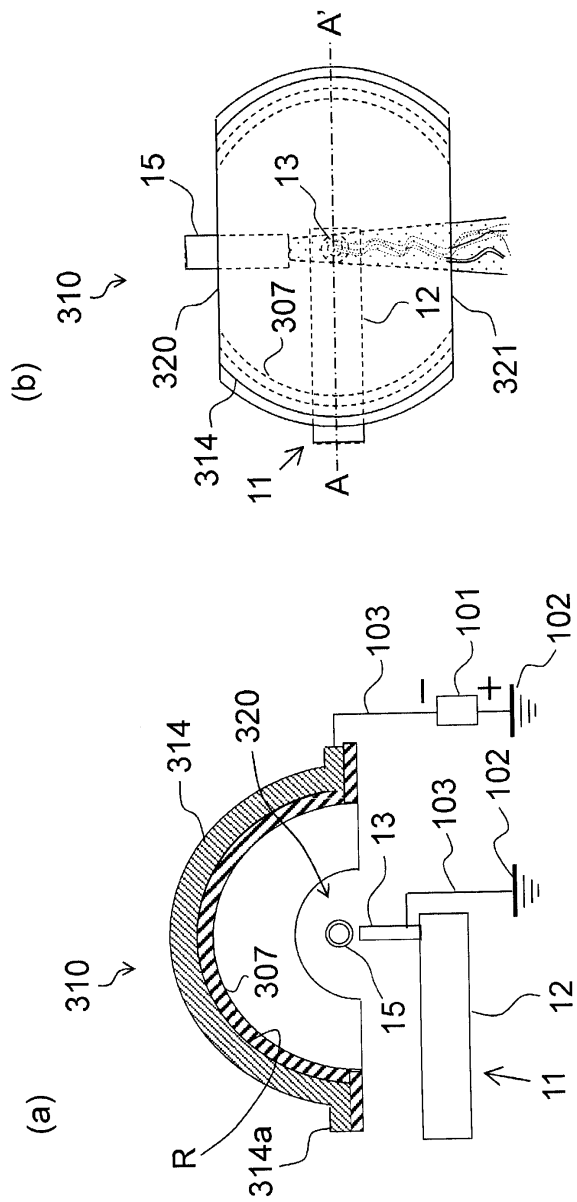
도면3



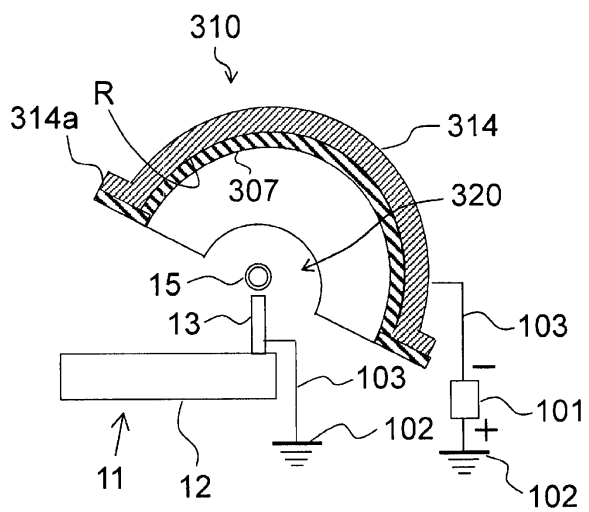
도면4



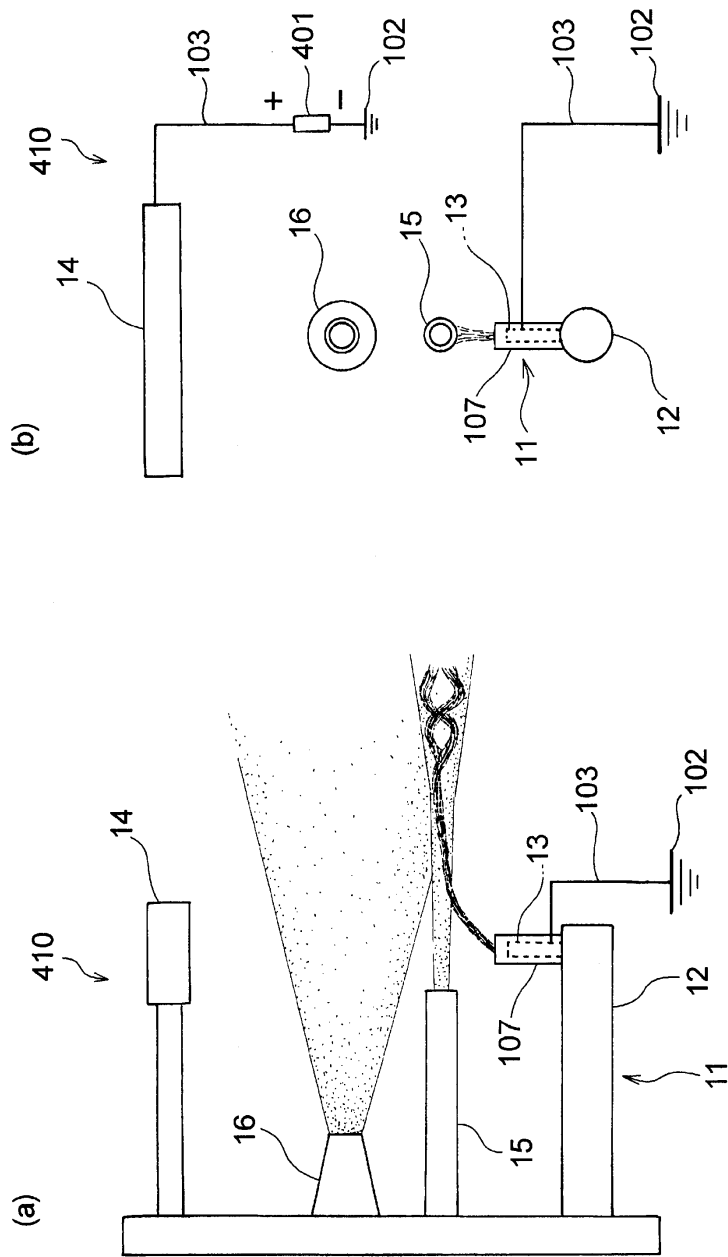
도면5



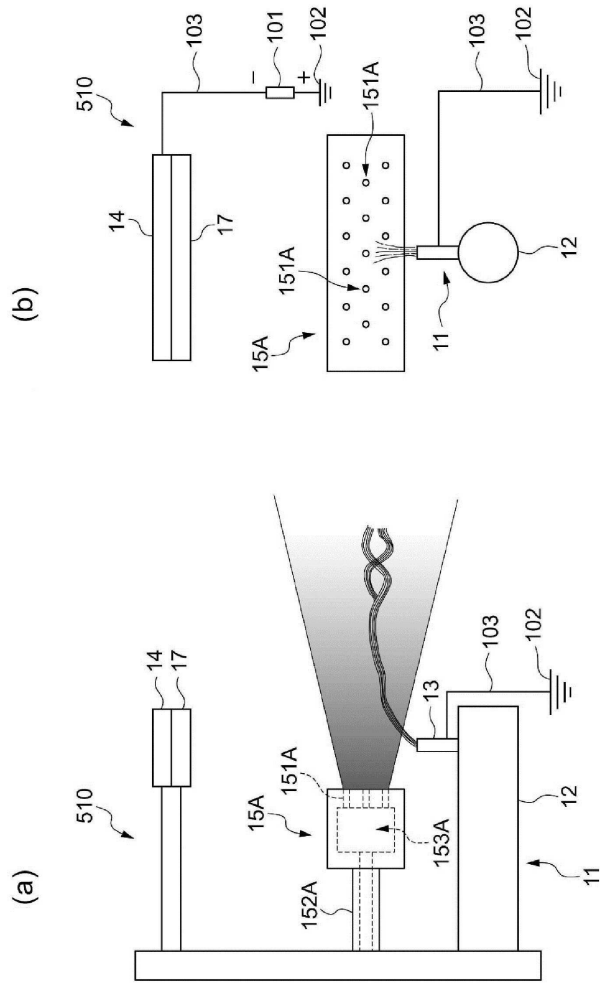
도면6



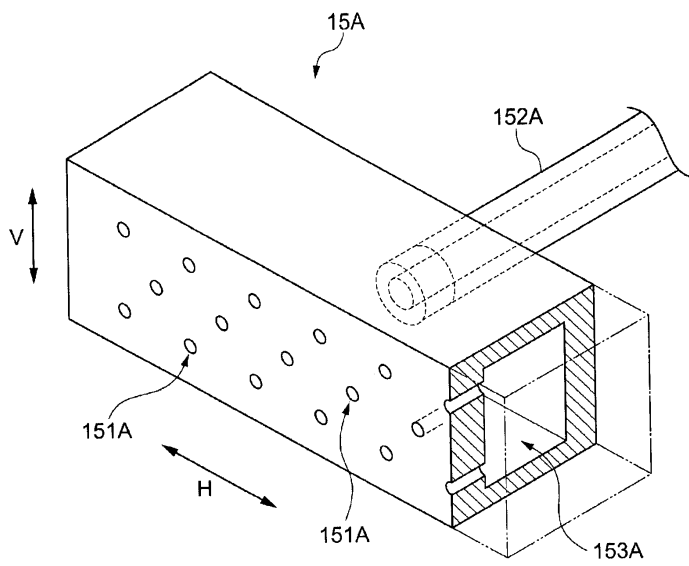
도면7



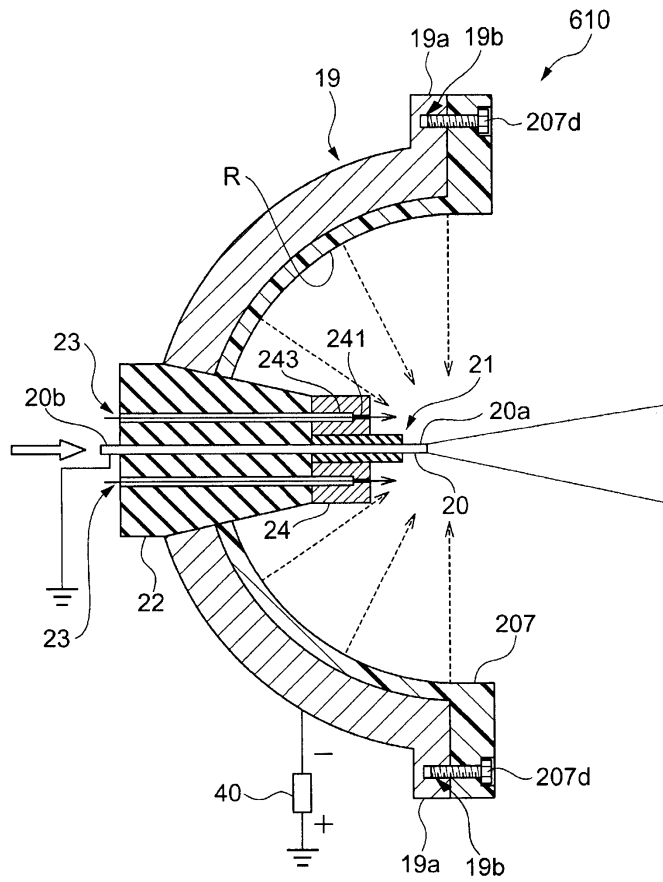
도면8



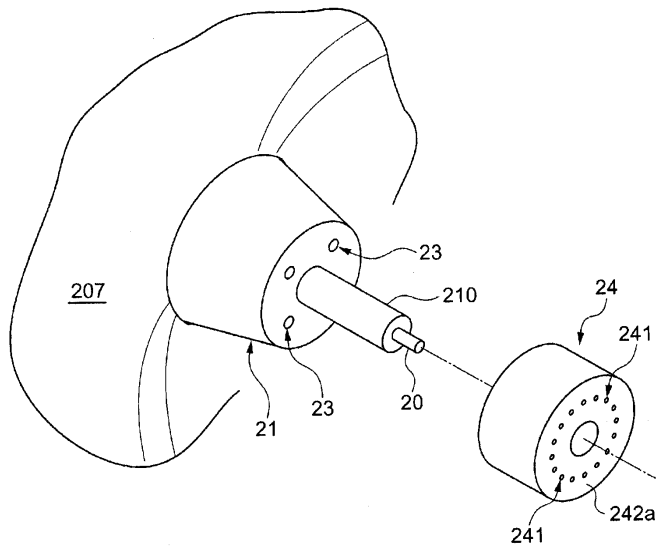
도면9



도면10

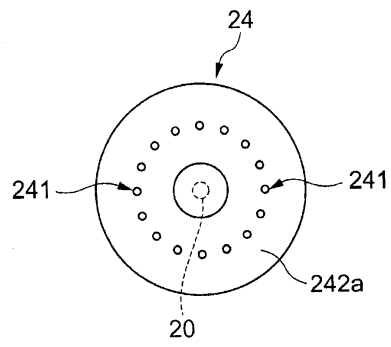


도면11

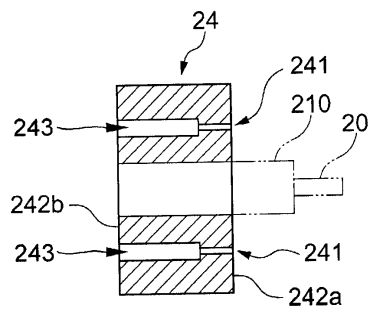


도면12

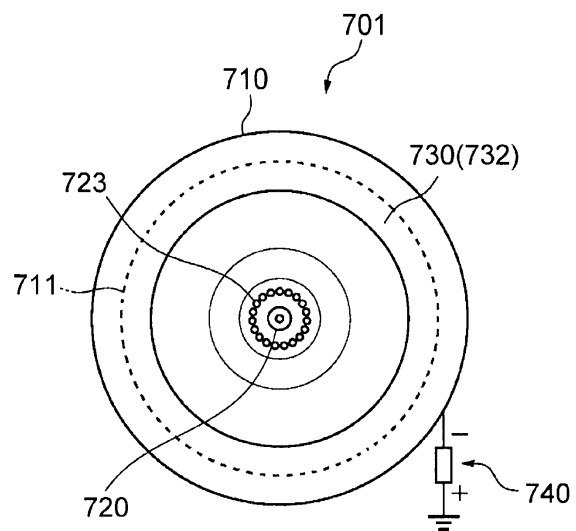
(a)



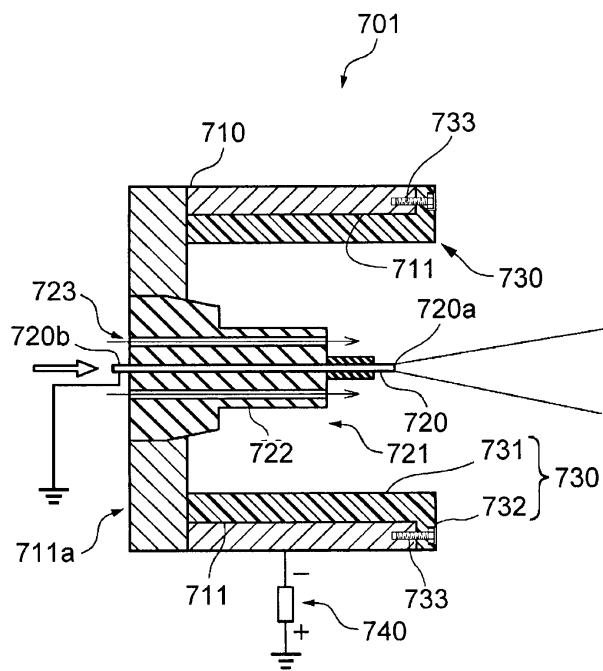
(b)



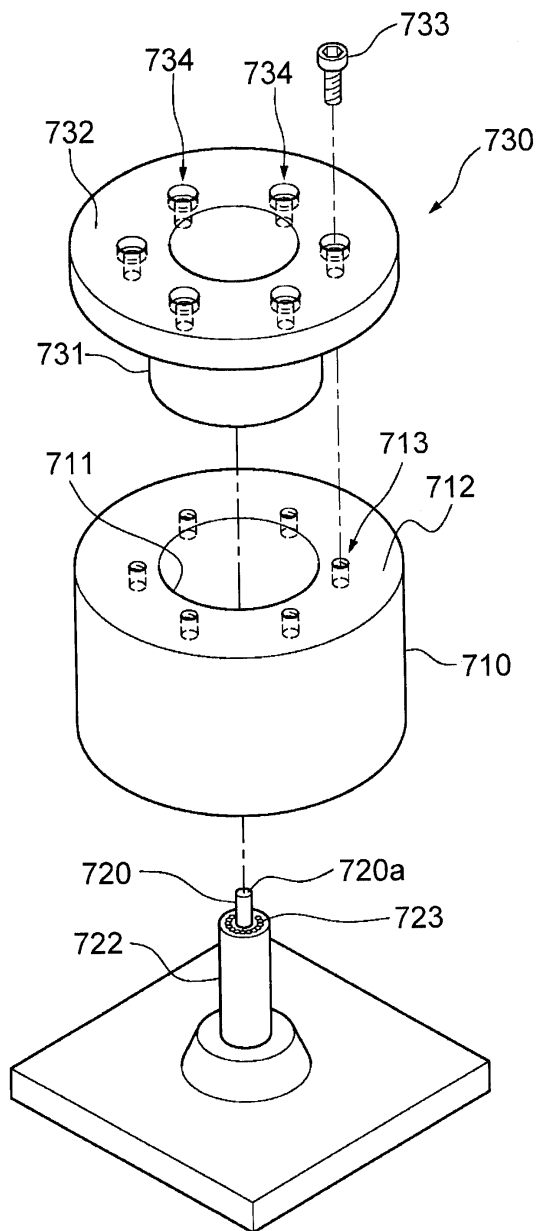
도면13



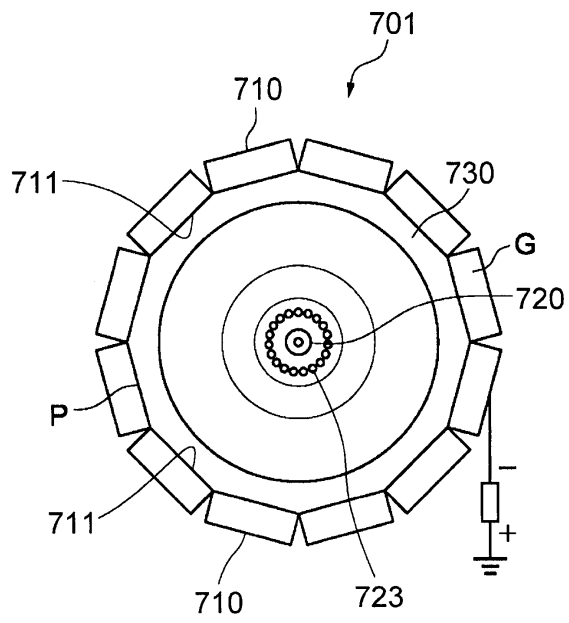
도면14



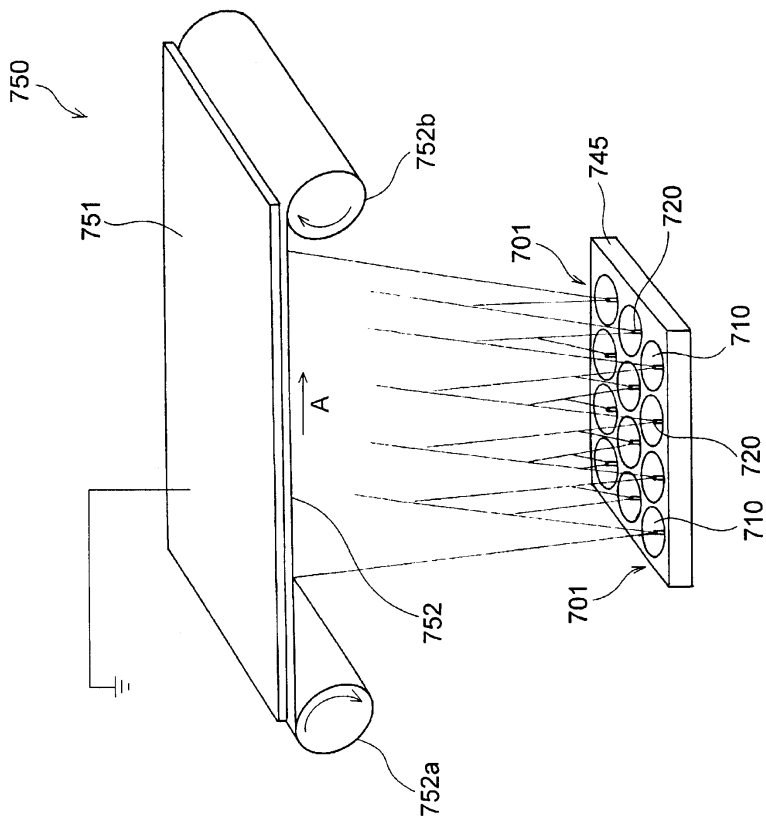
도면15



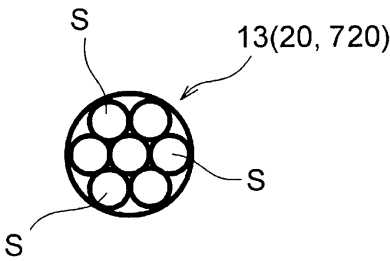
도면16



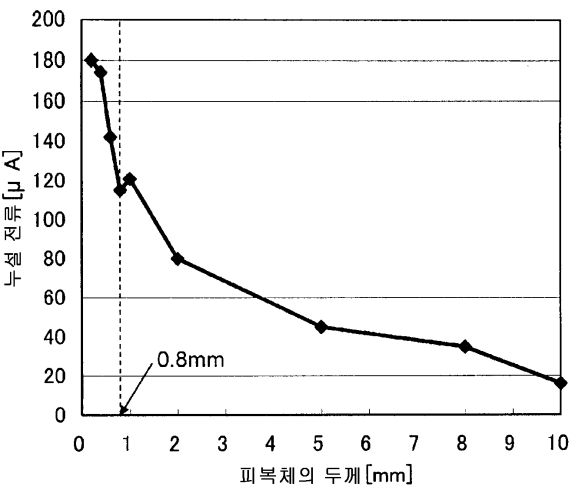
도면17



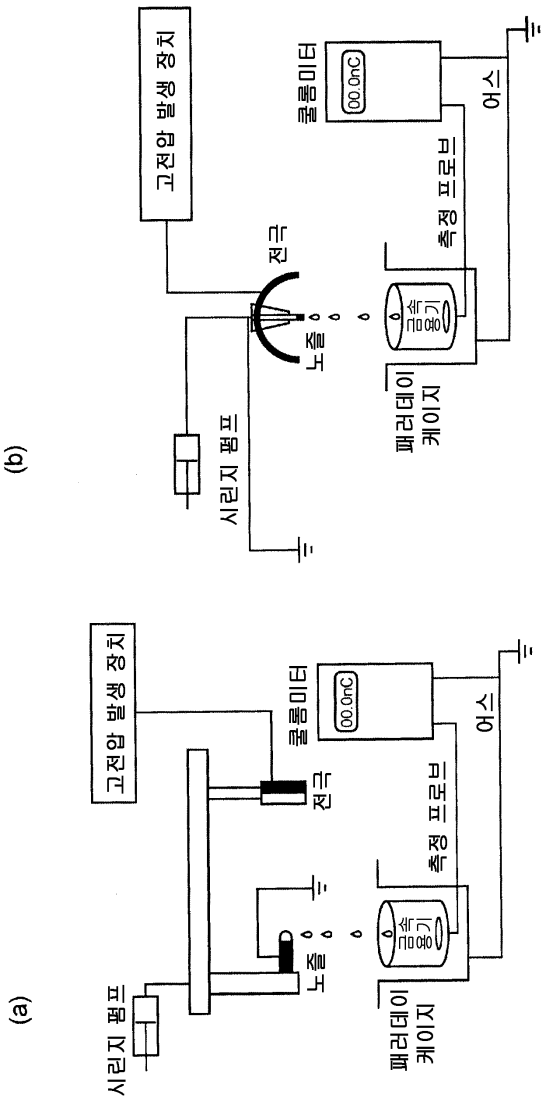
도면18



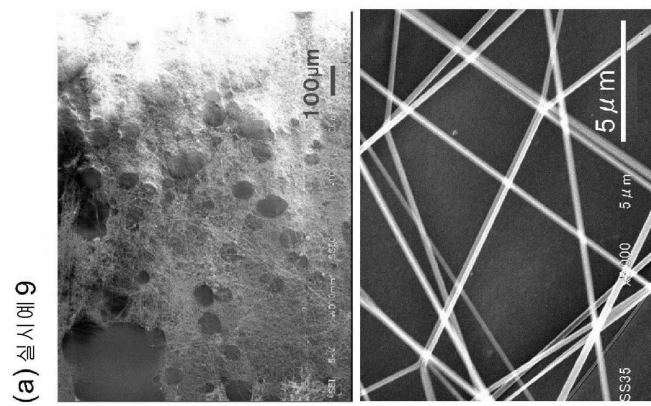
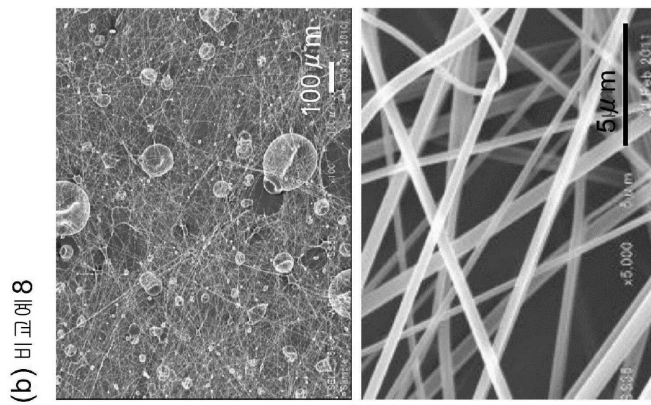
도면19



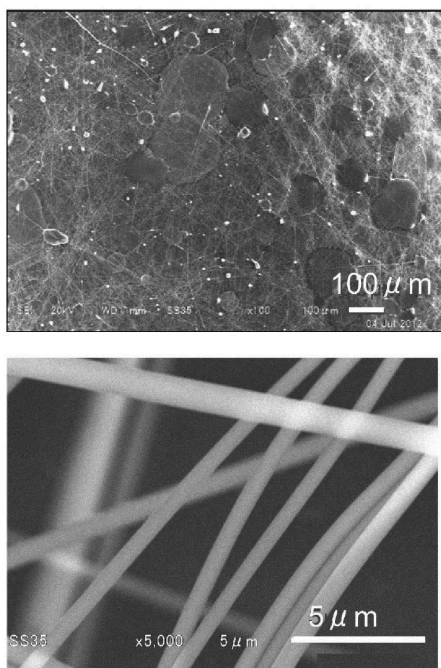
도면20



도면21

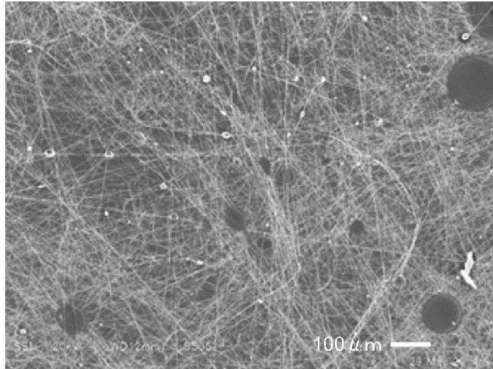


도면22

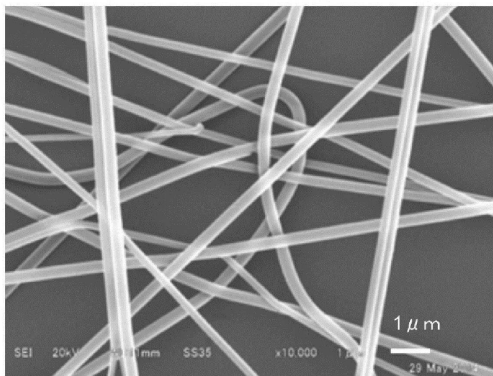


도면23

(a)

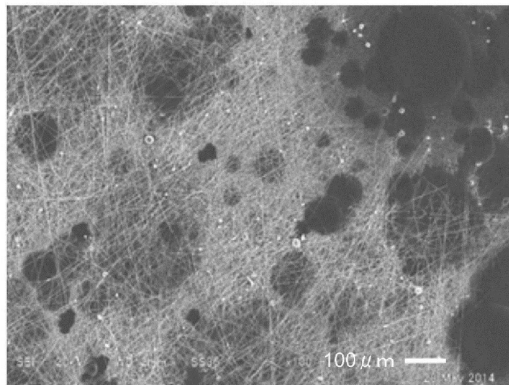


(b)



도면24

(a)



(b)

