(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0056577
(43) 공개일자 2022년05월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H01M 10/0567* (2010.01) *H01M 10/052* (2010.01)
*H01M 4/505* (2010.01) *H01M 4/525* (2010.01)
(52) CPC특허분류
*H01M 10/0567* (2013.01)
*H01M 10/052* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0141277
(22) 출원일자 2020년10월28일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
**현대자동차주식회사**
서울특별시 서초구 헌릉로 12 (양재동)
**기아 주식회사**
서울특별시 서초구 헌릉로 12 (양재동)
**울산과학기술원**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
**이윤성**
경기도 수원시 권선구 동수원로145번길 23, 413동 1103호 (수원아이파크시티4단지)
**오승민**
인천광역시 연수구 신송로118번길 6, 113동 203호 (송도풍림아이원1단지아파트)
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**특허법인 신세기**

전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **리튬 이차전지용 전해액 및 이를 포함하는 리튬 이차전지**

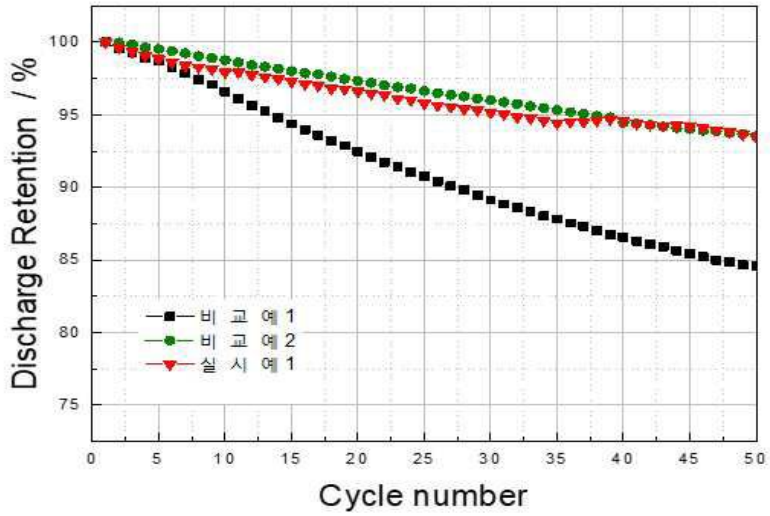
## (57) 요 약

본 발명은 리튬 이차전지의 수명특성을 향상시킬 수 있는 리튬 이차전지용 전해액 및 이를 포함하는 리튬 이차전지에 관한 것이다.

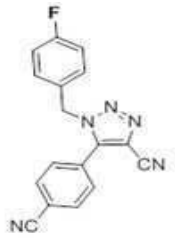
본 발명의 일 실시형태에 따른 리튬 이차전지용 전해액은 리튬염, 용매 및 음극 첨가제로 이루어지는 리튬 이차

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



전지용 전해액으로서, 상기 음극첨가제는 하기의 [식 1]로 표현되는 5-(4-cyanophenyl)-1-(4-fluorobenzyl)-1H-1,2,3-triazole-4-carbonitrile를 포함하는 것을 특징으로 한다.



.....[식 1]

(52) CPC특허분류
*H01M 4/505* (2013.01)
*H01M 4/525* (2013.01)

(72) 발명자
**반성호**
경기도 화성시 동탄문화센터로 38, 418동 1703호 (솔빛마을 서해그랑블아파트)
**김고은**
충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 만수길 31-5, 301호
**이준기**
경기도 수원시 팔달구 덕영대로697번길 47, 305동 1704호 (화서3단지주공아파트)
**진우영**
부산광역시 수영구 광서로 54, 103동 608호 (상아아파트)
**곽상규**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
**최남순**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
**홍성유**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
**김우겸**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
**황대연**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
**문현규**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

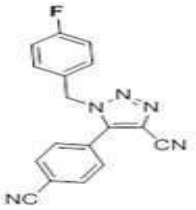
# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

전해질염 및 유기용매를 포함하는 리튬 이차전지용 전해액으로서,

상기 전해액은 하기 식 1로 나타내는 5-(4-cyanophenyl)-1-(4-fluorobenzyl)-1H-1,2,3-triazole-4-carbonitrile 를 첨가제로 더 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬 이차전지용 전해액;



.....[식 1]

### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 식 1로 나타내는 화합물은 전해액 전체 중량을 기준으로 1.5wt% 이하로 포함되는 것을 특징으로 하는 리튬 이차전지용 전해액.

### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 식 1로 나타내는 화합물은 전해액 전체 중량을 기준으로 0.5wt% 이상 1.0wt% 이하로 포함되는 것을 특징으로 하는 리튬 이차전지용 전해액.

### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 전해액은 첨가제로 VC(vinyl cholride)를 전해액 전체 중량을 기준으로 0.5wt% 이상 3.0wt% 이하로 더 포함하는 것을 특징으로 하는리튬 이차전지용 전해액.

### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 전해질염은 $LiPF_6$, $LiBF_4$, $LiClO_4$, LiCl, LiBr, LiI, $LiB_{10}Cl_{10}$, $LiCF_3SO_3$, $LiCF_3CO_2$, $LiAsF_6$, $LiSbF_6$, $LiAlCl_4$, $CH_3SO_3Li$, $CF_3SO_3Li$, $LiN(SO_2C_2F_5)_2$, $Li(CF_3SO_2)_2N$, $LiC_4F_9SO_3$, $LiB(C_6H_5)_4$, $Li(SO_2F)_2N$ (LiFSI) 및 $(CF_3SO_2)_2NLi$ 로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 또는 이들 중 2종 이상이 혼합된 것을 특징으로 하는 리튬 이차전지용 전해액

### 청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 유기용매는 카보네이트계, 에스테르계 용매, 에테르계 용매, 케톤계 용매로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 또는 이들 중 2종 이상이 혼합된 것을 특징으로 포함하는 리튬 이차전지용 전해액.

**청구항 7**

청구항 1의 전해액을 포함하는 리튬 이차전지.

**청구항 8**

청구항 7에 있어서,

Ni, Co 및 Mn으로 이루어진 양극활물질을 포함하는 양극;

탄소(C)계 음극활물질을 포함하는 음극;

상기 양극과 음극 사이에 개재되는 분리막을 더 포함하는 리튬 이차전지.

**청구항 9**

청구항 8에 있어서,

상기 리튬 이차전지는

방전종지전압은 2.5V, 충전종지전압은 4.2V로 하며,

충전, 방전시 온도는 45℃ 이며 C-rate 는 1C 인 조건에서,

50 사이클 후 측정한 방전 유지율이 84.6% 이상인 것을 특징으로 하는 리튬 이차전지.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 리튬 이차전지의 고온수명을 증가시키는 리튬 이차전지용 전해액 및 이를 포함하는 리튬 이차전지에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0003] 리튬 이차전지는 스마트폰, 노트북, 하이브리드 자동차 혹은 전기자동차의 전력 공급원으로 사용된다. 리튬 이차전지는 재충전이 가능하며, 기존의 납전지, 니켈수소전지 등과 비교하여 에너지 밀도가 높고, 높은 출력, 고속으로 충전이 가능하다는 장점이 있다.

[0004] 리튬 이차전지는 충전 시 리튬을 제공하는 양극, 리튬을 받아들이는 음극, 리튬이온 전달통로인 전해질, 양극과 음극을 분리하여 접촉을 막는 분리막으로 구성된다. 리튬 이차전지는 음극에 저장된 리튬이온이 디인터칼레이션(deintercalation) 되어 양극에 인터칼레이션(intercalation)될 때 화학전위의 변화에 의하여 전기 에너지를 생성한다.

[0005] 리튬 이차전지는 충전과 방전을 반복하게 되면 리튬이온의 인터칼레이션/디칼레이션에 따라 양극, 음극의 구조가 초기상태와 달라져 전지의 용량 및 출력이 감소하게 된다. 따라서 양극과 음극을 보호하여 전지의 수명을 증대하고 출력 감소를 줄이는 것이 업계가 당면한 주요한 과제이다.

[0006] 리튬 이차전지의 초기 충전 시 음극/양극과 전해액 사이에서 전하가 과량 사용되는 비가역 반응이 진행되고, 비가역 반응에 의해 음극표면에는 고체전해질막(Solid Electrolyte Interface; SEI)이 형성되고, 양극표면에는 양극보호막이 형성된다. 상기 막들은 리튬이온의 터널이 되는 동시에 음극,양극 활물질의 변형을 막고, 충방전시

에 전해액의 분해를 막는 역할을 수행한다.

[0007] 따라서 높은 안정성과 낮은 저항을 가지는 SEI, 양극보호막을 형성한다면 리튬 이차전지의 수명이 증가하고 출력감소를 막을 수 있다.

[0009] 상기의 배경기술로서 설명된 사항들은 본 발명의 배경에 대한 이해 증진을 위한 것일 뿐, 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에게 이미 알려진 종래기술에 해당함을 인정하는 것으로 받아들여져서는 안 될 것이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) KR 10-1264435 B

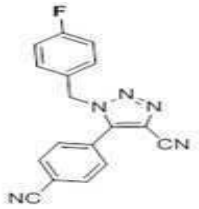
## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 리튬 이차전지의 수명특성을 향상시킬 수 있는 리튬 이차전지용 전해액 및 이를 포함하는 리튬 이차전지를 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 일 실시형태에 따른 리튬 이차전지용 전해액은 리튬염, 용매 및 첨가제로 이루어지는 리튬 이차전지용 전해액으로서, 상기 첨가제는 하기의 [식 1]로 표현되는 5-(4-cyanophenyl)-1-(4-fluorobenzyl)-1H-1,2,3-triazole-4-carbonitrile 를 첨가제로 더 포함한다.




[0015] .....[식 1]

[0016] 식 1로 나타내는 화합물은 전해액 전체 중량을 기준으로 0.5wt% 내지 1.5wt%로 포함되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 상기 전해액은 첨가제로 VC(vinyl cholride)를 전해액 전체 중량을 기준으로 0.5wt% 이상 3.0wt% 이하로 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 리튬염은 $LiPF_6$, $LiBF_4$, $LiClO_4$, LiCl, LiBr, LiI, $LiB_{10}Cl_{10}$, $LiCF_3SO_3$, $LiCF_3CO_2$, $LiAsF_6$, $LiSbF_6$, $LiAlCl_4$, $CH_3SO_3Li$, $CF_3SO_3Li$, $LiN(SO_2C_2F_5)_2$, $Li(CF_3SO_2)_2N$, $LiC_4F_9SO_3$, $LiB(C_6H_5)_4$, $Li(SO_2F)_2N$ (LiFSI) 및 $(CF_3SO_2)_2NLi$ 로 이루어진 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상이 혼합될 수 있다.

[0019] 상기 용매는 카보네이트계 용매, 에스터계 용매, 에테르계 용매 또는 케톤계 용매로 이루어진 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상이 혼합될 수 있다.

[0020] 한편, 본 발명의 일 실시형태에 따른 리튬 이차전지는 전술한 전해액을 포함하며, Ni, Co 및 Mn으로 이루어진 양극활물질을 포함하는 양극; 탄소(C)계 음극활물질을 포함하는 음극; 상기 양극과 음극 사이에 개재되는 분리막을 더 포함한다.

[0021] 상기 리튬 이차전지는, 방전종지전압은 2.5V, 충전종지전압은 4.2V로 하며,

[0022] 충전, 방전시 온도는 45℃ 이며 C-rate 는 1C 인 조건에서, 50 사이클 후 측정한 방전 유지율이 84.6% 이상인 것을 특징으로 한다.

## 발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예에 따르면, 양극에는 CEI(Cathod Electrolyte Interface)막을, 음극에 SEI(Solid Electrolyte Interface)막을 생성시키는 첨가제를 전해액에 첨가함으로써, 리튬 이차전지의 고온수명이 증대되는 효과를 기대할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0025] 도 1 내지 도 2은 본 발명에 따른 실시예 및 비교예의 첨가제 첨가에 따른 특성 결과를 나타낸 그래프이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 더욱 상세히 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차전지용 전해액은 리튬 이차전지에 적용되는 전해질을 형성하는 물질로서, 리튬염, 용매 및 음극 첨가제로 이루어진다.

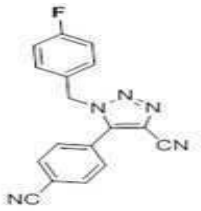
[0030] 리튬염은 $LiPF_6$, $LiBF_4$, $LiClO_4$, LiCl, LiBr, LiI, $LiB_{10}Cl_{10}$, $LiCF_3SO_3$, $LiCF_3CO_2$, $LiAsF_6$, $LiSbF_6$, $LiAlCl_4$, $CH_3SO_3Li$, $CF_3SO_3Li$, $LiN(SO_2C_2F_5)_2$, $Li(CF_3SO_2)_2N$, $LiC_4F_9SO_3$, $LiB(C_6H_5)_4$, $Li(SO_2F)_2N$ (LiFSI) 및 $(CF_3SO_2)_2NLi$로 이루어진 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상이 혼합된 혼합물일 수 있다.

[0032] 그리고, 용매는 카보네이트계 용매, 에스터계 용매, 에테르계 용매 또는 케톤계 용매로 이루어진 군에서 선택되는 1종 또는 2종 이상이 혼합된 것일 수 있다.

[0033] 이때 카보네이트로계 용매는 디메틸 카보네이트(DMC), 디에틸 카보네이트(DEC), 디프로필 카보네이트(DPC), 메틸프로필 카보네이트(MPC), 에틸프로필 카보네이트(EPC), 에틸메틸 카보네이트(EMC), 에틸렌 카보네이트(EC), 프로필렌 카보네이트(PC), 부틸렌 카보네이트(BC), 플루오로에틸렌 카보네이트(FEC), 비닐렌 카보네이트(VC) 등이 사용될 수 있다. 그리고, 에스터계 용매로는 γ-부티로락톤(GBL), n-메틸 아세테이트, n-에틸 아세테이트, n-프로필 아세테이트 등이 사용될 수 있으며, 에테르계 용매로는 디부틸 에테르 등이 사용될 수 있으나 이들에 한정되는 것은 아니다.

[0034] 용매는 방향족 탄화수소계 유기 용매를 더 포함할 수 있다. 방향족 탄화수소계 유기 용매의 구체적인 예로는 벤젠, 플루오로벤젠, 브로모벤젠, 클로로벤젠, 사이클로헥실벤젠, 이소프로필벤젠, n-부틸벤젠, 옥틸벤젠, 톨루엔, 자일렌, 메시틸렌 등이 사용될 수 있으며, 단독 또는 혼합하여 사용될 수 있다.

[0036] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 전해액에 첨가되는 첨가제로는 하기의 [식 1]로 표현되는5-(4-cyanophenyl)-1-(4-fluorobenzyl)-1H-1,2,3-triazole-4-carbonitrile 를 사용할 수 있다.



[0037] .....[식 1]

[0038] 첨가제는 음극에 SEI(Solid Electrolyte Interphase)를 형성시키고 양극에는 CEI(Cathod Electrolyte Interphase)를 형성시켜 수명을 증대시키는 역할을 하고, 전해액 중량 대비 1.5 wt% 이하로 첨가되는 것이 바람직하며 더 구체적으로는 0.5 ~ 1.0 wt%로 첨가되는 것이 바람직하다.

[0039] 만약, 첨가제의 첨가량이 1.5wt%보다 많은 경우에는 CEI,SEI 피막이 과도하게 형성되어 셀 저항이 커져 셀의 출력이 저하되는 문제가 발생할 수 있다. 그리고 음극 첨가제의 첨가량이 0.5wt%보다 적은 경우에는 CEI,SEI가 적게 형성되어 셀 수명이 급격히 저하되는 문제가 있다.

[0040] 구체적으로, 첨가제 분자 말단에 극성작용기 또는 이중결합, 삼중결합과 같은 불포화작용기가 포함된 경우, 극성용매에 비해 음극으로부터 전자를 받아들이는 능력이 더 뛰어나, 낮은 전압에서 환원될 수 있다. 그리하여 음극표면에는 탄소음극과 직접 반응하여 결합을 형성하거나, 음극표면에 존재하는 작용기와 반응을 통해 결합을 형성, 혹은 음극 표면에 흡착하여 SEI막을 형성할 수 있다.

[0041] 또한 첨가제가 나이트릴기와 같은 극성을 가지는 작용기가 포함된 경우 양극에서 코발트와 같은 전이금속과 결합을 형성해, Complex Structure를 형성할 수 있다.

[0042] 상기 [식 1] 첨가제는 benzonitrile(cyanophenyl기) 부분이 SEI 형성에 관여하며, 1,2,3-triazole-4-carbonitrile 부분이 CEI 형성에 관여하는 것으로 확인되었다.

[0043] 이에 따라 생성된 SEI 막은 음극에 형성되어 리튬이온의 이동통로가 되며, 전해액과 전극 간의 화학 반응을 방지하고 충방전시 음극의 변성을 억제하여 리튬 이차전지의 수명 및 고온 안정성을 향상시킬 수 있다. CEI 막은 양극에 형성되어 양극 활물질을 이루는 전이 금속 이온(예컨데, Ni, Co, Mn 등)이 전해액으로 용출되는 것을 억제하여 전지 용량이 급격하게 감소하고 수명이 줄어드는 것을 방지할 수 있다. 또한, 용출로 인한 문제로 양극활물질에 사용되지 못했던 전이금속의 사용을 확대할 수 있다.

[0045] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차전지는 전술된 전해액과 함께 양극, 음극 및 분리막으로 이루어진다.

[0046] 양극은 Ni, Co 및 Mn으로 이루어진 NCM계 양극활물질을 포함하여 이루어진다. 특히 본 실시예에서 양극에 포함되는 양극활물질은 Ni을 60wt% 이상 함유하는 NCM계 양극활물질로만 구성되는 것이 바람직하다.

[0047] 그리고, 음극은 탄소(C)계 음극활물질을 포함하는 것이 바람직하다.

[0048] 탄소(C)계 음극활물질은 인조흑연, 천연흑연, 흑연화탄소 섬유, 흑연화 메조카본 마이크로비드, 플러렌(fullerene) 및 비정질탄소로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나의 물질을 사용할 수 있다.

[0049] 한편, 양극 및 음극은 각각의 활물질과 함께 도전재, 바인더 및 용매를 혼합하여 전극 슬러리를 제조한 다음, 전류 집전체 상에 전극 슬러리를 직접 코팅 및 건조하여 제조한다. 이때 전류 집전체로는 알루미늄(Al)을 사용할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 이와 같은 전극 제조 방법은 당해 분야에 널리 알려진 내용이므로 본 명세서에서 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0050] 바인더로는 각각의 활물질 입자들을 서로 잘 부착시키거나 전류 집전체에 잘 부착시키는 역할을 하며, 예를 들어 폴리비닐알콜, 카르복시메틸셀룰로즈, 히드록시프로필셀룰로즈, 디아세틸셀룰로즈, 폴리비닐클로라이드, 카르복실화된 폴리비닐클로라이드, 폴리비닐플루오라이드, 에틸렌 옥사이드를 포함하는 폴리머, 폴리비닐피롤리돈, 폴리우레탄, 폴리테트라플루오로에틸렌, 폴리비닐리덴 플루오라이드, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 스티렌부타디엔 러버, 아크릴레이티드 스티렌부타디엔 러버, 에폭시 수지, 나일론 등을 사용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0051] 또한, 도전재는 전극에 도전성을 부여하기 위해 사용되는 것으로서, 구성되는 전지에 있어서, 화학변화를 야기

하지 않고 전자 전도성 재료이면 어떠한 것도 사용가능하며, 그 예로 천연 흑연, 인조 흑연, 카본 블랙, 아세틸렌 블랙, 케첸블랙, 탄소섬유, 구리, 니켈, 알루미늄, 은 등의 금속 분말, 금속 섬유 등을 사용할 수 있고, 또한 폴리페닐렌 유도체 등의 도전성 재료를 1종 또는 1종 이상을 혼합하여 사용할 수 있다.

[0052] 분리막은 양극 및 음극 사이의 단락을 방지하고 리튬 이온의 이동통로를 제공한다. 이러한 분리막은 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌/폴리프로필렌, 폴리에틸렌/폴리프로필렌/폴리에틸렌, 폴리프로필렌/폴리에틸렌/폴리프로필렌 등의 폴리올레핀계 고분자막 또는 이들의 다중막, 미세다공성 필름, 직포 및 부직포와 같은 공지된 것이 사용될 수 있다. 또한 다공성의 폴리올레핀 필름에 안정성이 우수한 수지가 코팅된 필름이 사용될 수도 있다.

[0054] 이하, 본 발명의 실시예 및 비교예를 통하여 본 발명을 설명한다.

[0056] <실험1> 첨가제의 종류에 따른 특성 실험

[0057] 전해액에 첨가되는 첨가제의 종류에 따른 고온수명을 알아보기 위하여 하기의 표 1과 같이 첨가제의 종류를 변경하면서 고온수명을 측정하였고, 그 결과를 표 1과 도 1 에 나타내었다.

[0058] 전해액을 제조하는데 사용된 리튬염은 0.5M $LiPF_6$ 0.5 LiFSI를 사용하였고, 용매로는 에틸렌 카보네이트(EC):에틸메틸 카보네이트(EMC):디에틸 카보네이트(DEC)를 25:45:30의 중량비로 혼합한 용매를 사용하였다.

[0059] 양극은 NCM811을 사용하였고, 음극은 흑연을 사용하였다.

[0060] Cut-off : 2.5 - 4.2 V.

[0061] C-rate : 1C

[0062] 온도 : 45℃ 고온조건

표 1

[0063]

| | 리튬염 (M) | | 용매 (중량비) | | | 첨가제 (wt%) | | | 고온수명(%) @50cycle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $LiPF_6$ | LiFSI | EC | EMC | DEC | VC | $LiPO_2F_2$ | [식1] | |
| 비교예1 | 0.5 | 0.5 | 25 | 45 | 30 | 1.0 | - | - | 84.6 |
| 비교예2 | 0.5 | 0.5 | 25 | 45 | 30 | 1.0 | 0.5 | - | 93.5 |
| 실시예1 | 0.5 | 0.5 | 25 | 45 | 30 | 1.0 | - | 0.5 | 93.5 |

[0064] 표 1과 도 1에서 확인할 수 있듯이, 첨가제로 VC만 사용한 경우(비교예1)보다 [식 1]로 표현되는 1-benzul-5-(4-nitrophenyl)-1H 1,2,3-triazole-4-carbonitrile를 VC와 함께 첨가제로 사용한 경우(실시예1)가 고온수명이 더 높게 측정되는 것을 확인할 수 있었다. $LiPO_2F_2$를 사용한 경우(비교예2)와 동등한 수준임을 확인하였다. 첨가제 VC는 통상 전해액 중량 기준으로 0.5wt% 이상 3.0wt% 이하로 사용할 수 있다.

[0066] <실험2> 음극 첨가제의 중량비율에 따른 특성 실험

[0067] <실험2>에서는 [식 1] 첨가제의 전해질 중량 비율에 따른 고온수명을 알아보기 위하여 표 2와 같이 [식 1]의 첨가제의 중량 비율을 변경하면서 고온수명을 측정하였고, 그 결과를 표 2와 도 2에 나타내었다.

[0068] 전해액을 제조하는데 사용된 리튬염은 0.5M $LiPF_6$ 0.5 LiFSI를 사용하였고, 용매로는 에틸렌 카보네이트(EC):에틸메틸 카보네이트(EMC):디에틸 카보네이트(DEC)를 25:45:30의 중량비로 혼합한 용매를 사용하였다.

[0069] 양극은 NCM811을 사용하였고, 음극은 흑연을 사용하였다.

[0070] Cut-off : 2.5 - 4.2 V.

[0071] C-rate : 1C

[0072] 온도 : 45℃ 고온조건

표 2

[0073]

| | 리튬염 (M) | | 용매 (중량비) | | | 첨가제 (wt%) | | | 고온수명(%) @50cycle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $LiPF_6$ | LiFSI | EC | EMC | DEC | VC | $LiPO_2F_2$ | [식1] | |
| 비교예1 | 0.5 | 0.5 | 25 | 45 | 30 | 1.0 | - | - | 84.6 |
| 비교예2 | 0.5 | 0.5 | 25 | 45 | 30 | 1.0 | 0.5 | - | 93.5 |
| 실시예1 | 0.5 | 0.5 | 25 | 45 | 30 | 1.0 | - | 0.5 | 93.5 |
| 실시예2 | 0.5 | 0.5 | 25 | 45 | 30 | 1.0 | - | 1.0 | 94.2 |
| 실시예3 | 0.5 | 0.5 | 25 | 45 | 30 | 1.0 | - | 1.5 | 91.5 |

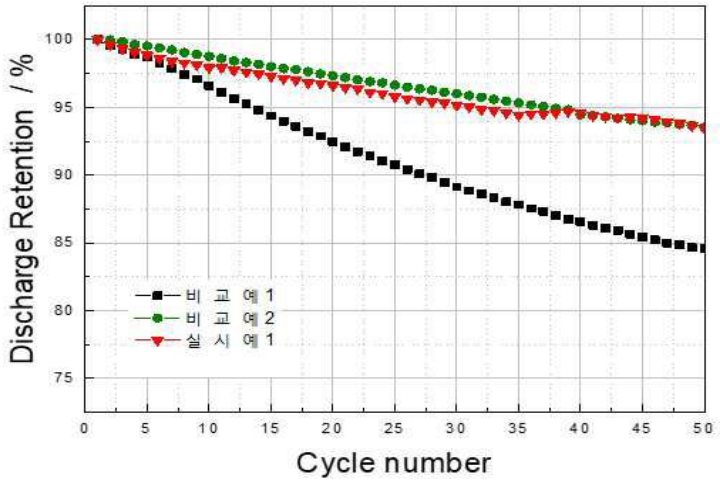
[0074] 표 2와 도 2에서 확인할 수 있듯이, [식 1]의 첨가제를 사용한 경우 고온수명이 향상되었고,

[0075] 구체적으로는, [식 1]의 첨가제가 1.0wt%인 경우(실시예1)가 고온수명이 가장 높았고, 0.5wt% 인 경우(실시예2)인 경우는 1.5wt%(실시예3)보다 높은 고온수명을 가지는 결과를 보였다.

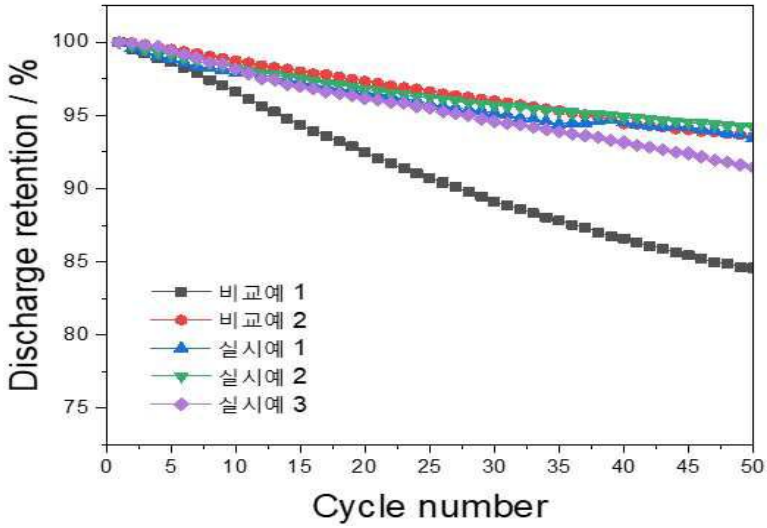
[0077] 본 발명을 첨부 도면과 전술된 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였으나, 본 발명은 그에 한정되지 않으며, 후술되는 특허청구범위에 의해 한정된다. 따라서, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 후술되는 특허청구범위의 기술적 사상에서 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 변형 및 수정할 수 있다.

## 도면

### 도면1



도면2


Discharge retention / %
100
95
90
85
80
75
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
Cycle number
비교예 1
비교예 2
실시예 1
실시예 2
실시예 3