



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2018년03월07일  
 (11) 등록번호 10-1835586  
 (24) 등록일자 2018년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H01M 4/505 (2010.01) C01G 45/12 (2006.01)  
 C01G 53/00 (2006.01) H01M 10/0525 (2010.01)  
 H01M 4/02 (2006.01) H01M 4/131 (2010.01)  
 H01M 4/1391 (2010.01) H01M 4/525 (2010.01)  
 (21) 출원번호 10-2012-0092537  
 (22) 출원일자 2012년08월23일  
 심사청구일자 2015년07월22일  
 (65) 공개번호 10-2014-0026841  
 (43) 공개일자 2014년03월06일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020080026316 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 삼성에스디아이 주식회사  
 경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20 (공세동)  
 (72) 발명자  
 김지현  
 경기 용인시 기흥구 공세로 150-20, (공세동)  
 유용찬  
 경기 용인시 기흥구 공세로 150-20, (공세동)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 황인선

(54) 발명의 명칭 **복합양극활물질, 이를 채용한 양극 및 리튬 전지**

**(57) 요약**

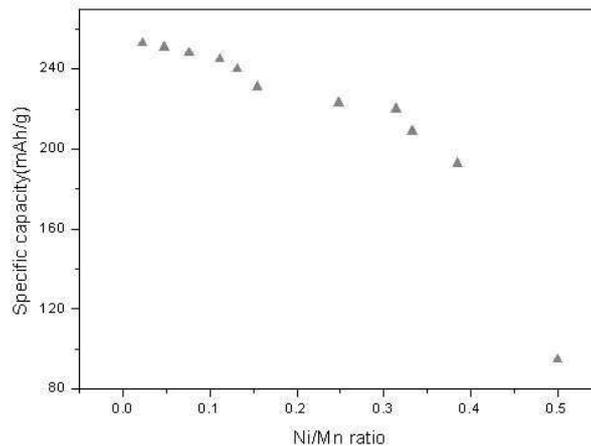
하기 화학식 1로 표시되는 복합양극활물질이 제시된다:

<화학식 1>



상기 식에서, M1, M2 및 M3가 서로 독립적으로 Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Al, Mg, Zr 및 B로 이루어진 군에서 선택되며, M4가 Mn, Ti 및 Zr로 이루어진 군에서 선택되며, M1, M2 및 M3는 서로 다르며,  $0.5 < x < 1$ ,  $0 < a < 1$ ,  $0 < b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $a+b+c=1$ ,  $0 < [(1-x) \times a] / [(1-x) \times c + x] \leq 0.14$ 이다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자  
**김창욱**  
경기 용인시 기흥구 공세로 150-20, (공세동)

**박준석**  
경기 용인시 기흥구 공세로 150-20, (공세동)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

삭제

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

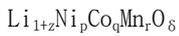
**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

하기 화학식 4로 표시되는 복합양극활물질:

<화학식 4>



상기 식에서,

$0 < z < 1$ ,  $0 < p < 1$ ,  $0 < q < 1$ ,  $0 < r < 1$ ,  $p+q+r=1$ ,  $0 < p/r \leq 0.14$ ,  $1.9 \leq \delta \leq 3.0$ 이다.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,  $0 < p < 0.5$ ,  $0 < q < 0.5$ ,  $0.5 \leq r < 1$ 인 복합양극활물질.

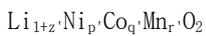
**청구항 9**

제 7 항에 있어서,  $0.2 < z < 1$ 인 복합양극활물질.

**청구항 10**

제 7 항에 있어서, 상기 화학식 4의 화합물이 하기 화학식 5로 표시되는 복합양극활물질:

<화학식 5>



상기 식에서,

$0.2 < z' < 1$ ,  $0 < p' < 0.8$ ,  $0 < q' < 0.8$ ,  $0 < r' < 0.8$ ,  $z'+p'+q'+r'=1$ ,  $0 < p'/r' \leq 0.14$ 이다.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,  $0.2 < z' < 0.5$ ,  $0 < p' < 0.3$ ,  $0 < q' < 0.3$ ,  $0.5 \leq r' < 0.8$ 인 복합양극활물질.

**청구항 12**

제 10 항에 있어서,  $0.2 < z' < 0.5$ ,  $0 < p' < 0.2$ ,  $0 < q' < 0.2$ ,  $0.5 \leq r' < 0.8$ 인 복합양극활물질.

**청구항 13**

제 7 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 따른 복합양극활물질을 포함하는 양극.

**청구항 14**

제 13 항에 따른 양극을 포함하는 리튬전지.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 복합양극활물질, 이를 채용한 양극과 리튬 전지에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 리튬전지는 고전압 및 고에너지 밀도를 가짐에 의하여 다양한 용도에 사용된다. 예를 들어, 전기자동차(HEV, PHEV) 등의 분야는 고온에서 작동할 수 있고, 많은 양의 전기를 충전하거나 방전하여야 하고 장시간 사용되어야 하므로 고용량의 리튬전지가 요구된다. 이러한 리튬 전지의 특성은 애노드, 전해액, 분리막 등에 의해 영향을 받을 뿐만 아니라 양극활물질의 전기화학적 특성에 의해 크게 영향을 받는다.

[0003] 현재 상용화되어 있는 양극활물질 중 가장 많이 사용되는  $\text{LiCoO}_2$  물질은 그 물질이 갖는 특성으로 인해 무게당 용량이 최대 140~150 mAh/g에 지나지 않는다. 차세대 고전압계 캐소드 물질로 사용될 것으로 예상되는 물질들에 있어서, 그 무게당 용량의 값은 아직 180 mAh/g이 최대이며, 이를 단위 부피당 용량으로 환산할 때 600 mAh/cc에 달하는 정도이다.

[0004] 따라서, 보다 향상된 용량을 제공하는 양극활물질 및 이를 포함하는 리튬전지가 요구된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 한 측면은 향상된 용량을 제공하는 복합양극활물질을 제공하는 것이다.

[0006] 다른 한 측면은 상기 복합양극활물질을 포함하는 양극을 제공하는 것이다.

[0007] 또 다른 한 측면은 상기 양극을 채용한 리튬전지를 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 한 측면에 따라,

[0009] 하기 화학식 1로 표시되는 복합양극활물질이 제공된다:

[0010] <화학식 1>



[0012] 상기 식에서,

[0013]  $\text{M}_1$ ,  $\text{M}_2$  및  $\text{M}_3$ 가 서로 독립적으로 Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Al, Mg, Zr 및 B로 이루어진 군에서 선택되며,

[0014]  $\text{M}_4$ 가 Mn, Ti 및 Zr로 이루어진 군에서 선택되며,

[0015]  $\text{M}_1$ ,  $\text{M}_2$  및  $\text{M}_3$ 는 서로 다르며,

[0016]  $0.5 < x < 1$ ,  $0 < a < 1$ ,  $0 < b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $a+b+c=1$ ,  $0 < [(1-x) \times a] / [(1-x) \times c + x] \leq 0.14$ 이다.

- [0017] 다른 한 측면에 따라,
- [0018] 상기 복합양극활물질을 포함하는 양극이 제공된다.
- [0019] 또 다른 한 측면에 따라,
- [0020] 상기 양극을 채용한 리튬전지가 제공된다.

**발명의 효과**

- [0021] 한 측면에 따르면 소정 범위의 리튬 함량 및 전이금속간의 비율을 가지는 복합양극활물질을 포함함에 의하여 리튬전지의 용량이 향상될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0022] 도 1은 실시예 6 내지 10 및 비교예 8 내지 14에서 제조된 리튬전지의 방전용량 측정결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 2는 예시적인 구현예에 따른 리튬전지의 모식도이다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

- 1: 리튬전지
- 2: 음극
- 3: 양극
- 4: 세퍼레이터
- 5: 전지케이스
- 6: 캡 어셈블리

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0023] 이하에서 예시적인 구현예들에 따른 복합양극활물질, 이를 포함하는 양극 및 상기 양극을 채용한 리튬전지에 관하여 더욱 상세히 설명한다.
- [0024] 일구현예에 따른 복합양극활물질은 하기 화학식 1로 표시된다:
- [0025] <화학식 1>
- [0026]  $(1-x)\text{LiM}_1\text{M}_2\text{M}_3\text{O}_2 - x\text{Li}_2\text{M}_4\text{O}_3$
- [0027] 상기 식에서, M1, M2 및 M3가 서로 독립적으로 Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Al, Mg, Zr 및 B로 이루어진 군에서 선택되며, M4가 Mn, Ti 및 Zr로 이루어진 군에서 선택되며, M1, M2 및 M3는 서로 다르며,  $0.5 < x < 1$ ,  $0 < a < 1$ ,  $0 < b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $a+b+c=1$ ,  $0 < [(1-x) \times a] / [(1-x) \times c + x] \leq 0.14$ 이다.
- [0028] 상기 복합양극활물질에서 리튬의 조성비가 산소(O<sub>2</sub>)에 대하여 1.2초과이며, M<sub>1a</sub>/(M<sub>3c</sub>+M<sub>4</sub>)의 조성비가 0 초과 내지 0.14의 범위를 가짐에 의하여 복합양극활물질의 용량이 증가될 수 있다.
- [0029] 상기 M<sub>1a</sub>/(M<sub>3c</sub>+M<sub>4</sub>)의 조성비가 지나치게 증가하면 활물질 제조시 리튬전구체 함량의 변화에 따른 복합양극활물질 입자의 입경 변화가 증가하여 안정된 합제밀도를 얻기가 어려울 수 있다. 예를 들어, 활물질 제조시 리튬전구체의 함량이 화학양론적인 양보다 적게 첨가되는 경우에 제조되는 활물질 입자의 입경이 크게 감소하여 합제밀도가 크게 감소할 수 있다.
- [0030] 예를 들어, 상기 복합양극활물질에서  $0.5 < x \leq 0.875$ 일 수 있다. 상기 복합양극활물질에서 x의 값이 0.5 이하이면 Li<sub>2</sub>M<sub>4</sub>O<sub>3</sub>함량이 지나치게 감소되어 방전용량이 감소될 수 있다.
- [0031] 상기 화학식 1로 표시되는 복합양극활물질은 하기 화학식 2로 표시될 수 있다:
- [0032] <화학식 2>
- [0033]  $(1-x)\text{LiM}_1\text{M}_2\text{M}_3\text{O}_2 - x\text{Li}_2\text{MnO}_3$
- [0034] 상기 식에서, M1, M2 및 M3가 서로 독립적으로 Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Al, Mg, Zr 및 B로 이루어진 군에서 선택되며,  $0.5 < x < 1$ ,  $0 < a < 1$ ,  $0 < b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $a+b+c=1$ ,  $0 < [(1-x) \times a] / [(1-x) \times c + x] \leq 0.14$ 이다. 예를

들어, 상기 복합양극활물질에서  $0.5 < x \leq 0.875$ 일 수 있다.

[0035] 또한, 상기 화학식 1로 표시되는 복합양극활물질은 하기 화학식 3으로 표시될 수 있다:

[0036] <화학식 3>

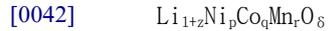


[0038] 상기 식에서,  $0.5 < x < 1$ ,  $0 < a < 1$ ,  $0 < b < 1$ ,  $0 < c < 1$ ,  $a+b+c=1$ ,  $0 < [(1-x) \times a] / [(1-x) \times c + x] \leq 0.14$ 이다. 예를 들어, 상기 복합양극활물질에서  $0.5 < x \leq 0.875$ 일 수 있다.

[0039] 예를 들어, 상기 화학식 3의 복합양극활물질에서 리튬의 조성비가 산소( $\text{O}_2$ )에 대하여 1.2초과이며, Ni/Mn의 조성비가 0 초과 내지 0.14의 범위를 가짐에 의하여 복합양극활물질의 용량이 증가될 수 있다.

[0040] 또한, 상기 화학식 1로 표시되는 복합양극활물질은 하기 화학식 4로 표시될 수 있다:

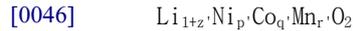
[0041] <화학식 4>



[0043] 상기 식에서,  $0 < z < 1$ ,  $0 < p < 1$ ,  $0 < q < 1$ ,  $0 < r < 1$ ,  $p+q+r=1$ ,  $0 < p/r \leq 0.14$ ,  $1.9 \leq \delta \leq 3.0$ 이다. 예를 들어, 상기 복합양극활물질에서  $0.5 \leq r < 1$ 일 수 있다. 예를 들어, 상기 복합양극활물질에서  $0.2 < z < 1$ 일 수 있다.

[0044] 또한, 상기 화학식 1로 표시되는 복합양극활물질은 하기 화학식 5로 표시될 수 있다:

[0045] <화학식 5>



[0047] 상기 식에서,  $0.2 < z' \leq 1$ ,  $0 < p' < 1$ ,  $0 < q' < 1$ ,  $0 < r' < 1$ ,  $z'+p'+q'+r'=1$ ,  $0 < p'/r' \leq 0.14$ 이다. 예를 들어, 상기 복합양극활물질에서  $0.5 \leq r' < 1$ 일 수 있다. 예를 들어, 상기 복합양극활물질에서  $0.2 < z' \leq 0.5$ 일 수 있다.

[0048] 다른 구현예에 따르는 양극은 상기 복합양극활물질을 포함한다. 상기 양극은 예를 들어 상기 복합양극활물질 및 결합제 등을 포함하는 양극활물질 조성물이 일정한 형상으로 성형되거나, 상기 양극활물질 조성물이 동박(copper foil), 알루미늄박 등의 집전체에 도포되는 방법으로 제조될 수 있다.

[0049] 구체적으로, 상기 복합양극활물질, 도전제, 결합제 및 용매가 혼합된 양극활물질 조성물이 준비된다. 상기 양극활물질 조성물이 금속 집전체 위에 직접 코팅되어 양극판이 제조된다. 다르게는, 상기 양극활물질 조성물이 별도의 지지체 상에 캐스팅된 다음, 상기 지지체로부터 박리된 필름이 금속 집전체상에 라미네이션되어 양극판이 제조될 수 있다. 상기 양극은 상기에서 열거한 형태에 한정되는 것은 아니고 상기 형태 이외의 형태일 수 있다.

[0050] 또한, 상기 양극은 상술한 복합양극활물질 외에 상술한 복합양극활물질과 조성, 입경 등 적어도 하나의 다른 기술적 특징을 포함하며 당해 기술분야에서 알려진 통상의 양극활물질을 추가적으로 포함할 수 있다.

[0051] 상기 통상의 양극활물질로서 리튬코발트산화물, 리튬니켈코발트망간산화물, 리튬니켈코발트알루미늄산화물, 리튬철인산화물, 및 리튬망간산화물로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상을 포함할 수 있으나, 반드시 이들로 한정되지 않으며 당해 기술분야에서 이용 가능한 모든 양극활물질이 추가적으로 사용될 수 있다.

[0052] 예를 들어,  $\text{Li}_a\text{A}_{1-b}\text{B}_b\text{D}_2$ (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ , 및  $0 \leq b \leq 0.5$ 이다);  $\text{Li}_a\text{E}_{1-b}\text{B}_b\text{O}_{2-c}\text{D}_c$ (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0 \leq b \leq 0.5$ ,  $0 \leq c \leq 0.05$ 이다);  $\text{LiE}_{2-b}\text{B}_b\text{O}_{4-c}\text{D}_c$ (상기 식에서,  $0 \leq b \leq 0.5$ ,  $0 \leq c \leq 0.05$ 이다);  $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Co}_b\text{B}_c\text{D}_a$ (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0 \leq b \leq 0.5$ ,  $0 \leq c \leq 0.05$ ,  $0 < a \leq 2$ 이다);  $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Co}_b\text{B}_c\text{O}_{2-a}\text{F}_a$ (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0 \leq b \leq 0.5$ ,  $0 \leq c \leq 0.05$ ,  $0 < a < 2$ 이다);  $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Co}_b\text{B}_c\text{O}_{2-a}\text{F}_2$ (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0 \leq b \leq 0.5$ ,  $0 \leq c \leq 0.05$ ,  $0 < a < 2$ 이다);  $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Mn}_b\text{B}_c\text{D}_a$ (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0 \leq b \leq 0.5$ ,  $0 \leq c \leq 0.05$ ,  $0 < a \leq 2$ 이다);  $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Mn}_b\text{B}_c\text{O}_{2-a}\text{F}_a$ (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0 \leq b \leq 0.5$ ,  $0 \leq c \leq 0.05$ ,  $0 < a < 2$ 이다);  $\text{Li}_a\text{Ni}_{1-b-c}\text{Mn}_b\text{B}_c\text{O}_{2-a}\text{F}_2$ (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0 \leq b \leq 0.5$ ,  $0 \leq c \leq 0.05$ ,  $0 < a < 2$ 이다);

$\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{E}_c\text{G}_d\text{O}_2$  (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0 \leq b \leq 0.9$ ,  $0 \leq c \leq 0.5$ ,  $0.001 \leq d \leq 0.1$ 이다.);  $\text{Li}_a\text{Ni}_b\text{Co}_c\text{Mn}_d\text{GeO}_2$  (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0 \leq b \leq 0.9$ ,  $0 \leq c \leq 0.5$ ,  $0 \leq d \leq 0.5$ ,  $0.001 \leq e \leq 0.1$ 이다.);  $\text{Li}_a\text{NiG}_b\text{O}_2$  (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0.001 \leq b \leq 0.1$ 이다.);  $\text{Li}_a\text{CoG}_b\text{O}_2$  (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0.001 \leq b \leq 0.1$ 이다.);  $\text{Li}_a\text{MnG}_b\text{O}_2$  (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0.001 \leq b \leq 0.1$ 이다.);  $\text{Li}_a\text{Mn}_2\text{G}_b\text{O}_4$  (상기 식에서,  $0.90 \leq a \leq 1.8$ ,  $0.001 \leq b \leq 0.1$ 이다.);  $\text{QO}_2$ ;  $\text{QS}_2$ ;  $\text{LiQS}_2$ ;  $\text{V}_2\text{O}_5$ ;  $\text{LiV}_2\text{O}_5$ ;  $\text{LiIO}_2$ ;  $\text{LiNiVO}_4$ ;  $\text{Li}_{(3-f)}\text{J}_2(\text{PO}_4)_3$  ( $0 \leq f \leq 2$ );  $\text{Li}_{(3-f)}\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$  ( $0 \leq f \leq 2$ );  $\text{LiFePO}_4$ 의 화학식 중 어느 하나로 표현되는 화합물을 사용할 수 있다.

[0053] 상기 화학식에 있어서, A는 Ni, Co, Mn, 또는 이들의 조합이고; B는 Al, Ni, Co, Mn, Cr, Fe, Mg, Sr, V, 희토류 원소 또는 이들의 조합이고; D는 O, F, S, P, 또는 이들의 조합이고; E는 Co, Mn, 또는 이들의 조합이고; F는 F, S, P, 또는 이들의 조합이고; G는 Al, Cr, Mn, Fe, Mg, La, Ce, Sr, V, 또는 이들의 조합이고; Q는 Ti, Mo, Mn, 또는 이들의 조합이고; I는 Cr, V, Fe, Sc, Y, 또는 이들의 조합이며; J는 V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, 또는 이들의 조합이다.

[0054] 물론 이 화합물 표면에 코팅층을 갖는 것도 사용할 수 있고, 또는 상기 화합물과 코팅층을 갖는 화합물을 혼합하여 사용할 수도 있다. 이 코팅층은 코팅 원소의 옥사이드, 하이드록사이드, 코팅 원소의 옥시하이드록사이드, 코팅 원소의 옥시카보네이트, 또는 코팅 원소의 하이드록시카보네이트의 코팅 원소 화합물을 포함할 수 있다. 이들 코팅층을 이루는 화합물은 비정질 또는 결정질일 수 있다. 상기 코팅층에 포함되는 코팅 원소로는 Mg, Al, Co, K, Na, Ca, Si, Ti, V, Sn, Ge, Ga, B, As, Zr 또는 이들의 혼합물을 사용할 수 있다. 코팅층 형성 공정은 상기 화합물에 이러한 원소들을 사용하여 양극 활물질의 물성에 악영향을 주지 않는 방법(예를 들어 스프레이 코팅, 침지법 등)으로 코팅할 수 있으면 어떠한 코팅 방법을 사용하여도 무방하며, 이에 대하여는 당해 분야에 종사하는 사람들에게 잘 이해될 수 있는 내용이므로 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0055] 예를 들어,  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_x\text{O}_{2x}$  ( $x=1, 2$ ),  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_2$  ( $0 < x < 1$ ),  $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$  ( $0 \leq x \leq 0.5$ ,  $0 \leq y \leq 0.5$ ),  $\text{LiFeO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiS}$ ,  $\text{MoS}$  등이 사용될 수 있다.

[0056] 상기 도전재로는 카본블랙, 흑연미립자 등이 사용될 수 있으나, 이들로 한정되지 않으며, 당해 기술분야에서 도전재로 사용될 수 있는 것이라면 모두 사용될 수 있다.

[0057] 상기 결합제로는 비닐리덴 플루오라이드/헥사플루오로프로필렌 코폴리머, 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF), 폴리아크릴로니트릴, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리테트라플루오로에틸렌 및 그 혼합물 또는 스티렌 부타디엔 고무계 폴리머 등이 사용될 수 있으나, 이들로 한정되지 않으며 당해 기술분야에서 결합제로 사용될 수 있는 것이라면 모두 사용될 수 있다.

[0058] 상기 용매로는 N-메틸피롤리돈, 아세톤 또는 물 등이 사용될 수 있으나, 이들로 한정되지 않으며 당해 기술분야에서 사용될 수 있는 것이라면 모두 사용될 수 있다.

[0059] 상기, 양극 활물질, 도전재, 결합제 및 용매의 함량은 리튬 전지에서 통상적으로 사용되는 수준이다. 리튬전지의 용도 및 구성에 따라 상기 도전재, 결합제 및 용매 중 하나 이상이 생략될 수 있다.

[0060] 또 다른 구현예에 따른 리튬전지는 상기 양극활물질을 포함하는 양극을 채용한다. 상기 리튬 전지는 다음과 같은 방법으로 제조될 수 있다.

[0061] 먼저, 상기의 양극 제조방법에 따라 양극이 제조된다.

[0062] 다음으로, 음극활물질, 도전재, 결합제 및 용매를 혼합하여 음극활물질 조성물이 준비된다. 상기 음극활물질 조성물이 금속 집전체 상에 직접 코팅 및 건조되어 음극판이 제조된다. 다르게는, 상기 음극활물질 조성물이 별도의 지지체상에 캐스팅된 다음, 상기 지지체로부터 박리된 필름이 금속 집전체상에 라미네이션되어 음극판이 제조될 수 있다.

[0063] 상기 음극활물질은 리튬의 흡장/방출이 가능한 화합물로서 당해 기술분야에서 음극활물질로 사용가능한 것이라면 모두 사용될 수 있다. 예를 들어, 리튬 금속, 리튬과 합금 가능한 금속, 전이금속 산화물, 비전이금속산화물 및 탄소계 재료로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상을 포함할 수 있다.

- [0064] 예를 들어, 상기 리튬과 합금가능한 금속은 Si, Sn, Al, Ge, Pb, Bi, Sb Si-Y 합금(상기 Y는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 13족 원소, 14족 원소, 전이금속, 희토류 원소 또는 이들의 조합 원소이며, Si는 아님), Sn-Y 합금(상기 Y는 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 13족 원소, 14족 원소, 전이금속, 희토류 원소 또는 이들의 조합 원소이며, Sn은 아님) 동일 수 있다. 상기 원소 Y로는 Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, Sc, Y, Ti, Zr, Hf, Rf, V, Nb, Ta, Db, Cr, Mo, W, Sg, Tc, Re, Bh, Fe, Pb, Ru, Os, Hs, Rh, Ir, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, Zn, Cd, B, Al, Ga, Sn, In, Ti, Ge, P, As, Sb, Bi, S, Se, Te, Po, 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0065] 예를 들어, 상기 전이금속 산화물은 리튬 티탄 산화물, 바나듐 산화물, 리튬 바나듐 산화물 동일 수 있다.
- [0066] 예를 들어, 상기 비전이금속 산화물은 SnO<sub>2</sub>, SiO<sub>x</sub>(0<x<2) 동일 수 있다.
- [0067] 상기 탄소계 재료로는 결정질 탄소, 비정질 탄소 또는 이들의 혼합물일 수 있다. 상기 결정질 탄소는 무정형, 판상, 린편상(flake), 구형 또는 섬유형의 천연 흑연 또는 인조 흑연과 같은 흑연일 수 있으며, 상기 비정질 탄소는 소프트 카본(soft carbon: 저온 소성 탄소) 또는 하드 카본(hard carbon), 메조페이스 피치(mesophase pitch) 탄화물, 소성된 코크스 동일 수 있다.
- [0068] 구체적으로, 상기 음극활물질은 흑연, Si, Sn, Pb, Ge, Al, SiO<sub>x</sub>(0<x≤2), SnO<sub>y</sub>(0<y≤2), Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>, TiO<sub>2</sub>, LiTiO<sub>3</sub>, Li<sub>2</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>7</sub>로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상일 수 있다.
- [0069] 음극활물질 조성물에서 도전재, 결합제 및 용매는 상기 양극활물질 조성물의 경우와 동일한 것을 사용할 수 있다. 한편, 상기 양극활물질 조성물 및/또는 음극활물질 조성물에 가소제를 더 부가하여 전극판 내부에 기공을 형성하는 것도 가능하다.
- [0070] 상기 음극활물질, 도전재, 결합제 및 용매의 함량은 리튬 전지에서 통상적으로 사용하는 수준이다. 리튬전지의 용도 및 구성에 따라 상기 도전재, 결합제 및 용매 중 하나 이상이 생략될 수 있다.
- [0071] 다음으로, 상기 양극과 음극 사이에 삽입될 세퍼레이터가 준비된다. 상기 세퍼레이터는 리튬 전지에서 통상적으로 사용되는 것이라면 모두 사용될 수 있다. 전해질의 이온 이동에 대하여 저저항이면서 전해액 흡수 능력이 우수한 것이 사용될 수 있다. 예를 들어, 유리 섬유, 폴리에스테르, 테프론, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 또는 이들의 조합물 중에서 선택된 것으로서, 부직포 또는 직포 형태이어도 무방하다. 예를 들어, 리튬이온전지에는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등과 같은 권취 가능한 세퍼레이터가 사용되며, 리튬이온폴리머전지에는 유기전해액 함침 능력이 우수한 세퍼레이터가 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 세퍼레이터는 하기 방법에 따라 제조될 수 있다.
- [0072] 고분자 수지, 충전제 및 용매를 혼합하여 세퍼레이터 조성물이 준비된다. 상기 세퍼레이터 조성물이 전극 상부에 직접 코팅 및 건조되어 세퍼레이터가 형성될 수 있다. 또는, 상기 세퍼레이터 조성물이 지지체상에 캐스팅 및 건조된 후, 상기 지지체로부터 박리시킨 세퍼레이터 필름이 전극 상부에 라미네이션되어 세퍼레이터가 형성될 수 있다.
- [0073] 상기 세퍼레이터 제조에 사용되는 고분자 수지는 특별히 한정되지 않으며, 전극판의 결합제에 사용되는 물질들이 모두 사용될 수 있다. 예를 들어, 비닐리덴플루오라이드/헥사플루오로프로필렌 코폴리머, 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF), 폴리아크릴로니트릴, 폴리메틸메타크릴레이트 또는 이들의 혼합물 등이 사용될 수 있다.
- [0074] 다음으로 전해질이 준비된다.
- [0075] 예를 들어, 상기 전해질은 유기전해액일 수 있다. 또한, 상기 전해질은 고체일 수 있다. 예를 들어, 보론산화물, 리튬옥시나이트라이드 동일 수 있으나 이들로 한정되지 않으며 당해 기술분야에서 고체전해질로 사용될 수 있는 것이라면 모두 사용가능하다. 상기 고체 전해질은 스퍼터링 등의 방법으로 상기 음극상에 형성될 수 있다.
- [0076] 예를 들어, 유기전해액이 준비될 수 있다. 유기전해액은 유기용매에 리튬염이 용해되어 제조될 수 있다.
- [0077] 상기 유기용매는 당해 기술분야에서 유기 용매로 사용될 수 있는 것이라면 모두 사용될 수 있다. 예를 들어, 프로필렌카보네이트, 에틸렌카보네이트, 플루오로에틸렌카보네이트, 부틸렌카보네이트, 디메틸카보네이트, 디에틸카보네이트, 메틸에틸카보네이트, 메틸프로필카보네이트, 에틸프로필카보네이트, 메틸이소프로필카보네이트, 디프로필카보네이트, 디부틸카보네이트, 벤조니트릴, 아세토니트릴, 테트라히드로퓨란, 2-메틸테트라히드로퓨란, γ-부티로락톤, 디옥소란, 4-메틸디옥소란, N,N-디메틸포름아미드, 디메틸아세트아미드

드, 디메틸설폭사이드, 디옥산, 1,2-디메톡시에탄, 설펜, 디클로로에탄, 클로로벤젠, 니트로벤젠, 디에틸렌글리콜, 디메틸에테르 또는 이들의 혼합물 등이다.

[0078] 상기 리튬염도 당해 기술분야에서 리튬염으로 사용될 수 있는 것이라면 모두사용될 수 있다. 예를 들어,  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$ ,  $\text{LiSbF}_6$ ,  $\text{LiAsF}_6$ ,  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ ,  $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}$ ,  $\text{LiC}_4\text{F}_9\text{SO}_3$ ,  $\text{LiAlO}_2$ ,  $\text{LiAlCl}_4$ ,  $\text{LiN}(\text{C}_x\text{F}_{2x+1}\text{SO}_2)(\text{C}_y\text{F}_{2y+1}\text{SO}_2)$ (단 x,y는 자연수),  $\text{LiCl}$ ,  $\text{LiI}$  또는 이들의 혼합물 등이다.

[0079] 도 1에서 보여지는 바와 같이 상기 리튬전지(1)는 양극(3), 음극(2) 및 세퍼레이터(4)를 포함한다. 상술한 양극(3), 음극(2) 및 세퍼레이터(4)가 와인딩되거나 접혀서 전지케이스(5)에 수용된다. 이어서, 상기 전지케이스(5)에 유기 전해액이 주입되고 캡(cap) 어셈블리(6)로 밀봉되어 리튬전지(1)가 완성된다. 상기 전지케이스는 원통형, 각형, 박막형 등일 수 있다. 예를 들어, 상기 리튬전지는 박막형전지일 수 있다. 상기 리튬전지는 리튬이온전지일 수 있다.

[0080] 상기 양극 및 음극 사이에 세퍼레이터가 배치되어 전지구조체가 형성될 수 있다. 상기 전지구조체가 바이셀 구조로 적층된 다음, 유기 전해액에 함침되고, 얻어진 결과물이 파우치에 수용되어 밀봉되면 리튬이온폴리머전지가 완성된다.

[0081] 또한, 상기 전지구조체는 복수개 적층되어 전지팩을 형성하고, 이러한 전지팩이 고용량 및 고출력이 요구되는 모든 기기에 사용될 수 있다. 예를 들어, 노트북, 스마트폰, 전기차량 등에 사용될 수 있다.

[0082] 특히, 상기 리튬전지는 고온 충방전 특성 및 고온 안정성이 우수하므로 전기차량(electric vehicle, EV)에 적합하다. 예를 들어, 플러그인하이브리드차량(plug-in hybrid electric vehicle, PHEV) 등의 하이브리드차량에 적합하다.

[0083] 이하의 실시예 및 비교예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 단, 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것이지 이들만으로 본 발명의 범위를 한정하는 것은 아니다.

[0084] (복합양극활물질 제조)

[0085] 실시예 1:  $0.45\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.55\text{Li}_2\text{MnO}_3$

[0086] 출발 물질로서 리튬 카보네이트(Lithium carbonate), 니켈 아세테이트(Nickel acetate), 코발트 아세테이트(Cobalt acetate) 및 망간 아세테이트(Manganese acetate) 를 선정하였다. 활물질  $0.45\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.55\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절하여 상기 출발 물질들을 준비하였다. 준비된 출발물질을 묽은 질산 수용액 50 mL에 녹인 후 구연산 수용액 50 mL와 에틸렌 글리콜 30mL를 첨가하였다. 이렇게 제조된 졸(Sol)은 Hot plate에서 교반과 함께 가열하여 물을 증발시켰다. 젤(Gel)의 연소 반응 또한 Hot plate 위에서 실시하였으며, 연소를 통해 젤을 완전히 분해시킨 이후 추가 열처리를 실시하였다. 소성은 건조 공기를 흘려주면서 800°C에서 10 시간 동안 실시하고 노(furnace) 내에서 자연 냉각시켜(이하 노냉) 활물질 분말 0.04mol을 합성하였다.

[0087] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.55}\text{Ni}_{0.09}\text{Co}_{0.225}\text{Mn}_{0.685}\text{O}_{2.55}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.45\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.55\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.131 이었다.

[0088] 실시예 2:  $0.4\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.6\text{Li}_2\text{MnO}_3$

[0089] 활물질  $0.4\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.6\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절된 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.

[0090] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.6}\text{Ni}_{0.08}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.72}\text{O}_{2.6}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.4\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.6\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.111 이었다.

[0091] 실시예 3:  $0.3\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.7\text{Li}_2\text{MnO}_3$

[0092] 활물질  $0.3\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.7\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절된 것을

제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.

[0093] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.7}\text{Ni}_{0.06}\text{Co}_{0.15}\text{Mn}_{0.79}\text{O}_{2.7}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.30\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.70\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.076 이었다.

[0094] 실시예 4:  $0.2\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.8\text{Li}_2\text{MnO}_3$

[0095] 활물질  $0.2\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.8\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.

[0096] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.8}\text{Ni}_{0.04}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.86}\text{O}_{2.8}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.2\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.8\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.047 이었다.

[0097] 실시예 5:  $0.1\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.9\text{Li}_2\text{MnO}_3$

[0098] 활물질  $0.1\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.9\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.

[0099] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.9}\text{Ni}_{0.02}\text{Co}_{0.05}\text{Mn}_{0.93}\text{O}_{2.9}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.1\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.9\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.022 이었다.

[0100] 비교예 1

[0101]  $\text{Li}_2\text{MnO}_3$  분말만을 양극활물질로서 사용하였다.

[0102] 비교예 2

[0103] 활물질  $0.5\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.

[0104] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.5}\text{Ni}_{0.1}\text{Co}_{0.25}\text{Mn}_{0.65}\text{O}_{2.5}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.5\text{LiNi}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.154 이었다.

[0105] 비교예 3

[0106] 활물질  $0.5\text{LiNi}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{Mn}_{0.34}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.

[0107] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.5}\text{Ni}_{0.165}\text{Co}_{0.165}\text{Mn}_{0.67}\text{O}_{2.5}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.10\text{LiNi}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{Mn}_{0.34}\text{O}_2 - 0.90\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.246 이었다.

[0108] 비교예 4

[0109] 활물질  $0.5\text{LiNi}_{0.44}\text{Co}_{0.16}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.

[0110] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.5}\text{Ni}_{0.22}\text{Co}_{0.08}\text{Mn}_{0.7}\text{O}_{2.5}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.5\text{LiNi}_{0.44}\text{Co}_{0.16}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.314 이었다.

[0111] 비교예 5

[0112] 활물질  $0.5\text{LiNi}_{0.44}\text{Co}_{0.24}\text{Mn}_{0.32}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.

[0113] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.5}\text{Ni}_{0.22}\text{Co}_{0.12}\text{Mn}_{0.66}\text{O}_{2.5}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.5\text{LiNi}_{0.44}\text{Co}_{0.24}\text{Mn}_{0.32}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.333 이었다.

- [0114] 비교예 6
- [0115] 활물질  $0.5\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.
- [0116] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.5}\text{Ni}_{0.25}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.65}\text{O}_{2.5}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.5\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.385 이었다.
- [0117] 비교예 7
- [0118] 활물질  $0.5\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$  0.04mol이 얻어지도록 Li, Ni, Co 및 Mn 사이의 몰비를 조절한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 복합양극활물질 분말을 제조하였다.
- [0119] 얻어진 복합양극활물질 분말의 조성은  $\text{Li}_{1.5}\text{Ni}_{0.3}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.6}\text{O}_{2.5}$  이었으며, 구체적인 조성은  $0.5\text{LiNi}_{0.6}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.2}\text{O}_2 - 0.5\text{Li}_2\text{MnO}_3$ 이었다. Ni/Mn 조성비는 0.500 이었다.
- [0120] (양극 및 리튬전지의 제조)
- [0121] 실시예 6
- [0122] 실시예 1에서 제조된 복합양극활물질 분말 10g, 도전재로서 평균지름  $6\mu\text{m}$ 의 아세틸렌 블랙 분말 0.43g 및 결합제로서 불화폴리비닐리덴(PVdF) 0.43g을 혼합하고 5mL의 N-메틸피롤리돈을 투입한 후 기계식 교반기를 사용하여 30분간 교반하여 슬러리를 제조하였다.
- [0123] 상기 슬러리를 닥터 블레이드(doctor blade)를 사용하여 알루미늄(Al) 집전체 위에 약  $200\mu\text{m}$ 의 두께로 도포하고 건조한 후 진공, 섭씨  $110^\circ\text{C}$ 의 조건에서 다시 한번 건조하여 양극판을 제조하였다. 상기 양극판을 롤 프레스(roll press)로 압연하여 시트 형태로 만들었다.
- [0124] 상기 양극판을 사용하여 지름 16mm의 코인셀(2016 type)을 제조하였다. 셀 제조시 대극(counter electrode)로는 금속 리튬을 사용하였으며, 격리막으로 두께  $20\mu\text{m}$  폴리에틸렌 격리막(separator, Star<sup>®</sup> 20, Asahi)을 사용하고, 전해질로는 EC(에틸렌카보네이트):EMC(에틸메틸카보네이트):DEC(디에틸카보네이트)(3:3:4 부피비) 혼합 용매에 1.15M  $\text{LiPF}_6$ 이 용해된 것을 사용하였다.
- [0125] 실시예 7 내지 10
- [0126] 실시예 2 내지 5에서 제조된 복합양극활물질 분말을 각각 사용한 것을 제외하고는 실시예 6과 동일한 방법으로 양극 및 리튬전지를 제조하였다.
- [0127] 비교예 8
- [0128] 비교예 1에서 제조된 복합양극활물질 분말을 사용한 것을 제외하고는 실시예 6과 동일한 방법으로 양극 및 리튬전지를 제조하였다.
- [0129] 비교예 9 내지 14
- [0130] 비교예 2 내지 7에서 제조된 복합양극활물질 분말을 각각 사용한 것을 제외하고는 실시예 6과 동일한 방법으로 양극 및 리튬전지를 제조하였다.
- [0131] 평가예 1 : 방전용량 평가
- [0132] 상기 코인셀을  $25^\circ\text{C}$ 에서 0.1C rate의 전류로 전압이 4.7V(vs. Li)에 이를 때까지 정전류 충전하고 이어서, 방전시 전압이 2.5V(vs. Li)에 이를 때까지 0.1C의 정전류로 방전하여 방전 용량을 측정하였다. 상기 방전 용량 실험 결과를 도 1 및 하기 표 1에 나타내었다.

[0133]

표 1

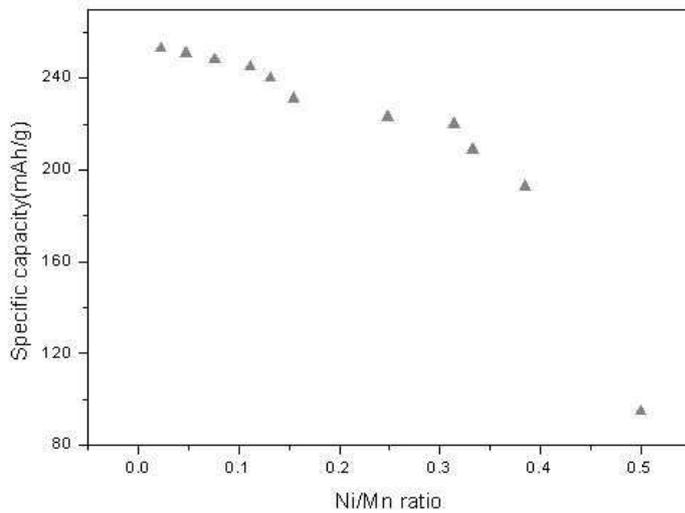
	방전용량 [mAh/g]
실시예 6	240
실시예 7	245
실시예 8	248
실시예 9	251
실시예 10	253
비교예 8	89
비교예 9	231
비교예 10	223
비교예 11	220
비교예 12	209
비교예 13	193
비교예 14	95

[0134]

상기 표 1 및 도 1에서 보여지는 바와 같이, 실시예의 리튬전지는 비교예의 리튬전지에 비하여 방전용량이 증가하였다. 즉, 한정된 리튬함량 및 Ni/Mn 조성비를 가지는 복합양극활물질을 사용함에 의하여 리튬전지의 방전용량이 향상되었다.

도면

도면1



도면2

