



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0008319
(43) 공개일자 2022년01월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/44 (2006.01) B05D 1/00 (2006.01)
C23C 16/50 (2006.01) H01L 21/48 (2006.01)
H05K 3/28 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C23C 16/44 (2013.01)
B05D 1/62 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7040802
- (22) 출원일자(국제) 2020년05월14일
심사청구일자 2021년12월13일
- (85) 번역문제출일자 2021년12월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/CN2020/090119
- (87) 국제공개번호 WO 2020/233480
국제공개일자 2020년11월26일
- (30) 우선권주장
201910413247.9 2019년05월17일 중국(CN)

- (71) 출원인
지양수 페이보레드 나노테크놀로지 컴퍼니., 리미티드
중국, 장쑤 프로빈스, 우시 시티, 후이산 디스트릭트, 위치 인더스트리 파크, 둥환 로드, 넘버 182
- (72) 발명자
종 지안
중국 214112 지양수 우시 신우 디스트릭트 메이춘 스트리트 시셴 로드 넘버 108
- (74) 대리인
김진희, 김태홍

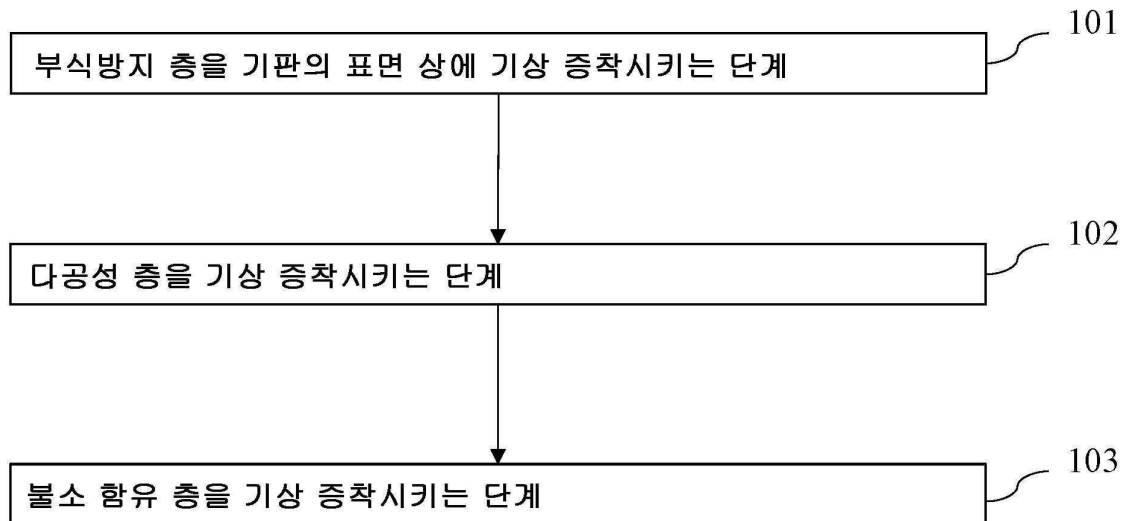
전체 청구항 수 : 총 91 항

(54) 발명의 명칭 **저유전율 필름 및 이의 제조 방법**

(57) 요약

에폭시 알칸, 유기실리콘 화합물 및 불소 함유 실록산 화합물이 저유전율 필름의 원료로서 사용되고, 저유전율 필름이 플라즈마 강화 화학 증착 방법에 의해 기판 표면 상에 형성되는 저유전율 필름 및 이의 제조 방법이 제공된다. 따라서, 저유전율 및 탁월한 소수성을 갖는 나노필름이 기판 표면 상에 형성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C23C 16/50 (2013.01)

H01L 21/4846 (2013.01)

H05K 3/28 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기관 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착을 통해, 원료로서 에폭시 알칸, 유기실리콘 화합물 및 플루오로 실록산 화합물로부터 제조된 저유전율 필름.

청구항 2

제1항에 있어서, 부식방지 층을 포함하고, 부식방지 층은 기관 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해, 불포화된 이중 결합을 함유하는 에폭시 알칸 화합물 A 및 화합물 B로 형성되며, 화합물 B는 불포화된 이중 결합을 함유하는 실록산 및 불포화된 이중 결합을 함유하는 실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상인 저유전율 필름.

청구항 3

제1항에 있어서, 다공성 층을 포함하고, 다공성 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되며, 화합물 C는 유기실란 및 유기실록산으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 또는 둘 모두를 포함하고, 화합물 E는 알칸 화합물 및 벤젠 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 또는 둘 모두인 저유전율 필름.

청구항 4

제1항에 있어서, 다공성 층을 포함하고, 다공성 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되며, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 알칸 화합물 및 벤젠 화합물을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 5

제1항에 있어서, 다공성 층을 포함하고, 다공성 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되며, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 알칸 화합물을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 6

제1항에 있어서, 다공성 층을 포함하고, 다공성 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되며, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 벤젠 화합물을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 7

제4항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 C는 유기실록산을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 8

제4항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 C는 유기실란을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 9

제1항에 있어서, 불소 함유 층을 포함하고, 불소 함유 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 방향족 플루오로실란 D로 형성되는 것인 저유전율 필름.

청구항 10

제1항에 있어서, 기관 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 비닐 에폭시 화합물 및 비닐 유기실리콘 화합물로 형성된 바닥 층을 포함하는 저유전율 필름.

청구항 11

제2항에 있어서, 화합물 A는 비닐 에틸렌 옥사이드, 글리시딜 메타크릴레이트, 알릴 글리시딜 에테르, 1, 2-에폭시-4-비닐사이클로헥산, 2, 3-에폭시프로필디메틸비닐실란, 및 2, 3-에폭시프로필디클로로비닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 12

제2항에 있어서, 화합물 B는 알릴트리메톡시실란, 비닐트리에톡시실란, 트리메틸비닐실란, 3-부테닐트리메틸실란, 비닐트리부틸케톡시실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 1,2,2-트리플루오로비닐트리페닐실란, 디메틸메톡시비닐실란, 및 4-스티릴트리메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 13

제3항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 C는 γ -글리시딜옥시프로필트리메톡시실란; D4H 사이클로테트라실록산, 헥사메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리메톡시실란) 일페닐실란, t-부틸디메틸클로로실란, 페닐에틸트리메틸실란, 비페닐비닐트리메틸실란, 옥타페닐사이클로테트라실록산, 트리페닐하이드록시실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 2,2,4,4-테트라메틸-6,6,8,8-테트라페닐사이클로테트라실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 3-글리시딜 에테르 옥시프로필트리메톡시실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라에틸디실록산, 헥사메틸디실록산, 페닐트리스(트리메틸실록시) 실란, 트리메틸페닐실란, 헥사메틸디실라잔, 알릴트리페닐실란, 페닐트리클로로실란, 페닐트리플루오로실란, 페닐트리메톡시실란, 페닐트리메톡시실란, 메틸페닐디메톡시실란, 디메톡시메틸페닐실란, 1,3-디클로로테트라페닐디실록산, 페닐비닐트리메틸실란, 나프틸비닐트리메틸실란, 디페닐디하이드록시실란, 옥타메틸사이클로테트라실록산, 헥사페닐사이클로트리실록산, 데카메틸사이클로펜타실록산, 페닐트리클로로실란, 메틸페닐디클로로실란, 페닐디메틸클로로실란, 메틸페닐사이클로트리실록산, 트리메톡시메틸실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리에톡시실란) 일페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸헥사플루오로페닐디메톡시실란, 및 트리스-(트리에틸실란) 일페닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 14

제3항, 제4항, 또는 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 E는 사이클로부탄, 사이클로펜탄, 및 사이클로헥산으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 15

제3항, 제4항, 또는 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 E는 벤젠, 톨루엔, 및 p-크실렌으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 16

제9항에 있어서, 화합물 D는 펜타플루오로페닐트리메톡시실란, 펜타플루오로페닐트리메톡시실란, 펜타플루오로페닐트리클로로실란, 펜타플루오로페닐디메틸클로로실란, 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디클로로실란, 펜타플루오로디클로로페닐 퍼플루오로헥실에틸실란, 퍼플루오로옥틸디클로로페닐 실란, 퍼플루오로옥틸디에톡시페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸헥사플루오로페닐디메톡시실란, 퍼플루오로부틸에틸헥사플루오로페닐디클로로실란, 및 퍼플루오로부틸에틸헥사플루오로페닐디메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 17

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 보조 기체가 기상 증착 동안 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 He 및 Ar로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 18

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 보조 기체가 기상 증착 동안 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 질소 및 수소, 암모니아, 산소, 및 탄화수소 유기물로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인

저유전율 필름.

청구항 19

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 저유전율 필름의 유전율 값은 2.1 내지 2.2, 2.2 내지 2.3, 2.4 내지 2.5, 2.5 내지 2.6, 또는 2.6 내지 2.7 범위인 저유전율 필름.

청구항 20

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 10 GPa 내지 11 GPa, 11 GPa 내지 12 GPa, 12 GPa 내지 13 GPa, 23 GPa 내지 24 GPa, 26 GPa 내지 27 GPa, 27 GPa 내지 28 GPa, 29 GPa 내지 30 GPa, 31 GPa 내지 32 GPa, 또는 33 GPa 내지 34 GPa 범위의 영률을 갖는 저유전율 필름.

청구항 21

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 110° 내지 115°, 115° 내지 120°, 120° 내지 125°, 125° 내지 130°, 130° 내지 135°, 135° 내지 140°, 140° 내지 145°, 145° 내지 150°, 또는 150° 내지 155° 범위의 정적 접촉각을 갖는 저유전율 필름.

청구항 22

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 10 nm 내지 2000 nm 범위의 두께를 갖는 저유전율 필름.

청구항 23

저유전율 필름으로서,

플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되는 다공성 층으로서, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하며, 화합물 E는 알칸 화합물 및 벤젠 화합물을 포함하는 것인 다공성 층; 및

플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 방향족 플루오로실란 D로 형성되는 불소 함유 층을 포함하는 저유전율 필름.

청구항 24

제23항에 있어서, 다공성 층은 기관의 표면 상에 직접 증착되고, 불소 함유 층은 다공성 층의 표면 상에 증착되는 것인 저유전율 필름.

청구항 25

제23항에 있어서, 기관의 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해, 불포화된 이중 결합을 함유하는 에폭시 알칸 화합물 A 및 화합물 B로 형성된 부식방지 층을 포함하고, 다공성 층은 부식방지 층 상에 증착되며, 화합물 B는 불포화된 이중 결합을 갖는 실록산 및 불포화된 이중 결합을 갖는 실란 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 26

제25항에 있어서, 화합물 A는 비닐 에틸렌 옥사이드, 글리시딜 메타크릴레이트, 알릴 글리시딜 에테르, 1,2-에폭시-4-비닐사이클로헥산, 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란, 및 2,3-에폭시프로필디클로로비닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상인 저유전율 필름.

청구항 27

제25항에 있어서, 화합물 B는 알릴트리메톡시실란, 비닐트리메톡시실란, 트리메틸비닐실란, 3-부테닐트리메틸실란, 비닐트리부틸케톡시실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 1,2,2-트리플루오로비닐트리페닐실란, 디메틸메톡시비닐실란, 및 4-스티릴트리메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 28

제23항에 있어서, 화합물 C는 유기실록산을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 29

제23항에 있어서, 화합물 C는 유기실란을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 30

제23항에 있어서, 화합물 C는 γ -글리시딜옥시프로필트리메톡시실란; D4H 사이클로테트라실록산, 헥사메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리메톡시실란) 일페닐실란, t-부틸디메틸클로로실란, 페닐에티닐트리메틸실란, 비페닐비닐트리메틸실란, 옥타페닐사이클로테트라실록산, 트리페닐하이드록시실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 2,2,4,4-테트라메틸-6,6,8,8-테트라페닐사이클로테트라실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 3-글리시딜 에테르 옥시프로필트리에톡시실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라에틸디실록산, 헥사메틸디실록산, 페닐트리스(트리메틸실록시) 실란, 트리메틸페닐실란, 헥사메틸디실라잔, 알릴트리페닐실란, 페닐트리클로로실란, 페닐트리플루오로실란, 페닐트리에톡시실란, 페닐트리메톡시실란, 메틸페닐디메톡시실란, 디메톡시메틸페닐실란, 1,3-디클로로테트라페닐디실록산, 페닐비닐트리메틸실란, 나프틸비닐트리메틸실란, 디페닐디하이드록시실란, 옥타메틸사이클로테트라실록산, 헥사페닐사이클로트리실록산, 데카메틸사이클로펜타실록산, 페닐트리클로로실란, 메틸페닐디클로로실란, 페닐디메틸클로로실란, 메틸페닐사이클로트리실록산, 트리메톡시메틸실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리에톡시실란) 일페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 및 트리스-(트리에틸실란) 일페닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 31

제23항에 있어서, 화합물 E는 사이클로부탄, 사이클로펜탄, 사이클로헥산, 벤젠, 톨루엔, 및 p-크실렌으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 32

제23항에 있어서, 화합물 D는 펜타플루오로페닐트리에톡시실란, 펜타플루오로페닐트리메톡시실란, 펜타플루오로페닐트리클로로실란, 펜타플루오로페닐디메틸클로로실란, 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디클로로실란, 펜타플루오로디클로로페닐 퍼플루오로헥실에틸실란, 퍼플루오로옥틸디클로로페닐 실란, 퍼플루오로옥틸디에톡시페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디클로로실란, 및 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 33

제23항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 보조 기체는 기상 증착 동안 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 He 및 Ar로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 34

제23항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 보조 기체는 기상 증착 동안 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 질소 및 수소의 조합, 암모니아, 산소, 및 탄화수소 유기물로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 35

제23항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 저유전율 필름의 유전율 값은 2.1 내지 2.2, 2.2 내지 2.3, 2.4 내지 2.5, 2.5 내지 2.6, 또는 2.6 내지 2.7 범위인 저유전율 필름.

청구항 36

제23항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 10 GPa 내지 11 GPa, 11 GPa 내지 12 GPa, 12 GPa 내지 13 GPa, 23 GPa 내지 24 GPa, 26 GPa 내지 27 GPa, 27 GPa 내지 28 GPa, 29 GPa 내지 30 GPa, 31 GPa 내지 32 GPa, 또는 33 GPa 내지 34 GPa 범위의 영률을 갖는 저유전율 필름.

청구항 37

제23항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 110° 내지 115°, 115° 내지 120°, 120° 내지 125°, 125° 내지 130°, 130° 내지 135°, 135° 내지 140°, 140° 내지 145°, 145° 내지 150°, 또는 150° 내지 155° 범위의 정적 접촉각을 갖는 저유전을 필름.

청구항 38

제23항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서, 10 nm 내지 2000 nm 범위의 두께를 갖는 저유전을 필름.

청구항 39

저유전을 필름으로서,

플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되는 다공성 층으로서, 화합물 C는 유기실리 콘 화합물을 포함하며, 화합물 E는 벤젠 화합물을 포함하는 것인 다공성 층; 및

플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 방향족 플루오로실란 D로 형성되는 불소 함유 층을 포함하는 저유전을 필름.

청구항 40

제39항에 있어서, 다공성 층은 기관의 표면 상에 직접 증착되고, 불소 함유 층은 다공성 층의 표면 상에 증착되는 것인 저유전을 필름.

청구항 41

제39항에 있어서, 부식방지 층을 포함하고, 부식방지 층은 기관 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해, 불포화된 이중 결합을 함유하는 에폭시 알칸 화합물 A 및 화합물 B로 형성되며, 다공성 층은 부식방지 층 상에 증착되고, 화합물 B는 불포화된 이중 결합을 갖는 실록산 및 불포화된 이중 결합을 갖는 실란 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전을 필름.

청구항 42

제41항에 있어서, 화합물 A는 비닐 에틸렌 옥사이드, 글리시딜 메타크릴레이트, 알릴 글리시딜 에테르, 1, 2-에폭시-4-비닐사이클로hex산, 2, 3-에폭시프로필디메틸비닐실란, 및 2, 3-에폭시프로필디클로로비닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전을 필름.

청구항 43

제41항에 있어서, 화합물 B는 알릴트리메톡시실란, 비닐트리에톡시실란, 트리메틸비닐실란, 3-부틸트리메틸실란, 비닐트리부틸케톡시 실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 1,2,2-트리플루오로비닐트리페닐실란, 디메틸메톡시비닐실란, 및 4-스티릴트리메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전을 필름.

청구항 44

제39항에 있어서, 화합물 C는 유기실록산을 포함하는 것인 저유전을 필름.

청구항 45

제39항에 있어서, 화합물 C는 유기실란을 포함하는 것인 저유전을 필름.

청구항 46

제39항에 있어서, 화합물 C는 γ -글리시딜옥시프로필트리메톡시실란; D4H 사이클로테트라실록산, 헥사메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리메톡시실란) 일페닐실란, t-부틸디메틸클로로실란, 페닐에틸트리메틸실란, 비페닐비닐트리메틸실란, 옥타페닐사이클로테트라실록산, 트리페닐하이드록시실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 2,2,4,4-테트라메틸-6,6,8,8-테트라페닐사이클로테트라실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 3-글리시딜 에테르 옥시프로필트리에톡시실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라에틸디실록산, 헥사

메틸디실록산, 페닐트리스(트리메틸실록시) 실란, 트리메틸페닐실란, 헥사메틸디실라잔, 알릴트리페닐실란, 페닐트리클로로실란, 페닐트리플루오로실란, 페닐트리에톡시실란, 페닐트리메톡시실란, 메틸페닐디메톡시실란, 디메톡시메틸페닐실란, 1, 3-디클로로테트라페닐디실록산, 페닐비닐트리메틸실란, 나프틸비닐트리메틸실란, 디페닐디하이드록시실란, 옥타메틸사이클로테트라실록산, 헥사페닐사이클로트리실록산, 데카메틸사이클로펜타실록산, 페닐트리클로로실란, 메틸페닐디클로로실란, 페닐디메틸클로로실란, 메틸페닐사이클로트리실록산, 트리메톡시메틸실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리에톡시실란) 일페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 및 트리스-(트리에틸실란) 일페닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 47

제39항에 있어서, 화합물 E는 벤젠, 톨루엔, 및 p-크실렌으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 48

제39항에 있어서, 화합물 D는 펜타플루오로페닐트리에톡시실란, 펜타플루오로페닐트리메톡시실란, 펜타플루오로페닐트리클로로실란, 펜타플루오로페닐디메틸클로로실란, 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디클로로실란, 펜타플루오로디클로로페닐 퍼플루오로헥실에틸실란, 퍼플루오로옥틸디클로로페닐 실란, 퍼플루오로옥틸디에톡시페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디클로로실란, 및 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 49

제39항 내지 제48항 중 어느 한 항에 있어서, 보조 기체는 기상 증착 동안 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 He 및 Ar로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 50

제39항 내지 제48항 중 어느 한 항에 있어서, 보조 기체는 기상 증착 동안 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 질소 및 수소의 조합, 암모니아, 산소, 및 탄화수소 유기물로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 51

제39항 내지 제48항 중 어느 한 항에 있어서, 2.1 내지 2.2, 2.2 내지 2.3, 2.4 내지 2.5, 2.5 내지 2.6, 또는 2.6 내지 2.7 범위의 유전율 값을 갖는 저유전율 필름.

청구항 52

제39항 내지 제48항 중 어느 한 항에 있어서, 10 GPa 내지 11 GPa, 11 GPa 내지 12 GPa, 12 GPa 내지 13 GPa, 23 GPa 내지 24 GPa, 26 GPa 내지 27 GPa, 27 GPa 내지 28 GPa, 29 GPa 내지 30 GPa, 31 GPa 내지 32 GPa, 또는 33 GPa 내지 34 GPa 범위의 영률을 갖는 저유전율 필름.

청구항 53

제39항 내지 제48항 중 어느 한 항에 있어서, 110° 내지 115°, 115° 내지 120°, 120° 내지 125°, 125° 내지 130°, 130° 내지 135°, 135° 내지 140°, 140° 내지 145°, 145° 내지 150°, 또는 150° 내지 155° 범위의 정적 접촉각을 갖는 저유전율 필름.

청구항 54

제39항 내지 제48항 중 어느 한 항에 있어서, 10 nm 내지 2000 nm 범위의 두께를 갖는 저유전율 필름.

청구항 55

저유전율 필름으로서,

플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되는 다공성 층으로서, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하며, 화합물 E는 알칸 화합물을 포함하는 것인 다공성 층; 및

플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 방향족 플루오로실란 D로 형성되는 불소 함유 층을 포함하는 저유전율 필름.

청구항 56

제55항에 있어서, 다공성 층은 기관의 표면 상에 직접 증착되고, 불소 함유 층은 다공성 층의 표면 상에 증착되는 것인 저유전율 필름.

청구항 57

제55항에 있어서, 부식방지 층을 포함하고, 부식방지 층은 기관 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해, 불포화된 이중 결합을 함유하는 에폭시 알칸 화합물 A 및 화합물 B로 형성되며, 다공성 층은 부식방지 층 상에 증착되고, 화합물 B는 불포화된 이중 결합을 갖는 실록산 및 불포화된 이중 결합을 갖는 실란 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 58

제57항에 있어서, 화합물 A는 비닐 에틸렌 옥사이드, 글리시딜 메타크릴레이트, 알릴 글리시딜 에테르, 1, 2-에폭시-4-비닐사이클로hex산, 2, 3-에폭시프로필디메틸비닐실란, 및 2, 3-에폭시프로필디클로로비닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 59

제57항에 있어서, 화합물 B는 알릴트리메톡시실란, 비닐트리에톡시실란, 트리메틸비닐실란, 3-부테닐트리메틸실란, 비닐트리부틸케톡시 실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 1,2,2-트리플루오로비닐트리페닐실란, 디메틸메톡시비닐실란, 및 4-스티릴트리메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 60

제55항에 있어서, 화합물 C는 유기실록산을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 61

제55항에 있어서, 화합물 C는 유기실란을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 62

제55항에 있어서, 화합물 C는 γ -글리시딜옥시프로필트리메톡시실란; D4H 사이클로테트라실록산, 헥사메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리메톡시실란)일페닐실란, t-부틸디메틸클로로실란, 페닐에틸트리메틸실란, 비페닐비닐트리메틸실란, 옥타페닐사이클로테트라실록산, 트리페닐하이드록시실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 2,2,4,4-테트라메틸-6,6,8,8-테트라페닐사이클로테트라실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 3-글리시딜 에테르 옥시프로필트리메톡시실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라에틸디실록산, 헥사메틸디실록산, 페닐트리스(트리메틸실록시) 실란, 트리메틸페닐실란, 헥사메틸디실라잔, 알릴트리페닐실란, 페닐트리클로로실란, 페닐트리플루오로실란, 페닐트리에톡시실란, 페닐트리메톡시실란, 메틸페닐디메톡시실란, 디메톡시메틸페닐실란, 1,3-디클로로테트라페닐디실록산, 페닐비닐트리메틸실란, 나프틸비닐트리메틸실란, 디페닐디하이드록시실란, 옥타메틸사이클로테트라실록산, 헥사페닐사이클로트리실록산, 데카메틸사이클로펜타실록산, 페닐트리클로로실란, 메틸페닐디클로로실란, 페닐디메틸클로로실란, 메틸페닐사이클로트리실록산, 트리메톡시메틸실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리에톡시실란) 일페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 및 트리스-(트리에틸실란) 일페닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 63

제55항에 있어서, 화합물 E는 사이클로부탄, 사이클로펜탄, 및 사이클로hex산으로 이루어진 군으로부터 선택되는

하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 64

제55항에 있어서, 화합물 D는 펜타플루오로페닐트리에톡시실란, 펜타플루오로페닐트리메톡시실란, 펜타플루오로페닐트리클로로실란, 펜타플루오로페닐디메틸클로로실란, 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디클로로실란, 펜타플루오로디클로로페닐 퍼플루오로헥실에틸실란, 퍼플루오로옥틸디클로로페닐 실란, 퍼플루오로옥틸디에톡시페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디클로로실란, 및 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 65

제55항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서, 보조 기체는 기상 증착 동안 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 He 및 Ar로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 66

제55항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서, 보조 기체는 기상 증착 동안 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 질소 및 수소의 조합, 암모니아, 산소, 및 탄화수소 유기물을 포함하는 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 저유전율 필름.

청구항 67

제55항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서, 2.1 내지 2.2, 2.2 내지 2.3, 2.4 내지 2.5, 2.5 내지 2.6, 또는 2.6 내지 2.7 범위의 유전율 값을 갖는 저유전율 필름.

청구항 68

제55항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서, 10 GPa 내지 11 GPa, 11 GPa 내지 12 GPa, 12 GPa 내지 13 GPa, 23 GPa 내지 24 GPa, 26 GPa 내지 27 GPa, 27 GPa 내지 28 GPa, 29 GPa 내지 30 GPa, 31 GPa 내지 32 GPa, 또는 33 GPa 내지 34 GPa 범위의 영률을 갖는 저유전율 필름.

청구항 69

제55항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서, 저유전율 필름의 정적 접촉각 범위는 110° 내지 115°, 115° 내지 120°, 120° 내지 125°, 125° 내지 130°, 130° 내지 135°, 135° 내지 140°, 140° 내지 145°, 145° 내지 150°, 또는 150° 내지 155° 범위인 저유전율 필름.

청구항 70

제55항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서, 10 nm 내지 2000 nm 범위의 두께를 갖는 저유전율 필름.

청구항 71

(A) 부식방지 층을 기판의 표면 상에 기상 증착시키는 단계; 및

(B) 다공성 층을 기상 증착시키는 단계

를 포함하는, 저유전율 필름을 제조하는 방법.

청구항 72

제71항에 있어서, 단계 (A)는

(A1) 비닐 에폭시 알칸 화합물 A 및 비닐 유기실리콘 화합물 B를 반응기의 챔버 내로 도입하는 단계;

(A2) 불활성 기체를 반응기의 챔버 내로 도입하는 단계; 및

(A3) 소정의 전력에서, 화합물 A 및 화합물 B로부터의 반응을 통한 증착에 의해 기판의 표면 상에 부식방지 층을 형성하는 단계

를 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 73

제71항에 있어서, 단계 (B)는

(B1) 화합물 C 및 화합물 E를 도입하는 단계로서, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 알칸 화합물 및 벤젠 화합물을 포함하는 것인 단계;

(B2) 기체를 도입하는 단계로서, 기체는 질소 및 수소의 조합, 및 암모니아로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 단계;

(B3) 산소를 도입하는 단계; 및

(B4) 소정의 전력에서, 화합물 C 및 화합물 E로부터의 반응을 통한 기상 증착에 의해 다공성 층을 형성하는 단계

를 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 74

제71항에 있어서, 단계 (B)는

(B1) 화합물 C 및 화합물 E를 도입하는 단계로서, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 알칸 화합물을 포함하는 것인 단계;

(B2) 기체를 도입하는 단계로서, 기체는 질소 및 수소의 조합, 및 암모니아로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 단계;

(B3) 산소를 도입하는 단계; 및

(B4) 소정의 전력에서, 화합물 C 및 화합물 E로부터의 반응을 통한 기상 증착에 의해 다공성 층을 형성하는 단계

를 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 75

제71항에 있어서, 단계 (B)는

(B1) 화합물 C 및 화합물 E를 도입하는 단계로서, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 벤젠 화합물을 포함하는 것인 단계;

(B2) 기체를 도입하는 단계로서, 기체는 질소 및 수소의 조합, 및 암모니아로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 단계;

(B3) 산소를 도입하는 단계; 및

(B4) 소정의 전력에서, 화합물 C 및 화합물 E로부터의 반응을 통한 기상 증착에 의해 다공성 층을 형성하는 단계

를 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 76

제73항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 C는 유기실록산을 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 77

제73항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 C는 유기실란을 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 78

제73항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 산소는 간헐적으로 도입되는 것인 제조 방법.

청구항 79

제71항에 있어서, 불소 함유 층을 다공성 층 상에 기상 증착시키는 단계 (C)를 추가로 포함하는 제조 방법.

청구항 80

제79항에 있어서, 단계 (C)는

(C1) 불활성 기체를 도입하는 단계;

(C2) 방향족 플루오로실란 D를 도입하는 단계; 및

(C3) 소정의 전력에서, 방향족 플루오로실란 D의 반응으로부터의 기상 증착에 의해 불소 함유 층을 형성하는 단계

를 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 81

제71항에 있어서, 기판 표면을 세정하는 단계를 추가로 포함하는 제조 방법.

청구항 82

제71항에 있어서, 기판이 챔버에서 이동하도록 기판을 작동시키는 단계를 추가로 포함하는 제조 방법.

청구항 83

제72항에 있어서, 화합물 A는 비닐 에틸렌 옥사이드, 글리시딜 메타크릴레이트, 알릴 글리시딜 에테르, 1,2-에폭시-4-비닐사이클로헥산, 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란, 및 2,3-에폭시프로필디클로로비닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 84

제72항에 있어서, 화합물 B는 알릴트리메톡시실란, 비닐트리에톡시실란, 트리메틸비닐실란, 3-부테닐트리메틸실란, 비닐트리부틸케톡시 실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 1,2,2-트리플루오로비닐트리페닐실란, 디메틸메톡시비닐실란, 및 4-스티릴트리메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 85

제73항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 C는 γ -글리시딜옥시프로필트리메톡시실란; D4H 사이클로테트라실록산, 헥사메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리메톡시실란) 일페닐실란, t-부틸디메틸클로로실란, 페닐에틸트리메틸실란, 비페닐비닐트리메틸실란, 옥타페닐사이클로테트라실록산, 트리페닐하이드록시실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 2,2,4,4-테트라메틸-6,6,8,8-테트라페닐사이클로테트라실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 3-글리시딜 에테르 옥시프로필트리메톡시실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라에틸디실록산, 헥사메틸디실록산, 페닐트리스(트리메틸실록시) 실란, 트리메틸페닐실란, 헥사메틸디실라잔, 알릴트리페닐실란, 페닐트리클로로실란, 페닐트리플루오로실란, 페닐트리에톡시실란, 페닐트리메톡시실란, 메틸페닐디메톡시실란, 디메톡시메틸페닐실란, 1,3-디클로로테트라페닐디실록산, 페닐비닐트리메틸실란, 나프틸비닐트리메틸실란, 디페닐디하이드록시실란, 옥타메틸사이클로테트라실록산, 헥사페닐사이클로트리실록산, 데카메틸사이클로펜타실록산, 페닐트리클로로실란, 메틸페닐디클로로실란, 페닐디메틸클로로실란, 메틸페닐사이클로트리실록산, 트리메톡시메틸실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리에톡시실란) 일페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 및 트리스-(트리에틸실란) 일페닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 86

제73항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 E는 사이클로부탄, 사이클로펜탄, 사이클로헥산, 벤젠, 톨루엔, 및 p-크실렌으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 87

제73항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 화합물 D는 펜타플루오로페닐트리에톡시실란, 펜타플루오로페닐트리메톡시실란, 펜타플루오로페닐트리클로로실란, 펜타플루오로페닐디메틸클로로실란, 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디클로로실란, 펜타플루오로디클로로페닐 퍼플루오로헥실에틸실란, 퍼플루오로옥틸디클로로페닐 실란, 퍼플루오로옥틸디에톡시페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디클로로실란, 및 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 제조 방법.

청구항 88

제71항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 저유전율 필름은 2.1 내지 2.2, 2.2 내지 2.3, 2.4 내지 2.5, 2.5 내지 2.6, 또는 2.6 내지 2.7 범위의 유전율 값을 갖는 것인 제조 방법.

청구항 89

제71항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 저유전율 필름의 영률은 10 GPa 내지 11 GPa, 11 GPa 내지 12 GPa, 12 GPa 내지 13 GPa, 23 GPa 내지 24 GPa, 26 GPa 내지 27 GPa, 27 GPa 내지 28 GPa, 29 GPa 내지 30 GPa, 31 GPa 내지 32 GPa, 또는 33 GPa 내지 34 GPa 범위인 제조 방법.

청구항 90

제71항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 저유전율 필름의 정적 접촉각은 110° 내지 115° , 115° 내지 120° , 120° 내지 125° , 125° 내지 130° , 130° 내지 135° , 135° 내지 140° , 140° 내지 145° , 145° 내지 150° , 또는 150° 내지 155° 범위인 제조 방법.

청구항 91

제71항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 저유전율 필름은 10-2000 nm 범위의 두께를 갖는 것인 제조 방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 개시내용은 초대형 집적 회로의 제조 분야, 특히 저유전율 필름 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 글로벌 통합 5G 표준의 발표와 함께, 무선 또는 초소형 전자 분야의 발달이 점점 더 빨라지고, 전자 칩에 대한 성능 요구 사항이 급격히 증가하고, 집적 회로의 크기가 지속적으로 감소되고, 즉, 칩에 통합된 장치의 수가 점점 더 많아지고, 집적 수준에 대한 요구 사항이 점점 더 높아진다.

[0003] 대규모 집적 회로의 집적 수준이 점점 더 높아짐에 따라, 장치의 피치 크기가 점차 감소하여, 와이어 저항 및 와이어간 및 층간 커패시턴스의 증가로 이어지고, 이는 저항-커패시턴스(RC) 지연의 증가를 유발함으로써 신호 전송 지연, 노이즈 간섭 증가 및 전력 손실 증가와 같은 일련의 문제를 초래하며, 이는 장치의 고속 성능을 크게 제한한다. 이러한 문제를 해소하기 위한 중요한 방법 중 하나는 유전체의 유전율(k)을 감소시키는 것이다.

[0004] 무선 통신 기술 분야에서, 특히 GHz 범위의 통신 기술에서, 저유전율을 갖는 저손실 물질이 사람들의 관심을 점점 더 많이 끌고 있다.

[0005] 일반적으로, 물질의 k-값을 감소시키는 두 가지 방법이 있으며, 그 중 하나는 분자 분극성(polarizability)을 감소시키는 것, 즉, 낮은 분극성을 갖는 물질을 선택하거나 개발하는 것, 예컨대, 물질에서 분극성 결합(예를 들어, Si-C, Si-F, C-H 등)을 형성하는 것이고, 다른 하나는 단위 부피당 분극된 분자의 수 N을 감소시키는 것이며, 이는 물질 내로 나노미터 크기의 기공을 도입함으로써 달성될 수 있으며, 다공성이 증가함에 따라 유전율은 비교적 빠르게 감소한다. 현재, 선행 기술에서 두 가지 측면에서 일부 연구가 있었다.

[0006] 일부 기존 연구에서, 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD) 기술이 저유전율을 갖는 나노미터 필름을 제조하는데 사용된다. 일 예로서, 하나 이상의 유기실리콘 화합물을 플라즈마 강화 화학 기상 증착 챔버 내로 도입하고, 기공 형성체를 챔버 내로 도입한다. 일정한 RF 전력에서, 하나 이상의 유기실리콘 화합물을 기공 형성체와 반응

시켜, 챔버의 기관 상에 낮은-k 필름을 증착시킨다. 또한, 낮은-k 필름을 후처리하여, 낮은-k 필름으로부터 기공 형성제를 실질적으로 제거한다.

- [0007] 저유전율을 갖는 일부 유기실리콘 필름이 개발되었지만, 이러한 저유전율 필름은 일부 바람직하지 않은 단점이 있다. 본 발명자들은 선행 기술의 일부 측면이 개선될 필요가 있음을 발견하였다.
- [0008] 일 양태에서, 이들 물질은 기공을 형성하기 위해 기공 형성제의 첨가를 필요로 하며, 기공의 형성 후, 기공 형성제는 추가로 제거되지만, 기공 형성제는 전형적으로 완전히 제거될 수 없으며, 때때로 비교적 많은 잔여물을 갖는다.
- [0009] 한편, 이들 물질은 기관 상에 직접 다공성 필름 층을 형성함으로써 형성되며, 기공의 형성은 기관에 대한 필름 층의 접착 강도를 감소시키거나, 또는 기관에 대한 필름 층의 부착은 비교적 낮고, 높은 다공성은 유전율을 낮추지만, 높은 다공성은 접착 강도도 낮추고, 즉, 이러한 두 측면 사이에는 모순이 존재한다.
- [0010] 한편, 이들 물질은 불량한 기계적 강도, 불량한 내부식성을 가지므로, 나노미터 필름 층은 후속 반도체 가공 공정에서 쉽게 손상된다.
- [0011] 한편, 필름 층은 PECVD 기술에 의해 챔버에서 기공 형성제의 반응에 의해 기관에 부착되지만, 형성 동안, 기관의 상이한 영역에서의 필름 층의 균일성이 전혀 제어될 수 없고, 챔버의 상이한 영역에서의 농도가 상이하므로, 기관 상의 필름 층의 불균일한 분포가 쉽게 유발된다.
- [0012] 한편, 기존의 저유전율 나노미터 필름의 소수성은 불량하고, 기관 표면 상에 증착시, 염 분무 시험에서, 기관의 표면이 쉽게 부식되므로, 제품의 장기간 사용에 유익하지 않고, 이용 환경에 대한 요구 사항도 비교적 높다.
- [0013] 본원의 진술은 본 개시내용과 관련된 배경 정보만을 제공하며 반드시 선행 기술을 구성하는 것은 아니다.

발명의 내용

- [0014] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이의 제조 방법을 제공하는 것이다. 저유전율 필름은 적어도 2 개의 층 구조를 포함하고, 다층 구조의 협력을 통해 저유전율 필름의 k 값이 조정될 수 있고, 저유전율 필름의 접착력 및/또는 기계적 특성이 개선될 수 있다.
- [0015] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이의 제조 방법을 제공하는 것이다. 일 구현예에서, 부식방지 층 및 다공성 층을 형성하기 위해 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD) 방법이 채택되고, 부식방지 층은 기관에 부착되어 기관과 비교적 강한 접착력을 갖고 양호한 내부식성을 갖는 저유전율(k) 필름을 형성한다.
- [0016] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이의 제조 방법을 제공하는 것이며, 여기서 불활성 기체 분위기에서, 비닐 유기실리콘 단량체 및 비닐 에폭시 단량체는 PECVD에 적용되어 부식방지 층을 형성한다.
- [0017] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이며, 여기서 일 구현예에서, 부식방지 층은 불포화된 탄소-탄소 이중 결합을 포함하는 에폭시 알칸 및 불포화된 이중 결합을 포함하는 실록산 또는 실란의 반응에 의해 수득된 복합체이다.
- [0018] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이며, 이는 다공성 층의 공극률이 저유전율 필름 및 기관 사이의 접착력에 영향을 미치지 않거나 거의 영향을 미치지 않도록 부식방지 층을 다공성 층 및 기관 사이에 배치하며, k 값은 다공성을 증가시킴으로써 더 작아질 수 있다.
- [0019] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이며, 이는 저유전율 필름이 기관에 더 균일하게 부착되고, 기관의 상이한 위치에서의 필름 코팅의 차이가 감소되며, 기관의 상이한 영역에서의 상이한 증착 농도에 의해 야기되는 불균일한 두께의 문제가 해결되도록 동적 필름 코팅 방법을 채택한다.
- [0020] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이며, 이는 산소, 질소/수소의 단일 분위기 또는 혼합된 분위기에서, 유기실란, 유기실록산의 단일 분위기 또는 혼합된 분위기 상에서 PECVD를 수행하여 다공성 층을 수득한다.
- [0021] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이며, 이는 저유전율 필름의 k 값을 더 감소시키기 위해 표면 층 상에 플루오로실리콘 중합체를 형성한다.
- [0022] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이며, 이는 표면 층 상에 방향족기를 포함하는 유기 플루오로실리콘을 형성하고, 방향족기의 단단한 구조를 이용하며, 저유전율 필름의 기

계적 특성을 개선한다.

- [0023] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이다. 저유전율 필름은 낮은 표면 에너지 플루오로실리콘 중합체를 갖는 표면을 갖고, 초소수성 특성을 가지며, 표면 상에 물이 있을 때 큰 정적 접촉각을 갖는다
- [0024] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이다. 저유전율 필름이 형성 되면, 유기실리콘 나노미터 필름 및 유기실리콘/산소를 교대로 증착시킨다. 유기실리콘 층이 형성된 후, 산소가 도입된다. 유기실리콘 층의 탄화수소 부분은 산소와 반응하여 불규칙한 거친 표면을 형성한다. 그리고 나서, SiOCNH가 표면 상에 증착되어, 더 높은 비표면적을 갖는 거대기공이 형성되기 용이하고, 교대 구조가 저유전율 필름 및 기판의 접착력의 향상을 용이하게 한다.
- [0025] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이며, 이는 불소 함유 방향족기의 함량을 조정함으로써 저유전율 필름의 유전체 특성 및 기계적 특성을 조정할 수 있다.
- [0026] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이다. 일 구현예에서, PECVD 공정에 의해 다공성 층 및 불소 함유 층을 포함하는 2층 구조가 형성되어, k 값이 감소되면서, 저유전율 필름의 소수성 성능이 개선되고, 증착된 기판의 내부식성이 개선된다.
- [0027] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이다. 일 구현예에서, PECVD 방법에 의해 부식방지 층 및 다공성 층으로 구성된 2층 구조가 형성되며, 이는 k 값을 감소시키면서, 저유전율 필름 및 기판 사이의 접착력 및 부착을 향상시킨다.
- [0028] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이다. 일 구현예에서, PECVD 공정을 채택함으로써 부식방지 층, 다공성 층 및 불소 함유 층을 포함하는 3층 구조가 형성되고, 상이한 층의 교대 배열을 통해, 저유전율 필름의 유전체 특성, 기계적 특성 및 소수성이 통합적으로 개선되며, 교대 배열은 큰 기공 부피를 갖는 다공성 층을 형성하는 데 유리하다.
- [0029] 본 개시내용의 하나의 장점은 저유전율 필름 및 이를 제조하는 방법을 제공하는 것이며, 이는 기공 구조를 형성하기 위해 기공 형성제를 필요로 하지 않으며, 따라서, 기공 형성제를 제거하기 위한 고온 어닐링이 필요하지 않다.
- [0030] 상기 목적 중 적어도 하나를 달성하기 위해, 본 개시내용의 일 양태는 원료로서 에폭시 알칸, 유기실리콘 화합물, 및 불소 함유 실록산 화합물을 사용하여 플라즈마 강화 화학 기상 증착 공정에 의해 기판 표면 상에 형성된 저유전율 필름을 제공한다.
- [0031] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 기판 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 불포화된 이중 결합을 함유하는 에폭시 알칸 화합물 A 및 불포화된 이중 결합을 함유하는 실록산 또는 실란 화합물 B로 형성된 부식방지 층을 포함한다.
- [0032] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 다공성 층을 포함한다. 다공성 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 유기실란 및/또는 유기실록산 화합물 C 및 알칸 화합물 및/또는 벤젠 화합물 E로 형성된다.
- [0033] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 다공성 층을 포함한다. 다공성 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되고, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 알칸 화합물 및 벤젠 화합물을 포함한다.
- [0034] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 다공성 층을 포함한다. 다공성 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되고, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 알칸 화합물을 포함한다.
- [0035] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 다공성 층을 포함한다. 다공성 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E로 형성되고, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 벤젠 화합물을 포함한다.
- [0036] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 불소 함유 층을 포함한다. 불소 함유 층은 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 방향족 플루오로실란 D로 형성된다.

- [0037] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 기관 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 비닐 에폭시 화합물 및 비닐 유기실리콘 화합물로 형성된 바닥 층을 갖는다.
- [0038] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 화합물 A는 비닐 에틸렌 옥사이드, 글리시딜 메타크릴레이트, 알릴 글리시딜 에테르, 1,2-에폭시-4-비닐사이클로hex산, 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란, 및 2,3-에폭시프로필디클로로비닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0039] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 화합물 B는 알릴트리메톡시실란, 비닐트리에톡시실란, 트리메틸비닐실란, 3-부테닐트리메틸실란, 비닐트리부틸케톡심 실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 1,2,2-트리플루오로비닐트리페닐실란, 디메틸메톡시비닐실란, 및 4-스티릴트리메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0040] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 화합물 C는 유기실록산을 포함한다.
- [0041] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 화합물 C는 유기실란을 포함한다.
- [0042] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 화합물 C는 γ -글리시딜옥시프로필트리메톡시실란; D4H 사이클로테트라실록산, 헥사메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리메톡시실란) 일페닐실란, t-부틸디메틸클로로실란, 페닐에틸닐트리메틸실란, 비페닐비닐트리메틸실란, 옥타페닐사이클로테트라실록산, 트리페닐하이드록시실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 2,2,4,4-테트라메틸-6,6,8,8-테트라페닐사이클로테트라실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 3-글리시딜 에테르 옥시프로필트리에톡시실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라에틸디실록산, 헥사메틸디실록산, 페닐트리스(트리메틸실록시) 실란, 트리메틸페닐실란, 헥사메틸디실라잔, 알릴트리페닐실란, 페닐트리클로로실란, 페닐트리플루오로실란, 페닐트리에톡시실란, 페닐트리메톡시실란, 메틸페닐디메톡시실란, 디메톡시메틸페닐실란, 1, 3-디클로로테트라페닐디실록산, 페닐비닐트리메틸실란, 나프틸비닐트리메틸실란, 디페닐디하이드록시실란, 옥타메틸사이클로테트라실록산, 헥사페닐사이클로트리실록산, 데카메틸사이클로펜타실록산, 페닐트리클로로실란, 메틸페닐디클로로실란, 페닐디메틸클로로실란, 메틸페닐사이클로트리실록산, 트리메톡시메틸실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리에톡시실란) 일페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸헨타플루오로페닐디메톡시실란, 및 트리스-(트리에틸실란) 일페닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0043] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 화합물 E는 사이클로부탄, 사이클로펜탄, 사이클로hex산, 벤젠, 톨루엔, 및 p-크실렌으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0044] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 화합물 D는 펜타플루오로페닐트리에톡시실란, 펜타플루오로페닐트리메톡시실란, 펜타플루오로페닐트리클로로실란, 펜타플루오로페닐디메틸클로로실란, 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디클로로실란, 펜타플루오로디클로로페닐퍼플루오로hex실에틸실란, 퍼플루오로옥틸디클로로페닐실란, 퍼플루오로옥틸디에톡시페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸헨타플루오로페닐디메톡시실란, 퍼플루오로부틸에틸헨타플루오로페닐디클로로실란, 및 퍼플루오로부틸에틸헨타플루오로페닐디메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0045] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 기상 증착 동안, 보조 기체가 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 He 및 Ar로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0046] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 기상 증착 공정 동안, 보조 기체가 반응을 위해 도입되고, 보조 기체는 질소/수소, 암모니아, 산소, 및 탄화수소 유기물로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0047] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름의 유전율 값은 2.1 내지 2.2, 2.2 내지 2.3, 2.4 내지 2.5, 2.5 내지 2.6, 또는 2.6 내지 2.7 범위이다.
- [0048] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 10 GPa 내지 11 GPa, 11 GPa 내지 12 GPa, 12 GPa 내지 13 GPa, 23 GPa 내지 24 GPa, 26 GPa 내지 27 GPa, 27 GPa 내지 28 GPa, 29 GPa 내지 30 GPa, 31 GPa 내지 32 GPa, 또는 33 GPa 내지 34 GPa 범위의 영률을 갖는다.
- [0049] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 110° 내지 115° , 115° 내지 120° , 120° 내지 125° , 125° 내지 130° , 130° 내지 135° , 135° 내지 140° , 140° 내지 145° , 145° 내지 150° , 또는 150° 내지 155° 범위의 정적 접촉각을 갖는다.

- [0050] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 10 내지 2000 nm 범위의 두께를 갖는다.
- [0051] 본 개시내용의 또 다른 양태는 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 유기실란 및/또는 유기실록산 화합물 C 및 알칸 화합물 및/또는 벤젠 화합물 E로 형성된 다공성 층; 및 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 방향족 플루오로실란 D로 형성된 불소 함유 층을 포함하는, 저유전율 필름을 제공한다.
- [0052] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름의 다공성 층은 기관의 표면 상에 직접 증착되고, 불소 함유 층은 다공성 층의 표면 상에 증착된다.
- [0053] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 부식방지 층을 포함한다. 부식방지 층은 기관 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 불포화된 이중 결합을 함유하는 에폭시 알칸 화합물 A 및 불포화된 이중 결합을 함유하는 실록산 또는 실란 화합물 B로 형성된다. 다공성 층은 부식방지 층 상에 부착된다.
- [0054] 본 개시내용의 또 다른 양태는 하기 단계를 포함하는 저유전율 필름을 제조하는 방법을 제공한다:
- [0055] (A) 부식방지 층을 기관의 표면 상에 기상 증착시키는 단계; 및
- [0056] (B) 다공성 층을 기상 증착시키는 단계.
- [0057] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름을 제조하는 방법의 단계 (A)는 하기 단계를 포함한다:
- [0058] (A1) 비닐 에폭시 알칸 화합물 A 및 비닐 유기실리콘 화합물 B를 반응기의 챔버 내로 도입하는 단계;
- [0059] (A2) 불활성 기체를 반응기의 챔버 내로 도입하는 단계; 및
- [0060] (A3) 소정의 전력에서, 화합물 A 및 화합물 B의 반응을 통한 증착에 의해 기관의 표면 상에 부식방지 층을 형성하는 단계.
- [0061] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름을 제조하는 방법의 단계 (B)는 하기 단계를 포함한다:
- [0062] (B1) 화합물 C 및 화합물 E를 도입하는 단계로서, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 알칸 화합물 및 벤젠 화합물을 포함하는 것인 단계;
- [0063] (B2) 기체를 도입하는 단계로서, 기체는 질소 및 수소의 조합, 및 암모니아로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 단계;
- [0064] (B3) 산소를 도입하는 단계; 및
- [0065] (B4) 소정의 전력에서, 화합물 C 및 화합물 E의 반응을 통한 기상 증착에 의해 다공성 층을 형성하는 단계.
- [0066] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름을 제조하는 방법의 단계 (B)는 하기 단계를 포함한다:
- [0067] (B1) 화합물 C 및 화합물 E를 도입하는 단계로서, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 알칸 화합물을 포함하는 것인 단계;
- [0068] (B2) 기체를 도입하는 단계로서, 기체는 질소 및 수소의 조합, 및 암모니아로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 단계;
- [0069] (B3) 산소를 도입하는 단계; 및
- [0070] (B4) 소정의 전력에서, 화합물 C 및 화합물 E의 반응을 통한 기상 증착에 의해 다공성 층을 형성하는 단계.
- [0071] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름을 제조하는 방법의 단계 (B)는 하기 단계를 포함한다:
- [0072] (B1) 화합물 C 및 화합물 E를 도입하는 단계로서, 화합물 C는 유기실리콘 화합물을 포함하고, 화합물 E는 벤젠 화합물을 포함하는 것인 단계;
- [0073] (B2) 기체를 도입하는 단계로서, 기체는 질소 및 수소의 조합, 및 암모니아로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인 단계;

- [0074] (B3) 산소를 도입하는 단계; 및
- [0075] (B4) 소정의 전력에서, 화합물 C 및 화합물 E의 반응을 통한 기상 증착에 의해 다공성 층을 형성하는 단계.
- [0076] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 산소는 간헐적인 방식으로 도입된다.
- [0077] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름을 제조하는 방법은 불소 함유 층을 다공성 층에 기상 증착시키는 단계 (C)를 추가로 포함한다.
- [0078] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름을 제조하는 방법의 단계 (C)는 하기 단계를 포함한다:
- [0079] (C1) 불활성 기체를 도입하는 단계;
- [0080] (C2) 방향족 플루오로실란 D를 도입하는 단계; 및
- [0081] (C3) 소정의 전력에서, 방향족 플루오로실란 D의 반응을 통한 기상 증착에 의해 불소 함유 층을 형성하는 단계.
- [0082] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름을 제조하는 방법은 기판 표면을 세정하는 단계를 추가로 포함한다.
- [0083] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름을 제조하는 방법은 기판이 챔버 내에서 이동하도록 기판을 작동시키는 단계를 추가로 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0084] 도 1은 본 개시내용의 일 구현예에 따른 저유전율 필름을 제조하는 공정의 블록 도표를 개략적으로 예시한다.
 도 2는 본 개시내용의 일 구현예에 따른 저유전율 필름의 부식방지 층을 형성하는 공정의 블록 도표를 개략적으로 예시한다.
 도 3은 본 개시내용의 일 구현예에 따른 저유전율 필름의 다공성 층을 형성하는 공정의 블록 도표를 개략적으로 예시한다.
 도 4는 본 개시내용의 일 구현예에 따른 저유전율 필름의 불소 함유 층을 형성하는 공정의 블록 도표를 개략적으로 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0085] 하기 설명은 당업자가 본 개시내용을 실시할 수 있도록 본 개시내용을 개시하는 역할을 한다. 하기 설명에서 바람직한 구현예는 단지 예이다. 당업자는 다른 명백한 변경을 생각할 수 있다. 하기 설명에 정의된 바와 같은 본 개시내용의 기본 원리는 본 개시내용의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 구현예, 변경, 변형, 균등물, 및 다른 기술적 해결에 적용될 수 있다.
- [0086] 당업자는 본 개시내용의 개시에서, 용어 "중방향", "횡방향", "상부", "하부", "전방", "후방", "좌측", "우측", "수직", "수평", "상부", "바다", "내부", "외부" 등은 도면에 도시된 방위각 또는 위치 관계에 기초한 방위각 또는 위치 관계를 나타낸다는 것을 이해할 것이다. 그것은 설명을 용이하게 하고 설명을 단순화하기 위한 것일 뿐 언급된 장치 또는 요소가 특정 배향을 가져야 하고, 특정 배향으로 구성 및 작동되어야 한다는 것을 나타내거나 암시하지 않으므로, 상기 언급된 용도는 본 개시내용을 제한하는 것으로 해석되지 않아야 한다.
- [0087] 용어 "a", "an" 또는 "one"은 "적어도 하나" 또는 "하나 이상"으로 이해되어야 하며, 즉, 일 구현예에서, 하나의 요소의 수는 하나일 수 있고 또 다른 구현예에서 하나의 요소의 수는 다수일 수 있고, 용어 "a", "an" 또는 "one"은 그 수를 제한하는 것으로 해석되지 않아야 하는 것으로 인식될 것이다.
- [0088] 본 개시내용은 저유전율 필름 및 이의 제조 방법을 제공한다. 저유전율 필름은 실리콘, 산소 및 탄소를 포함한다. 바람직하게는, 저유전율 필름은 실리콘, 산소, 탄소 및 불소를 포함한다. 저유전율 필름은 나노미터 크기의 기공을 갖는다.
- [0089] 저유전율 필름은 양호한 유전체 특성을 갖는다. 저유전율 필름은 2.8 미만의 k 값을 갖는다. 예를 들어, 바람직하게는, 저유전율 필름은 1.9 내지 2.7 범위의 k 값을 갖는다. 예를 들어, 저유전율 필름은 2.0 내지 2.7 범위의 k 값을 갖는다. 예를 들어, 저유전율 필름은 2.1 내지 2.2, 2.2 내지 2.3, 2.4 내지 2.5, 2.5 내지 2.6, 또

는 2.6 내지 2.7 범위의 k 값을 갖는다.

- [0090] 저유전율 필름은 비교적 양호한 기계적 특성을 가지며, 저유전율 필름의 영률은 10 GPa 초과이다. 바람직하게는, 저유전율 필름의 영률은 10 GPa 내지 41 GPa 범위이다. 예를 들어, 영률은 10 GPa 내지 11 GPa, 11 GPa 내지 12 GPa, 12 GPa 내지 13 GPa, 23 GPa 내지 24 GPa, 26 GPa 내지 27 GPa, 27 GPa 내지 28 GPa, 29 GPa 내지 30 GPa, 31 GPa 내지 32 GPa 또는 33 GPa 내지 34 GPa 범위이다. 저유전율 필름의 경도는 1.5 GPa 초과이다. 바람직하게는, 저유전율 필름의 경도는 1.6 GPa 내지 2.9 GPa 범위이다. 예를 들어, 경도는 1.62 GPa 내지 2.79 GPa 범위이다.
- [0091] 저유전율 필름은 탁월한 소수성을 갖는다. 저유전율 필름에 부착된 물의 정적 접촉각은 110° 초과이다. 예를 들어, 정적 접촉각은 120° 초과이다. 예를 들어, 정적 접촉각은 140° 초과이다. 예를 들어, 정적 접촉각의 범위는 110° -115°, 115° -120°, 120° -125°, 125° -130°, 130° -135°, 135° -140°, 140° -145°, 145° -150° 또는 150° -155° 또는 155° -160° 이다. 따라서, 저유전율 필름은 양호한 내부식성을 갖는다. 예를 들어, 저유전율 필름이 90시간 동안 염 분무 시험을 통해 금속 철 표면 상에 증착되는 경우, 철 시트는 부식되지 않거나 단지 적은 수의 부식점을 갖는다. 바람직하게는, 일부 구현예에서, 저유전율 필름이 96시간 동안 염 분무 시험을 통해 금속 철 표면 상에 증착되는 경우, 철 시트는 부식되지 않는다.
- [0092] 저유전율 필름은, 예를 들어 비제한적으로, 10 nm 내지 2000 nm 범위의 두께를 갖는 나노미터 필름이다.
- [0093] 본 개시내용의 이러한 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 기관 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD) 공정에 의해 형성된다. 즉, 저유전율 필름을 형성하기 위한 원료가 기관 표면 상에 PECVD 공정에 의해 증착되어 기관의 표면 상에 저유전율 필름을 형성한다. 예를 들어, 비제한적으로, 저유전율 필름은 대규모 집적 회로의 회로 기관의 표면 상에 증착되어, 대규모 집적 회로의 RC 지연 현상을 개선한다.
- [0094] 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD) 방법은 글로우 방전(glow discharge)을 통해 플라즈마를 생성한다. 방전 방법은 마이크로파 방전, 무선 주파수 방전, 자외선 방전, 및 전기 스파크 방전으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나를 포함할 수 있다.
- [0095] 예를 들어, 저유전율 필름은 원료로서 에폭시 알칸, 유기실리콘 화합물 및 불소 함유 실록산 화합물을 사용하여 기관 표면 상에 플라즈마 강화 화학 기상 증착 공정에 의해 형성된다.
- [0096] 저유전율 필름은 다층 구조를 갖는다. 예를 들어, 저유전율 필름은 부식방지 층, 다공성 층 및 불소 함유 층을 포함한다. 부식방지 층, 다공성 층 및 불소 함유 층은 기관 표면 상에 PECVD 공정에 의해 형성된다.
- [0097] 본 개시내용의 일 구현예에 따르면, 부식방지 층은 유기실리콘 중합체로 구성된다. 또한, 부식방지 층은 나노미터 규모 유기실리콘 중합체로 구성된다. 예를 들어, 유기실리콘 중합체 또는 유기실리콘 중합체를 형성하기 위한 원료는 기관의 표면 상에 PECVD를 통해 증착되어 저유전율 필름의 부식방지 층, 또는 저유전율 필름의 제1 층을 형성한다.
- [0098] 예를 들어, 부식방지 층은 불포화된 탄소-탄소 이중 결합을 포함하는 에폭시 알칸 화합물 A와 불포화된 이중 결합을 포함하는 실록산 또는 실란 화합물 B의 반응에 의해 수득된 복합체이다.
- [0099] 예를 들어, 부식방지 층은 기관 표면 상에 PECVD 증착에 의해, 반응기의 기설정된 전력 및 기설정된 온도의 조건 하에, 비닐 에폭시 알칸 및 비닐 유기실란 또는 비닐 유기실록산의 반응으로부터 형성될 수 있다. 비닐 에폭시 알칸은 에폭시기 및 탄소-탄소 이중 결합을 포함하는 유기물이며, 정상 압력에서 400°C 이하의 끓는점을 갖는다. 비닐 실란 또는 비닐 실록산은 탄소-탄소 불포화된 이중 결합을 포함하는 선형, 사이클릭 실란, 실록산을 포함하고, 정상 압력에서 300°C 이하의 끓는점을 갖는다.
- [0100] 예를 들어, 화합물 A는 비닐 에틸렌 옥사이드, 글리시딜 메타크릴레이트, 알릴 글리시딜 에테르, 1,2-에폭시-4-비닐사이클로헥산, 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란, 및 2,3-에폭시프로필디클로로비닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0101] 예를 들어, 화합물 B는 알릴트리메톡시실란, 비닐트리에톡시실란, 트리메틸비닐실란, 3-부테닐트리메틸실란, 비닐트리부틸케톡심 실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 1,2,2-트리플루오로비닐트리페닐실란, 디메틸메톡시비닐실란, 및 4-스티릴트리메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0102] 예를 들어, 부식방지 층을 제조하는 공정 동안, 기상 증착을 위해 보조 기체를 도입할 필요가 있다. 보조 기체

는, 비제한적으로, 불활성 기체 He, Ar, 또는 He 및 Ar의 혼합물로 예시된다.

- [0103] 일 구현예에서, 부식방지 층은 에폭시 수지 및 유기실리콘의 복합체로 형성된다. 예를 들어, 에폭시 수지 물질 및 유기실리콘 물질은 기관의 표면 상에 PECVD에 의해 증착되어 내부식성을 갖는 중합체 층을 형성한다. 예를 들어, 반응 공급원으로서 비닐 에폭시 알칸, 비닐 실록산, 비닐 실란의 단일 분위기 또는 혼합된 분위기를 사용하여, 저온 저압 플라즈마 환경에서 기상 증착시켜 유기실리콘 중합체 복합 나노미터 필름 층, 즉, 부식방지 층을 수득한다.
- [0104] 일 구현예에서, 다공성 층은 복수의 기공을 갖는 유기실리콘이고, 다공성 층의 다공성은 저유전율 필름의 k 값을 조정한다. 예를 들어, 유기실리콘 물질은 PECVD에 의해 기관의 표면 상에 증착되어 다공성 구조를 갖는 유기실리콘 나노미터 층을 형성하고, 이에 의해 저유전율 나노미터 필름의 다공성 층, 대안적으로, 저유전율 필름의 제2 층을 형성한다. 예를 들어, 다공성 층의 제조 공정 동안, 보조 기체를 도입하여, 예를 들어, 질소/수소, 암모니아, 산소, 탄화수소 유기물의 단일 분위기 또는 혼합된 분위기에서 다공성 층을 형성하고, 유기실리콘 및 유기실록산을 포함하는 단일 또는 혼합된 분위기를 기상 증착시켜 다공성 SiOCNH 나노미터 필름 층, 즉 저유전율 필름의 다공성 층을 수득할 필요가 있다. 보다 구체적으로, 보조 기체 내의 탄화수소 유기물은 주로 12개 이하의 탄소 원자를 갖는 분지형 알칸, 사이클로알칸, 방향족 탄화수소이다.
- [0105] 일 구현예에서, 다공성 층은 화합물 C와 화합물 E의 반응에 의해 형성될 수 있다. 화합물 C는 유기실리콘 화합물, 예컨대, 유기실록산, 또는 유기실란이다. 화합물 E는 알칸 화합물, 또는 벤젠 화합물일 수 있다.
- [0106] 일 구현예에서, 다공성 층은 부식방지 층의 표면 상에 PECVD 증착에 의해, 반응기의 기설정된 전력 및 기설정된 온도의 조건 하에, 유기실란 및/또는 유기실록산 화합물 C 및 알칸 화합물 및/또는 벤젠 화합물 E의 반응으로 형성될 수 있다. 유기실리콘 화합물 C는 분지쇄, 사이클릭 실란 또는 실록산을 포함하고, 정상 압력에서 350℃ 미만의 끓는점을 갖는 액체 또는 기체이다.
- [0107] 예를 들어, 화합물 C는 γ -글리시딜옥시프로필트리메톡시실란; D4H 사이클로테트라실록산, 헥사메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리메톡시실란) 일페닐실란, t-부틸디메틸클로로실란, 페닐에틸닐트리메틸실란, 비페닐비닐트리메틸실란, 옥타페닐사이클로테트라실록산, 트리페닐하이드록시실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 2,2,4,4-테트라메틸-6,6,8,8-테트라페닐사이클로테트라실록산, 테트라메틸테트라비닐사이클로테트라실록산, 3-글리시딜 에테르 옥시프로필트리에톡시실란, 테트라메틸디비닐디실록산, 테트라에틸디실록산, 헥사메틸디실록산, 페닐트리스(트리메틸실록시) 실란, 트리메틸페닐실란, 헥사메틸디실라잔, 알릴트리페닐실란, 페닐트리클로로실란, 페닐트리플루오로실란, 페닐트리에톡시실란, 페닐트리메톡시실란, 메틸페닐디메톡시실란, 디메톡시메틸페닐실란, 1,3-디클로로테트라페닐디실록산, 페닐비닐트리메틸실란, 나프틸비닐트리메틸실란, 디페닐하이드록시실란, 옥타메틸사이클로테트라실록산, 헥사페닐사이클로트리실록산, 데카메틸사이클로펜타실록산, 페닐트리클로로실란, 메틸페닐디클로로실란, 페닐디메틸클로로실란, 메틸페닐사이클로트리실록산, 트리메톡시메틸실란, 트리플루오로프로필메틸사이클로트리실록산, 트리스-(트리에톡시실란) 일페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 및 트리스-(트리에틸실란) 일페닐실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상이다.
- [0108] 예를 들어, 화합물 E는 사이클로부탄, 사이클로펜탄, 사이클로헥산, 벤젠, 톨루엔, 및 p-크실렌으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상이다.
- [0109] 일 구현예에서, 저유전율 필름을 제조할 때, PECVD 방법에 의해 기관 상에 부식방지 층을 증착시킨 후, 동일한 반응 챔버에서 PECVD 방법에 의해 다공성 층을 계속 증착시킨다.
- [0110] 일 구현예에서, 저유전율 필름이 제조될 때, 부식방지 층을 형성한 후, 질소/수소 및/또는 암모니아 분위기에서, 소정의 주파수에서 산소가 간헐적으로 도입되고, 증착에 의해 화합물 C 및 화합물 E의 반응으로부터 다공성 층이 수득된다.
- [0111] 특히, 본 개시내용의 일 구현예에 따르면, 다공성 층의 다공성이 기관에 대한 저유전율 필름의 접착력에 영향을 미치지 않거나 거의 영향을 미치지 않도록 부식방지 층은 다공성 층 및 기관 사이에 배치되고, k 값은 다공성을 증가시킴으로써 더 작아질 수 있다.
- [0112] 일 구현예에서, 불소 함유 층은 플루오로실리콘 중합체이다. 또한, 불소 함유 층은 저유전율을 갖는 방향족기를 포함하는 유기플루오로실리콘이다. 방향족기의 단단한 구조를 이용함으로써, 불소 함유 층의 기계적 특성이 개선된다. 예를 들어, 일 구현예에서, 불소 함유 층은 페닐을 포함하는 유기플루오로실리콘이다. 벤젠 고리의 입

체 방해는 비교적 커서, 저유전율 필름의 거칠기가 조정될 수 있다.

- [0113] 저유전율 필름의 제조 공정에서, 저유전율 필름 내의 불소 함유 페닐 함량은 불소 함유 방향족 유기실란 및 사이클로실록산의 양의 비율을 변화시킴으로써 변화될 수 있다. 불소 함유 방향족기의 함량을 조절함으로써, 저유전율 필름의 전기적 특성 및 기계적 특성은 조정될 수 있고 저유전율 필름의 k 값은 더 감소될 수 있다.
- [0114] 일 구현예에서, 불활성 기체 분위기 하에, 방향족 구조를 포함하는 플루오로실리콘 층, 또는 저유전율 필름의 제3 층은 다공성 층의 표면 상에 증착된다.
- [0115] 일 구현예에서, 불소 함유 층은 다공성 층의 표면 상의 증착을 통해 PECVD에 의해, 방향족 플루오로실란 D의 반응으로 형성된다. 불소 함유 층은 표면 에너지가 낮고 소수성 성능이 탁월하다. 불소 함유 층의 표면 상의 물의 정적 접촉각은 비교적 크다. 방향족기를 포함하는 유기 플루오로실리콘은 저유전율 필름의 표면 상에 형성된다. 방향족기의 단단한 구조에 의해, 저유전율 필름의 기계적 성능이 개선된다.
- [0116] 예를 들어, 화합물 D는 펜타플루오로페닐트리메톡시실란, 펜타플루오로페닐트리메톡시실란, 펜타플루오로페닐트리클로로실란, 펜타플루오로페닐디메틸클로로실란, 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디클로로실란, 펜타플루오로디클로로페닐퍼플루오로헥실에틸실란, 퍼플루오로옥틸디클로로페닐실란, 퍼플루오로옥틸디에톡시페닐실란, 퍼플루오로옥틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란, 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디클로로실란, 및 퍼플루오로부틸에틸펜타플루오로페닐디메톡시실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함한다.
- [0117] 저유전율 필름이 제조될 때, 다공성 층을 형성한 후, 소정의 전력에서, 기체 화합물 D를 동일한 반응 챔버 내로 계속 도입하여, 소정의 시간 동안 증착시켜, 저유전율 필름의 표면 층을 수득한다.
- [0118] 일 구현예에서, 플라즈마 강화 화학 기상 증착 기술에 의해 저유전율 필름의 표면 상에, 다공성 3차원 유기실리콘 코팅의 구멍 내에 및 코팅의 표면 상에 불소 함유 방향족 실란을 증착시킨다. 불소 함유 방향족 실란은 비교적 낮은 유전율을 갖고, 벤젠 고리의 입체 방해는 비교적 커서, 나노미터 코팅의 거칠기가 조정될 수 있다. 따라서, 저유전율 물질 필름의 제조 공정에서, 분자 내의 불소 함유 페닐의 함량은 불소 함유 방향족 유기실리콘 단량체 대 사이클로실록산의 양 비율을 변화시킴으로써 변화될 수 있다. 저유전율 물질 필름의 전기적 및 다른 특성은 분자 내의 불소 함유 방향족기의 함량을 조정함으로써 조정된다.
- [0119] 특히, 본 개시내용의 저유전율 필름은 2개 또는 3개 이상의 층을 포함하는 것과 같은 다층 구조로 구성된다. 본 개시내용의 일 구현예에서, 저유전율 필름은 2층 구조로 구성된다. 예를 들어, 일 구현예에서, 저유전율 필름은 부식방지 층 및 다공성 층으로 구성되어 2층 구조를 형성한다. 제조시, 기판 표면 상에 먼저 화합물 A 및 화합물 B를 화학 기상 증착시켜 부식방지 층을 형성한 다음, 화합물 C 및 화합물 E를 계속 화학 기상 증착시켜 다공성 층을 형성한다. 부식방지 층은 바닥 층이고, 다공성 층은 표면 층이다. 2층 구조의 저유전율 필름은 부식방지 층 및 다공성 층으로 구성되고, k 값을 감소시키면서, 그것은 저유전율 필름 및 기판 사이의 접착력 및 부착을 높일 수 있다.
- [0120] 예를 들어, 일 구현예에서, 저유전율 필름은 다공성 층 및 불소 함유 층으로 구성되어 2층 구조를 형성한다. 제조시, 기판 표면 상에 먼저 화합물 C 및 화합물 E를 화학 기상 증착시켜 다공성 층을 형성한 다음, 화합물 D를 화학 기상 증착시켜 불소 함유 층을 형성한다. 다공성 층은 바닥 층이고, 불소 함유 층은 표면 층이다. 2층 구조를 갖는 저유전율 필름은 다공성 층 및 불소 함유 층으로 구성되고, k 값을 감소시키면서, 저유전율 필름의 소수성 성능이 개선될 수 있어서 증착된 기판의 내부식성을 개선할 수 있다.
- [0121] 예를 들어, 일 구현예에서, 저유전율 필름은 부식방지 층, 다공성 층 및 불소 함유 층으로 구성되어 3층 구조를 형성한다. 제조시, 기판 표면 상에 먼저 화합물 A 및 화합물 B를 화학 기상 증착시켜 부식방지 층을 형성한 다음, 화합물 C 및 화합물 E를 계속 화학 기상 증착시켜 다공성 층을 형성하고, 다공성 층 상에 화합물 D를 계속 화학 기상 증착시켜 불소 함유 층을 형성한다. 부식방지 층은 바닥 층이고, 다공성 층은 중간 층이며, 불소 함유 층은 표면 층이다. 상이한 층의 교대 배열을 통해 부식방지 층, 다공성 층 및 불소 함유 층으로 구성된 3층 구조를 갖는 저유전율 필름은 저유전율 필름의 유전체 특성, 기계적 특성 및 소수성을 통합적으로 개선하며, 교대 배열은 큰 기공 부피를 갖는 다공성 층을 형성하는 데 유리하다.
- [0122] 특히, 저유전율 나노미터 필름에서의 기공 구조는 유전율의 감소에 비교적 큰 영향을 미치면서 기계적 특성 및 소수성에도 영향을 미친다. 예를 들어, 다공성이 증가할수록, k 값은 유의하게 감소될 수 있다. 그러나, 다공성 증가는 또한 기계 강도의 감소 및 접착력의 감소에 의해 기판의 성능에 영향을 미칠 수 있고, 많은 표면 기공이 있는 경우, 소수성이 감소된다. 나노미터 필름의 유전율의 감소는 다공성 물질의 도입 후 층 공기 부피에 따라 달라지며, 이는 세 가지 측면을 포함한다: (1) 다공성 SiOCNH 기공 채널의 불완전한 충전으로 인한 공극 부피;

(2) 플루오로실리콘 사슬의 무작위 배열에 의해 생성된 공극; (3) 다공성 SiOCNH의 첨가에 의해 생산된 자유 부피. 본 개시내용의 구현예에 따르면, 저유전율 필름은 유전율을 감소시키고 기계적 특성 및 소수성 사이의 균형을 맞추기 위해 부식방지 층, 다공성 층 및/또는 불소 함유 층을 포함하는 2층 또는 3층 구조를 갖는다.

[0123] 본 개시내용의 적어도 하나의 구현예에 따르면, 저유전율 필름이 형성될 때, 유기실리콘 나노미터 필름 및 유기실리콘/산소를 교대로 증착하고, 산소는 유기실리콘 층이 형성된 후에 도입되고, 유기실리콘 층의 탄화수소 부분은 산소와 반응하여 불규칙한 거친 표면을 형성한 다음, SiOCNH가 표면 상에 증착되어, 비교적 높은 비표면적을 갖는 거대기공이 형성되기 용이하고, 교대 구조는 저유전율 필름 및 기판의 접착력을 용이하게 한다.

[0124] 저유전율 필름의 3차원 네트워크 구조는 여러 번의 플라즈마 강화 화학 기상 증착에 의해 형성된다. 그것은 기공 형성제를 이용한 기공의 형성을 필요로 하지 않는다. 그것은 처리할 고온 어닐링 공정을 필요로 하지 않는다. 본 개시내용의 일 구현예는 사이클릭 유기실리콘 단량체를 비교적 큰 입체 방해물 갖는 벌크 단량체와 공중합한다. 이러한 공중합은 O₂의 플라즈마 분위기에서 수행된다. O₂의 양을 제어함으로써, Si-O 결합이 탄화수소에 결합되어, 저유전율 및 3차원 구조를 갖는 유기실리콘 나노미터 코팅이 제어가능하게 제조될 수 있다.

[0125] 도 1-4를 참조하면, 도 1은 본 개시내용의 일 구현예에 따른 저유전율 필름을 제조하기 위한 공정의 블록 도표이고, 도 2는 본 개시내용의 일 구현예에 따른 저유전율 필름의 부식방지 층을 형성하기 위한 공정의 블록 도표이며, 도 3은 본 개시내용의 일 구현예에 따른 저유전율 필름의 다공성 층을 형성하기 위한 공정의 블록 도표이고, 도 4는 본 개시내용의 일 구현예에 따른 저유전율 필름의 불소 함유 층을 형성하기 위한 공정의 블록 도표이다. 저유전율 필름은 여러 번 PECVD 공정을 수행함으로써 플라즈마 강화 화학 기상 증착 반응기에서 수득된다.

[0126] 본 개시내용의 일 구현예에 따르면, 저유전율 필름을 제조하는 방법은 하기 단계를 포함한다:

[0127] 101. 부식방지 층을 기판의 표면 상에 기상 증착시키는 단계;

[0128] 102. 다공성 층을 기상 증착시키는 단계; 및

[0129] 103: 불소 함유 층을 기상 증착시키는 단계;

[0130] 여기서 단계 101에서, 비닐 에폭시 화합물 A 및 비닐 유기실리콘 화합물 B를 도입하여 기상 증착에 의해 부식방지 층을 형성하는 것이 바람직하며, 구체적으로, 부식방지 층을 형성하는 공정은 하기 단계를 포함한다:

[0131] 1011: 에폭시 알칸 화합물 A 및 실록산 또는 실란 화합물 B를 반응기의 챔버 내로 도입하는 단계;

[0132] 1012: 불활성 기체를 반응기의 챔버 내로 도입하는 단계;

[0133] 1013: 기판을 작동시키는 단계;

[0134] 1014: 소정의 전력에서, 화합물 A 및 화합물 B의 반응을 통한 증착에 의해 기판 표면 상에 부식방지 층을 형성하는 단계.

[0135] 단계 101 전에, 기판은 또한, 예를 들어 기판 표면을 세정함으로써 전처리될 수 있다. 구체적으로, 기판의 전처리는 하기 단계를 포함한다:

[0136] 1001: 기판을 초음파 세정하는 단계: 기판을 탈이온수를 함유하는 용기에 넣고, 10-30분 동안 초음파 세정한 다음, 꺼내어 건조 오븐에서 건조하는 단계; 및

[0137] 1002: 기판 표면을 아세톤으로 세척하는 단계: 부분 표면을 아세톤이 묻은 세정 거즈로 3회 닦은 다음, 건조 오븐에서 건조하는 단계.

[0138] 세정 동안, 상기 방법 중 하나 이상이 전처리를 위해 선택될 수 있고, 본 개시내용은 이와 관련하여 제한되지 않는다.

[0139] 예를 들어, 단계 101의 공정은 깨끗한 표면을 갖는 기판을 플라즈마 강화 화학 기상 증착 반응기의 반응 챔버에 넣은 다음, 반응 챔버를 10-200 mtorr로 연속적으로 진공화하는 단계, 및 불활성 기체 He, Ar 또는 He 및 Ar 혼합 기체를 도입하는 단계, 이동 메커니즘을 개방시키는 단계, 반응 챔버에서 기판을 이동시키는 단계, 압력 및 온도가 기설정된 값에 도달한 후, 비닐 에폭시 화합물 A 및 비닐 유기실리콘 화합물 B를 도입하는 단계, 플라즈마 전력을 30-500 W로 조정하는 단계, 챔버의 온도를 10-100°C로 조정하는 단계, 플라즈마 강화 화학 기상 증착을 수행하는 단계, 반응이 완료된 후, 반응물 도입을 중단하는 단계, 챔버의 압력을 대기압으로 올리는 단계를

포함할 수 있다. 단계 101은 또한 저유전을 필름이 기판에 더 단단하게 결합되게 하고 기판의 부식을 방지하도록 하는 부식방지 처리 단계로 지칭될 수 있다.

- [0140] 특히, 본 개시내용의 구현예에 따르면, 저유전을 필름의 형성 공정에서, 저유전을 필름이 기판에 더 균일하게 부착되고, 기판의 상이한 위치에서의 코팅 필름의 차이가 감소되며, 기판의 상이한 영역에서의 상이한 증착 농도에 의해 유발되는 불균일한 두께의 문제가 해결되도록 동적 코팅 방법이 채택된다. 예를 들어, 단계 1013에서와 같이, 기판이 반응 챔버에서 이동하여, 부식방지 층이 기판의 상이한 위치에 균일하게 부착된다. 기판의 작동 방식은 복수의 방식을 포함할 수 있으며, 예컨대, 기판은 기준점으로서 반응 챔버의 중심점 또는 미리 결정된 축 주위를 회전할 수 있거나, 기판의 중심축 또는 미리 결정된 축 주위를 회전할 수 있거나, 또는 각각 횡방향 및 종방향 축 주위를 회전할 수 있다.
- [0141] 단계 102에서 유기실란 및/또는 유기실록산 화합물 C 및 알칸 화합물 및/또는 벤젠 화합물 E의 기상 증착에 의해 다공성 층을 형성하는 것이 바람직하다.
- [0142] 특히, 일 구현예에서, 단계 102는 단계 101 후에 수행되며, 즉, 부식방지 층이 형성된 후, 다공성 층이 부식방지 층 상에 형성된다. 그러나, 또 다른 구현예에서, 단계 102는 또한 직접 수행될 수 있고, 즉, 먼저 부식방지 층을 형성하지 않고 다공성 층이 기판의 표면 상에 직접 형성된다. 구체적으로, 다공성 층의 형성 공정은 하기 단계를 포함한다:
- [0143] 1021: 유기실란 및/또는 유기실록산 화합물 C 및 알칸 화합물 및/또는 벤젠 화합물 E를 도입하는 단계;
- [0144] 1022: 기체 질소/수소 및/또는 암모니아를 도입하는 단계;
- [0145] 1023: 간헐적으로 산소를 도입하는 단계; 및
- [0146] 1024: 소정의 전력에서, 유기실란 및/또는 유기실록산 화합물 C 및 알칸 화합물 및/또는 벤젠 화합물 E의 반응을 통해 기상 증착에 의해 다공성 층을 형성하는 단계.
- [0147] 예를 들어, 단계 102에서, 다공성 층의 형성 공정은 부식방지 처리 후, 화합물 C 및 화합물 E를 계속 도입하면서, 질소/수소 및/또는 암모니아를 도입하고, 또한 기체 산소를 10-600초의 빈도로 간헐적으로 도입하는 단계를 포함할 수 있고, 즉, 산소는 10-600초마다 도입되고, 산소 반응 시간은 10-600초이며, 반응이 종료된 후, 화합물 C 및 화합물 E의 도입이 중단되고, 즉, 다공성 층이 형성된다.
- [0148] 단계 102에서, 단계 1013, 즉, 기판이 반응 챔버에서 계속적으로 이동하게 하는, 즉, 동적 조건 하에 다공성 층을 형성하는 단계가 또한 포함될 수 있음에 유의해야 한다.
- [0149] 특히, 반응성 기체 질소/수소 및/또는 암모니아는 질소 함유 나노미터 코팅을 증착하기 위해 첨가된다. 나노미터 코팅의 질소 함량은 혼합된 단량체의 질소 함량 및 질소/수소 및/또는 암모니아의 혼합 기체에 의해 결정된다. O₂의 유속은 나노미터 코팅의 산소 함량에 영향을 미치는 인자 중 하나이다.
- [0150] 유기실리콘 나노미터 필름 및 유기실리콘/산소를 교대로 증착시켜 저유전을 필름이 형성될 때, 산소는 유기실리콘 층이 형성된 후 간헐적으로 도입되고, 유기실리콘 층의 탄화수소 부분은 산소와 반응하여 불규칙한 거친 표면을 형성한 다음, SiOCNH가 표면 상에 증착되어, 비교적 높은 비표면적을 갖는 거대기공이 형성되기 용이하고, 교대 구조는 저유전을 필름 및 기판의 접착력의 향상을 용이하게 한다.
- [0151] 단계 103에서, 불소 함유 층은 방향족 플루오로실란 D의 기상 증착에 의해 형성된다. 구체적으로, 단계 103의 불소 함유 층 형성 공정은 하기 단계를 포함한다:
- [0152] 1031: 불활성 기체를 도입하는 단계;
- [0153] 1032: 방향족 플루오로실란 D를 도입하는 단계; 및
- [0154] 1033: 소정의 전력에서, 방향족 플루오로실란 D의 반응을 통한 기상 증착에 의해 불소 함유 층을 형성하는 단계.
- [0155] 예를 들어, 단계 103에서, 불소 함유 층의 형성 공정은 다공성 층이 형성된 후, 불활성 기체를 도입하는 단계, 질소/수소 및/또는 암모니아 도입을 중단하는 단계, 추가로, 화합물 D를 도입하는 단계, 플라즈마 전력을 30-150 W로 조정하는 단계, 플라즈마 중합 반응을 계속하는 단계, 10-60분 동안 기상 증착 후 샘플을 꺼내는 단계, 및 원하는 다기능 나노미터 코팅, 즉 저유전을 필름을 수득하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0156] 특히, 단계 103은 단계 102 이후에 수행되며, 즉, 불소 함유 층은 다공성 층이 형성된 후에 형성되거나, 또는, 불소 함유 층은 다공성 층의 표면에 부착되어 저유전율 필름의 소수성을 크게 향상시킨다.
- [0157] 단계 103에서, 단계 1013, 즉, 기판이 반응 챔버에서 연속적으로 이동하도록 작동시키는 단계, 즉, 동적 조건 하에서 불소 함유 층을 형성하는 단계가 또한 포함될 수 있다는 점에 유의해야 한다.
- [0158] 단계 103 후, 높은 온도 어닐링 단계가 또한 포함될 수 있다. 본 개시내용의 구현예에서, 노르보르나디엔 또는 α -테르피넨 등과 같은 기공 형성제의 도움 없이 기공 구조가 형성되어 기공 형성제의 후속 제거가 필요하지 않고 고온 어닐링 공정이 필요하지 않는다는 점에 유의한다.
- [0159] 또한, 본 개시내용의 일부 구현예에서, 반응 챔버 또는 코팅 챔버의 부피는 10 L-2000 L이며, 코팅 요건 및 코팅 챔버의 부피에 따라, 공정 매개변수는 조정될 수 있다. 플라즈마 코팅의 전력 범위는 0.01 W-500 W이며, 코팅 시간은 30 s-7200 s이고, 기체화 온도는 30°C-100°C이며, 챔버 온도는 20°C-100°C이고, 유속은 각각 0-1000 sccm로서 선택된다. 산소 및/또는 N_2/H_2 , NH_3 , 탄화수소 유기물은 1-200 sccm의 유속을 갖도록 설정될 수 있고, 선택가능한 도입 빈도 범위는 10 s-500 s당 1회이다.
- [0160] 구체적인 실시예가 하기에 예시되어 있다.
- [0161] 실시예 1
- [0162] 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 강화 화학 기상 증착 반응기 또는 플라즈마 코팅 장비의 고정물(fixture)에 넣었다. 매개변수를 프로그램에 따라 설정하였고, 여기서 전력은 100 W였고, 코팅 시간은 1800 s였으며, 기체화 온도는 95°C였고, 챔버 온도는 실온이었으며, 그것은 He 분위기에 있었고, He의 유속은 10 sscm이었다. 반응 기체 A 및 B는 각각 비닐 에틸렌 옥사이드 및 트리메틸 비닐 실란이었고, 각각 100 sccm 및 100 sccm의 유속으로 도입되었다. 바닥 층 증착이 완료된 후, 단량체 비닐 에틸렌 옥사이드 및 트리메틸 비닐 실란의 도입을 중단하고, He를 연속적으로 도입하고, N_2 를 또한 도입하였다. N_2 는 5 sccm의 유속을 가지고 있었다. 반응물 C 및 E는 각각 헥사메틸디실록산 및 단량체 사이클로헥산이었고, 각각 100 sccm 및 100 sccm의 유속으로 도입되었다. O_2 는 300초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 50 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 기체화 온도는 110°C였고, 챔버 온도는 25°C였으며, O_2 의 유속은 10 sccm이었다. 코팅 시간이 경과한 후, O_2 , N_2 및 H_2 를 끊었다. 반응물 D 퍼플루오로옥틸 디클로로페닐 실란이 도입되었고, 다른 매개변수를 변경하지 않았다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅, 즉, 기판 상에 형성된 저유전율 필름을 수득하였다.
- [0163] 실시예 2
- [0164] 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 코팅 장비의 고정물에 넣었다. 매개변수를 프로그램에 따라 설정하였고, 여기서 전력은 100 W였고, 코팅 시간은 1800 s였으며, 기체화 온도는 95°C였고, 챔버 온도는 실온이었으며, 그것은 He 분위기에 있었고, He의 유속은 10 sscm이었다. 반응물 A 및 B는 각각 비닐 에틸렌 옥사이드 및 트리메톡시 비닐 실란이었고, 각각 100 sccm 및 100 sccm의 유속으로 도입되었다. 바닥 층 증착이 완료된 후, 반응물 비닐 에틸렌 옥사이드 및 트리메틸 비닐 실란의 도입을 중단하고, He를 연속적으로 도입하고, N_2 를 또한 도입하였다. N_2 는 5 sccm의 유속을 가지고 있었다. 반응물 C 및 E는 각각 트리스-(트리메톡시실란)일페닐실란 및 사이클로부탄이었고, 각각 100 sccm 및 100 sccm의 유속으로 도입되었다. O_2 는 300초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 50 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 기체화 온도는 110°C이었고, 챔버 온도는 25°C이었으며, O_2 의 유속은 10 sccm이었다. 코팅 시간이 경과한 후, O_2 , N_2 를 끊었다. 반응물 D 퍼플루오로옥틸 디에톡시 페닐 실란이 도입되었고, 다른 매개변수를 변경하지 않았다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅을 수득하였다.
- [0165] 실시예 3
- [0166] 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 코팅 장비의 고정물에 넣었다. 매개변수를 프로그램에 따라 설정하였고, 여기서 전력은 100 W였고, 코팅 시간은 1800 s였으며, 기체화 온도는 95°C였고, 챔버 온도는 실온이었으며, 그것은 He 분위기에 있었고, He의 유속은 10 sscm이었다. 반응물 A 및 B는 각각 알릴 글리시딜 에테르 및 트리메틸 비닐 실란이었고, 각각 100 sccm 및 100 sccm의 유속으로 도입되었다. 바닥 층 증착이 완료된 후, 반응물 알릴 글리시딜 에테르 및 트리메틸 비닐 실란의 도입을 중단하였다. He를 계속 도입하고, NH_3 를 또한 도입하였다. NH_3 은

100 sccm의 유속을 가지고 있었다. 반응물 C 및 E는 각각 트리스-(트리에톡시실란)일 페닐실란 및 톨루엔이었고, 각각 100 sccm 및 100 sccm의 유속으로 도입되었다. O₂는 150초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 50 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 기체화 온도는 110℃이었고, 챔버 온도는 25℃이었다. 코팅 시간이 경과한 후, O₂ 및 NH₃를 끊었다. 반응물 D 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디클로로실란이 도입되었다. 전력은 50 W로 변경되었고, 코팅 시간은 1800 s로 변경되었다. 압력은 100 mTorr였다. 기체화 온도는 110℃였고, 챔버 온도는 30℃였다. O₂의 유속은 50 sccm이었다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅을 수득하였다.

[0167] 실시예 4

[0168] 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 코팅 장비의 고정물에 넣었다. 매개변수를 프로그램에 따라 설정하였고, 여기서 전력은 100 W였고, 코팅 시간은 1800 s였으며, 압력은 80 mTorr였고, 기체화 온도는 95℃였으며, 챔버 온도는 실온이었고, 그것은 Ar 분위기에 있었으며, He의 유속은 10 sscm이었다. 반응물 A 및 B는 각각 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란 및 디메틸메톡시비닐실란이었고, 각각 80 sccm 및 120 sccm의 유속으로 도입되었다. 바닥 층 증착이 완료된 후, 반응물 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란 및 디메틸메톡시비닐실란의 도입을 중단하였다. Ar을 계속 도입하고, 반응물 C 및 E를 도입하였다. 반응물 C 및 E는 각각 트리스-(트리에틸실란)일페닐실란 및 사이클로헥산이었고, 각각 20 sccm 및 180 sccm의 유속으로 도입되었다. O₂는 150초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 50 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 기체화 온도는 110℃이었고, 챔버 온도는 25℃이었다. O₂의 유속은 30 sccm이었다. 코팅 시간이 경과한 후, O₂를 끊었다. 반응물 D 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디메톡시 실란이 도입되었다. 전력은 50 W로 변경되었고, 코팅 시간은 1800 s로 변경되었다. 압력은 120 mTorr였다. 기체화 온도는 110℃였고, 챔버 온도는 30℃였다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅을 수득하였다.

[0169] 실시예 5

[0170] 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 코팅 장비의 고정물에 넣었다. 매개변수를 프로그램에 따라 설정하였고, 여기서 전력은 80 W였고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 압력은 80 mTorr였고, 기체화 온도는 95℃였으며, 챔버 온도는 실온이었고, 그것은 Ar 분위기에 있었으며, Ar의 유속은 20 sscm이었다. 반응물 A 및 B는 각각 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란 및 트리메틸 비닐 실란이었고, 각각 80 sccm 및 120 sccm의 유속으로 도입되었다. 바닥 층 증착이 완료된 후, 반응물 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란 및 트리메틸 비닐 실란의 도입을 중단하였다. Ar을 계속 도입하고, N₂ 및 H₂를 또한 각각 30 sccm 및 90 sccm의 유속으로 도입하였다. 반응물 C 및 E는 각각 트리스-(트리에틸실란) 일페닐실란 및 p-크실렌이었고, 각각 20 sccm 및 180 sccm의 유속으로 도입되었다. O₂는 120초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 90 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 기체화 온도는 110℃이었고, 챔버 온도는 50℃이었다. O₂의 유속은 80 sccm이었다. 코팅 시간이 경과한 후, O₂, N₂ 및 H₂가 끊어졌다. 반응물 D 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디메톡시 실란이 도입되었다. 전력은 80 W로 변경되었고, 코팅 시간은 1800 s로 변경되었다. 압력은 120 mTorr였다. 기체화 온도는 110℃였고, 챔버 온도는 30℃였다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅을 수득하였다.

[0171] 실시예 6

[0172] 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 코팅 장비의 고정물에 넣었다. 매개변수를 프로그램에 따라 설정하였고, 여기서 전력은 80 W였고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 압력은 80 mTorr였고, 기체화 온도는 95℃였으며, 챔버 온도는 실온이었고, 그것은 Ar 분위기에 있었으며, Ar의 유속은 20 sscm이었다. 반응물 A 및 B는 각각 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란 및 4-스티릴트리메톡시실란이었고, 각각 80 sccm 및 120 sccm의 유속으로 도입되었다. 바닥 층 증착이 완료된 후, 반응물 2,3-에폭시프로필디메틸비닐실란 및 4-스티릴트리메톡시실란의 도입을 중단하였다. Ar을 계속 도입하고, N₂ 및 H₂를 또한 각각 30 sccm 및 90 sccm의 유속으로 도입하였다. 반응물 C 및 E는 각각 트리스-(트리에틸실란)일페닐실란 및 사이클로펜타이었고, 각각 20 sccm 및 180 sccm의 유속으로 도입되었다. O₂는 100초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 90 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 기체화 온도는 110℃이었고, 챔버 온도는 50℃이었다. O₂의 유속은 20 sccm이었다. 코팅 시간이 경과한 후, O₂, N₂ 및 H₂를 끊었다. 반응물 D 퍼플루오로부틸 에틸 펜타플루오로페닐 디클로로실란이 도입되었다. 전력은 80 W로 변

경되었고, 코팅 시간은 1800 s로 변경되었다. 압력은 120 mTorr였다. 기체화 온도는 110℃였고, 챔버 온도는 30℃였다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅을 수득하였다.

[0173] 실시예 7

[0174] 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 코팅 장비의 고정물에 넣었다. 매개변수를 프로그램에 따라 설정하였고, 여기서 전력은 80 W였고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 압력은 80 mTorr였고, 기체화 온도는 95℃였으며, 챔버 온도는 실온이었고, 그것은 Ar 분위기에 있었으며, Ar의 유속은 20 sscm이었다. 반응물 A 및 B는 각각 2,3-에폭시프로필 디클로로에틸렌 실란 및 테트라메틸 테트라비닐 사이클로테트라실록산이었고, 각각 150 sccm 및 50 sccm의 유속으로 도입되었다. 바닥 층 증착이 완료된 후, 반응물 2,3-에폭시프로필 디클로로에틸렌 실란 및 테트라메틸 테트라비닐 사이클로테트라실록산의 도입을 중단하였다. Ar을 계속 도입하고, N₂ 및 H₂를 또한 각각 30 sccmsccm 및 90 sccmsccm의 유속으로 도입하였다. 반응물 C 및 E는 각각 트리플루오로프로필 메틸 사이클로트리실록산 및 벤젠이었고, 각각 50 sccm 및 150 sccm의 유속으로 도입되었다. O₂는 600초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 90 W로 변경되었고, O₂의 유속은 50 sccm이었으며, 코팅 시간은 3600 s였고, 기체화 온도는 110℃이었으며, 챔버 온도는 50℃이었다. O₂의 유속은 60 sccm이었다. 코팅 시간이 경과한 후, O₂, N₂ 및 H₂를 끊었다. 반응물 D 퍼플루오로부틸 에틸 펜타플루오로페닐 디메톡시 실란이 도입되었다. 전력은 80 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s로 변경되었다. 압력은 100 mTorr였다. 기체화 온도는 110℃였고, 챔버 온도는 30℃였다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅을 수득하였다.

[0175] 실시예 8

[0176] 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 코팅 장비의 고정물에 넣었다. 매개변수를 프로그램에 따라 설정하였고, 여기서 전력은 80 W였고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 압력은 80 mTorr였고, 기체화 온도는 95℃였으며, 챔버 온도는 실온이었고, 그것은 Ar 분위기에 있었으며, Ar의 유속은 20 sscm이었다. 반응물 A 및 B는 각각 2,3-에폭시프로필 디클로로에틸렌 실란 및 테트라메틸 테트라비닐 사이클로테트라실록산이었고, 각각 150 sccm 및 50 sccm의 유속으로 도입되었다. 바닥 층 증착이 완료된 후, 반응물 2,3-에폭시프로필 디클로로에틸렌 실란 및 테트라메틸 테트라비닐 사이클로테트라실록산의 도입을 중단하였다. Ar을 계속 도입하고, N₂ 및 H₂를 또한 각각 30 sccm 및 90 sccm의 유속으로 도입하였다. 반응물 C 및 E는 각각 트리스-(트리에틸실란)일페닐실란 및 사이클로헥산이었고, 각각 20 sccm 및 180 sccm의 유속으로 도입되었다. O₂는 180초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 90 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 기체화 온도는 110℃였고, 챔버 온도는 50℃였으며, O₂의 유속은 30 sccm이었다. 코팅 시간이 경과한 후, O₂, N₂ 및 H₂를 끊었다. 반응물 D 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디메톡시실란이 도입되었다. 전력은 80 W로 변경되었고, 코팅 시간은 1800 s로 변경되었다. 압력은 120 mTorr였다. 기체화 온도는 110℃였고, 챔버 온도는 30℃였다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅을 수득하였다.

[0177] 실시예 9

[0178] 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 코팅 장비의 고정물에 넣었다. 매개변수를 프로그램에 따라 설정하였고, 여기서 전력은 80 W였고, 코팅 시간은 3600 s였으며, 압력은 80 mTorr였고, 기체화 온도는 95℃였으며, 챔버 온도는 실온이었고, 그것은 Ar 분위기에 있었으며, Ar의 유속은 20 sscm이었다. 반응물 A 및 B는 각각 2,3-에폭시프로필 디클로로에틸렌 실란 및 테트라메틸 테트라비닐 사이클로테트라실록산이었고, 각각 150 sccm 및 50 sccm의 유속으로 도입되었다. 바닥 층 증착이 완료된 후, 반응물 2,3-에폭시프로필 디클로로에틸렌 실란 및 테트라메틸 테트라비닐 사이클로테트라실록산의 도입을 중단하였다. Ar을 계속 도입하고, 반응물 C 및 E를 도입하였다. 반응물 C 및 E는 각각 헥사메틸디실라잔 및 사이클로펜탄이었고, 각각 50 sccm 및 150 sccm의 유속으로 도입되었다. O₂는 150초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 90 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s였으며, O₂의 유속은 20 sccm이었고, 기체화 온도는 110℃였으며, 챔버 온도는 50℃였다. 코팅 시간이 경과한 후, O₂를 끊었다. 반응물 E 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디메톡시실란이 도입되었다. 전력은 80 W로 변경되었고, 코팅 시간은 1800 s였다. 압력은 100 mTorr였다. 기체화 온도는 110℃였고, 챔버 온도는 30℃였다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅을 수

특하였다.

[0179] 실시예 10

[0180] 실시예 9와 비교하여, 부식방지 층을 제조하지 않았다. 깨끗한 PCB를 취하여 플라즈마 코팅 장비의 고정물에 넣었다. Ar을 도입하였고, 반응물 C 및 E는 헥사메틸디실라잔 및 사이클로펜탄이었으며, 각각 100 sccm 및 150 sccm의 유속으로 직접 도입되었다. O₂는 150초당 1회의 빈도로 간헐적으로 공급되었다. 전력은 90 W로 변경되었고, 코팅 시간은 3600 s였으며, O₂의 유속은 20 sccm이었고, 기체화 온도는 110℃였으며, 챔버 온도는 50℃였다. 코팅 시간이 경과한 후, O₂를 끊었다. 반응물 E 퍼플루오로옥틸 에틸 펜타플루오로페닐 디메톡시실란이 도입되었다. 전력은 80 W로 변경되었고, 코팅 시간은 1800 s로 변경되었다. 압력은 100 mTorr였다. 기체화 온도는 110℃였고, 챔버 온도는 30℃였다. 코팅 후, 기체 압력을 정상 압력으로 올렸다. 샘플을 꺼내 본 개시내용의 다공성 구조를 갖는 저유전율 나노미터 코팅을 획득하였다.

[0181] 또한, 상기 기재된 구현예의 매개변수를 검출하였다.

[0182] 나노미터 코팅의 두께를 American Filmetrics F20-UV-필름 두께 측정기를 사용하여 검출하였다. 나노미터 코팅의 물 접촉각을 GB/T 30447-2013 표준에 따라 시험하였다.

[0183] 유전율을 GB/T 1409-2006에 따라 전력 주파수, 가청 주파수 및 고주파수(미터파 포함)에서 전기 절연 물질의 유전율 및 유전체 손실 계수를 측정하는 권장 방법에 의해 측정하였다.

[0184] 염 분무 저항 시험을 GB/T 2423.18-2000 전기 및 전자 제품 환경 시험 방법에 따라 수행하였다.

[0185] 나노미터 코팅의 영률을 JB/T 12721-2016 고체 물질 인시츄(in-situ) 나노미터 압입(indentation)/스크래치(scratch) 테스트의 기술 사양에 따라 결정하였다.

[0186] 표: 실시예 1-10의 성능 매개변수

[0187] 표 I

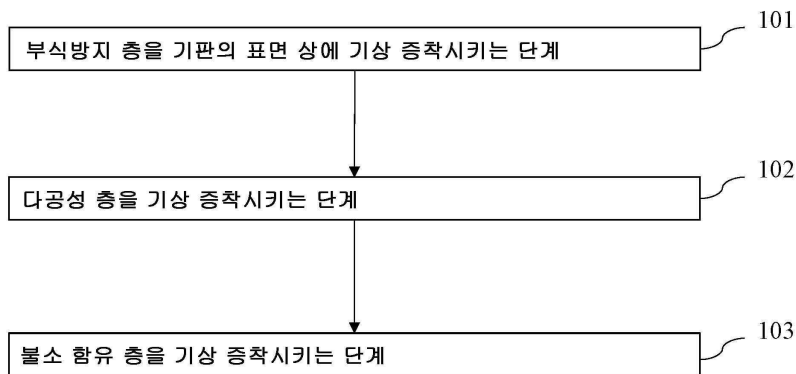
실시예	두께/mm	접촉각/°	유전율	영률/GPa	염 분무 96 시간
실시예 1	362	124	2.08	12.98	부식 없음
실시예 2	465	115	2.03	23.56	부식 없음
실시예 3	730	121	2.13	26.91	부식 없음
실시예 4	692	136	2.26	29.35	부식 없음
실시예 5	537	140	2.39	32.61	부식 없음
실시예 6	582	134	2.15	35.72	부식 없음
실시예 7	538	141	2.27	27.83	부식 없음
실시예 8	628	134	2.51	31.62	부식 없음
실시예 9	617	150	2.60	33.86	부식 없음
실시예 10	315	126	2.05	10.17	부식점이 나타남

[0188]

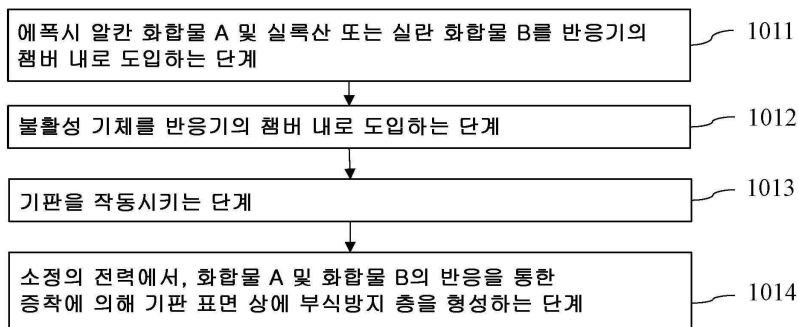
[0189] 당업자는 전술한 설명 및 첨부 도면에 나타난 본 개시내용의 구현예가 예시일 뿐이고 본 개시내용을 제한하고자 하는 것이 아님을 이해할 것이다. 본 개시내용의 목적은 완전히 그리고 효과적으로 실현되었다. 본 개시내용의 기능 및 구조적 원리는 구현예에서 도시 및 예시되었고, 본 개시내용의 구현에는 본원에 기재된 원리를 벗어나지 않으면서 변경 또는 변형될 수 있다.

도면

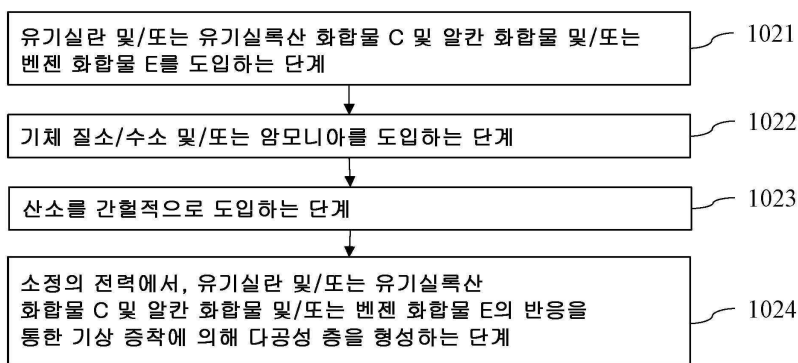
도면1



도면2



도면3



도면4

