



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0095953
(43) 공개일자 2017년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01G 4/33 (2006.01) B29C 37/00 (2006.01)
B29C 47/06 (2006.01) B29C 47/56 (2006.01)
B32B 27/08 (2006.01) B32B 27/28 (2006.01)
B32B 27/30 (2006.01) H01G 4/005 (2006.01)
H01G 4/14 (2006.01) H01G 4/228 (2006.01)
H01G 4/30 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01G 4/33 (2013.01)
B29C 37/0025 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-7019291

(22) 출원일자(국제) 2015년12월04일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2017년07월12일

(86) 국제출원번호 PCT/US2015/063956

(87) 국제공개번호 WO 2016/099955

국제공개일자 2016년06월23일

(30) 우선권주장

14/574,780 2014년12월18일 미국(US)

(71) 출원인

쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자

네빗 티모시 제이

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

요르템 오누르 에스

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427 쓰리엠 센터

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 조윤성, 김영

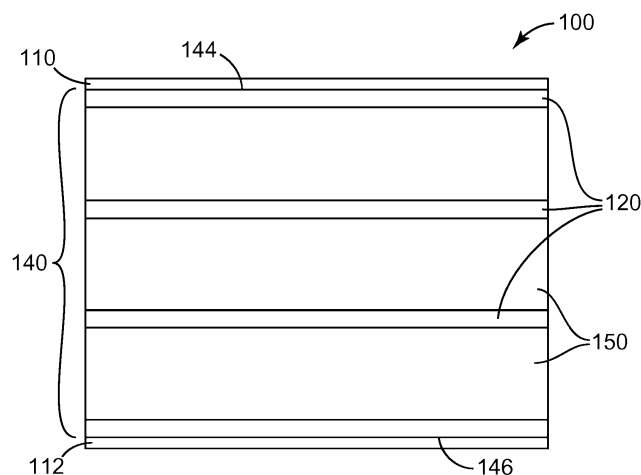
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 다층 필름 커패시터

(57) 요약

2개의 전극들 사이에 배치된 복합 스택을 갖는 다층 필름 커패시터로서, 복합 스택은 적어도 하나의 열가소성 전도층 및 적어도 하나의 열가소성 절연층을 포함한다. 전도층들의 총 두께는 절연층들의 총 두께의 적어도 3배이다. 전도층들은 침투(percolation) 임계치보다 높은 농도로 전도성 입자들과 배합된 열가소성 중합체를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B29C 47/065 (2013.01)

B29C 47/56 (2013.01)

B32B 27/08 (2013.01)

B32B 27/28 (2013.01)

B32B 27/306 (2013.01)

H01G 4/005 (2013.01)

H01G 4/14 (2013.01)

H01G 4/228 (2013.01)

H01G 4/30 (2013.01)

(72) 발명자

유스트 데이비드 티

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

호일 찰스 디

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

명세서

청구범위

청구항 1

커패시터로서,

제1 전극, 제2 전극, 및 제1 전극과 제2 전극 사이에 배치된 복합 스택을 포함하고;

복합 스택은:

하나 이상의 열가소성 전도층들; 및

하나 이상의 열가소성 전도층들에 인접하여 배치된 하나 이상의 열가소성 절연층들을 포함하고;

하나 이상의 열가소성 전도층들은 T_c 의 총 두께를 갖고, 하나 이상의 열가소성 절연층들은 T_i 의 총 두께를 갖고, T_c/T_i 는 3보다 큰, 커패시터.

청구항 2

제1항에 있어서, 복합 스택은 2개 이상의 열가소성 전도층들을 포함하고 적어도 하나의 열가소성 절연층이 각각의 열가소성 전도층을 분리하는, 커패시터.

청구항 3

제1항에 있어서, 하나 이상의 열가소성 절연층들 중 적어도 하나는 복수의 절연 서브층들을 포함하는, 커패시터.

청구항 4

제3항에 있어서, 복수의 절연 서브층들은 제1 절연 열가소성 중합체 및 제1 절연 열가소성 중합체와 상이한 제2 절연 열가소성 중합체의 교번 스택을 포함하는, 커패시터.

청구항 5

제1항에 있어서, T_c/T_i 는 5보다 큰, 커패시터.

청구항 6

제1항에 있어서, 하나 이상의 열가소성 전도층들 각각은 60 Hz의 주파수에서 약 10^{-6} S/m보다 큰 평면외(out-of-plane) 전도율을 갖는, 커패시터.

청구항 7

제1항에 있어서, 하나 이상의 열가소성 전도층들 중 적어도 하나는 침투(percolation) 임계치보다 높은 농도로 복수의 전도성 입자들과 배합된 열가소성 중합체를 포함하는, 커패시터.

청구항 8

제1항에 있어서, 복합 스택은 60 Hz의 주파수에서 약 18보다 큰 실수부를 갖는 유효 유전 함수(dielectric function)를 갖는, 커패시터.

청구항 9

제1항에 있어서, 복합 스택은 약 60 Hz보다 큰 주파수에서 공진을 갖는 유효 유전 함수를 갖는, 커패시터.

청구항 10

제9항에 있어서, 공진은 약 1 MHz보다 큰 주파수에서 존재하는, 커패시터.

청구항 11

제1항에 있어서, 복합 스택이 1 Hz 내지 10 MHz의 주파수에서 0.001 미만의 유효 손실 탄젠트(loss tangent)를 갖는, 커패시터.

청구항 12

커패시터로서,

제1 전극, 제2 전극, 및 제1 전극과 제2 전극 사이에 배치된 복합 스택을 포함하고;

복합 스택은:

2개 이상의 열가소성 전도층들; 및

2개 이상의 열가소성 전도층들이 사이 사이에 배치된 2개 이상의 열가소성 절연층들을 포함하고;

2개 이상의 열가소성 전도층들 중 적어도 하나는 침투 임계치보다 높은 농도로 복수의 전도성 입자들과 배합된 열가소성 중합체를 포함하는, 커패시터.

청구항 13

제12항에 있어서, 2개 이상의 열가소성 전도층들은 T_c 의 총 두께를 갖고, 2개 이상의 열가소성 절연층들은 T_i 의 총 두께를 갖고, T_c/T_i 는 3보다 큰, 커패시터.

청구항 14

제12항에 있어서, 2개 이상의 열가소성 절연층들 중 적어도 하나는 복수의 절연 서브층들을 포함하는, 커패시터.

청구항 15

제12항에 있어서, 복합 스택은 60 Hz의 주파수에서 약 20보다 큰 실수부를 갖는 유효 유전 함수를 갖는, 커패시터.

청구항 16

제12항에 있어서, 복합 스택은 약 60 Hz보다 큰 주파수에서 공진을 갖는 유효 유전 함수를 갖는, 커패시터.

청구항 17

제16항에 있어서, 공진은 약 1 MHz보다 큰 주파수에서 존재하는, 커패시터.

청구항 18

제12항에 있어서, 복합 스택은 1 Hz 내지 10 MHz의 주파수에서 0.001 미만의 유효 손실 탄젠트를 갖는, 커패시터.

청구항 19

커패시터의 제조 방법으로서,

적어도 하나의 열가소성 절연 재료를 제공하는 단계;

적어도 하나의 열가소성 전도 재료를 제공하는 단계;

복합 스택을 형성하기 위해 적어도 하나의 열가소성 절연 재료와 적어도 하나의 열가소성 전도 재료를 공-압출하는 단계;

복합 스택을 신장시키는 단계;

복합 스택의 제1 면에 제1 전극을 도포하는 단계; 및
 복합 스택의 제1 면에 대향하는 복합 스택의 제2 면에 제2 전극을 도포하는 단계
 를 포함하고;
 복합 스택은:
 T_C 의 총 두께를 갖는 하나 이상의 전도층들; 및
 T_I 의 총 두께를 갖는 하나 이상의 절연층들을 포함하고;
 T_C/T_I 는 3보다 큰, 커패시터의 제조 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 적어도 하나의 열가소성 전도 재료는 침투 임계치보다 높은 농도로 복수의 전도성 입자들과 배합된 열가소성 중합체를 포함하는, 커패시터의 제조 방법.

발명의 설명

배경 기술

[0001] 커패시터는 유전체 재료의 대향 표면들 상에 금속 층들을 부착함으로써 제조될 수 있다. 유전체 재료의 물리적 및 기하학적 특성들이 커패시터의 정전용량 및 다른 특성들을 결정한다. 많은 응용들에서, 커패시터는 고 에너지 밀도 및 저 손실(dissipation)을 갖는 것이 바람직하다. 유전체 재료로 중합체 필름을 사용하는 커패시터는 세라믹-기반 커패시터에 비해, 향상된 고온 특성, 저 손실 계수, 및 기계적 응력에 대한 향상된 내성과 같은 특정한 이점들을 갖는다. 그러나, 중합체 필름 커패시터는 전형적으로 약 1 J/cc보다 훨씬 높은 에너지 밀도를 달성할 수 없었다. 따라서, 향상된 중합체 필름 커패시터에 대한 필요성이 존재한다.

발명의 내용

[0002] 본 발명과 일치하는 커패시터는 제1 전극과 제2 전극 사이에 배치된 복합 스택을 포함한다. 복합 스택은 하나 이상의 열가소성 전도층들, 및 하나 이상의 열가소성 전도층들에 인접하여 배치된 하나 이상의 열가소성 절연층들을 포함한다. 하나 이상의 열가소성 전도층들은 하나 이상의 열가소성 절연층들의 총 두께의 3 배를 초과하는 총 두께를 갖는다.

[0003] 본 발명과 일치하는 커패시터는 제1 전극과 제2 전극 사이에 배치된 복합 스택을 포함한다. 복합 스택은 2개 이상의 열가소성 전도층들, 및 2개 이상의 열가소성 전도층들이 사이 사이에 배치된 2개 이상의 열가소성 절연층들을 포함한다. 2개 이상의 열가소성 전도층 중 적어도 하나는 침투(percolation) 임계치보다 높은 농도로 복수의 전도성 입자들과 배합된 열가소성 중합체를 포함한다.

[0004] 본 발명과 일치하는 방법들은 커패시터의 적어도 부분들을 형성하기 위한 재료들의 공-압출(co-extrusion)을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0005] 도 1은 커패시터의 개략적인 단면도이다.
 도 2는 절연층의 개략적인 단면도이다.
 도 3은 복합 스택 내의 층들을 공-압출 및 신장시키기 위한 시스템의 도면이다.
 도 4는 다양한 재료들에 대해 주파수의 함수로서 전도율을 보여주는 그래프이다.
 도 5a는 니트(neat) 폴리프로필렌 및 카본 블랙 로딩된 폴리프로필렌에 대해 주파수의 함수로서 유전 함수의 실 수부를 보여주는 그래프이다.
 도 5b는 니트 폴리프로필렌 및 카본 블랙 로딩된 폴리프로필렌에 대해 주파수의 함수로서 전도율을 보여주는 그래프이다.

도 6a는 주파수의 함수로서 복합 스택에 대한 유효 유전 함수(dielectric function)의 실수부를 보여주는 그래프이다.

도 6b는 주파수의 함수로서 복합 스택에 대한 손실 탄젠트(loss tangent)를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0006] 하기 설명에서, 본 명세서의 일부를 형성하고 예시로서 도시된 첨부 도면을 참조한다. 도면들이 반드시 축척대로 도시된 것은 아니다. 다른 실시 형태가 고려되며 본 발명의 범주 또는 사상으로부터 벗어남이 없이 이루어질 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 하기의 상세한 설명은 제한적 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0007] 본 발명의 실시 형태들은 적어도 두 개의 필름 층들을 포함하는 복합 스택을 갖는 커패시터를 포함하며, 여기서 층들 중 적어도 하나는 열가소성 절연층이고 층들 중 적어도 하나는 열가소성 전도층이다. 커패시터의 바람직한 전기적 특성들이 절연층 및 전도층에 대한 적합한 재료 선택 및 적합한 층 두께의 선택에 의해 달성될 수 있음이 발견되었다. 커패시터의 바람직한 전기적 특성들 중 다수가 복합 스택의 유효 유전 함수 측면에서 설명될 수 있다.
- [0008] 복합 스택의 유효 유전 함수는 다음과 같이 정의될 수 있다:
- [0009] $\epsilon_{\text{eff}} = C d / (\epsilon_0 A)$ 식 (1)
- [0010] 여기서, C는 평면 전극들 사이에 위치될 때 복합 스택의 정전용량이고, A는 평면 전극들 사이의 복합 스택의 표면 영역이고, d는 복합 스택의 두께이고, ϵ_0 는 자유 공간의 유전율(permittivity)이다. 층상 재료에서, 전기장과 상대 유전율의 곱(즉, 유전 함수)인 변위장(displacement field)의 수직 성분(normal component)은 층들에 걸쳐 연속적이다. 이 조건은 주어진 인가된 전하에 대해 커패시터에 걸친 전압 분포를 결정하고, 이는 정전용량, 및 그에 따라 유효 유전 함수가 결정될 수 있게 한다. 결과적인 유효 유전 함수는 다음과 같이 표현될 수 있다:
- [0011] $1/\epsilon_{\text{eff}} = (1/d) \sum d_i / \epsilon_i$ 식 (2)
- [0012] 여기서, d_i 는 층 i의 두께이고, $d = \sum d_i$ 는 스택의 두께이고, ϵ_i 는 층 i에 대한 유전 함수(상대 유전율)이다. 다층 스택에 대한 유효 유전 함수는 따라서, 개별 층들의 층 두께들 및 유전 함수들에 의해 결정된다.
- [0013] 하나 이상의 전도층들 및 하나 이상의 절연층들을 갖는 복합 스택은 전도층들의 총 두께(T_c) 및 절연층들의 총 두께(T_i) 측면에서 기술될 수 있다. 복합 스택의 유전 특성들은 적합한 두께 비율(T_c/T_i)의 선택에 의해 조정될 수 있음이 발견되었다. 예를 들어, 저주파수 유효 유전 함수는 일반적으로 T_c/T_i 가 증가함에 따라 증가함이 발견되었다. 일부 실시 형태들에서, T_c/T_i 는 약 2 초과, 또는 약 3 초과, 또는 약 4 초과, 또는 약 5 초과, 또는 약 6 초과, 또는 약 7 초과, 또는 약 8 초과이고, 약 100 미만 또는 약 50 미만일 수 있다.
- [0014] 일부 실시 형태들에서, 전도층은 중합체 또는 복수의 전도성 입자들을 포함하는 중합체들의 배합물이고, 여기서, 전도성 입자들은 전도성 네트워크가 형성되도록 침투 임계치보다 높은 농도로 포함된다. 그러한 전도성 중합체 복합물의 전도율은 전도성 입자들의 농도를 변경함으로써 및/또는 사용되는 전도성 입자들의 타입의 선택에 의해 조정될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 입자들은 임의의 입자성(particulate) 충전제를 지칭하며, 그러한 입자들은 다음의 형태들: 구형 또는 비구면형, 플레이크(flake), 전선 또는 위스커(whisker) 형태, 막대-형태, 또는 기타 형태를 가질 수 있다. 전도성 입자들은 카본 블랙, 카본 파이버, 아세틸렌 블랙, 분산성 그래핀, 단일-벽 또는 다중-벽 카본 나노튜브, 은 플레이크 또는 은 나노입자들과 같은 금속성 입자들, 또는 이의 조합일 수 있다. 일부 실시 형태들에서, 전도성 입자들은 1 마이크로미터 미만인 적어도 하나의 치수를 갖는 나노입자이고, 일부 실시 형태들에서 전도성 입자들은 100 나노미터 미만인 적어도 하나의 치수를 갖는 나노입자들이다. 일부 실시 형태들에서, 전도성 입자들은 10 내지 500 nm의 범위 또는 10 내지 100 nm의 범위 내인 적어도 하나의 치수를 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 전도성 입자들의 전도율은 약 1 S/cm 초과, 또는 약 10 S/cm 초과, 또는 약 100 S/cm 초과이고, 약 10^6 S/cm 미만 또는 약 10^5 S/cm 미만일 수 있다.
- [0015] 복합 전도층의 유전 특성들은 중합체 내의 첨가제뿐만 아니라 층 내에 사용된 중합체의 선택에도 의존한다. 전도층들 및/또는 비전도층들의 유전 함수를 증가시키기 위한 첨가제가 혼합, 배합, 합성되거나 그렇지 않다면 전

도층 및/또는 비전도층의 중합성 재료와 결합될 수 있다. 예시적인 첨가제는 BaTiO_3 , 지르콘산 티탄산납 (PZT), PT (티탄산납) 및 PT 복합물, 및 이들의 조합을 포함하고, 다른 실시예들은 지르코니아, 박리형 점토 등을 포함한다.

[0016] 본 명세서의 다수의 실시 형태들에서, 복합 스택은 열가소성 전도층들 및 열가소성 절연층들을 포함하는 다층 필름 스택이다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "열가소성" 재료는, 재료들이 용융-가공되고 다이 또는 다른 압출 컴포넌트를 통해 압출될 수 있게 하는 용융-흐름 특징들을 갖는 중합체들 또는 중합체 복합물들을 지칭한다. 그러한 재료들은 또한 압출가능 재료들이라 지칭될 수 있다. 압출 또는 공-압출을 위한 공정 조건은 전도층 및 절연층에 사용되는 재료들에 의존할 수 있다. 일반적으로, 압출 조건은 연속적이고 안정된 방식으로 재료 스트림을 적절히 공급, 용융, 혼합, 펌핑하도록 선택된다. 최종 용융 스트림 온도는, 온도 범위의 하한에서는 동결, 결정화 또는 과도하게 큰 압력 강하를 피하고, 온도 범위의 상한에서는 열화를 피하는 범위 내에서 선택된다.

[0017] 열가소성 절연층들 및/또는 열가소성 전도층들(층을 전도성으로 만들기 위해 전도성 입자들이 첨가되는 경우)에 적합한 재료들로는, 아크릴로니트릴 부타다이엔 스티렌 (ABS), 아크릴, 셀룰로오스 화합물, 환형 올레핀 공중합체 (COC), 다우 케미칼(Dow Chemical)에 의해 인퓨즈(INFUSE)라는 상표명 하에 판매되는 것들과 같은 올레핀 블록 공중합체, 에틸렌 비닐 아세테이트 (EVA), 에틸렌 비닐 알코올 (EVOH), 폴리아미드, 폴리에스테르, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 폴리우레탄, 폴리프로필렌 (PP), 폴리에틸렌 (PE), 저밀도 폴리에틸렌 (LDPE), 폴리카보네이트 (PC), 폴리에테르 에테르 케톤 (PEEK), 폴리에틸렌이민 (PEI), 폴리스티렌 (PS), 폴리비닐 클로라이드 (PVC), 플루오로중합체, 폴리테트라플로오로에틸렌 (PTFE), 폴리비닐리덴 플루오라이드 (PVDF), 폴리설폰, 스티렌 아크릴로니트릴 (SAN), 실리콘 탄성중합체, 아크릴 탄성중합체, 메타크릴레이트 공중합체, 폴리우레탄, 폴리부타다이엔, 열가소성 탄성중합체, 폴리부타다이엔-아크릴로니트릴 공중합체, 크라톤 폴리머스(KRATON Polymers)에 의해 크라톤(KRATON)이라는 상표명 하에 판매되는 스티렌 에틸렌 부타다이엔 스티렌과 같은 스티렌계 공중합체, 및 이의 조합이 포함된다.

[0018] 복합 스택에 대한 유효 유전 함수는 유효 유전 함수의 허수부가 최대 값을 갖는 주파수로서 정의될 수 있는 공진 주파수를 갖는다. 복합 스택에 대한 유효 손실 탄젠트는 유효 유전 함수의 허수부 대 유효 유전 함수의 실수부의 비율에 의해 주어진다. 전도층들의 전도율 및 유전 특성들 및 층 두께들은 높은 저주파수 유효 유전 함수, 높은 공진 주파수 및 낮은 유효 손실 탄젠트를 주도록 선택될 수 있음이 발견되었다. 일부 실시 형태들에서, 60 Hz의 주파수에서 유효 유전 함수의 실수부는 약 10 초과, 또는 약 15 초과, 또는 약 18 초과, 또는 약 20 초과, 또는 약 25 초과이고, 약 200 미만 또는 약 100 미만일 수 있다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 약 60 Hz 초과, 또는 약 1 kHz 초과, 또는 약 100 kHz 초과, 또는 약 1 MHz 초과, 또는 약 10 MHz 초과, 또는 약 10 GHz 미만의 주파수에서 공진을 갖는 유효 유전 함수를 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 약 100 GHz 미만의 주파수에서 공진을 갖는 유효 유전 함수를 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 1 Hz 내지 10 MHz의 주파수에서 약 0.02 미만, 약 0.01 미만, 약 0.005 미만, 또는 약 0.002 미만, 또는 약 0.001 미만, 또는 약 0.0005 미만의 유효 손실 탄젠트를 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 1 Hz 내지 10 MHz의 주파수에서 0.00005 내지 0.005 범위의 유효 손실 탄젠트를 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 약 1 Hz 내지 약 10 MHz의 주파수 범위에서, 또는 약 10 Hz 내지 약 1 MHz의 주파수 범위에서, 또는 약 60 Hz 내지 약 100 kHz의 주파수 범위에서, 약 0.005 미만 또는 약 0.001 미만의 유효 손실 탄젠트를 갖는다.

[0019] 유효 공진 주파수는 전도층들의 전도율이 증가함에 따라 증가하는 것이 발견되었다. 전도층들이 열가소성 수지 내에 전도성 입자들을 포함하는 실시 형태들에서, 전도층들의 전도율은, 앞서 언급한 바와 같이, 전도성 입자들의 농도를 조정함으로써 및/또는 전도성 입자들의 선택에 의해 조정될 수 있다. 달리 표시되지 않는 한, 비저항(resistivity) 또는 전도율에 대해 특정된 값들은, 60 Hz의 주파수에서 측정된 비저항의 실수부 또는 전도율의 실수부를 지칭한다. 일부 실시 형태들에서, 평면내(in-plane) 비저항 또는 전도율(즉, 층들의 평면 내에 전기장을 인가하여 측정된 비저항 또는 전도율)과 평면외(out-of-plane) 비저항 또는 전도율(즉, 층들의 평면에 수직인 전기장을 인가하여 측정된 비저항 또는 전도율)은 상이하지만, 다른 실시 형태들에서는, 평면내 및 평면외의 측정된 비저항 또는 전도율 값들이 대략 동일하다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 층은 평면내 및 평면외 비저항 둘 모두가 약 10^{10} Ohm-cm 미만이면 전도성이다. 일부 실시 형태들에서, 전도층들은 약 10^8 Ohm-cm 미만, 약 10^5 Ohm-cm 미만, 또는 약 100 Ohm-cm 미만, 또는 약 50 Ohm-cm 미만, 또는 약 25 Ohm-cm 미만, 또는 약 15 Ohm-cm 미만, 또는 약 10 Ohm-cm 미만의 평면내 또는 평면외 비저항을 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 전도층들은 약 0.01 Ohm-cm 초과, 또는 평면내 또는 평면외 비저항을 갖는다. 일부 실시 형태에서, 전도층들은

약 10^{-6} S/m 초과, 또는 약 0.0001 S/m 초과, 또는 약 0.01 S/m 초과, 또는 약 0.05 S/m 초과, 또는 약 0.1 S/m 초과, 또는 약 0.2 S/m 초과, 또는 약 1 S/m 초과, 또는 약 2 S/m 초과, 또는 약 3 S/m 초과의 평면내 또는 평면외 전도율을 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 전도층들은 약 10^4 S/m 미만 또는 약 10^3 S/m 미만의 평면내 또는 평면외 전도율을 가질 수 있다.

[0020] 일부 실시 형태들에서, 커패시터에서 사용하기에 적합한 다층 필름은, 전도층 및 절연층을 공-압출하여 복합 스택을 형성하고 이어서 복합 스택을 신장시킴으로써 제조된다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택이 이축으로 신장되지만, 다른 실시 형태들에서는, 복합 스택이 단축으로 신장된다. 신장은 압출된 층들의 두께를 감소시키고 따라서 얇은 절연층들이 생성될 수 있게 한다. 유전체 파괴 강도는, 매우 얇은 절연층들에서, 동일한 재료의 더 두꺼운 층들과 비교하여 종종 더 높다. 일부 실시 형태들에서, 절연층들 중 하나 이상은 약 50 nm 내지 약 500 nm 범위의 두께를 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 약 1 μm 내지 약 10 μm 범위의 두께를 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 기계 방향에서 약 2 내지 약 10의 연신비 및/또는 횡방향에서 약 2 내지 약 10의 연신비로 신장된다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 기계 방향에서 및 횡방향에서 대략 동일한 연신비를 가지고 이축으로 신장된다.

[0021] 전도층이 열가소성 수지 내에 입자들을 포함하는 실시 형태들에서, 이방성 전도율(또는 비저항)은 층들을 신장시킨 결과일 수 있다. 실시예들에서 기술된 바와 같이, 카본 블랙과 배합된 폴리프로필렌을 압출함으로써 제조된 필름을 신장시키는 것은 현저히 저하된 평면외 전도율을 가져오지만 평면내 전도율은 신장되지 않은 필름의 전도율과 유사함이 발견되었다. 신장 후에 전도층들의 평면외 비저항이 현저히 낮게(예를 들어, 약 10^{10} Ohm-cm 미만) 유지된다면, 생성된 신장된 복합 스택은 커패시터 내에서 유전체 스택으로서 유용할 것이다.

[0022] 복합 스택을 신장시키는 것은, 개선된 유전체 파괴 강도를 제공할 수 있으나, 그것은 절연층들 내의 작은 결함들 - 이 결함들은 필름이 신장될 때 커질 수 있음 - 이 복합 스택을 사용하여 제조된 커패시터를 쓸모없게 만드는 단락 회로를 유발할 가능성을 증가시킨다. 절연층들을 따라 상대적으로 두꺼운 전도 층들(예를 들어, 약 3 초과의 T_C/T_I)을 공-압출하는 것은 그러한 결함들을 감소시키거나 실질적으로 제거할 수 있음이 발견되었다. 많은 실시 형태들에서, 적어도 하나의 열가소성 절연층은 실질적으로 그러한 결함들이 없다. 많은 실시 형태들에서, 열가소성 절연층들 전부가 실질적으로 그러한 결함들이 없다. 그러한 결함들을 갖는 층은 층의 일부 영역 또는 영역들에서 불연속적인 것으로서 기술될 수 있다. 많은 실시 형태들에서, 적어도 하나의 열가소성 절연층은 실질적으로 연속적이다. 일부 실시 형태들에서, 모든 열가소성 절연층들이 실질적으로 연속적이다.

[0023] 도 1은 제1 전극(110), 제2 전극(112) 및 복합 스택(140)을 가진 커패시터(100)를 도시한다. 제1 전극(110)은 복합 스택(140)의 제1 주 표면(144)과 접촉해 있고 제2 전극(112)은 복합 스택(140)의 제2 주 표면(146)과 접촉해 있다. 복합 스택(140)은 절연층들(120)과 전도층들(150)을 포함한다. 절연층들(120) 및 전도층들(150) 각각은 열가소성 조성물로부터 제조된다. 전도층들(150) 중 하나 이상은 열가소성 중합체 내의 전도성 입자들에 대한 침투 임계치보다 높은 농도로 복수의 전도성 입자들과 배합된 열가소성 중합체로부터 제조될 수 있다. 절연층들(120)은 전도층들(150)에 인접하게 배치된다. 절연층들(120) 및 전도층들(150)은, 전도층들의 각각의 쌍이 적어도 하나의 절연층에 의해 분리되고 절연층들의 각각의 쌍이 적어도 하나의 전도층에 의해 분리되는 상태로 교번한다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택이 단일 절연층 및 단일 전도층을 가지지만, 다른 실시 형태들에서는 도 1에 도시된 바와 같이 복수의 절연층들 및 복수의 전도층들이 존재한다. 일부 실시 형태들에서, 복합 스택(140)은, 2개 이상의 열가소성 전도층들(150), 및 2개 이상의 열가소성 절연층들(120)이 사이 사이에 배치된 2개 이상의 열가소성 절연층들(120)을 포함한다. 제1 타입 및 제2 타입의 층들은, 층들이 서로 섞이도록 스택 내에서 다양한 위치들에 놓임으로써 서로 사이 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제1 타입의 층들과 제2 타입의 층들은 도 1에 도시된 바와 같이 층들이 번갈아 교번함으로써 사이 사이에 배치될 수 있다.

[0024] 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 복수의 절연 서브층들을 포함하는 적어도 하나의 절연층을 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 복수의 절연 서브층들은 제1 절연 열가소성 중합체 및 제1 절연 열가소성 중합체와는 상이한 제2 절연 열가소성 중합체의 교번 스택을 포함한다. 도 2는 제1 절연 서브층(250)과 제2 절연 서브층(260)의 교번 층들을 갖는 절연층(220)을 도시한다. 일부 실시 형태들에서, 절연 서브층들 중 하나 이상은 약 5 nm 내지 약 100 nm의 범위 또는 약 10 nm 내지 약 50 nm의 범위의 두께를 갖는다. 일부 실시 형태들에서, 절연층 내의 서브층들의 수는 2 내지 약 100, 또는 2 내지 약 30, 또는 약 4 내지 15의 범위 내에 있다. 복수의 절연 서브층들을 사용하는 것은 층들 내의 전하 축적(charge build up)을 비편재화(delocalize)하고 유전체 파괴 강도를 증가시키는 것을 도울 수 있다.

- [0025] 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 약 500 V/ μm 초과, 또는 약 700 V/ μm 초과, 또는 약 800 V/ μm 초과, 또는 약 900 V/ μm 초과, 또는 약 1000 V/ μm 초과와 유전체 파괴 강도를 갖고, 일부 실시 형태들에서, 복합 스택은 약 10^6 V/m 미만의 유전체 파괴 강도를 가질 수 있다.

[0026] 복합 스택에서의 최대 에너지 밀도는 최대 전압(즉, 유전체 파괴 강도)이 복합 스택에 걸쳐 인가될 때 얻어진다. 이 에너지 밀도는 유효 유전 함수와 유전체 파괴 강도의 제곱의 곱에 비례한다. 일부 실시 형태들에서, 유전체 파괴 강도 바로 아래의 크기(예를 들어, 유전체 파괴 강도의 95% 또는 98%의 전압 크기)를 갖는 저주파수(예를 들어, 0 Hz 또는 60 Hz) 전압이 복합 스택에 걸쳐 인가될 때 에너지 밀도는 약 6 J/cc 초과, 또는 약 8 J/cc 초과, 또는 약 10 J/cc 초과이고, 약 200 J/cc 미만 또는 약 100 J/cc 미만일 수 있다.

[0027] 다시 도 1을 참조하면, 커패시터(100)는 제1 전극(110)을 제1 금속 표면(144)에 도포하고, 제2 전극(112)을 제1 주 표면(144)에 대향하는 제2 주 표면(146)에 도포함으로써, 복합 스택(140)으로부터 제조될 수 있다. 전극들(110, 112)은, 금속화, 증착, 형성에 의해, 또는 다르게는, 금속을 제1 및 제2 주 표면(144 및 146)에 도포함으로써, 제1 및 제2 주 표면(144 및 146)에 각각 도포될 수 있다. 전극들(110, 112)을 형성하기 위해 금속 층들을 증착시키기 위한 적합한 공정들은 진공 증착, 스퍼터링 및 전기도금을 포함한다. 대안적으로, 전극들(110, 112)은, 제1 금속 포일을 제1 주 표면(144)에, 제2 금속 포일을 제2 주 표면(146)에 도포함으로써 복합 스택(140)에 도포될 수 있다. 적합한 금속 포일들은 알루미늄 포일을 포함한다. 일부 실시 형태들에서, 대 면적 롤-투-롤 스퍼터링 공정이 전극들을 증착시키기 위해 사용된다. 일부 실시 형태들에서, 주 표면들 둘 모두가 동시에 금속화되는 반면 다른 실시 형태들에서는, 제1 주 표면(144)이 먼저 금속화되고 이어서 후속적으로 제1 주 표면에 대향하는 제2 주 표면(146)이 금속화된다. 금속 층들의 두께는 약 20 nm 내지 약 100 nm의 범위 내에 있을 수 있다. 금속화는 큰 금속 영역들 사이에 작은 비아들을 갖는 패턴화된 형태로 행해질 수 있다. 이 경우에, 비아들은, 필름의 대향 면들 상의 애노드와 캐소드 사이의 단락을 야기하는 유전체 파괴가 발생하면, 특정 정전용량 영역의 자가-치유(self-healing)를 가능하게 하는 퓨즈들로서의 역할을 한다.

[0028] 복합 스택 및 커패시터를 제조하는 방법이 도 3에 개략적으로 도시되며, 도 3은 열가소성 절연 재료(355) 및 열가소성 전도 재료(365)가 압출 다이(315) 내로 공급되어, 커패시터를 제조하기 위한 선-신장(pre-stretched) 복합 스택(375)을 형성하는 것을 도시한다. 적합한 압출 다이들은 미국 특허 제6,767,492호(노퀴스트(Norquist) 등)에 기술되어 있다. 압출된 선-신장 복합 스택(375)은 신장된 복합 스택(385)을 출력하는 신장 장치(325) 내에 공급된다. 적합한 신장 장치들은, 미국 특허 제6,916,440호(잭슨 등)에 기술된 것들과 같은 직선 코스 텐터들 또는 포물선 텐터들과 같은 텐터 장치들을 포함한다. 신장된 복합 스택(385)은 전극들을 신장된 복합 스택(385)에 도포하고 커패시터(395)를 출력하는 금속화 장치(335) 내로 입력된다. 적합한 금속화 장치들은, 본 아르덴 게엠바하(VON ARDENNE GmbH)(독일 드레스덴)로부터 입수가 가능한 것들과 같은 코팅 시스템들 및 프로토폴렉스 코퍼레이션(ProtoFlex Corporation)(미국 콜로라도주 쉐넬)로부터 입수가 가능한 것들과 같은 대 면적 롤-투-롤 증착 시스템들을 포함한다.

[0029] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 층들, 컴포넌트들, 또는 구성요소들은 서로 인접한 것으로 기재된다. 층들, 컴포넌트들, 또는 구성요소들은 직접 접촉함으로써, 하나 이상의 다른 컴포넌트들을 통해 연결됨으로써, 또는 서로 나란히 유지되거나 서로 부착됨으로써 서로 인접할 수 있다. 직접 접촉하는 층들, 컴포넌트들, 또는 구성요소들은 바로 인접한 것으로 기재된다. 예를 들어, 도 1을 참조하면, 절연층들(120)은 전도층들(150)에 인접해 있고, 제1 전극(110)은 복합 스택(140)에 바로 인접해 있다.

[0030] **실시예**

[0031] 커패시터들에서 사용하기에 적합한 복합 스택들을 제조 및 시험하거나 모델링하였다. 달리 언급되지 않는 한, 실시예 및 본 명세서의 나머지에서 모든 부, 백분율, 비 등은 중량 기준이다.

[0032] **유전체 분광법(Dielectric Spectroscopy)**

[0033] 알파-A 고온 광대역 유전체 분광기 모듈러 측정 시스템(Alpha-A High Temperature Broadband Dielectric Spectrometer modular measurement system)(독일 아우바흐스트라세(Aubaschstr) 소재의 노보컨트롤 테크놀로지스(Novocontrol Technologies)로부터 입수가 가능)를 사용하여, 1 MHz 미만에서 필름 평면에 수직인 유전체 특성들 및 전기 전도율 측정을 결정하였다. 시스템은 0.00001 Hz 내지 20 MHz의 이산 주파수들에서 주파수 도메인 측정을 지원하고, 최대 4.2 볼트 AC까지 10 밀리옴부터 10^{14} 옴까지의 임피던스가 측정될 수 있게 한다. 이 실험들에서, 최대 1000 볼트 피크-투-피크 볼트의 가변 AC 전압을 사용하였다.

- [0034] ZG2 유전체/임피던스 범용 인터페이스(독일 아우바흐스트라세 소재의 노보컨트롤 테크놀로지스로부터 입수가 가능)를 사용하면서, 40 mm 직경의 금 도금된 평행 플레이트들을 사용하는 샘플 셀 BDS 1200(독일 아우바흐스트라세 소재의 노보컨트롤 테크놀로지스로부터 입수가 가능)을 알파-A 메인프레임에 인터페이스하였다. 각각의 샘플을 평행 플레이트 전극들 사이에 놓았고 전극들의 전압 차(V_s) 및 전류(I_s)의 위상 감응 측정으로부터 복소 유전율(유전 함수 및 손실)을 평가하였다. 증기 코팅된 금 전극들을 샘플들 상에 스퍼터 코팅하였다. 이 측정 시스템을 ASTM D150-11 시험 기준에 따라 설계 및 운영하였다.
- [0035] 16453A 유전체 재료 시험 픽스처(미국 캘리포니아주 산타 클라라 소재의 애질런트 테크놀로지스(Agilent Technologies)로부터 입수가 가능)를 사용하여 임피던스 재료 분석기 시스템(모델 타입 4291)로 1 M Ω 내지 1 G Ω 의 주파수 범위에서의 측정을 수행하였다. 적용가능한 유전체 재료는 평탄하고 한 단부로부터 다른 단부까지 동일한 두께를 갖는 고체 시트였다. 16453A의 구조는, 시험 하의 재료가 전극들 사이에서 고정될 수 있게 하는 내부 스프링을 갖는 상부 전극을 포함하였다. 인가된 압력 또한 조정가능하였다. 16453A에는 가드 전극이 구비되지 않았다. 이는 고주파수에서 가드 전극이 더 큰 잔여 임피던스 및 좋지 않은 주파수 특성들을 야기할 수 있기 때문이다. 에지(edge) 정전용량의 영향을 감소시키기 위해, ASTM D150-11에 기술된 바와 같은 정정 기능을 사용하였다. 또한, 측정 오류의 주요 원인일 수 있는 잔여 임피던스는 개방 및 단락 보상에 의해 완전히 제거될 수 없다. 따라서, 부하 보상 디바이스로서 TEFLON을 사용하였다.
- [0036] 스플릿-포스트 유전체 공진기를 사용하여 주파수 9.3 GHz에서 평면내 전도도의 측정을 수행하였다. 유전체 재료 특성에 대한 스플릿-포스트 유전체 공진기 기법은 알려져 있으며, 예를 들어, 문헌[Split Post Dielectric Resonator Technique for Precise Measurements of Laminar Dielectric Specimens", Krupka et al, 13th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications, Vol. 1, 2000, pp. 305-308] 및 그 참조자료들에서 기술된다. 스플릿-공진기 실험들에서, 시험될 필름의 샘플을 두 개의 포스트들에 의해 각각 지지되는 두 개의 고정된 유전체 공진기들 사이에 삽입하였다. 이러한 방식으로 지지 포스트들을 사용하는 것은 감소된 벽면 손실(wall loss)의 이점을 제공하였다. 공진기들을 지지하는 포스트들은 전체적인 신호 손실을 최소화하기 위해 저 유전 상수 및 저 손실을 갖도록 선택된 재료로부터 제조하였다.
- [0037] 포스트들의 공진 주파수 및 품질 계수는 시료의 존재에 의해 영향을 받았다. 공진 주파수 및 품질 계수에서의 이 변화들은 종래의 수치적 기법들을 사용하여 검출되었고 시료의 유전 함수 및 전도율의 값들로 변환되었다.
- [0038] 루프 결합을 사용하여, 9.3 GHz와 같은 단일 주파수에서 측정들을 행하였다. 공진기는, 전기장이 유전체 계면들 상에서 연속적으로 남아있도록, 방위각 전기장 성분만을 갖는 TE₀₁₈ 모드로 동작하였다. 이는 공극 체계 불확실성을 최소화하였다. 공진기는 시료의 평면 내의 유전율 성분을 측정하였다.
- [0039] **얇은 신장된 스택들을 위한 압출가능한 열가소성 전도체들**
- [0040] DC에서 GHz 주파수 범위까지 침투형(percolating) 반(semi)-전도성 거동을 보여주는 카본 블랙 충전된 공-압출가능 열가소성 플라스틱을 제조하였다. 3 분 예열, 500°F (260°C)에서 3 분 열간 프레스, 및 5°C에서 3 분 냉간 프레스에 와바시 프레스 열간 및 냉간 플레이트 프레스(미국 인디애나주 와바시 소재의 와바시 MPI로부터 입수가 가능)를 사용하여, 수신된 펠릿들로부터 RTP 199X13007481EG - 폴리프로필렌과 ~20 내지 30 wt% 카본 블랙의 배합물 - (미국 미네소타주 위노나 소재의 RTP 컴퍼니로부터 입수가 가능하고 본 명세서에서 "RTP PP w/CB"로 표시됨)를 250 μ m의 최종 두께로 프레스하였다.
- [0041] 캐스트웨브 제어는 하기와 같이 제조하였다: 3 분 예열, 500°F (260°C)에서 3 분 열간 프레스, 및 3 분 냉간 프레스 5 분에 와바시 프레스 열간 및 냉간 플레이트 프레스(미국 인디애나주 와바시 소재의 와바시 MPI로부터 입수가 가능)를 사용하여, 수신된 펠릿들로부터 폴리(프로필렌-코-에틸렌)(Poly(propylene-co-ethylene)) 8650 (미국 텍사스 휴스턴 소재의 토탈 페트로케미컬스 앤드 리파이닝 유에스에이, 인크(Total Petrochemicals and Refining USA, Inc.))로부터 입수가 가능하고 본 명세서에서 "니트 PP(Neat PP)"로 표시됨)를 250 μ m의 최종 두께로 프레스하였다.
- [0042] 프레스된 필름들을 55 X 55 mm 정사각형들로 절단하여, 1 cm 간격으로 영구 마커 라인들로 격자표시하고 아큐풀 이축 필름 신장기(Accupull Biaxial Film Stretcher) (미국 테네시주 녹스빌 소재의 인벤처 래버러토리즈 인크(Inventure Laboratories Inc.))로부터 입수가 가능)내에서 신장시켰다. 필름 샘플들은, 150°C 배경 온도 및 90 초 예열 시간으로, (초기 조 분리(jaw separation)에 근거하여) 10%/s의 정속 연신 속도에서 동시 이축 연신비들 (2x2, 3x3, 3.5x3.5, 4x4, 4.5x4.5, 및 5x5)의 범위에서 연신되었다. 프레스된 필름 및 신장된 필름의 부분들을 50 x 50 mm 정사각형들로 절단하고, 마스킹하고, 90 초 동안 금으로 스퍼터링 코팅하였다. 상기에 열거

된 시험 방법들을 사용하여, 샘플들의 AC 전도도 스펙트럼들을 시험하였다. 평면의 전도율에 대한 결과들이 도 4에 도시된다. 10 Mhz에서, 신장된 RTP PP w/CB 샘플들 및 신장되지 않은 RTP PP w/CB 샘플들에 대한 평면내 전도율은 약 0.2 내지 약 0.6 S/m 범위 내에 있었다. 비교하여, 니트 PP는 10 Mhz에서 약 10^{-4} S/m의 평면내 전도율을 가졌다.

[0043] **저 손실-계수 폴리프로필렌 다층 압출**

[0044] 복합 스택이 공압출될 수 있음 및 그러한 구조가 저 손실 탄젠트를 줄 수 있음을 보이기 위해, 상이한 등급들의 폴리프로필렌으로부터 다양한 열가소성 절연층들을 포함하는 복합 스택을 제조하였다. 스택은 (도 1의 절연층들(120)에 대응하는) 3개의 타입 A 공-압출된 다층들로 구성되었다. 각각의 타입 A 다층은, 7개의 등급 1024 폴리프로필렌(미국 텍사스주 어빙 소재의 엑손모빌(ExxonMobil)로부터 PP1024E4로서 입수가능)의 서브층들을 포함하였다. 타입 A 다층들은 두 개의 타입 B 공-압출된 다층들(각각의 타입 B 다층은 도 1의 전도층들(150)의 비-전도성 버전에 대응함)로 분리되었다. 각각의 타입 B 다층은 22개의 등급 3230 폴리프로필렌(미국 텍사스주 휴스턴 소재의 토탈 페트로케미컬스로부터 입수가능) 서브층들로 구성되었다.

[0045] 이 구조의 다층 폴리프로필렌 스택들은 미국 특허 제6,767,492호(노어퀴스트 등)에 기술된 공-압출 방법을 사용하여 제조되었다. 등급 1024 폴리프로필렌을 15 lb/hr (6.8 kg/hr)에서 압출하였고 등급 3230 폴리프로필렌을 30 lb/hr (13.6 kg/hr)에서 압출하였다. 스택 총 두께는 약 6 μ m였고, 따라서 모든 공-압출된 PP 층은 평균적으로 100 nm 두께보다 작았다.

[0046] "유전체 분광법"에서 기술된 것과 같이 생성된 스택들에 대해 유전체 분광법을 수행하였다. 유전 손실은 낮게 유지되었고, 1 내지 100 V 범위에서 인가된 전압 진폭들에 대해 주파수 범위 1 내지 1,000 Hz에서 손실 계수는 대략 10^{-3} 였다.

[0047] **실시예 1: 조작된 유효 유전 함수를 갖는 다층 복합 스택**

[0048] 다층 중합체 구조는 거의 1 Mhz의 고주파수 디바이 완화(Debye Relaxation) 공진 주파수, 저주파수 종단에서 큰 유전 응답, 및 전체적인 저 손실 탄젠트를 갖는 목표로 설계되었다.

[0049] 절연 니트 PP 층들 및 전도성 RTP PP w/CB 층들을 갖는 복합 스택의 유전 상수 및 함수는 사용되는 재료의 구성적 특성들 및 층 두께들에 의해 결정되었다. 복합 스택의 성능을 모델링하기 위하여, 비-신장된 니트 PP 및 RTP PP w/CB 필름들에 대해 "유전체 분광법"에 기술된 것과 같이 전도도 및 유전 함수를 결정하였다. 몇 개의 샘플들로부터의 결과들에 대해 평균화하고 저주파수 데이터와 고주파수 데이터 사이에서 외삽(extrapolation)하여, 평탄한 곡선을 전개하였다. 결과적인 구성적 특성들, 유전 상수의 실수부 및 니트 PP와 RTP PP w/CB의 전도도가 도 5a 및 도 5b에 도시된다.

[0050] 절연층들(도 1의 절연층(120)에 대응함)을 위한 니트 PP 및 전도층들(도 1의 전도층들(150)에 대응함)을 위한 RTP PP w/CB를 두께 비 $T_c/(T_c + T_f) = 0.9$ 로 포함한 복합 스택을 갖는 커패시터를 모델링하였다. 복합 스택의 유전체 특성들을 식 (2)를 사용하여 결정하였다. 그 결과가 도 6a 및 도 6b에 도시된다. 도 6a에 도시된 바와 같이, 0.001 Ha 부터 1 Mhz 초과에 걸친 범위에서, 스택의 예측된 유효 유전 상수는 19를 초과하였다. 도 6b에 도시된 바와 같이, 스택 내의 손실을 특성화하는 손실 탄젠트는 약 10 Hz 내지 약 10 Mhz에 걸친 주파수 범위에서 0.01 미만으로 유지되었고 약 1000 Hz 내지 약 1 Mhz의 주파수 범위에서 약 0.001 또는 그 미만으로 유지되었다.

[0051] **실시예 2 - 교번하는 전도 영역 및 절연 영역을 갖는 공-압출된 다층 커패시터 구조**

[0052] 전도성 열가소성 층들 사이에 폴리프로필렌 절연체 영역들이 샌드위치되어 있는 얇은 다층 복합 스택들을 제조 및 특성화하였다. 스택은 3개의 타입 A 공-압출된 다층들(도 1의 절연층들(120)에 대응함)로 구성되었고, 다층들 각각은 7개의 등급 1024 폴리프로필렌 서브층들(미국 텍사스주 어빙 소재의 엑손모빌로부터 PP1024E4로서 입수가능)을 포함한다. 타입 A 스택들은 두 개의 타입 B 공-압출된 전도층들(도 1의 전도층(150)에 대응함)로 분리되었다. 매드독 믹싱 헤드를 갖는 표준 압축 스크류를 구비한 2.5 in(1 cm) 데이비스-스탠다드 단일 스크류형 압출기 내에서 함께 배합된 80 중량부 RTP PP w/CB 및 20 중량부 PRIEX 48101(애드컴 홀란드 B.V.로부터 이용가능한 말레산 무수물 개질 이오노머 PP 랜덤 공중합체)의 압출을 통해 전도층들을 제조하였고, 기어 펌프 및 넥튜브를 통해 피드블록으로 공급하였다. 넥튜브 및 기어 펌프와 마찬가지로 압출기의 최종 온도는 520°F (271°C)였다.

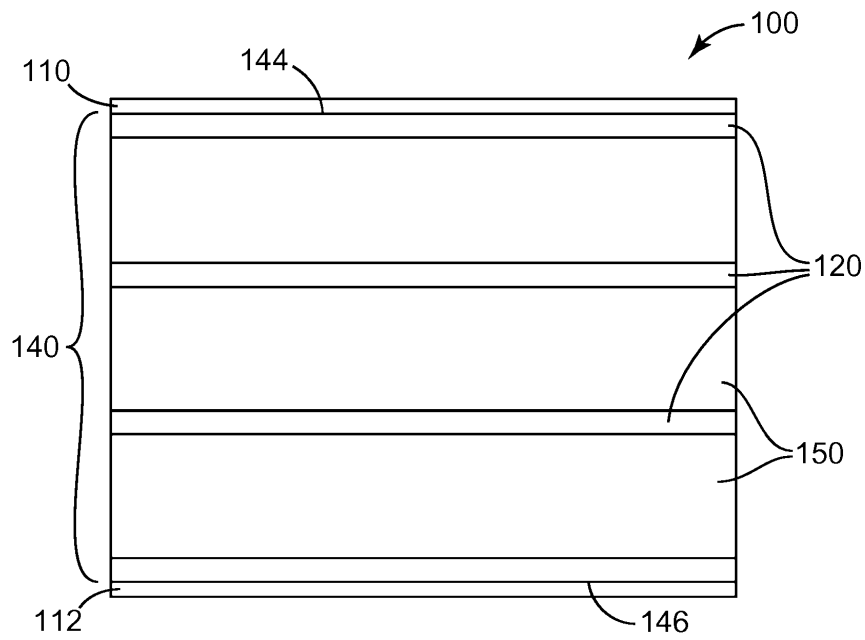
- [0053] 공-압출된 구조체는, 제1 절연층(3개의 절연층들 중 가장 위의 층)의 3개의 위치들에서 $14.5\ \mu\text{m}$, $11.4\ \mu\text{m}$ 및 $13\ \mu\text{m}$; 제2 절연층(스택의 중간 층)의 3개의 위치들에서 $9.15\ \mu\text{m}$, $12.2\ \mu\text{m}$, 및 $8.38\ \mu\text{m}$; 및 제3 유전층(3개의 층들 중 가장 아래 층)의 3개의 위치들에서 $11.4\ \mu\text{m}$, $8.42\ \mu\text{m}$ 및 $8.42\ \mu\text{m}$ 로 각각 측정되는 두께들을 가진 3개의 얇은 절연층들(도 1의 절연층들(120)에 대응함)을 포함하였다. 4개의 전도층들(도 1의 전도층들(150)에 대응함)이 절연층들과 함께 공-압출되었다. 이 층들은 각각, 제1 절연층 바로 위, 제1 절연층 바로 아래, 제2 절연층 바로 아래, 및 제3 절연층 바로 아래에 있었다. 전도층은 제1 전도층(4개의 전도층들 중 가장 위의 층)의 3개의 위치들에서 $28.2\ \mu\text{m}$, $29\ \mu\text{m}$ 및 $28.2\ \mu\text{m}$; 제2 전도층(4개의 전도층들 중 가장 위의 층 옆의 층)의 3개의 위치들에서 $130\ \mu\text{m}$, $130\ \mu\text{m}$ 및 $130\ \mu\text{m}$; 제3 전도층(4개의 전도층들 중 가장 아래 층의 옆의 층)의 3개의 위치들에서 $62.5\ \mu\text{m}$, $65.6\ \mu\text{m}$ 및 $62.5\ \mu\text{m}$; 및 제4 전도층(4개의 전도층들 중 가장 아래 층)의 3개의 위치들에서 $6.90\ \mu\text{m}$, $6.90\ \mu\text{m}$ 및 $6.10\ \mu\text{m}$ 로 각각 측정되는 두께들을 가졌다.
- [0054] 공-압출된 다층 복합 스택은 $100\ \text{V}$ 또는 그 미만의 피크-투-피크 크기를 갖는 DC 전압에서 $1\ \text{Hz}$ 내지 $10\ \text{kHz}$ 에 대해 $9\ \text{내지 } 13$ 의 범위에서 가변하는 유효 유전 상수를 보여주었다. 이 필름들에서 측정된 손실 계수(유효 손실 탄젠트 값)은 $1\ \text{Hz}$ 내지 $10\ \text{kHz}$ 범위에 대해 0.02 내지 0.4 범위에서 가변되었다.
- [0055] 복합 스택을 포함하는 커패시터는 복합 스택의 대향 표면들에 전극들을 도포함으로써 제조될 수 있다. 이는, 예를 들어, 다른 부분에서 설명된 것과 같은 물-투-물 스퍼터링 공정에서 표면들을 금속화함으로써 이루어질 수 있다.
- [0056] 다음은 본 발명의 예시적 실시 형태의 목록이다.
- [0057] 실시 형태 1은 커패시터로서,
- [0058] 제1 전극, 제2 전극, 및 제1 전극과 제2 전극 사이에 배치된 복합 스택을 포함하고;
- [0059] 복합 스택은:
- [0060] 하나 이상의 열가소성 전도층들; 및
- [0061] 하나 이상의 열가소성 전도층들에 인접하여 배치된 하나 이상의 열가소성 절연층들을 포함하고;
- [0062] 하나 이상의 열가소성 전도층들은 T_c 의 총 두께를 가지고, 하나 이상의 열가소성 절연층들은 T_i 의 총 두께를 가지고, T_c/T_i 는 3보다 큰, 커패시터.
- [0063] 실시 형태 2는 실시 형태 1에 있어서, 복합 스택은 2개 이상의 열가소성 전도층들을 포함하고 적어도 하나의 열가소성 절연층이 각각의 열가소성 전도층을 분리하는, 커패시터.
- [0064] 실시 형태 3은 실시 형태 1에 있어서, 하나 이상의 열가소성 절연층들 중 적어도 하나는 복수의 절연 서브층들을 포함하는, 커패시터.
- [0065] 실시 형태 4는 실시 형태 3에 있어서, 복수의 절연 서브층들은 제1 절연 열가소성 중합체 및 제1 절연 열가소성 중합체와 상이한 제2 절연 열가소성 중합체의 교번 스택을 포함하는, 커패시터.
- [0066] 실시 형태 5는 실시 형태 1에 있어서, T_c/T_i 는 5보다 큰, 커패시터.
- [0067] 실시 형태 6은 실시 형태 1에 있어서, 하나 이상의 열가소성 전도층들 각각은 $60\ \text{Hz}$ 의 주파수에서 약 $10^{-6}\ \text{S/m}$ 보다 큰 평면의 전도율을 갖는, 커패시터.
- [0068] 실시 형태 7은 실시 형태 1에 있어서, 하나 이상의 열가소성 전도층들 중 적어도 하나는 침투 임계치보다 높은 농도로 복수의 전도성 입자들과 배합된 열가소성 중합체를 포함하는, 커패시터.
- [0069] 실시 형태 8은 실시 형태 1에 있어서, 복합 스택은 $60\ \text{Hz}$ 의 주파수에서 약 18보다 큰 실수부를 갖는 유효 유전 함수를 갖는, 커패시터.
- [0070] 실시 형태 9는 실시 형태 1에 있어서, 복합 스택은 약 $60\ \text{Hz}$ 보다 큰 주파수에서 공진을 갖는 유효 유전 함수를 갖는, 커패시터.
- [0071] 실시 형태 10은 실시 형태 9에 있어서, 공진이 약 $1\ \text{MHz}$ 보다 큰 주파수에서 존재하는, 커패시터.
- [0072] 실시 형태 11은 실시 형태 1에 있어서, 복합 스택이 $1\ \text{Hz}$ 내지 $10\ \text{MHz}$ 의 주파수에서 0.001 미만의 유효 손실 탄

젠트를 갖는, 커패시터.

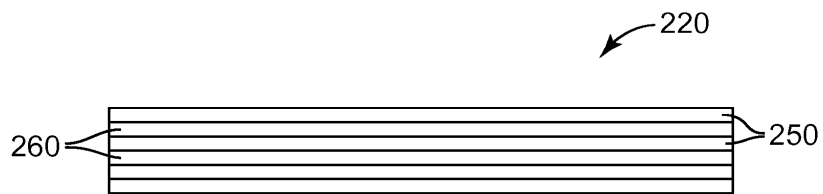
- [0073] 실시 형태 12는 커패시터로서,
- [0074] 제1 전극, 제2 전극, 및 제1 전극과 제2 전극 사이에 배치된 복합 스택을 포함하고;
- [0075] 복합 스택은:
- [0076] 2개 이상의 열가소성 전도층들; 및
- [0077] 2개 이상의 열가소성 전도층들이 사이 사이에 배치된 2개 이상의 열가소성 절연층들을 포함하고;
- [0078] 2개 이상의 열가소성 전도층들 중 적어도 하나는 침투 임계치보다 높은 농도로 복수의 전도성 입자들과 배합된 열가소성 중합체를 포함하는, 커패시터.
- [0079] 실시 형태 13은 실시 형태 12에 있어서, 2개 이상의 열가소성 전도층들은 T_c 의 총 두께를 갖고, 2개 이상의 열가소성 절연층들은 T_i 의 총 두께를 갖고, T_c/T_i 는 3보다 큰, 커패시터.
- [0080] 실시 형태 14는 실시 형태 12에 있어서, 2개 이상의 열가소성 절연층들 중 적어도 하나는 복수의 절연 서브층들을 포함하는, 커패시터.
- [0081] 실시 형태 15는 실시 형태 12에 있어서, 복합 스택은 60 Hz의 주파수에서 약 20보다 큰 실수부를 갖는 유효 유전 함수를 갖는, 커패시터.
- [0082] 실시 형태 16은 실시 형태 12에 있어서, 복합 스택은 약 60 Hz보다 큰 주파수에서 공진을 갖는 유효 유전 함수를 갖는, 커패시터.
- [0083] 실시 형태 17은 실시 형태 16에 있어서, 공진이 약 1 MHz보다 큰 주파수에서 존재하는, 커패시터.
- [0084] 실시 형태 18은 실시 형태 12에 있어서, 복합 스택이 1 Hz 내지 10 MHz의 주파수에서 0.001 미만의 유효 손실 탄젠트를 갖는, 커패시터.
- [0085] 실시 형태 19는 커패시터를 제조하는 방법으로서,
- [0086] 적어도 하나의 열가소성 절연 재료를 제공하는 단계;
- [0087] 적어도 하나의 열가소성 전도 재료를 제공하는 단계;
- [0088] 복합 스택을 형성하기 위해 적어도 하나의 열가소성 절연 재료와 적어도 하나의 열가소성 전도 재료를 공-압출하는 단계;
- [0089] 복합 스택을 신장시키는 단계;
- [0090] 복합 스택의 제1 면에 제1 전극을 도포하는 단계; 및 복합 스택의 제1 면에 대향하는 복합 스택의 제2 면에 제2 전극을 도포하는 단계를 포함하고;
- [0091] 복합 스택은:
- [0092] T_c 의 총 두께를 갖는 하나 이상의 전도층들; 및 T_i 의 총 두께를 갖는 하나 이상의 절연층들을 포함하고,
- [0093] T_c/T_i 는 3보다 큰, 커패시터의 제조 방법.
- [0094] 실시 형태 20은 실시 형태 19에 있어서, 적어도 하나의 열가소성 전도 재료는 침투 임계치보다 높은 농도로 복수의 전도성 입자들과 배합된 열가소성 중합체를 포함하는, 커패시터의 제조 방법.
- [0095] 특정 실시 형태가 본 명세서에 예시 및 기술되었지만, 본 개시 내용의 범주로부터 벗어남이 없이 다양한 대안의 구현예가 도시되고 기술된 특정 실시 형태에 대해 사용될 수 있다는 것이 당업자에 의해 인식될 것이다. 본 출원은 본 명세서에 논의된 특정 실시 형태의 임의의 개조 또는 변형을 포함하도록 의도된다.

도면

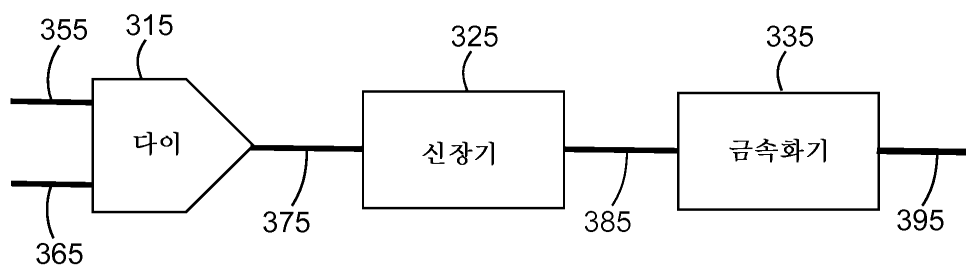
도면1



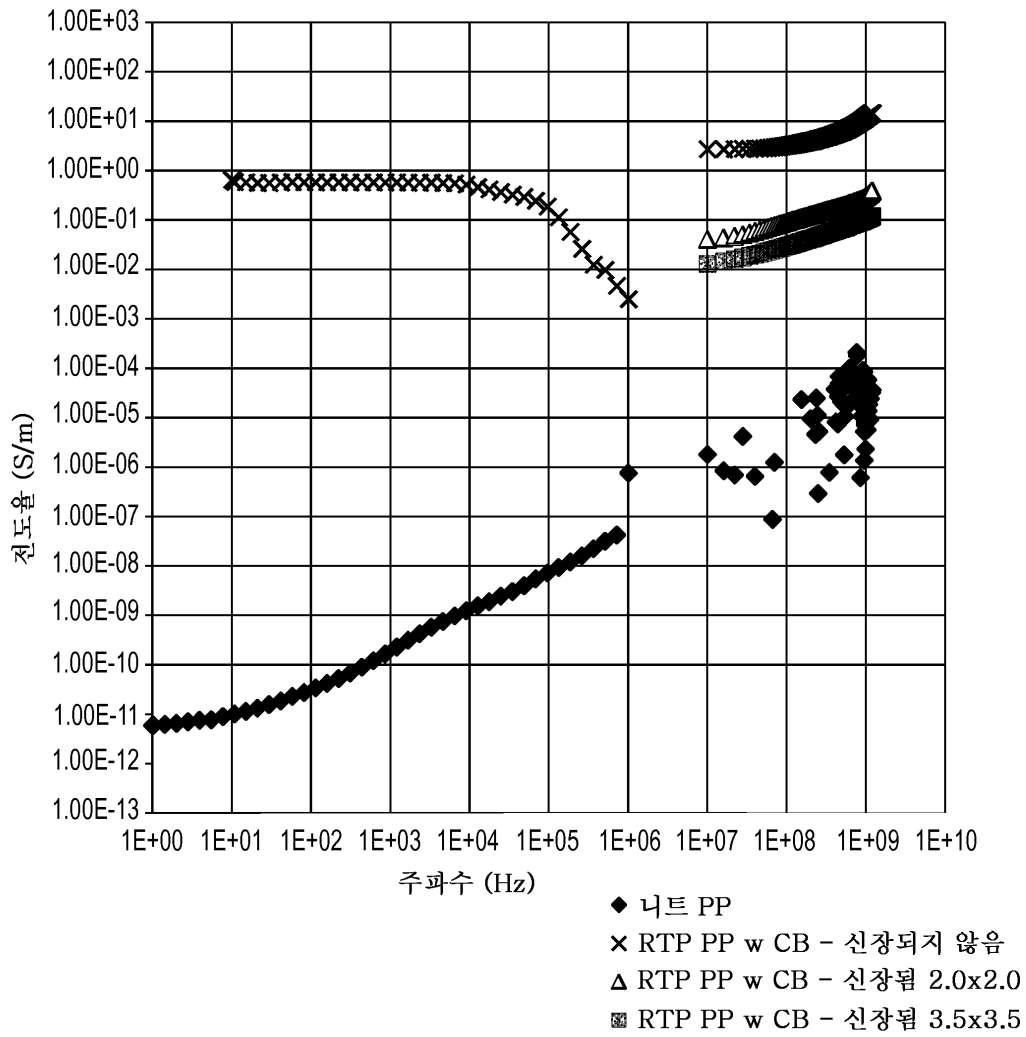
도면2



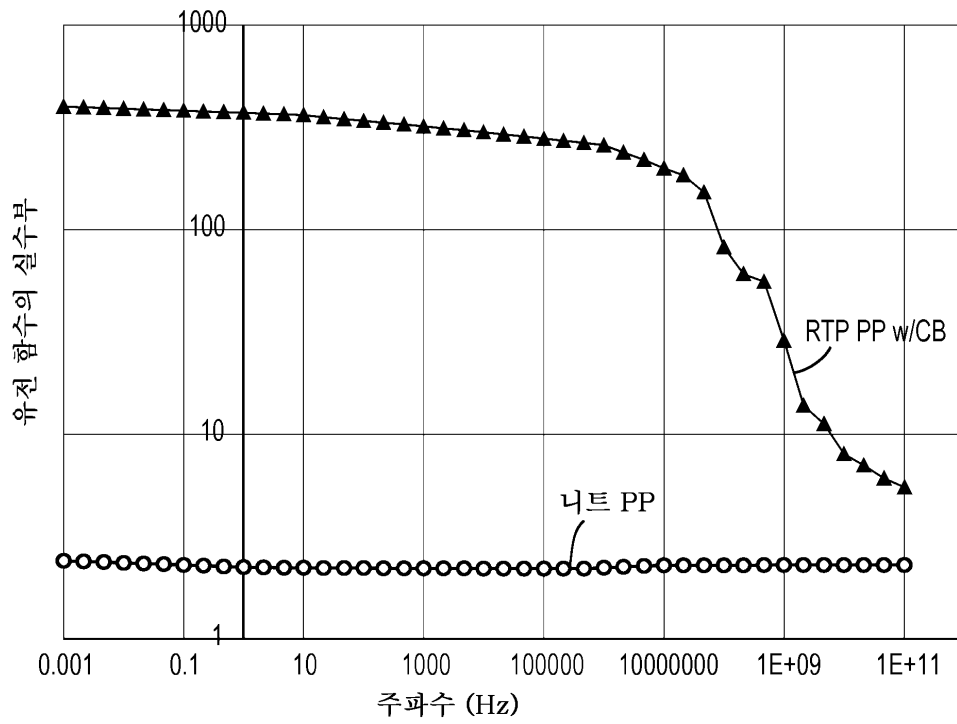
도면3



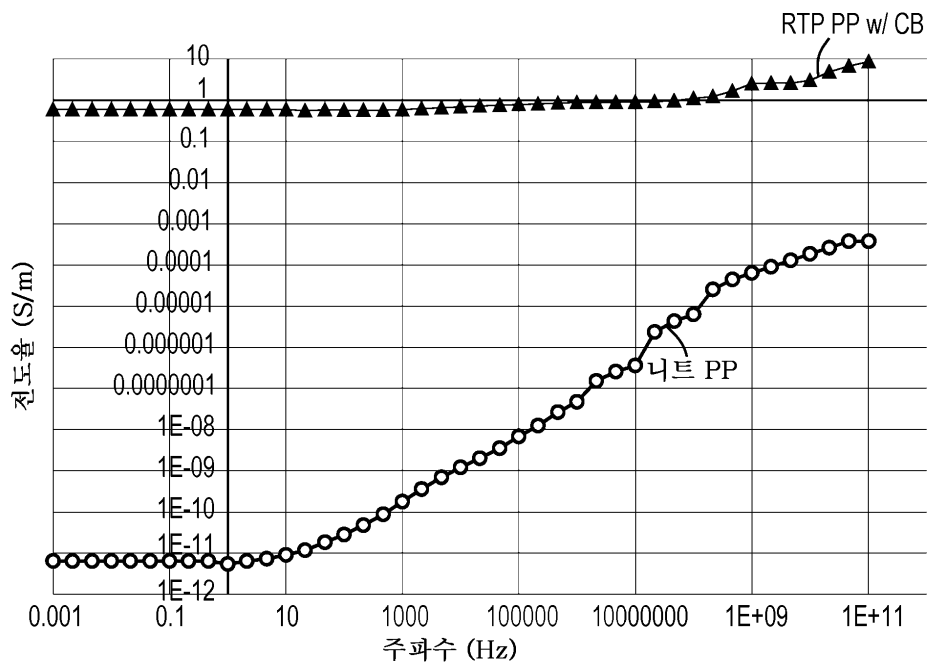
도면4



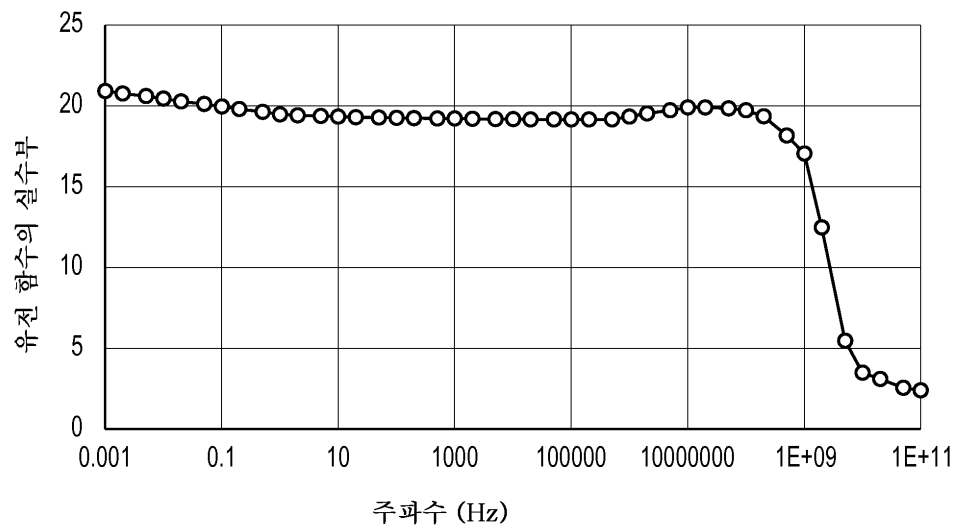
도면5a



도면5b



도면6a



도면6b

