

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
C09K 19/02
C10M 171/00

(45) 공고일자 1995년09월 11일
(11) 공고번호 95-010167

(21) 출원번호	특 1995-0010195(분할)
(22) 출원일자	1995년04월27일
(62) 원출원	특허 특 1991-0015158 원출원일자 : 1991년08월30일
(30) 우선권 주장	90-226653 1990년08월30일 일본(JP) 91-26283 1991년02월20일 일본(JP) 91-27371 1991년02월21일 일본(JP)
(71) 출원인	아사히가세이고오교 가부시끼가이샤 고미구라 레이이찌 일본국 오오사카후 오오사카시 기따꾸 도지마하마 1쥬메 2방 6고
(72) 발명자	1995년09월11일 일본국 시즈오카켄 후지시 사메지마 2반찌노 1 아사히가세이고오교 가부 시끼가이샤 나이 마니와 쉼 일본국 시즈오카켄 후지시 사메지마 2반찌노 1 아사히가세이고오교 가부 시끼가이샤 나이
(74) 대리인	이준구, 박해선

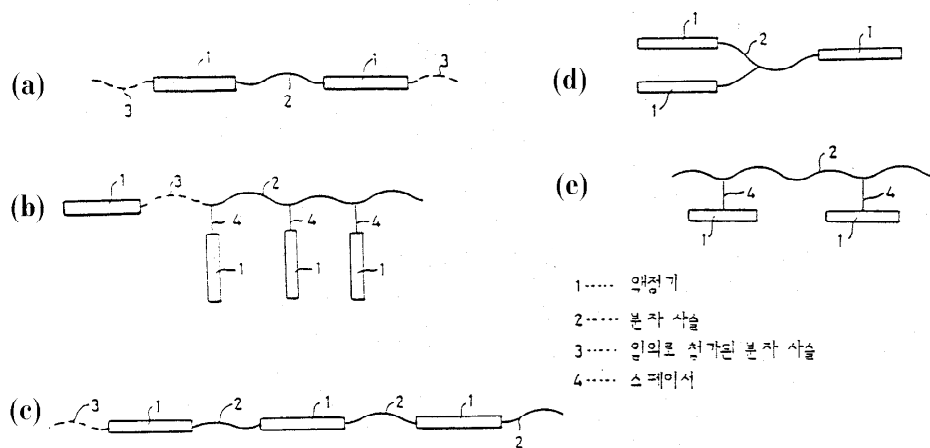
심사관 : 장성군 (책자공보 제4116호)

(54) 이액성 액정 화합물 유체의 점도를 변화시키는 방법

요약

내용 없음.

대표도



명세서

[발명의 명칭]

이액성 액정 화합물 유체의 점도를 변화시키는 방법

[도면의 간단한 설명]

제1a도~제1e도는 본 발명에 따르는 액정 화합물의 전형적인 분자 구조의 개요도이다.

제2도는 액정 화합물 A(굵은 실선) 및 액정 화합물 A와 디메틸 실리콘의 혼합물(점선)에 대한 가해진 전압 대 발생 전단 응력(applied voltage vs. generated shear stress)의 도시를 보여준다.

제3도는 액정 화합물 A(굵은 실선) 및 액정 화합물 A와 디메틸 실리콘의 혼합물(점선)에 대한 가해진 전압 대 발생 전단 응력(shear rate vs. generated shear stress)의 도시를 보여준다.

제4도는 10 μ m의 전극 간격(굵은 실선) 또는 500 μ m의 전극 간격(점선)에서 측정된 액정 화합물 C에 대한 가해진 전압 대 응력의 도시이다.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 진동 흡수, 토오크 전달, 서보(servo) 제어 시스템 등을 위한 작동기로서 유용한 균질 전기 점성 유체(homogeneous electrorheological fluid)에 관한 것이다.

점성도가 가해진 전압에 따라 매우 순간적이고 가역적인 변화를 하는 전기점성 유체로는 실리카 및 전분과 같은 수분 함유 미세입자를 분산된 상태로 내포하는 절연성 오일을 특징으로 하는 이른바 윈슬로우(Winslow) 유체들과 같은 것들이 1940년대 이래로 공지되어 왔다(미합중국 특허 제2,417,850호 참조).

이후로, 전기점성 유체에 있어서 많은 개선책이 제안되어 왔다. 예를 들면, 수분 함유 미세입자로 이온교환수지입자(JP-A-50-92278 참조; 여기서 "JP-A"는 "심사되지 않은 공개된 일본국 특허출원"을 의미한다) 또는 제올라이트 입자(JP-A-2-3711 참조)를 이용하거나 또는 유기 반도체 입자(영국 특허 제2,170,510호 참조), 절연된 표면을 갖는 도체 입자(JP-A-64-6093 참조) 및 액정 중합체 입자(Proceedings of 2nd Int'l Conf. on ERF p. 231L(1989) 참조)와 같은 수분 미함유 입자를 이용하는 것이 제안되어 왔다. 미세입자를 함유하는 이러한 전기점성 액체는 짧은 시간동안 탁월한 성능을 보여주지만 분산된 입자의 침강 및 응집을 피할수는 없으며 시간이 지남에 따라 흐려지게 된다. 그러므로 그들이 실제 사용되는 것을 볼 수 없다.

반면, 현재 연구중인 입자를 함유하지 않는 균질 액체로는 니트로메탄 및 니트로벤젠과 같은 극성 액체(Japan J. Appl. Phys., Vol. 16, p. 1775(1977) 참조), 폴리스테르 액정 혼합물(Communication, p. 3865(1965) 참조), 메톡시벤질리덴부틸아닐린(MBBA)과 같은 예의 저분자 액정(Japan J. Appl. Phys., 171525(1978) 및 영국 특허 제2208515A호 참조) 및 강유전성 중합체 용액(Dai 39-kai Kobunshi Toronkai Yokosyu, 18U07(1990) 참조)이 있다. 그러나 이러한 액체들은 실질적인 전기점성 효과를 나타내지는 않는다.

더우기, 이러한 기존의 전기점성 유체는 작용을 위해서 2 내지 3kV/mm의 고압을 필요로 한다. 이러한 전기점성 유체는 고온에서 전류값이 빠르게 상승하기 때문에 저온에서 사용하도록 제한된다.

액정은 전압을 걸어주면 분자 배향이 일어나서 각종 특성에서 이방성을 야기시킨다. 예를 들면, 가해진 전압에 따라 이액성(lyotropic) 액정의 탄성이 변화된다는 것이 보고되어 있다(Dai 16-kai Ekisyo Toronkai Koen Yokosyi, 1K216(1990) 참조).

그러므로 액정을 전기점성 유체로서 사용하는 것이 고려되고 있으나, 적은 점성도 증가가 관측되기 때문에 거기에 중요성을 부여하지 않았다.

본 발명은 상기 상황의 관점에서 이루어진 것이며 액정 물질의 탁월한 성질 즉 높은 응답 속도(또는 짧은 응답시간) 및 낮은 동력 추진성을 유지하면서 전압을 걸어줄때는 점성도의 큰 변화를 나타내는, 침강 또는 응집의 문제가 없는 액정 유형의 균질 전기점성 유체를 제공하는데에 목적이 있다.

통상적으로 현재까지 연구되어온 모든 액정 물질은 전압을 걸음에의 한 분자배향시 점성도의 큰 증가를 보여주지 못하는 공지의 저-분자량 액정이었다. 본 발명가들은 이러한 저-분자량 액정이 배향된 분자(구역)들 사이에 적은 결합 강도를 가져서 점성도가 전체적으로 크게 상승하지 못한다고 생각했다. 그러므로 본 발명가는 액정을 알맞은 길이의 분자 사슬에 결합시키거나 또는 액정을 중합화하면 배향된 구역들사이에 결합 강도가 증가되어 상당한 점성도 증가에 이르게 된다는 가정하에 광범위한 연구를 수행해 왔다. 그 결과로서, 다수의 액정기가 분자 사슬에 결합된 액정 화합물 또는 특정 종류의 용질이 특정 농도로 용매와 결합된 이액성 액정이 매우 큰 전기점성 효과를 산출하는 액정특성을 나타냄을 발견하였다. 본 발명은 이러한 발견에 기초한다.

본 발명의 부가적인 목적 및 장점은 부분적으로 하기의 명세서에서 설명될 것이며 부분적으로는 명세서로부터 명백해지거나 또는 본 발명의 실시예에 의해 인지될 것이다. 본 발명의 목적 및 장점은 첨부된 특허청구의 범위에서 특별히 지적된 수단 및 조합에 의해 이해될 것이고 성취될 것이다.

본 발명의 목적에 따라 실현되고 광범위하게 명시된 바와 같이 이러한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 균질 전기점성 유체는 직접 또는 스페이서를 통해 결합된 2개 이상의 액정기를 갖는 분자 사슬을 포함하거나 또는 용질 및 용매를 포함하는 이액성 포함하는 액정을 특징으로 한다.

합쳐져서 본 명세서의 일부를 구성하는 수반된 도면은 본 발명의 구현예를 설명하고 명세서와 함께 본 발명의 목적, 장점 및 원리를 설명하는데에 도움을 준다.

본 발명은 다수의 액정기가 직접 또는 스페이서를 통해 분자 사슬에 결합된 액정 화합물을 주로 포함하는 균질 전기점성 유체에 관한 것이며 또한 이액성 액정을 포함하는 균질 전기점성 유체에 관한 것이다.

다수의 액정기가 분자 사슬에 결합된 본 발명에 따르는 액정 화합물은 하기의 것중 임의의 것일 수 있다: (i) 제1b도 및 제1e도에서 보는 바와 같이 직접 또는 스페이서(4)를 통해 분자 사슬(2)로부터 액정기(1)가 매달려 있는 축쇄 유형 화합물; (ii) 제1a도 및 제1c도에서 보는 바와 같이 (액정기)-(분자 사슬)-(액정기)와 같은 구조를 갖는 분자 사슬(2)의 주쇄속에 액정기(1)가 혼합된 주쇄 유형 액정 화합물; 제1d도에서 보는 바와 같이 주쇄 유형 액정 화합물의 액정기(1) 또는 분자 사슬(2)이 더 결합된 액정기(1)를 갖는 혼합 유형 액정 화합물.

하나의 액정기를 갖는 액정 화합물은 적은 전기점성 효과를 나타내지만, 단지 두개의 액정기를 갖는 액정 화합물, 예를 들어 액정기가 분자사슬의 각 말단에 결합되어 있는 액정기-종결 화합물일지라도 분자량에 관계없이 전압을 가할때 탁월한 전지점성 효과를 보여준다.

여기에서 사용되는 “분자 사슬”이라는 용어는 알킬렌 및 실록산과 같은 탄소 또는 실리콘을 주로 포함하는 사슬 화합물의 분자 또는 벤젠고리 및 글루코우스 고리와 같은 고리 화합물의 분자를 단위체로서 갖는 단량체 및 이러한 단량체들의 단독중합체 또는 공중합체를 의미한다. 단독중합체 또는 공중합체는 2 내지 100, 바람직하게는 2 내지 30의 중합도를 갖는다.

분자 사슬은 하나 또는 두개의 말단 또는 그들의 측쇄에서 액정기 또는 스페이서에 화학적으로 결합될 수 있는 적어도 2개의 결합기를 가져야 한다. 결합기의 예로는 1 내지 18개의 탄소원자를 갖는 알킬렌, 아미도, 우레탄, 에스테르, 에테르 및 카르보네이트 등이 포함된다.

필요하다면, 분자 사슬로 에스테르, 아미도, 페닐렌과 같은 결합기를 내포할 수 있다.

바람직한 분자 사슬은 유연성 분자 사슬이다. 여기서 사용되는 “유연성 분자 사슬”이라는 표현은 비교적 저온에서도 유연성을 나타내고 전압을 걸었을때 액정 분자의 배향에 간섭하지 않는 연한 분자 사슬을 의미한다. 유연성 분자 사슬의 단위체를 이용하여 제조된 올리고머 또는 중합체가 실온(약 25°C)이하, 보다 바람직하게는 0°C 이하, 보다 더 바람직하게는 -20°C 이하의 유리 전이 온도(Tg)를 갖는 유형의 유연성 분자 사슬이 바람직하다. 보다 상세하게는, 유연성 분자 사슬은 단위체로서 ; (i) m이 1 내지 18의 정수인 $-C_mH_{2m}$ -식의 알킬렌기(예 ; 메틸렌, 에틸렌, 프로필렌, (ii) m이 1 내지 5의 정수인 $-OC_mH_{2m}$ -식의 옥시알킬렌기(예 ; 옥시에틸렌, 옥시프로필렌, 옥시부틸렌) 또는 (iii) R^1 및 R^2 가 각각 알킬기 또는 페닐기를 나타내는 $-SiR^1R^2O$ -식의 실록산(예 ; 디메틸실록산, 페닐메틸실록산)을 갖는 단량체, 이러한 단량체의 단독중합체 또는 공중합체를 포함한다. 그들의 단독중합체 또는 공중합체의 경우에, 특히 바람직한 중합도는 상기 (i) 또는 (ii) 단위체에 있어서 2 내지 10이고 상기 (iii) 단위체에 있어서는 2 내지 30이다.

유연성 분자 사슬을 구성하는 단위체 중에서, 실록산 또는 알킬렌 골격이 전기적 특성 및 액정 성질의 명시를 위해 바람직하다. 특히, 실록산 골격을 포함하는 유연성 분자 사슬이 약 -123°C의 Tg를 갖고 따라서 알킬렌 또는 옥시알킬렌 골격들 보다 저온에서의 연성이 뛰어나기 때문에 그것은 다수의 액정기와 결합될때 비교적 저온에서부터 액정성질을 쉽게 나타내며 낮은 기초 점성을 갖는 액정 화합물을 쉽게 형성한다.

분자 사슬에서, 탄소원자에 결합된 일부의 수소원자 및 실리콘 원자에 결합된 일부의 R^1 및 R^2 기는 상기 언급한 유형의 결합기 또는 1 내지 8개의 탄소원자의 알킬기 및 페닐기와 같은 측쇄기로 대체될 수 있다.

유연성 분자 사슬은 주어진 길이를 갖거나 또는 2 이상의 분자량 분포도(Mw/Mn ; Mw는 중량 평균 분자량을 의미하고 Mn은 수평균 분자량을 의미한다)와 같은 광범위한 분자량 분포를 가질 수 있다. 분자 사슬은 다소 교차결합될 수 있으나 교차결합이 전압을 가할때 액정분자의 배향에 간섭하기 때문에 교차결합되지 않은 구조를 갖는 것이 바람직하다.

분자 사슬에 결합된 액정기는 슈프(Schiff) 염기화합물, 아조화합물, 아족시화합물, 비페닐화합물, 데트페닐화합물, 벤조에스테르화합물, 시클로헥실카르복실산 에스테르화합물, 페닐시클로헥산화합물, 비페닐시클로헥산화합물 비페닐시클로 헥산화합물 및 콜레스테릴 화합물과 같은 공지의 저-분자 액정의 액정 성질(이른바 메소겐(mesogen))의 명시에 관계하는 중심 분자 구조를 함유하는 1가 또는 2가의 기이다. 이러한 중심 분자 구조의 세부적인 것과 유형적인 예에 대한 참고자료로 크리스토퍼 케이, 오버(Christopher K. Ober)등의 *Advances in Polymer Science* 59, 103-120, Springer-Verlag(1984)와 쇼이찌 마쯔모토(Shoichi Matsumoto)의 *Ekiyo Eerutoronikusu*, Ohmu K. K., 등이 있다. 이러한 액정 기들중, 매우 큰 양의 유전 이방성(20이상, 보다 바람직하게는 50이상, 보다 더 바람직하게는 100이상)을 갖는 액정상을 나타내는 것과 스멕틱(smectic) 액정상을 나타내는 것이 높은 전기점성 효과 및 가해진 적은 전압에서의 높은 반응속도를 얻는데에 바람직하다. 스멕틱 액정상은 양의 유전 이방성(dielectric anisotropy)을 나타내는 하나의 기와 음의 유전 이방성을 나타내는 다른 하나의 기의 두가지 다른 종류의 스멕틱 액정기를 결합시킴으로써 나타내어질 수 있다.

분자 사슬의 길이에 따라 하나의 분자 사슬에 대해 2 내지 100개의 액정기가 결합될 수 있다. 하나의 분자 사슬에 결합되어지는 액정기의 수는 분자 사슬내의 단위체수의 10 내지 50%가 되는 것이 바람직하다.

액정기는 몇몇 경우에 분자 사슬의 결합기에 직접 결합되어지지만 통상 그들은 액정기의 움직임 또는 배향을 촉진하기 위해 $-C_mH_{2m}$ - 및 $-S(iR^3R^4)_m$ -식중 m은 1 내지 18의 정수이고 R^3 및 R^4 는 각각 C_1 내지 C_5 의 알킬기, 즉 메틸 및 에틸을 나타낸다)와 같은 스페이서로 공지된 2개의 분자를 통해 결합기에 결합된다. 이러한 스페이서의 길이는 액정상 유형, 상 전이온도 및 반응속도 등과 같은 생성된 액정 화합물의 많은 특징에 영향을 줄 뿐만 아니라 전기점성 효과에도 영향을 미친다. 예를 들면, 벤조에스테르 액정 화합물의 액정기가 스페이서로의 $-C_mH_{2m}$ -기를 통해 분자 사슬에 결합될 때 생성된 화합물은 m=3일때 스멕틱 상을 나타내거나 m=7일때 큰 전기점성 효과를 나타내고 스멕틱 상을 보여준다. 따라서, 액정상의 작동온도 범위 또는 반응속도는 분자 사슬당 다른 길이의 다수의 스페이서를 사용하여 다수의 액정기를 결합시킴으로써 증가될 수 있다. 특히, 가장 긴 길이가 가장 짧은 길이의 두배이상 되는 스페이서를 이용할때 큰 증가효과가 산출될 수 있다.

본 발명에 사용되는 액정 화합물은 예를 들어 H. Finkelmann의 *Polymer Liquid Crystals*, 35, Academic Press(1982) 및 A. Roviello의 *J. Polym. Sci., Polym Lett. Ed.*, 13, 445(1975)에 기술

된 공지의 방법에 따라 합성될 수 있다.

본 발명의 전기점성 유체중에서, 본 발명의 단일 액정 화합물이 단독으로 이용되거나 또는 본 발명의 다른 액정 화합물과의 혼합물로서 이용될 수 있다. 또한, 본 발명의 액정 화합물은 하나의 분자 사슬에 다른 종류의 액정기를 가질 수도 있다.

특히, 최대 길이가 최소 길이의 2배 이상인 다른 길이의 스페이서들을 각각 갖는 본 발명의 액정 화합물의 혼합물로 형성된 전기점성 유체는 액정상에 대한 작동 온도 범위를 확장시키는 목적으로 바람직하다.

더우기, 분자내에 하나의 액정기를 갖는 기존의 화합물 및 본 발명의 액정 화합물의 혼합물로 형성된 전기점성 유체는 상기 언급된 효과 뿐만 아니라 기초 점성을 낮추는 목적으로 바람직하다.

본 발명에 있어서, 상기 언급한 액정기를 포함하는 액정성질을 가진 분산액의 사용은 상기 언급한 효과들을 증진시킬 목적으로 바람직하다.

본 발명에 사용될 수 있는 분산 매질은 액정 성질을 가진 분산액을 제공하기 위해 액정 화합물의 액정성질에 손상을 입히지 않고 단독으로는 액정성질을 나타내지 않는 비교적 저 점도상의 물질이다. 분산 매질은 액정기들에 대한 약한 친화도 및 분자 사슬에 대한 강한 친화도를 가져야 한다. 예를 들면, 측쇄에 결합된 벤조에스테르-유형 액정기를 갖는 디메틸 실리콘의 액정 화합물인 경우에 톨루엔, 디클로로메탄 등의 사용은 액정기에 대한 너무 강한 친화도를 가져서 액정 화합물을 용해시키게 되어 전기 점성 효과를 잃게 된다. 반면, 디메틸 실리콘, 소수의 페닐기를 갖는 페닐메틸실리콘이 측쇄에 결합된 벤조에스테르-유형 액정기를 갖는 디메틸 실리콘의 액정 화합물로 사용되는 것이 바람직하다.

적당한 분산 매질을 선택하기 위해 그 물질을 동량의 액정 화합물과 혼합시키고 열을 가해 용해시키며 액정성질의 변화를 편극판 사이에 넣어진 용액으로 검사하는 간단한 방법이 적용될 수 있다.

또한, 분산액의 전기 저항이 너무 낮으면 전기 점성 유체로 사용될 수 없기 때문에 분산액의 전기저항을 크게 저하시키지 않는 분산매질을 사용해야 한다.

분산액에 함유된 분산 매질의 양은 1 내지 90중량%, 바람직하게는 5 내지 80중량%일 수 있다.

다음으로, 본 발명의 전지점성 유체의 이액성 액정이 기술될 것이다.

본 발명가들은 이액성 액정을 제공할 수 있는 용질과 용매의 각종 조합에 대해 조사한 결과, 이액성 액정을 제공하는 전부는 아니지만 일부의 조합에서 매우 큰 전기점성 효과가 명백히 나타남을 발견하였다. 실제적인 전지점성 효과가 없는 이액성 액정에 대한 면밀한 시험은 그것이 다량의 전류를 즉시 통과시킴을 보여준다. 이액성 액정의 절연성질에 대한 계속된 연구의 결과로서 본 발명자들은 주어진 수준 이상의 전기저항을 갖는 이액성 액정이 큰 전기점성 효과를 산출한다는 것을 현재 발견하였다. 그러므로, 본 발명가들은 주어진 수준 이상의 전기 저항을 갖도록 선택된 용질 및 용매의 선택된 조합인 이액성 액정을 포함하는 균질 전기점성 유체에 관한 본 발명에 도달했다.

본 발명에 사용될 수 있는 이액성 액정은 $10^8 \Omega \text{cm}$ 이상, 특히 $10^9 \Omega \text{cm}$ 이상의 전기 저항을 바람직하게 갖는다. 전기 저항의 감소를 야기하는 이액성 액정의 불순물을 최소화시키는 것이 바람직하다.

본 발명의 이액성 액정에 사용될 수 있는 용질로는 아라미드수지, 셀룰로오스 및 그 유도체, 폴리아미드하이드라진, 폴리하이드라지드, 폴리펩티드, 폴리포스파젠, 폴리소시아네이트, 친수성 블록 및 소수성 블록을 모두 갖는 양극성 블록 공중합체, 및 생체내에 존재하는 리보핵산 및 디옥시리보 핵산 등이 포함된다. 바람직한 용질은 셀룰로오스 및 그 유도체, 폴리펩티드 및 양극성 블록 공중합체이다.

이러한 용질 중에서, 1,000이상, 좀더 바람직하게는 10,000이상의 분자량을 갖는 것이 바람직하다. 액정상에 대한 작동온도범위를 확장시키고 낮은 기초 점성도를 제공하기 위한 목적으로 넓은 분자량 분포(20이상의 Mw/Mn)를 갖는 용질이 바람직하다.

일반적으로, 이액성 액정에 유용한 용매는 높은 극성을 가져야 하며 전기의 전도를 허락하는 것이어야 한다. 본 발명에 이용되는 용매는 높은 절연성질, 바람직하게는 상기 언급된 전기 저항을 가지면서 용질을 용해시킬 수 있어야 한다. 예를 들면, 수소 결합 강도 때문에 굳은 나사선형 구조를 형성하고 콜레스테릭 액정상을 나타내는 폴리펩티드는 디옥산, 테트라히드로푸란, 메틸렌클로라이드 및 클로로포름과 같은 적당한 용매와 결합될 수 있다. 에틸벤젠 및 니트로메탄과 같은 적당한 용매는 스멕틱 액정상을 보여주는 에틸렌옥사이드 및 스티렌을 함유하는 양극성 블록 공중합체와 결합될 수 있다. 하기의 셀룰로오스 유도체와 결합될 수 있는 적당한 용매로는 아세틸 셀룰로오스에 대해서는 디옥산 ; 시아노 에틸 셀룰로오스에 대해서는 아크릴로니트릴, 디메틸 술폭시드(DMSO) 및 디옥산 ; 에틸 셀룰로오스에 대해서는 클로로포름, 디클로로메탄, 사염화 탄소 및 트리클로로에탄 ; 히드록시 프로필 셀룰로오스에 대해서는 메틸렌 클로라이드, DMSO, 디옥산 및 아세토니트릴 ; 및 셀룰로오스 트리카르발릴레이트에 대해서는 DMSO 및 디옥산 등을 포함한다.

상기 언급된 조합을 형성하는데에 있어서, 사기에는 각각 언급된 용매는 단독으로 또는 둘 또는 그 이상의 조합으로 사용될 수 있다.

본 발명에 사용된 이액성 액정은 나타난 액정상의 유형 및 용질의 농도에 제한없이 예를 들어 $10^8 \Omega \text{cm}$ 이상, 특히 $10^9 \Omega \text{cm}$ 이상의 전기 저항의 높은 절연성질을 갖고 액정 성질을 보여주는 것들로부터 선택될 수 있다. 액정 성질을 보여주는데에 적당한 용질의 농도는 일반적으로 10 내지 50중량%, 바람직하게는 15 내지 30중량%의 범위내이며 그것은 사용될 용질에 관한 문헌(예를 들면, 폴리(γ -벤질-L-글루타메이트)에 대한 C. Robinson, Trans, Fraday Soc., 52, 571(1956)과 셀룰로오스에 대한 JP-A-51-96230)에 기재되어 있다.

상기 언급된 액정 화합물 또는 이액성 액정을 포함하는 전기점성 액체의 전기점성 효과는 액정상이 나타나는 온도범위 내에서 수득되지만 이방성상이 나타나는 높은 온도에서는 실제로 수득되지 않는다. 그 효과가 0.2 내지 3kV/mm의 전압에서 직류 또는 교류를 걸어주어 수득되지만 직류전압을 걸어 주면 통상 저분자 액정에서 일반적인 장-기간 연속 동작에서 문제가 발생하기 때문에 교류전압 또는 액동 직류 전압을 사용하는 것이 바람직하다. 더우기, 장식 분야에서 저분자 액정에 사용되는 것과 유사한 방법이 사용될 때 액정의 종류에 따라 겹-진동수 어드레싱 도표(double-frequency addressing scheme)를 이용함으로써 반응의 속도를 증가시키는 것이 가능하다(Nihon Kaqakukai Dai 58-kai Shunki Nenkaï Yokoshu, 2, 1140(1989)). 기존의 미세 분산 유형 전기점성 액체의 본 발명의 전기점성 효과가 가해진 전압의 제곱에 비례하여 증가한다. 반면, 본 발명의 전기점성 유체의 전기 점성 효과의 증가비율이 어떤 수준 이상의 전압에서 감소되며 그 효과는 포화에 달한다.

본 발명에 따르는 이액성 액정 또는 액정 화합물을 포함하는 전기 점성 액체에 있어서, 전단 응력 또는 반응속도가 전단속도에 의해 영향을 받게되는 경향이 있다. 본 발명에 있어서, 높은 전기점성 효과가 잔류하고 반응속도가 높은 전단속도에서 증가되는 것이 기대된다. 그러므로, 본 발명의 전기 점성 액체를 이용한 작동기가 100sec¹¹ 이상의 높은 전단 응력에서 바람직하게 사용된다.

또한, 본 발명의 전기점성 액체가 높은 전단 응력에서 사용되는데에 특히 잘 맞는다는 것을 고려하면 작동기가 필요한 장력(field strength)을 적용하기 위하여 감소된 전극간격(예로, 1mm이하, 바람직하게는 0.5mm이하)으로 실질적으로 낮은 전압을 가하여 작동되는 것이 가능하다. 전극간격이 감소될 때, 전극사이의 접촉 때문에 단락의 위험에 있게 된다. 대응책으로서, 소량의 구형 절연 입자가 단락을 피하기 위해 또는 어떤 가격으로 전극을 유지하기 위해 전기점성 액체내에 분산될 수도 있다. 예를 들면, 100 μ m 로 위치한 전극 간격에서 100 μ m보다 크지않은, 바람직하게는 1 내지 80 μ m의 입자 크기를 갖는 구형 절연 입자가 다른 작동 성질에 손상을 입히지 않고 목적을 충족시키는 비율, 즉 액체의 0.01 내지 10부피%의 범위내에서 분산될 수 있다. 이러한 미세 입자들은 실리콘, 폴리스티렌, 폴리메틸 메타크릴레이트 및 폴리에틸렌과 같은 유기 중합체 또는 실리카 및 알루미늄과 같은 무기물질(예 ; 홀로(hollow) 입자)과 같은 가능한 액정 화합물의 비중에 가까운 비중을 갖는 것들을 포함한다.

본 발명의 전기점성 유체는 액정기, 분자 사슬, 분산 매질 등을 적당히 선택함으로써 120 $^{\circ}$ C 이상의 높은 온도에서도 장시간동안 안정하게 될 수 있다.

본 발명에 따르는 균질 전기점성 액체는 기존의 입자-분산유형 전기점성 유체와 관련된 심각한 단점 중 하나인 분산된 입자의 응집 또는 침강을 수반하지 않고 뛰어난 반응성을 나타낸다. 그러므로, 이것은 밸브, 클러치, 브레이크, 토오크 변환기 등의 콤팩트하고 전기적으로 제어가능한 작동기로서 안정한 방식으로 장시간동안 사용될 수 있다. 고정밀 서보 제어시스템에 대한 적용이 특히 기대할만 하다.

즉, 기존의 입자-분산 유형 전기점성 유체에 관한 상기 참조에 따르면 본 발명에 전기점성 유체는 토오크 전달(클러치, 브레이크 및 동력전달 등), 진동흡수(충격흡수, 엔진대 및 댐퍼 등), 유체제어(서보 밸브 및 압력밸브)등을 위한 작동기에 혼합되어질 수 있다.

더우기, 본 발명의 전기점성 유체는 또한 입자의 침강이 없고 마모가 없으며 좁은 전극 간격등의 유리한 장점을 가지는 신규 미세 작동기로의 사용이 기대된다.

본 발명은 하기의 실시예를 참고로하여 보다 상세히 기술될 것이나, 본 발명이 거기에 한정되는 것이 아님을 이해하여야 한다. 특별한 언급이 없는 한 퍼센트 및 비율은 모두 중량에 의한 것이다.

하기의 방법에 따라 수득된 전기 점성 액체의 전지점성 효과, 유리 전이온도(Tg), 유전 이방성, 전기 저항 및 액정 성질등이 측정된다.

1) 전기 점성 효과 :

전단 응력을 나타내도록 하부 디스크가 모터에 의해 회전되고 상부 디스크가 토오크 미터에 연결된 한쌍의 평행한 디스크가 장착된, 전체적으로 마주보는 판의 면에 전극이 형성되도록 변형된 고안된 판-판 유형회전 점도계를 이용하여 전기점성 효과를 측정한다. 소정의 온도 및 소정의 전단 속도에서 전극 사이에 위치한 샘플이 전단을 받게될 때 발생하는 발생 전단 응력 및 전류값을 소정의 전압을 걸었을때 결정한다(여기에서 사용된 "발생 전단 응력"은 전압을 걸었을때의 전단응력의 증가를 의미한다). 본 발명의 실시예에서, 마주보는 부분에서의 전극 직경이 32mm이고 전극 간격은 0.5mm이다. 전단속도는 200sec⁻¹에서 고정되고 다른 지적이 없으면 0 내지 2kV/mm의 직류 전압이 걸릴것이다.

2) 유전 이방성 :

유전 이방성은 Standard of Electronic Industries Associated of Japan, EIAJ ED-2521(1990년 2월), "액정 표시 판넬 및 구조물질에 대한 측정방법"에 따라 결정한다. 이질 동상 배열을 위한 하나와 동질 배열을 위한 다른 하나의 한쌍의 평행한 투명한 전극판으로 구성된 두개의 액정 셀(cell)의 각각에 서로 액체를 위치시킨다. 각 셀의 정전기적 용량을 소정의 온도(작동 온도) 및 소정의 진동수(50Hz)에서 측정한다. 전자의 셀의 정전기적 용량으로부터 후자의 셀의 정전기적 용량을 뺀으로써 유전 이방성을 얻는다.

3) 전기 저항 :

JIS-2101 "전기적으로 절연된 액체에 대한 측정방법"에 따라 측정한다. 한쌍의 평행한 전극사이에서 서로 액체를 위치시킨다. 10 내지 100V/mm의 전압을 걸었을때 전기 저항을 측정한다.

4) 액정 성질 :

차등 주사 열량계(DSC ; Shimazu Seisakusho K. K 에서 제조한 DSC-50 모델)에 의해 액정 성질을 측정한다. 좀더 편리한 방법으로는 한쌍의 편극 판사이에 위치한 시료의 편극을 관측함으로써 또한 액정 성질을 측정할 수 있다.

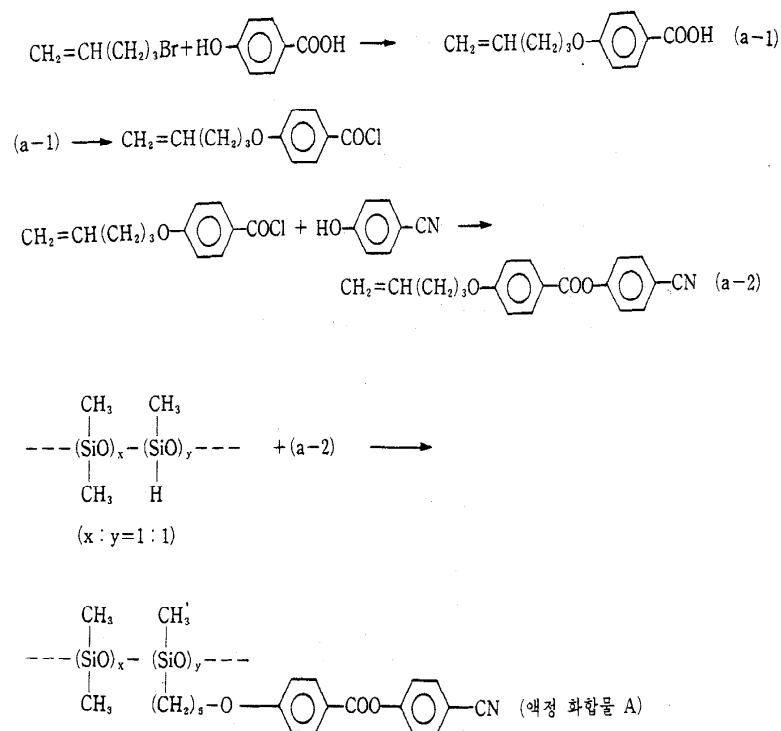
5) Tg :

DSC 또는 팽창계(dilatometer)로 Tg를 측정한다.

하기 실시예 1 내지 18에서 기술된 바와 같이 만들어진 액정 화합물의 전기점성 효과의 측정 결과를 하기 표 10에 나타내었다.

[실시예 1]

1) 액정 화합물 A의 합성 :



30g의 수산화 칼륨, 40ml의 물 및 190ml의 에탄올 혼합용액에 37g의 p-히드록시벤조산을 용해시키고 0.3g의 요오드화 칼륨을 가한다. 그 용액에 40g의 5-브로모펜텐을 적가하고 혼합물을 80℃에서 12시간동안 환류시킨다. 반응 혼합물을 400ml의 물에 붓고 염산으로 pH를 3으로 조절한다. 그렇게 형성된 침전물을 70℃에서 에탄올에 용해시켜 재결정하여 흰색 판상 결정으로 약 40g의 화합물(a-1)을 수득한다.

14g의 화합물(a-1)에 16g의 염화티오닐 및 방울의 디메틸포름아미드를 가하고 실온에서 30분간 교반한다. 과량의 염화티오닐을 진공중에서 제거시키고 잔류물을 110ml의 테트라히드로푸란(THF)에 용해시킨다. 상기 용액을 8g의 p-시아노페놀 및 9g의 트리에틸아민이 용해된 280ml의 THF에 5℃에서 적가하고 5℃에서 4시간동안 교반한다. 감압하에서 증류하여 THF를 제거시키고 잔류물을 30ml의 디클로로메탄에 용해시키고 분액 깔대기를 이용하여 물로 3회 세척한다. 황화나트륨상에서 탈수시킨 뒤 실리카겔(Wako Pure Chemical Industries, Ltd. 에서 제조한 "Wako Gel C200")로 충전된 컬럼을 통해 통과시킴으로써 그 혼합물을 정제한다. 증류에 의해 유출액으로부터 디클로로메탄을 제거시키고 잔류물을 70℃에서 에탄올로부터 재결정하여 흰색 침상 결정으로서 약 20g의 화합물(a-2)를 수득한다.

110ml의 톨루엔에 모노메틸실록산(A) 및 디메틸실록산(B)(A/B몰비-1/1 ; 중합도=약 30)를 포함하는 6g의 공중합체 실리콘 및 14g의 화합물(a-2)를 용해시키고 10mg의 클로로플라틴산 헥사히드레이트를 가하고 약 80℃에서 24시간동안 그 혼합물을 반응시킨다. 증류에 의해 반응 혼합물로부터 톨루엔을 제거시키고 잔류물을 70℃에서 에탄올로 세척하고 150ml의 디클로로메탄에 용해시키고 실리카겔 컬럼을 통해 통과시켜 임의의 반응하지 않은 물질을 제거시킨다. 진공에서 가열하여 유출액으로부터 디클로로메탄을 제거시키고 축쇄에 액정기를 갖는 약 20g의 액정 화합물 A를 수득한다.

액정 화합물 A의 IR 흡수 스펙트럼은 SiH의 2140cm⁻¹ 흡수선이 약하지만 선명하게 보여주며 대신 시아노기의 2235cm⁻¹ 및 카르복실기의 1735cm⁻¹의 강한 흡수선을 보여준다.

2) 액정 행동성 :

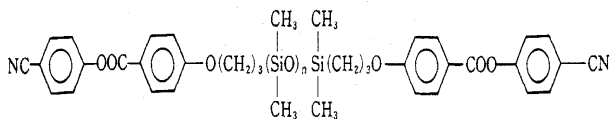
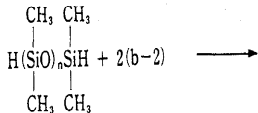
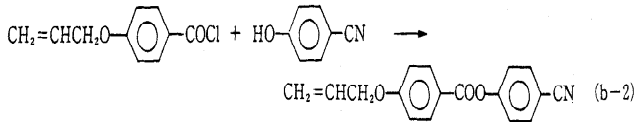
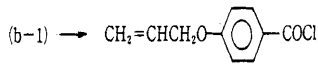
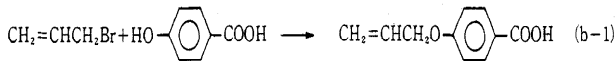
열판을 장치한 편극 현미경하에서 DSC로 액정 화합물 A의 액정 행동을 관찰하면 실온 내지 90℃의 온도 범위에서 스펙트럼을 나타낸다(10 내지 20의 유전 이방성).

3) 전기점성 효과 :

85℃(스멕틱상) 및 120℃(등방상 상)에서 측정이 이루어진다. 등방상상에서는 전기점성 효과가 없음을 표 1로부터 알 수 있다.

[실시예 2]

1) 액정 화합물 B의 합성



(액정 화합물 B) (n=약 5)

100g의 수산화 칼륨, 500ml의 에탄올 및 120ml의 물의 혼합용액에 99g의 p-히드록시벤조산 및 0.7g의 요오드화 칼륨을 용해시키고 86g의 알릴 브롬화물을 적가한다. 생성된 용액을 80℃에서 12시간동안 환류시킨다. 냉각후에 150ml의 물을 반응혼합물에 가하고 염산으로 pH를 3으로 조절한다. 그렇게 생성된 침전물을 여과에 의해 수집하고 에탄올로부터 재결정하여 90g의 화합물(b-1)을 수득한다.

17g의 화합물(b-1)에 17g의 염화 티오닐 및 몇 방울의 디메틸 포름아미드를 가하고 실온에서 1시간 동안 교반하여 산 염화물을 제조한다. 과량의 염화티오닐을 진공중에서 제거한다. 100ml의 THF에 산 염화물을 용해시키고 상기 용액을 12g의 p-시아노페닐 및 13g의 트리에틸아민이 용해된 250ml의 THF에 0℃에서 적가하고 0℃에서 1시간동안 교반한다. 진공중에는 THF를 제거시키고 잔류물을 디클로로 메탄을 용해시키고 물로 세척한다. 실리카겔 컬럼 크로마토그래피("Wako Gel C200")로 정제하여 26g의 화합물(b-2)를 수득한다.

3.5g의 α , ω -비스(수소) 폴리디메틸실록산("TSL 9546"; Toshiba Silicone K. K. 제조) 및 5.0g의 화합물(b-2)를 톨루엔에 용해시키고 2mg의 클로로플라틴산 헥사히드레이트를 용액에 가하고 80℃에서 24시간동안 환류시킨다. 톨루엔을 제거하고 잔류물을 실리카겔 컬럼 크로마토그래피("Wako Gel C200")로 정제하여 실록산 골격의 양단말에 액정기가 결합된 4.5g의 액정 화합물 B를 수득한다.

액정 화합물 B의 IR 흡수 스펙트럼은 Si-H의 2128cm^{-1} 흡수선이 사라진 것을 보여주며 대신 시아노기의 2222cm^{-1} 및 카르복실기의 1733cm^{-1} 흡수선을 보여준다.

2) 액정 행동성 :

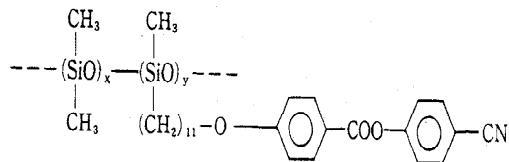
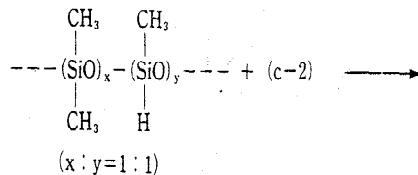
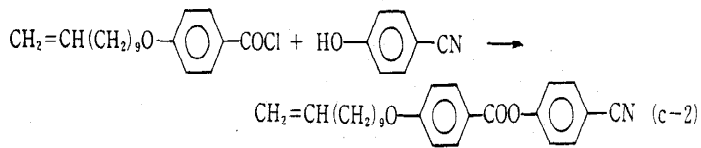
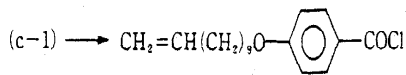
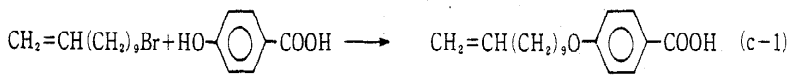
열판을 장착한 편극 현미경 및 DSC에 의한 액정행동성의 관찰결과, 화합물(b-2) 및 액정 화합물 B가 각각 실온 내지 110℃ 및 실온 내지 70℃의 온도 범위에서 액정상을 나타냄을 확인했다(10 내지 20의 유전이방성).

3) 전기 점성 효과 :

25℃(스멕틱 상) 및 80℃(등방상상)에서 측정이 이루어진다. 액정 화합물 B가 낮은 기초 점성을 갖고 따라서 심지어 실온에서도 큰 전기점성 효과를 나타낸다는 것을 표 1에 나타내었다.

[실시예 3]

1) 액정 화합물 C의 합성 :



(액정 화합물 C)

실시에 1에서와 같은 방식으로 p-히드록시 벤조산(28g)과 10-브로모데실렌(47g)을 반응시켜 당황색 물질로서 약 20g의 화합물(c-1)을 수득한다.

16g의 화합물(c-1)에 10g의 염화티오닐 및 몇 방울의 디메틸포름아미드를 가하고 실온에서 30분간 교반한다. 과량의 염화티오닐을 진공중에서 제거시키고 생성된 산 염화물을 90ml의 THF에 용해시키고 상기 용액을 7g의 p-시아노페놀 및 7g의 트리에틸아민이 용해된 220ml의 THF에 5°C에서 적가하고 5°C에서 4시간동안 교반한다. 감압하에서 증류하여 THF를 제거시키고 잔류물을 200ml의 디클로로메탄에 용해시키고 분액 깔대기를 이용하여 물로 3회 세척한다. 황산 나트륨에서 탈수시킨 뒤 실리카겔 컬럼 크로마토그래피("Wako Gel C200")로 그 용액을 정제한다. 증류에 의해 유출액으로부터 디클로로메탄을 제거시키고 잔류물을 70°C에서 에탄올로부터 재결정하여 약 19g의 화합물(c-2)를 수득한다.

200ml의 톨루엔에 모노메틸실록산(A) 및 디메틸실록산(B)(A/B 몰 비=1/1 ; 중합도=약 30)를 포함하는 8g의 공중합체 실리콘 및 21g의 화합물(c-2)를 용해시키고 10mg의 클로로플라틴산 헥사이드레이트를 가하고 약 80°C에서 24시간동안 그 혼합물을 반응시킨다. 증류에 의해 반응 혼합물로부터 톨루엔을 제거시키고 잔류물을 70°C에서 에탄올로 세척하고 50ml의 디클로로메탄에 용해시키고 실리카겔 컬럼을 통해 통과시켜 임의의 반응하지 않은 물질을 제거시킨다. 진공에서 가열하여 유출액으로부터 디클로로메탄을 제거시키고 측쇄에 액정기를 갖는 약 16g의 액정 화합물 C를 수득한다.

액정 화합물 C의 IR 흡수 스펙트럼 및 NMR 스펙트럼은 SiH의 흡수선이 사라진 것을 나타내며 대신 시아노기 및 카르복실기에 대한 강한 흡수선을 보여준다.

2) 액정 행동성 :

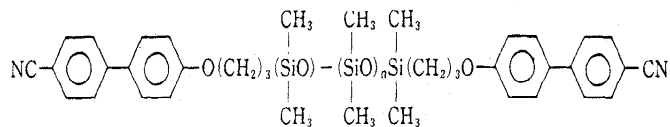
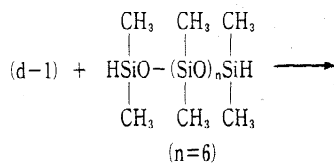
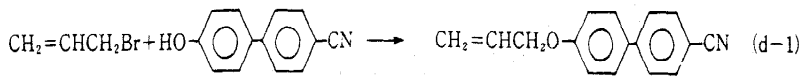
열판을 장치한 편극 현미경 및 DSC로 액정 행동을 관찰한 결과, 액정 화합물 C가 70°C 근처에서 스멕틱상을 보여주고(10 내지 20의 유전 이방성) 105°C 근처에서 등방성 상을 보여준다는 것을 확인했다.

3) 전기 점성 효과 :

85°C(스멕틱 상) 및 120°C(등방성 상)에서 측정한다.

[실시에 4]

1) 액정 화합물 D의 합성



(액정 화합물-D)

3.75g의 수산화 칼륨, 300ml의 에탄올 및 30ml의 물 혼합용액에 10.5g의 4-시아노-4'-히드록시디페닐 및 0.05g의 요오드화 칼륨을 용해시키고 6.23g의 알킬 브롬화물을 적가한다. 생성된 용액을 80°C에서 12시간동안 환류시킨다. 냉각후에 50ml의 물을 반응혼합물에 가하고 염산으로 pH를 3으로 조절한다. 그렇게 생성된 침전물을 여과에 의해 수집하고 실리카겔 컬럼 크로마토그래프("Wako Gel C20")로 정제하여 10.2g의 화합물(d-1)을 수득한다.

9.4g의 α, ω -비스(수소) 폴리디메틸실록산("TSL 9586") 및 6.1g의 화합물(d-1)을 톨루엔에 용해시키고 0.1mg의 클로로플라틴산 헥사히드레이트를 용액에 가하고 120°C에서 24시간동안 환류시킨다. 톨루엔을 제거하고 잔류물을 실리카겔 컬럼 크로마토그래피("Wako Gel C200")로 정제하여 실록산 골격의 양 말단에 액정기가 결합된 10.5g의 액정 화합물 D를 수득한다.

2) 액정 행동성 :

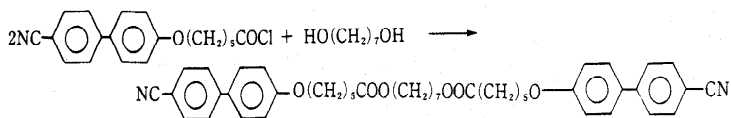
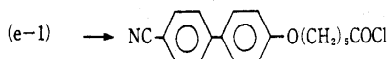
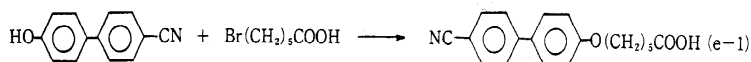
액정 화합물 D는 -10°C 내지 15°C의 온도 범위에서는 액정상을 나타내며(2 내지 10의 유전 이방성) 25°C 이상에서는 등방성 상을 나타낸다.

3) 전기 점성 효과 :

5°C에서 측정한다. 온도를 올림에 따라 발생한 강도는 점점 작아지며 25°C에서는 완전히 사라진다.

[실시에 5]

1) 액정 화합물 E의 합성



(액정 화합물 E)

8.0g의 수산화 칼륨, 200ml의 에탄올 및 60ml의 물 혼합용액에 10.5g의 4-시아노-4'-히드록시디페닐 및 0.43g의 요오드화 칼륨을 용해시키고 50ml 에탄올중의 10.6g의 6-브로모-n-카프로산 용액을 적가한다. 생성된 용액을 85°C에서 18시간동안 환류시킨다. 냉각후에 100ml의 물을 반응혼합물에 가하고 염산으로 pH를 3으로 조절한다. 그렇게 생성된 침전물을 여과에 의해 수집하고 에탄올로부터 재결정하여 8.7g의 화합물(e-1)을 수득한다. 화합물(e-1)을 염화티오닐과 반응시켜 산 염화물을 얻고 그것을 THF에 용해시킨다.

상기 용액을 1.06g의 1,7-헵타디올 및 2.12g의 트리에틸아민이 용해된 20ml의 THF에 0°C에서 적가하고 0°C에서 1시간동안 그 용액을 교반한다. THF를 제거시키고 잔류물을 디클로로메탄에 용해시키고 물로 세척하고 실리카겔 컬럼 크로마토그래피("Wako Gel C200")로 정제하여 3.3g의 액정 화합물 E를 수득한다.

2) 액정 행동성 :

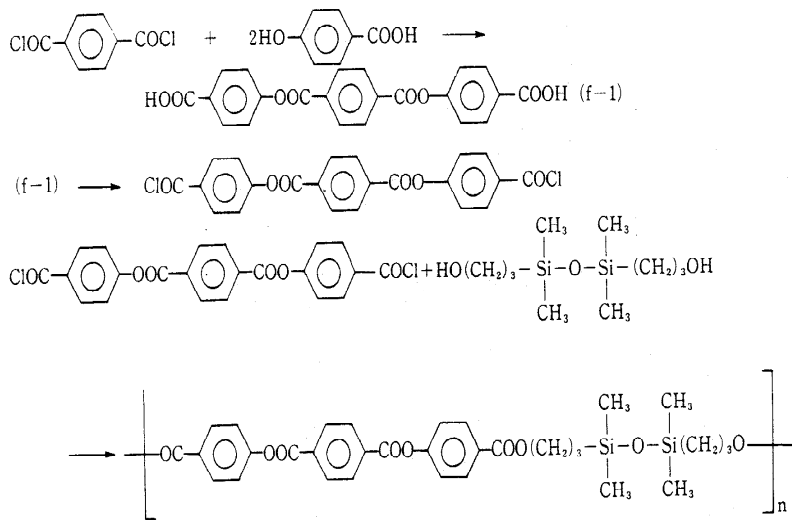
액정 화합물 E는 25℃ 내지 80℃의 온도 범위에서 액정상을 나타낸다(2 내지 10의 유전 이방성).

3) 전기 점성 효과 :

71℃에서 측정한다. 발생된 전단 응력이 71℃보다 높거나 낮은 온도에서 감소한다.

[실시예 6]

1) 액정 화합물 F의 합성 :



(액정 화합물 F)

250ml의 디에틸 에테르중의 15.9g의 테레프탈산 염화물 용액을 0℃에서 21.6g의 p-히드록시 벤조산 및 79.3g의 트리에틸아민이 용해된 4000ml의 디에틸에테르에 적가한 후에 0℃에서 1시간 교반한다.

염산으로 용액을 pH를 2로 조절하고 생성된 침전물을 여과시켜 수집하고 물로 세척, 건조하여 20.1g의 화합물(f-1)을 수득한다. 화합물(f-1)의 일부를 염화티오닐과 반응시켜 산 염화물을 제조하고 3.0g의 산 염화물을 50ml의 1,1,2,2-테트라클로로에탄(TCE)에 용해시키고 2.1g의 1,3-비스(3-히드록시프로필)-1,1,3,3-테트라메틸디실록산("LS 7400"; Shin-etsu Chemical Industry Co., Ltd 제조)과 100℃에서 질소류하에서 24시간동안 반응시킨다. 증류에 의해 TCE를 제거시키고 잔류물을 메틸렌 클로라이드에 용해시키고 분액 깔대기를 사용하여 산 성분을 제거한다. 증류에 의해 메틸렌 클로라이드를 제거시켜 단단한 점착성 물질로서 4.5g의 액정 화합물 F를 수득한다.

2) 액정 행동성 :

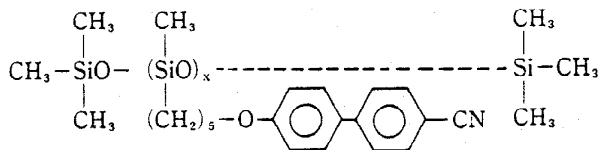
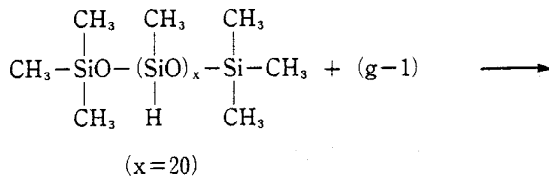
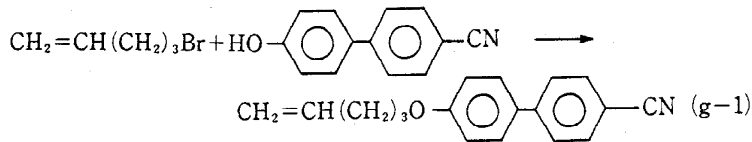
액정 화합물 F 단독으로는 실온에서 뚜렷한 액정 성질을 나타내지 않지만 0℃ 근처에서는 액정 성질을 나타낸다. 30%의 디메틸 실리콘(20cp; 이후 DMS라 약칭함)과 혼합되어 가열되면, 그 혼합물은 70℃ 내지 95℃ 온도 범위에서 뚜렷한 액정 성질을 나타낸다.

3) 전기 점성 효과 :

직류 또는 교류 전압(50Hz)을 걸어주면서 80℃로 가열된 DMS와의 상기 제조된 혼합물에 대해 측정을 실시한다.

[실시예 7]

1) 액정 화합물 G의 합성 :



(액정 화합물 G)

실시에 1의 화합물(a-1)의 합성과 같은 방식으로, 12.3g의 p-시아노비페놀 및 9.5g의 5-펜틸 브롬화물을 반응시켜 약 11g의 화합물(g-1)을 수득한다.

400ml의 톨루엔에 7.8g의 모노메틸 실리콘(중합도 : 약 20) 및 41g의 화합물(g-1)을 용해시키고 2mg의 클로로플라틴산 헥사하이드레이트를 가하고 약 80°C에서 24시간동안 그 혼합물을 반응시킨다. 증류에 의해 톨루엔을 제거시키고 잔류물을 70°C에서 에탄올로 세척한뒤 실리카겔 컬럼을 통해 통과시켜 임의의 반응하지 않은 물질을 제거시킨다. 진공에서 가열하여 디클로로메탄을 제거시켜 측쇄에 액정기를 갖는 약 40g의 액정 화합물 G를 수득한다.

액정 화합물 G의 IR 스펙트럼 및 NMR 스펙트럼은 SiH의 흡수선의 현저한 감소를 보여주며 시아노기 및 카르복실기에 대한 강한 흡수선을 보여준다.

2) 액정 행동성 :

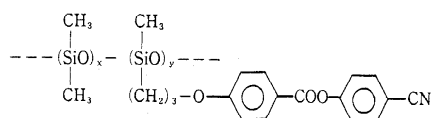
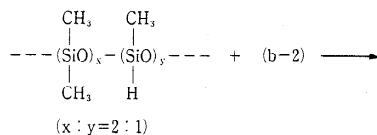
실온 내지 140°C의 온도범위에서 스멕틱상을 나타낸다.

3) 전기 점성 효과 :

90°C에서 측정한다. 액정 화합물 A와 비교하여 액정기의 함량이 높아졌음에도 불구하고 발생된 전단 응력은 감소하였다. 이것은 액정 화합물 G의 액정기의 유전 이방성이 양임에도 불구하고 액정 화합물 A의 액정기의 유전 이방성과 비교할 때 낮기 때문에 일어난 것이라 믿어진다.

[실시에 8]

1) 액정 화합물 H의 합성 :



(액정 화합물 H)

70ml의 톨루엔에 실시에 2에서와 같은 방식으로 제조된 9.8g의 화합물(b-2) 및 모노메틸실록산(A)

및 디메틸실록산(B)(A/B몰비=1/2 ; 중합도=약 30)를 포함하는 6.6g의 공중합체 실리콘 및 1mg의 클로로플라틴산 헥사히드레이트를 가하고 약 110°C에서 24시간동안 그 혼합물을 반응시킨다. 증류에 의해 톨루엔을 제거시키고 잔류물을 에탄올로 세척하고 실리카겔 컬럼을 통해 통과시켜 임의의 반응하지 않은 물질을 제거시킨다. 진공에서 가열하여 디클로로메탄을 제거시켜 측쇄에 액정기를 갖는 약 8g의 액정 화합물 H를 수득한다.

액정 화합물 H의 IR 흡수 스펙트럼 및 NMR 스펙트럼은 SiH의 흡수선의 사라짐을 보여주며 대신, 90% 이상의 SiH가 액정기로 대체되었음을 나타내는 시아노기 및 카르복실기의 강한 흡수선을 보여준다.

2) 액정 행동성 :

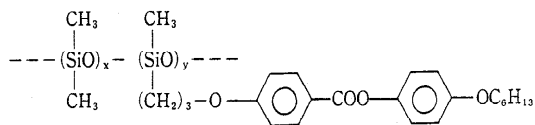
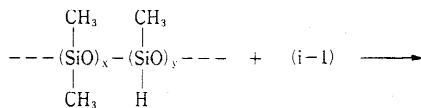
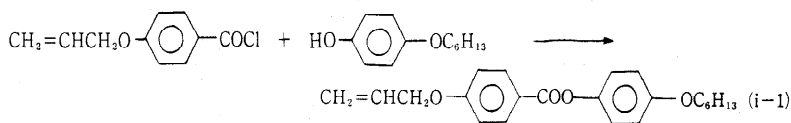
액정 화합물 H는 약 80°C 이하의 온도에서 네마틱 상을 나타내며(10 내지 20의 유전 이방성) 90°C 이상의 온도에서는 등방성 상을 나타낸다. 액정 화합물 H를 50%의 DMS(20cp) 또는 테트라메틸테트라페닐 실록산(TPS ; 40cp)과 혼합시켜 가열하면, 후자의 혼합물이 액정 성질을 잃어버리는 반면 전자의 혼합물은 액정 성질을 유지한다.

3) 전기 점성 효과 :

DMS 또는 TPS를 함유하는 상기 제조된 두 혼합물에 대해 측정이 이루어진다.

[실시에 9]

1) 액정 화합물 I의 합성 :



(액정 화합물 I)

실시에 2에서와 같은 방식으로 합성된 화합물(b-1)(12.5g)을 염화 티오닐로 산 염화물로 변화시키고 그 산 염화물과 13.6g의 p-헥실 옥시페놀을 THF속에서 실시에 2에서와 동일한 방식으로 반응시켜 약 20g의 화합물(i-1)을 수득한다.

실시에 2에서와 같은 방식으로 65ml의 톨루엔에 모노메틸실록산(A) 및 디메틸실록산(B)(A/B 몰비=1/2 ; 중합도=약 30)를 포함하는 6.3g의 공중합체 실리콘 및 10.6g의 화합물(i-1)을 용해시키고 1mg의 클로로플라틴산 헥사히드레이트를 가하고 약 110°C에서 24시간동안 그 혼합물을 반응시킨다. 증류에 의해 톨루엔을 제거시키고 잔류물을 에탄올로 세척하고 실리카겔 컬럼을 통해 통과시켜 임의의 반응하지 않은 물질을 제거시킨다. 진공에서 가열하여 디클로로메탄을 제거시키고 측쇄에 액정기를 갖는 약 12g의 액정 화합물 I를 수득한다.

액정 화합물 I의 흡수 스펙트럼 및 NMR 스펙트럼은 SiH의 흡수선의 사라짐을 보여주며 대신, 95% 이상의 SiH가 액정기로 대체되었음을 나타내는 카르복실기의 강한 흡수선을 보여준다.

2) 액정 행동성 :

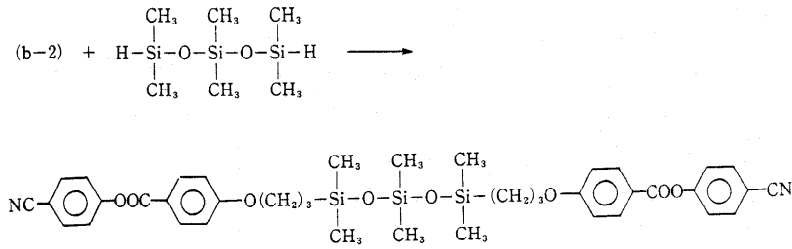
액정 화합물 I는 약 70°C 이하의 온도에서 액정 성질을 나타내며(-5 내지 0의 유전 이방성) 80°C 이상의 온도에서 등방성 상을 나타낸다.

3) 전기 점성 효과 :

액정 화합물 I 및 50%의 DMS(20cp)의 가열된 혼합물에 대해 측정이 이루어진다. 발생된 전단 응력 및 반응속도가 실시에 8에서 수득한 액정 화합물 H와 DMS의 혼합물보다 낮음을 발견하였다.

[실시에 10]

1) 액정 화합물 J의 합성 :



(액정 화합물 J)

4.8g의 1,1,3,3,5,5-헥사메틸-1,5-디히드로트리실록산(“H7322” ; Chisso Corporation 제조) 및 실시예 2에서와 같은 방식으로 수득한 12.8g의 화합물(b-2)를 톨루엔에 용해시키고 0.1mg의 클로로플라틴산 헥사히드레이트를 가한다. 혼합물을 120℃에서 24시간동안 환류시킨다. 톨루엔을 제거시키고 잔류물을 디클로로메탄에 용해시키고 실리카겔 컬럼 크로마토그래피(“Wako Gel C200”)로 정제하여 실록산 골격의 양 말단에 액정기를 갖는 5.8g의 액정 화합물 J를 수득한다.

2) 액정 행동성 :

액정 화합물 J는 65℃ 이하의 온도에서 액정 성질을 나타내며 70℃ 이상의 온도에서 등방성 상을 나타낸다.

3) 전기 점성 효과 :

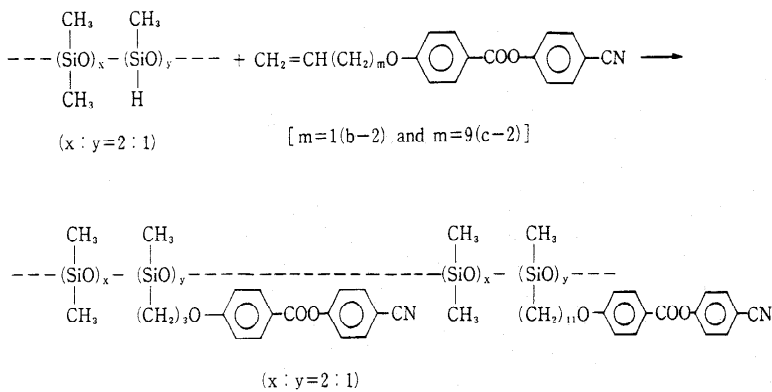
50℃ 및 70℃에서 액정 화합물 J 단독 및 30%의 DMS(20cp)와의 혼합물에 대해 측정한다.

[실시예 11]

양의 유전 이방성(10 내지 20)을 나타내는 액정기를 갖는 실시예 8의 액정 화합물 H와 음의 유전 이방성(-5 내지 0)을 나타내는 액정기를 갖는 실시예 9의 액정 화합물 I와의 동량의 혼합물을 충분히 교반하면서 100℃에서 가열한다. 75℃에서 각 액정 화합물이 단독으로는 네마틱 상을 나타내는 반면 혼합물은 스멕틱 상을 나타낸다.

[실시예 12]

1) 액정 화합물 K의 합성 :



(액정 화합물 K)

300ml의 톨루엔에 1.5g의 실시예 2에서 수득한 화합물(b-2), 2.1g의 실시예 3에서 수득한 화합물(c-2) 및 모노메틸실록산(A) 및 디메틸실록산(B)(A/B 몰비=1/2 ; 중합도=약 30)를 포함하는 2.0g의 공중합체 실리콘을 용해시키고 1mg의 디시클로펜타디에닐플라티늄(II) 염화물을 가하고 약 110℃에서 24시간동안 그 혼합물을 반응시킨다. 증류에 의해 톨루엔을 제거시키고 잔류물을 에탄올로 세척하고 50ml의 디클로로메탄에 용해시키고 실리카겔 컬럼을 통해 통과시켜 임의의 반응하지 않은 물질을 제거시킨다. 진공에서 가열하여 유출액으로부터 디클로로메탄을 제거시키고 측쇄에 액정기를 갖는 약 4g의 액정 화합물 K를 수득한다.

2) 액정 행동성 :

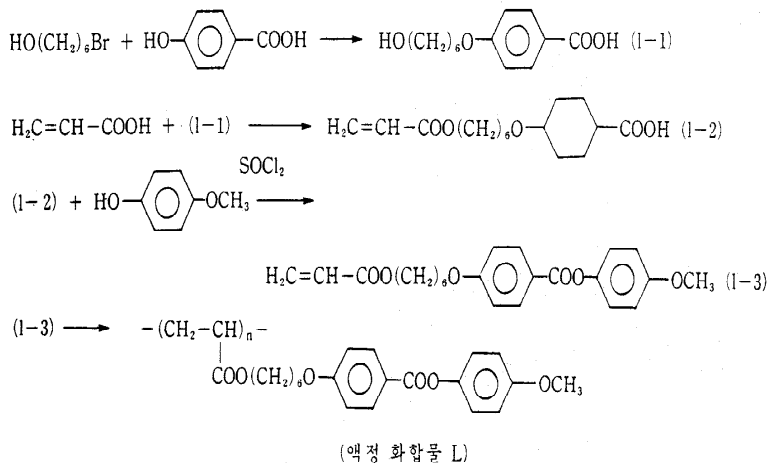
25℃ 내지 130℃의 온도범위에서 액정 성질이 관찰된다.(10 내지 20의 유전 이방성).

3) 전기 점성 효과 :

표 1에 나타낸 결과가 90℃에서 측정된 것인 반면 액정 화합물 K는 액정 화합물 C 또는 H와 비교할 때 60℃ 내지 100℃의 더 넓은 온도 범위에서 높은 전기 점성 효과를 나타낸다.

[실시예 13]

1) 액정 화합물 L의 합성 :



실시에 10에서와 같은 방식으로, 18.3g의 6-브로모헥실 알코올 및 14.0g의 p-히드록시벤조산을 수산화칼륨 존재하에서 반응시켜 16g의 화합물(1-1)을 수득한다.

12g의 화합물(1-1), 30ml의 아크릴산, 2g의 p-톨루엔술폰산 및 2g의 히드로퀴논을 30ml의 클로로포름에 용해시키고 그 용액을 딘-스타크(Dean-Stark) 장치에서 24시간동안 환류시킨다. 물로 세척한 후, 클로로포름을 증류에 의해 제거시키고 잔류물을 재결정하여 약 9g의 화합물(1-2)을 수득한다. 그 후, 실시에 10에서와 같은 방식으로 염화티오닐을 이용하여 8.1g의 화합물(1-2)을 그의 산 염화물로 변화시키고 그 산 염화물을 THF에서 3.0g의 p-메톡시페닐과 반응시켜 9.5g의 화합물(1-3)을 수득한다.

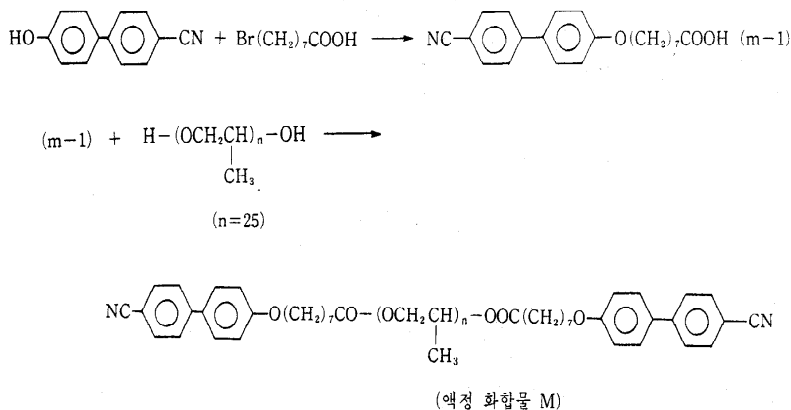
100ml의 톨루엔에 9.0g의 화합물(1-3) 및 중합 개시제로서 0.15g의 아조비스이소부티로니트릴(AIBN)을 용해시켜 60°C에서 6시간동안 중합을 수행한다. 냉각시킨후, 5°C에서 반응 혼합물을 디에틸 에테르에 적가하여 침전시킨다. 수집된 고체를 재-침전에 의해 더 정제하여 평균 중합도 30을 갖는 아크릴레이트 중합체를 함유하는 7.5g의 액정 화합물 L(아크릴 분자 사슬의 Tg=3°C)을 수득한다.

2) 액정 행동성 :

액정 화합물 L은 실온에서 90°C 이하의 온도 범위 내에서는 스멕틱상을 나타내며(10 내지 20의 유전 이방성) 110°C에서는 등방성 상을 나타낸다.

[실시에 14]

1) 액정 화합물 M의 합성 :



10.5g의 수산화 칼륨, 260ml의 에탄올 및 80ml의 물 혼합용액에 13.3g의 4-시아노-4'-히드록시디페닐 및 0.56g의 요오드화 칼륨을 용해시키고 75ml의 에탄올중의 16.0g의 8-브로모옥탄산 용액을 적가한다. 생성된 용액을 85°C에서 18시간동안 환류시키고 냉각시킨다. 130ml의 물을 반응혼합물에 가하고 염산으로 pH를 3으로 조절한다.

그렇게 생성된 침전물을 여과에 의해 수집하고 에탄올로부터 재결정하여 12.0g의 화합물(m-1)을 수득한다.

400ml의 톨루엔에 3.1g의 화합물(m-1) 및 10.3g의 폴리폴리필렌글리콜(PPG, 평균 분자량 : 1500, Tg=-10°C)을 가하고 생성된 물을 제거하면서 혼합물을 130°C에서 46시간동안 환류시킨다. 톨루엔을 제거하면서 잔류물을 메틸렌 클로라이드에 용해시키고 포화된 탄산수소나트륨 수용액으로 중화시켜 물로 완전히 세척하고 농축시킨다. 농축물을 디클로로메탄에 용해시켜 실리카겔 컬럼 크로마토그래피("Wako Gel G200")로 정제하여 약 7g의 액정 화합물 M을 수득한다.

2) 액정 행동성 :

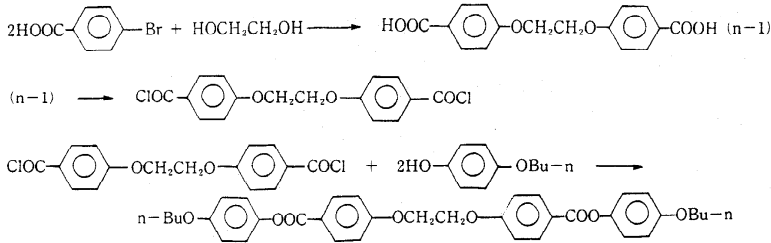
35℃ 이하의 온도에서 약한 액정 성질이 관찰된다(2 내지 10의 유전 이방성).

3) 전기 점성 효과 :

15℃에서 측정한다.

[실시에 15]

1) 액정 화합물 N의 합성 :



(액정 화합물 N)

15.5g의 수산화 칼륨, 200ml의 에탄올 및 50ml의 물 혼합용액에 6.5g의 에틸렌 글리콜(Tg=-50℃) 및 0.63g의 요오드화 칼륨을 용해시키고 150ml의 에탄올중의 42.1g의 p-브로모벤조산 용액을 적가한다. 생성된 용액을 85℃에서 20시간동안 환류시킨다. 냉각후에 150ml의 물을 반응혼합물에 가하고 염산으로 pH를 3으로 조절한다.

그렇게 생성된 침전물을 여과에 의해 수집하고 에탄올로부터 재결정하여 21.9g의 화합물(n-1)을 수득한다.

화합물(n-1)을 염화 티오닐로 그의 산 염화물로 변화시킨다.

100ml의 THF에 18.2g의 생성된 산 염화물을 용해시키고 상기 용액을 17.9g의 p-부톡시페놀 및 14.2g의 트레틸아민이 용해된 120ml의 THF에 0℃에서 1시간동안 교반한다. THF를 제거시키고 잔류물을 디클로로메탄에 용해시키고 물로 세척하고 실리카겔 컬럼 크로마토그래피("Wako Gel C200")로 정제하여 27.3g의 액정화합물 N을 수득한다.

2) 액정 행동성 :

110℃ 내지 130℃의 온도 범위에서 액정 성질이 관찰된다(-5 내지 0의 유전 이방성).

3) 전기 점성 효과 :

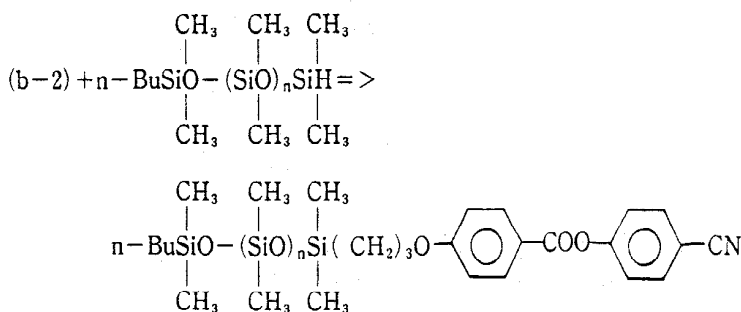
120℃에서 측정한다. 높은 전압이 가해졌을때 전류가 높이 증가하고 2kV/mm의 전압에서 측정이 안정하게 이루어질 수 없다.

[실시에 16]

실시에 3의 액정 화합물 C와 실시에 8의 액정 화합물 H의 동량의 혼합물을 100℃에서 교반하며 가열하고 90℃에서 전기점성 효과를 측정한다. 60℃ 내지 90℃의 온도범위에서 스팅크 상이 관찰된다.

[비교예 1]

1) 액정 화합물 R의 합성 :



(액정 화합물 R)

한쪽 말단에 SiH를 갖는 10.5g의 실록산("WC96-A5496" ; Toshiba Silicone K. K. 제조) 및 실시에 2에서와 같은 방식으로 제조된 3.7g의 화합물(b-2)의 톨루엔 용액에 0.3mg의 클로로플라틴산 핵사히드레이트를 가하고, 그 혼합물을 120℃에서 20시간동안 환류시킨다. 반응 혼합물로부터 톨루엔을 제

거시키고 잔류물을 실리카겔 컬럼 크로마토그래피(“Wako Gel C200”)로 정제하여 실록산 말단에 액정기를 갖는 4.9g의 액정 화합물 R을 수득한다.

2) 액정 행동성 :

0℃ 이상의 온도에서 아무런 액정 성질도 나타나지 않는다.

3) 전기 점성 효과 :

임의의 온도에서 아무런 전지 점성효과도 관찰되지 않는다.

[실시예 17]

실시예 1의 액정 화합물 A와 이후 기술된 비교예 1의 액정 화합물 R의 동량 혼합물을 100℃에서 교반하면서 가열하고 난뒤 80℃에서 전기 점성 효과를 측정한다. 액정 화합물 R과 혼합시킴으로써 기초 점성은 매우 감소하며 반응 속도는 크게 향상된다.

[실시예 18]

실시예 1의 액정 화합물 A 및 실시예 2의 액정 화합물 B를 각각 30%의 DMS(20cp)와 혼합하고, 혼합물을 교반하면서 100℃로 가열한다. 전자에 대해서는 70℃에서, 후자에 대해서는 25℃에서 전기 점성 효과를 측정한다. 각 경우에 있어서 낮은 전압에서 큰 강도가 발생되었으며 반응속도는 매우 향상되었다.

[표 1]

전기 점성 효과

실시예 번호	액정 화합물	측정 온도(℃)	발생된 전단 응력(Pa)			전류($\mu A/cm^2$)			비 고
			가한 전압(kV/mm)			가한전압(kV/mm)			
			0.5	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	
1	A	85	310	930	1760	0.1	0.2	0.4	스펙턱상
	A	120	0	0	0	0.2	0.4	0.8	(비교)등방성상
2	B	25	410	790	1410	0.1	0.3	0.6	스펙턱상
	B	80	0	0	0	1.6	5.3	15	(비교)등방성상
3	C	85	430	1800	3120	0.2	0.5	1.9	스펙턱상
	C	120	0	0	0	0.5	0.9	2.3	(비교)등방성상
4	D	5	210	530	1020	0.1	0.1	0.2	
	D	25	0	0	0	0.4	0.9	2.8	(비교)등방성상
5	E	71	60	180	440	1.8	5.7	12	
6	F	80	1160	2040	2220	0.8	2.7	4.6	적류전압을 걸어줌 : DMS 혼합됨
	F	80	640	1020	1630	3.5	6.9	9.8	표류전압을 걸어줌 : DMS 혼합됨
7	G	90	320	680	1740	0.8	2.1	4.0	
8	H	70	1230	2320	3150	0.3	0.6	1.3	DMS 혼합됨
	H	70	30	110	120	0.2	0.5	0.9	(비교)TPS 혼합됨 액정상 손실됨
9	I	65	160	360	610	0.2	0.7	1.2	DMS 혼합됨
	I	95	0	0	0	0.6	1.9	3.0	(비교)DMS 혼합됨 : 등방성상
10	J	50	530	1150	1400	0.2	0.8	1.2	
	J	70	290	730	1050	0.3	1.1	1.9	
	J	50	840	2140	2430	0.1	0.3	0.6	DMS 혼합됨
	J	70	960	1800	2070	0.2	0.6	1.1	DMS 혼합됨
11	H+I	75	630	1370	2400	0.4	1.2	1.8	
12	K	90	380	1070	1280	0.1	0.2	0.4	
13	L	85	270	680	860	1.4	4.0	5.8	
14	M	15	60	510	-	8	30	-	
15	N	120	90	380	-	20	70	-	
16	C+H	90	520	1100	1920	0.8	2.0	3.1	
17	A+R	80	720	1530	2060	0.1	0.3	0.5	
18	A	70	1640	2820	3440	0.1	0.2	0.6	DMS 혼합됨
	B	25	1290	2200	2810	0.1	0.3	0.4	DMS 혼합됨
25	O	50	1400	2520	3510	0.3	0.5	1.0	DMS 혼합됨
	O	100	1280	2340	2700	0.8	2.0	4.5	DMS 혼합됨
비교 실시예 1	R	5	0	0	0	0.1	0.2	0.5	
	R	15	0	0	0	0.1	0.4	0.7	
	R	40	0	0	0	0.2	0.5	0.9	

본 발명의 이액성 액정을 하기 실시예 19~23에 기술하였다.

[실시예 19]

폴리(γ -벤질-L-글루타메이트)(Polysciences, Inc, 제품 ; 분자량 150,000 내지 300,000 ; 이후 PBLG로 약술)를 25%의 농도로 1,4-디옥산을 용해시킨다. 용액을 셀에 넣어 밀봉하고 20℃의 온도,

400sec⁻¹의 전단 속도 및 0 내지 2kV/mm의 가한 전압(DC)에서 전기 점성 효과를 측정한다. 수득한 결과를 표 2에 나타내었다. 용액이 적은 동력에서도 만족할 만한 전기 점성 효과를 나타냄을 알 수 있다. 더우기, 그 용액을 한쌍의 편광판 사이에 넣는다. 90℃에서의 한 편광판의 비틀림에 따른 빛 전달의 변화가 용액이 명백한 액정상을 나타냄을 증명한다. 용액은 10⁹ Ωcm 이상의 전기 저항을 갖는다.

[표 2]

	가한 전압(kV/mm)		
	0.5	1.0	2.0
발생된 전단 응력(Pa)	490	940	1220
전류(μA/cm ²)	0.3	0.9	2.3

[실시예 20]

PBLG를 25%의 농도로 디클로로메탄에 용해시키고 실시예 19에서와 동일한 조건하에서 용액의 전기 점성 효과를 측정한다. 표 3에 나타낸 결과는 동일한 전압을 가했을때 이 용액이 실시예 19의 용액보다 더큰 점성 변화를 나타냄을 보여준다. 실시예 19에서, 가해지는 전압이 증가함에 따라 발생된 응력이 단순히 증가하는 반면, 실시예 20의 용액은 약 0.4kV/mm 이하의 낮은 전압 범위에서 가해지는 전압이 증가됨에 따라 점성이 감소되는 현상을 보여준다. 더우기, 용액이 실시예 19에서와 같은 방식으로 관찰된 명백한 액정상을 나타냄을 확인했다. 그 용액은 10⁹ Ωcm 이상의 전기 저항을 갖는다.

[표 3]

	가한 전압(kV/mm)		
	0.4	0.5	1.0
발생된 전단 응력(Pa)	Δ250	560	1070
전류(μA/cm ²)	3.3	4.9	14.2

[실시예 21]

시아노에틸 셀룰로오스(Tokyo Kasei K. K. 제조 ; 시아노에틸화 비율 47%)를 디클로로메탄에 20%의 농도로 용해시킨다. 그 용액이 실시예 19에서와 동일한 방식으로 관찰된 명백한 액정상을 나타냄을 확인하였다. 그 용액은 2×10⁸ Ωcm의 전기 저항을 갖는다. 용액을 셀에 넣어 밀봉하고 20℃의 온도, 400sec⁻¹의 전단 응력 및 0.5kV/mm 이상의 가한 전압(DC)에서 전기 점성 효과를 측정한다. 그러나 많은 전류가 갑자기 통과하기 때문에 측정이 안정되게 이루어질 수는 없다.

[실시예 22]

액정 화합물 A 및 30부피%의 DMS(20cp)를 혼합시키고 100℃에서 가열시켜 제조된 혼합물과 실시예 1의 액정 화합물 A 단독의 각각에 대해 전기 점성 효과에 대한 가한 전압(DC) 및 전단 응력의 영향을 시험한다. 수득한 결과를 제2도 및 제3도에 나타내었다. 도면에서, 굵은 실선 및 점선은 각각 액정 화합물 A 단독 및 액정 화합물 A/DMS 혼합물을 나타낸다.

[실시예 23]

20 내지 80μm의 크기 분포를 갖는 교차결합된 스티렌 중합체 구형입자 1%와 실시예 3의 액정 화합물 C를 혼합한다. 생성된 분산액을 100μm의 전극 간격을 갖는 디스크 사이에 위치시키고 85℃의 온도 및 200sec⁻¹의 전단 속도에서 전기 점성 효과를 측정한다. 수득된 결과를 제4도에 나타내었다(굵은 실선). 비교로, 500μm의 전극 간격을 갖는 디스크를 이용하여 200sec⁻¹의 전단 응력에서 액정 화합물 C만의 전기 점성 효과를 측정하고 결과를 또한 제4도에 나타내었다(점선). 제4도로부터 전기장 강도(electrical field intensity)의 의존도가 전극 간격이 100μm 또는 500μm일때 모두 같음을 알 수 있다.

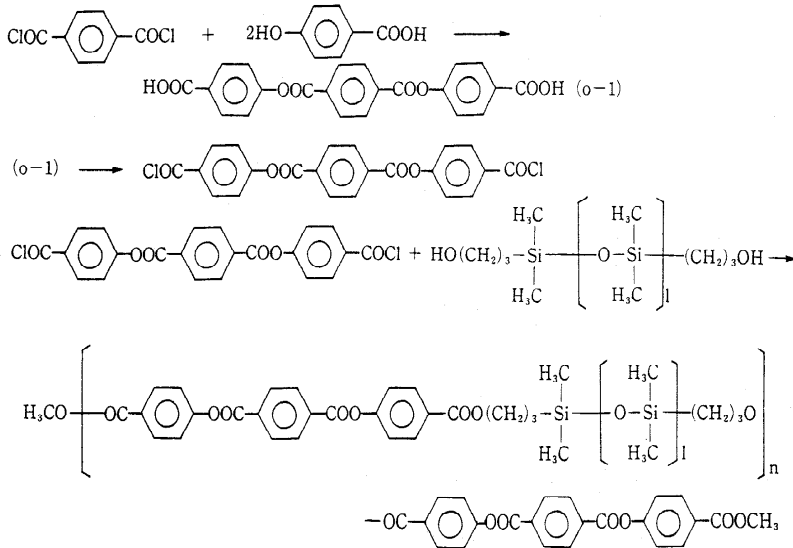
100μm의 전극 간격을 갖는 디스크들 사이에 스티렌 중합체 입자를 함유하지 않는 후자의 용액이 위치할때, 하부 디스크의 회전 진동을 발생시키는 전극의 접촉 때문에 전기 점성 효과의 측정이 이루어질 수 없다.

[실시예 24]

실시예 8의 액정 화합물 H를 30%의 DMS(20cp)와 혼합한다. 1.0kV/mm(효과적인 전압)의 직류 전압, 교류 전압(50Hz) 또는 맥동 직류전압(duty ratio=1 : 1, 50Hz)을 80℃에서 용액에 걸어주어 전기 점성 효과의 내구성을 시험한다. 결과로, 교류 전압에서 관찰된 발생된 전단 응력(1600Pa) 및 맥동 직류 전압에서 관찰된 발생된 전단 응력(2030Pa)보다 높은 2260Pa의 발생된 전단 응력을 직류에서 초기단계에 나타내지만 시간이 지남에 따라 초기 수준의 약 40%로 감소한다. 반면, 교류 전압에서 수득된 발생된 전단 응력은 전압을 걸어준 초기에는 낮지만(직류 전압으로 수득한 초기 수준의 70%보다 약간 낮다) 심지어 3일 뒤에도 초기 수준과 같은 수준에서 실제로 유지된다. 맥동 전압의 경우에, 발생된 전단 응력에서의 시간에 따른 감소가 직류 전압을 가했을때 관찰된 것보다는 적으며 전단 응력은 초기수준의 약 30%의 수준에서 유지된다.

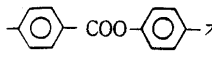
[실시예 25]

1) 액정 화합물 0의 합성 :



21.6g의 p-히드록시벤조산 및 79g의 트리에틸아민이 용해된 400ml의 디메틸 에테르에 250ml의 디에틸 에테르중의 15.9g의 테레프탈산 디클로라이드 용액을 빙냉하에서 적가하고 1시간동안 교반시킨다. 염산으로 용액의 pH를 3으로 조절하고 형성된 침전물을 여과에 의해 수집하여 물로 세척하고 건조시켜 20.1g의 화합물 (o-1)을 수득한다.

화합물(o-1)의 IR 흡수 스펙트럼은 1245cm^{-1} 의 -OH기 흡수선이 사라지고 1733cm^{-1} 의

 흡수선이 인지됨을 보여준다.

10.3g의 화합물(o-1)에 80g의 염화 티오닐 및 몇 방울의 디메틸포름아미드를 가하고 70°C 에서 1시간 동안 교반한다. 진공중에서 여분의 염화 티오닐을 제거시켜 11.2g의 산 염화물을 제조한다.

4.64g의 산 염화물 및 4.19g의 양 말단에서 알콜-변형된 실리콘 오일(F-235-80 ; Nihon Yunika K. K. 제조)을 50ml의 1,1,2,2-테트라클로로에탄(TCE)에 용해시키고 100°C 에서 질소류하에 24시간동안 교반시킨다. 용액을 농축시킨뒤 증류에 의해 TCE를 제거시키고, 잔류물을 150ml의 메틸렌 클로라이드에 용해시키고 중탄산나트륨 포화용액으로 중화시킨다. 염산으로 생성된 용액의 pH를 3으로 조절하고 물로 세척하여 물층의 pH를 7에 이르도록하여 디아조메탄으로 말단을 비활성화시키고 농축시켜 8g의 액정 화합물 0를 수득한다.

2) 액정 활동성 :

액정 화합물 0는 실온 내지 95°C 범위의 온도에서 액정 성질을 나타낸다,

3) 전기 점성 효과 :

액정 화합물 0가 실온에서 높은 기초 점성을 갖기 때문에 50°C 및 100°C 에서 50% DMS(20cp)와 액정 화합물 0의 혼합물에 대해 측정한다.

본 발명의 바람직한 구현예의 전술한 기술내용은 설명 및 묘사를 목적으로 제공된 것이다. 그것은 발명을 개요된 정확한 형태로 한정하기 위한 것은 아니며 상기 교지의 견지에서 수정 및 변화가 가능하며 본 발명의 실시로부터 얻어질 수 있다. 당업계의 기술자가 숙고된 특별한 용도에 알맞는 각종 구현예 및 각종 수정을 가해 본 발명을 이용하는 것이 가능한 실제적인 적용 및 원리를 설명하기 위해 구현예들이 선택되어지고 기술되어진다.

본 발명이 그의 특별한 예를 참고로 상세히 기술된 반면 본 발명의 범위 및 핵심으로부터 벗어나지 않고 각종 변화 및 수정이 가해질 수 있는 것이 당업계의 기술자에게는 명백할 것이고 청구범위 및 그와 동등한 것에 의해 본 발명의 범위가 규정되도록 의도되었다.

(57) 청구의 범위**청구항 1**

용질 및 용매를 포함하는 이액성 액정 화합물에 전단 속도하에서 전압을 걸어주는 것으로 구성되는 상기 이액성 액정 화합물 유체의 점도를 변화시키는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 이액성 액정이 $10^9 \Omega\text{cm}$ 이상의 전기 저항을 갖는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 이액성 액정의 용질이 10,000이상의 분자량을 갖는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 이액성 액정이 $10^9 \Omega \text{cm}$ 이상의 전기 저항을 가지며 상기 이액성 액정의 용질은 10,000이상의 분자량을 갖는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 이액성 액정의 용매가 $10^9 \Omega \text{cm}$ 이상의 전기 저항을 갖는 방법.

청구항 6

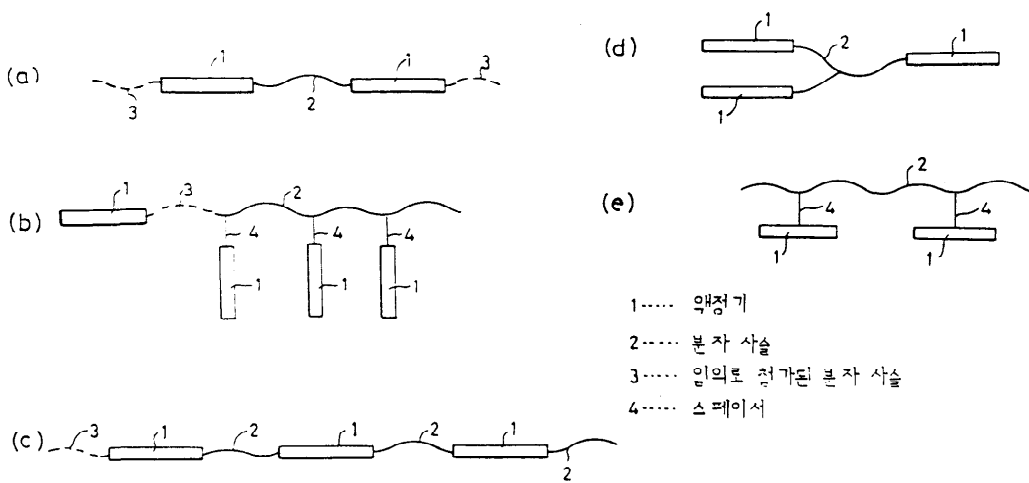
제1항에 있어서, 상기 유체가 1 내지 $100 \mu\text{m}$ 의 입자 크기를 갖는 절연 구형 입자를 0.01 내지 10부피%로 함유하는 방법.

청구항 7

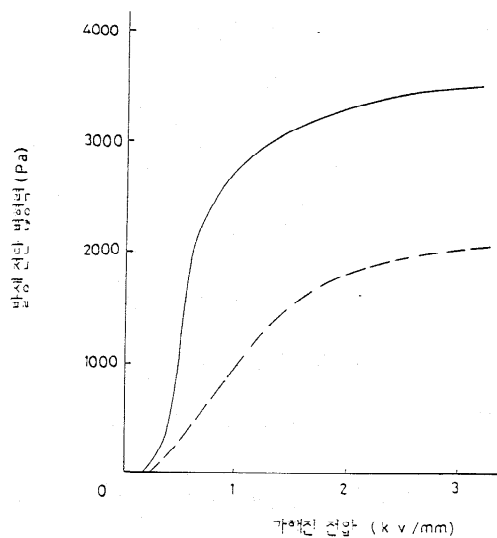
전극 및 전극사이에 위치하는 용질 및 용매를 포함하며 $10^9 \Omega \text{cm}$ 이상의 전기 저항을 갖는 이액성 액정의 유체로 구성되는 작동기.

도면

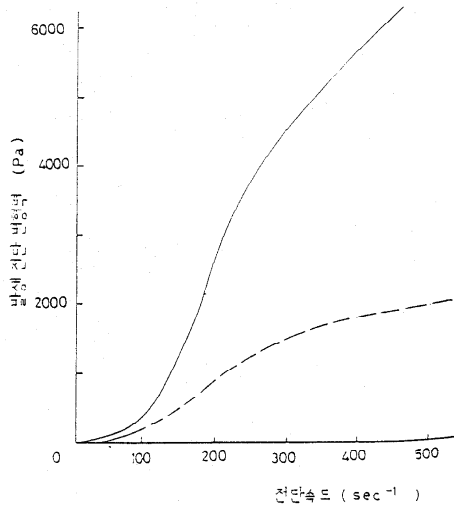
도면1



도면2



도면3



도면4

