



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0068064  
(43) 공개일자 2017년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01M 4/04 (2006.01) H01M 10/04 (2015.01)  
H01M 4/505 (2010.01) H01M 4/525 (2010.01)  
(52) CPC특허분류  
H01M 4/04 (2013.01)  
H01M 10/04 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0174806  
(22) 출원일자 2015년12월09일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
주식회사 엘지화학  
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)  
(72) 발명자  
추소영  
대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원  
김태수  
대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인 피씨알

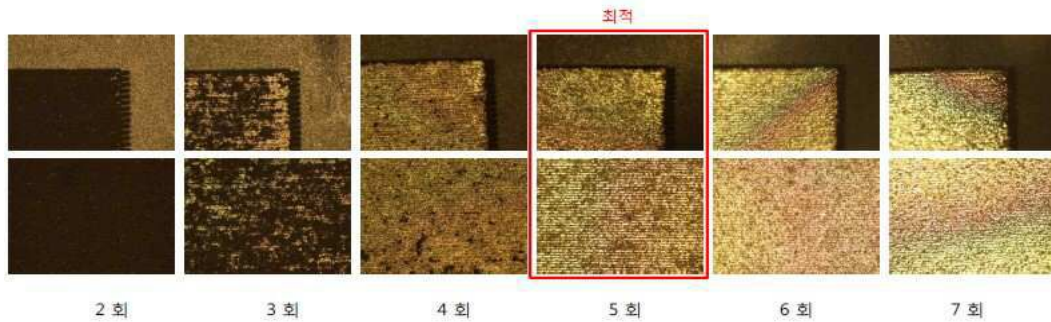
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 전극의 식각 방법 및 상기 식각 방법으로 식각된 전극을 포함하는 이차 전지

(57) 요약

본 발명은 전극의 식각 방법, 상기 방법으로 식각된 전극을 포함하는 이차 전지 및 이의 제조 방법에 대한 것으로, 본 발명에 따르면 레이저 어블레이션 공정의 속도를 경제적으로 증가시켜 전극을 효과적으로 식각시킬 수 있고, 전지 형상의 자유도를 높일 수 있으며 에너지를 집중시켜 선택적으로 상부층을 제거할 수 있어서 고품질의 이차전지를 경제적으로 제공할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*H01M 4/505* (2013.01)

*H01M 4/525* (2013.01)

*Y02E 60/12* (2013.01)

(72) 발명자

**고준상**

대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원

**윤세현**

대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원

**이학준**

대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원

**신부건**

대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

전극 표면에 형성된 활물질 막의 일부를 레이저 조사에 의해 제거하는 레이저 어블레이션 공정에 의한 전극의 식각 방법으로서,

상기 식각 전에 전극을 가열하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전극의 식각 방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 활물질 막은  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_x\text{O}_{2x}$  ( $x=1$  또는 2임),  $\text{LiFePO}_4$ ,  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  및  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{M}_y\text{O}_2$  ( $x=0\sim 0.2$ 이고,  $M=\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ba}$  및  $\text{La}$ 로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 원소이며,  $y=0.001\sim 0.02$ 임)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상으로 이루어진 양극 활물질 막인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 활물질 막은 그래파이트, 실리콘계 화합물, 게르마늄 함유 물질 및 주석 함유 물질로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상으로 이루어진 음극 활물질 막인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 가열하는 단계는 열풍기(heat gun), 고주파(RF) 유도기, 유도 적외선(IR) 램프 및 핫 플레이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상에 의해 수행하는 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 레이저는 펄스 레이저인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

#### 청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 레이저의 집속 렌즈의 초점 거리는 100 mm 내지 300 mm 인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

#### 청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 레이저의 펄스 폭(pulse width)은 1 ns 내지 300 ns 인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

#### 청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 레이저는 그 품질을 나타내는 변수인 빔 모드 파라미터의 값( $M^2$ )이 1 내지 2.0 인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

#### 청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 레이저의 진동수는 20 kHz 내지 1000 kHz 인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

**청구항 10**

청구항 1에 있어서,

상기 레이저의 속도는 0.5 m/s 내지 5 m/s 인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

**청구항 11**

청구항 1에 있어서,

상기 레이저 스파트의 크기는 18  $\mu\text{m}$  내지 86  $\mu\text{m}$  인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

**청구항 12**

청구항 1에 있어서,

상기 레이저 펄스 에너지의 크기는 0.1  $\mu\text{J}$  내지 1000  $\mu\text{J}$  인 것을 특징으로 하는, 전극의 식각 방법.

**청구항 13**

청구항 1 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 따른 전극의 식각 방법에 의해 전극을 식각하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이차 전지의 제조 방법.

**청구항 14**

청구항 1 내지 청구항 12 중 어느 하나에 따른 전극의 식각 방법으로 식각된 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이차 전지.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 전극의 식각 방법, 상기 전극의 식각 방법에 의해 전극을 식각하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이차 전지의 제조 방법 및 상기 식각 방법으로 식각된 전극을 포함하는 이차 전지에 대한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 모바일 기기에 대한 기술 개발과 수요가 증가함에 따라 에너지원으로서의 이차전지의 수요가 급격히 증가하고 있고, 그에 따라 다양한 요구에 부응할 수 있는 이차전지에 대한 많은 연구가 행해지고 있다.

[0003] 이러한 이차전지는 전극조립체가 전해액과 함께 전지케이스에 내장되는 형태로 제조된다. 상기 전극조립체는 제조 방법에 따라 스택형, 폴딩형, 스택-폴딩형 등으로 구분된다. 스택형 또는 스택-폴딩형 전극조립체의 경우, 단위 조립체가 양극과 음극이 분리막을 사이에 두고 순차적으로 적층되는 구조로 이루어져 있다. 이러한 전극조립체를 만들기 위해서는 전극 탭이 형성된 양극과 음극을 먼저 제조하는 것이 필요하다.

[0004] 즉, 전극 탭이 형성된 단위 전극을 제조하기 위해서는 먼저 일면 또는 양면에 전극 활물질이 도포되어 있는 연속적인 전극 시트에 전극 탭을 형성하는 노칭 과정이 필요하다. 상기 노칭 과정은 일반적으로 다이 상에 전극 시트를 위치시키고, 프레스를 사용하여 전극 시트의 일부를 타발하는 공정에 의해 수행하는 것이 일반적이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0005] (특허문헌 0001) JP 5600825 B2

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 한편, 본 발명자들은 상기와 같이 노칭 과정을 수행할 경우 전극 탭이 형성된 전극의 형상이 제한되어 전지 형상의 자유도가 낮아지는 문제점을 인식하였으며 이에 예의 검토한 결과 이차 전지의 제조에 레이저 어블레이션 공정을 도입함으로써 전지 형상의 자유도를 높일 수 있음을 발견하였다. 또한 이러한 레이저 어블레이션 공정을 이차 전지의 제조에 도입할 경우 레이저의 파워 증가에는 한계가 있어 공정 속도를 높이는데 어려움이 있음을 발견하고 공정 속도를 경제적으로 향상시킬 수 있는 방법을 검토하여, 고품질의 이차 전지를 경제적으로 제공할 수 있는 본원 발명을 발명하게 되었다.

[0008] 즉, 본 발명의 목적은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서,

[0009] 전극의 식각 시 레이저 어블레이션 공정을 도입하여 전지 형상의 자유도를 높이고, 레이저와 함께 열풍기를 사용하여 에너지를 전달함으로써 레이저를 통해 전달해야 하는 에너지의 양을 감소시켜 경제적으로 레이저 어블레이션의 공정 속도를 증가시킬 수 있는 전극의 식각 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 또 본 발명의 목적은 상기 전극의 식각 방법으로 식각된 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이차 전지를 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명은

[0012] 전극 표면에 형성된 활물질 막의 일부를 레이저 조사에 의해 제거하는 레이저 어블레이션 공정에 의한 전극의 식각 방법으로서,

[0013] 상기 식각 전에 전극을 가열하는 단계를 포함하는 전극의 식각 방법을 제공한다.

[0015] 또 본 발명은 상기 전극의 식각 방법에 의해 전극을 식각하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이차 전지의 제조 방법을 제공한다.

[0017] 또한 본 발명은 상기 전극의 식각 방법으로 식각된 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이차 전지를 제공한다.

**발명의 효과**

[0018] 본 발명에 따르면 전지 형상의 자유도를 높일 수 있으며, 레이저 어블레이션 공정의 속도를 경제적으로 증가시켜 전극을 효과적으로 식각시킬 수 있고, 에너지를 집중시켜 선택적으로 상부층을 제거할 수 있어서 고품질의 이차전지를 경제적으로 제공할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0019] 도 1은 실시예 1에 따라 전극을 식각한 결과를 나타낸 사진이다.

도 2는 도 1을 확대한 사진이다.

도 3은 비교예 1에 따라 전극을 식각한 결과를 나타낸 사진이다.

도 4는 도 3을 확대한 사진이다.

도 5는 실시예 2에 따라 전극을 식각한 결과를 나타낸 사진이다.

도 6은 도 5를 확대한 사진이다.

도 7은 비교예 2에 따라 전극을 식각한 결과를 나타낸 사진이다.

도 8은 도 7을 확대한 사진이다.

도 9는 본원 발명 실시예 1 내지 4의 레이저 어블레이션 공정을 간략히 나타낸 모식도이다.

도 10은 본원 발명 비교예 1 및 2의 금속 노칭 공정을 간략히 나타낸 모식도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0020] 본 발명은,
- [0021] 전극 표면에 형성된 활물질 막의 일부를 레이저 조사에 의해 제거하는 레이저 어블레이션 공정에 의한 전극의 식각 방법으로서,
- [0022] 상기 식각 전에 전극을 가열하는 단계를 포함하는 전극의 식각 방법에 대한 것이다.
- [0024] 본 명세서에서 상기 "전극"은 특별히 제한되지는 않지만, 바람직하게는 전해질 배터리 전극 컴포넌트일 수 있다.
- [0026] 본 명세서에서 "레이저 어블레이션 공정"이란, 전극 기관 위에 이차원적으로 형성된 막의 일부 영역을 레이저를 조사함으로써 제거하는 방법을 의미한다.
- [0027] 본 발명에서 레이저 어블레이션 공정에 의해 전극을 식각하는 것은 전지 형상의 자유도를 높이기 위함이다. 종래에 제공되는 탭을 갖는 전극 조립체는 천편일률적인 형상으로서, 이러한 이차 전지를 사용하는 디바이스의 부품 설계 역시 이차전지의 형상을 고려해야 하는 등 제약이 많았다. 그러나, 본 발명에 의해 제공되는 전극의 식각 방법에 의해, 전지의 형상 자유도를 향상시킬 수 있음은 물론, 전극 조립체의 형상에 따른 제한 없이 디바이스의 설계를 보다 다양하게 할 수 있어 바람직하다.
- [0028] 즉, 전극 식각 시 레이저 어블레이션 공정을 적용하면, 전극 활물질 식각 부분에 탭이 위치하도록 커팅이 가능하여 탭부의 형상을 원하는 형상대로 얻을 수 있다. 예를 들어, 전극 내부에 탭이 있는 구조, 탭보다 높은 전극, 직사각형 이외의 탭 형상 등을 얻을 수 있으나 이에 한정되지 않는다.
- [0030] 본 발명에서 상기 식각 전에 전극을 가열하는 단계를 포함하는 것은, 전극을 가열하여 레이저와 함께 에너지를 전달함으로써 레이저를 통해 전달해야 하는 에너지의 양을 감소시켜 경제적으로 공정 속도를 증가시킬 수 있기 때문이다.
- [0031] 상기 레이저의 펄스 에너지와 피크 파워 등에 의해 식각 속도가 결정되는데 레이저의 파워 증가에는 한계가 있어 공정 속도를 높이는데 어려움이 있었고, 레이저 어블레이션의 공정 속도를 높이기 위하여 광학계의 스캐너를 복수 개로 사용하는 방법 등을 검토하였으나 그 비용 면에서 불리한 단점이 있었으며, 본 발명은 이러한 단점을 해결한 것이다.
- [0033] 본 발명의 일 실시예에 있어서,
- [0034] 상기 활물질 막은 양극 활물질 막 또는 음극 활물질 막일 수 있다.
- [0036] 본 발명의 다른 일 실시예에 있어서,
- [0037] 상기 양극 활물질 막은 전기 화학적 반응을 일으킬 수 있는 물질로서 리튬 함유 금속 산화물 또는 황 화합물일 수 있고,
- [0038] 특히 리튬 함유 금속 산화물로는  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiMn}_x\text{O}_{2x}$ ( $x=1$  또는  $2$ 임),  $\text{LiFePO}_4$ ,  $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$  및  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{M}_y\text{O}_2$  ( $x=0\sim 0.2$ 이고,  $M=\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$  및  $\text{La}$ 로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 원소이며,  $y=0.001\sim 0.02$ 임)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상으로 이루어진 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0040] 본 발명의 다른 일 실시예에 있어서,  
 [0041] 상기 음극 활물질 막은 그래파이트, 실리콘계 화합물, 게르마늄 함유 물질 및 주석 함유 물질로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상으로 이루어진 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0043] 본 발명의 또 다른 일 실시예에 있어서,  
 [0044] 상기 가열하는 단계는 열풍기(heat gun), 고주파(RF) 유도기, 유도 적외선(IR) 램프 및 핫 플레이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상에 의해 수행할 수 있으며, 열풍기에 의해 수행하는 것이 경제성 및 장비 설치의 유용성 때문에 바람직하나 동일한 효과를 달성할 수 있는 열 조사 수단이면 그 종류에 한정이 없다.

[0046] 본 발명의 일 실시예에 있어서,  
 [0047] 상기 레이저는 펄스 레이저일 수 있으나 이에 한정되지 않는다.

[0049] 이하에서 레이저 어블레이션 공정에 사용하는 장치 및 공정 조건에 대해 상세하게 설명한다.

[0050] 상기 레이저 어블레이션 공정에 사용하는 장치는 레이저 빔을 방출하는 레이저 발진기, 상기 레이저 발진기로부터 방출된 레이저 빔을 집속하여 전극에 조사하는 집속 렌즈를 구비한다. 집속 렌즈를 통과한 레이저 빔은 그 초점 스팟이 전극의 표면에 닿는 것이 바람직하다. 여기서 초점 스팟이란 후술할 초점 심도 내의 레이저 빔을 지칭한다.

[0051] 상기 초점 심도는, 집속된 레이저 스팟의 최소 반지름이  $W_0$ , 집속 렌즈의 초점 거리가  $f$ 일 때, 집속된 레이저 스팟의 반지름이  $W_0$ 인 두 지점 사이의 거리를 의미한다. 초점 심도 내의 레이저 빔인 초점 스팟 내에 전극이 위치해야 충분한 레이저 어블레이션이 수행되며, 초점 스팟을 벗어나게 되면 레이저 빔의 에너지량이 현저하게 하락하기 때문에 레이저 어블레이션 공정이 불완전하게 수행된다.

[0052] 상기 초점 스팟의 크기( $W_0$ )는 하기 식 1로 나타낼 수 있다.

[0053] [식 1]

$$W_0 = \frac{4\lambda M^2 f}{\pi D}$$

[0054]  
 [0055] 상기 식 1에서,  $\lambda$ 는 레이저의 파장이고,  $M^2$ 은 빔 모드 파라미터(Beam Mode Parameter)라는 변수로서 레이저의 품질을 나타내고,  $f$ 는 집속 렌즈의 초점 거리이며,  $D$ 는 집속 렌즈에 유입되는 레이저 빔의 광폭이다.

[0056] 초점 심도는 하기 식 2로 나타낼 수 있으며, 하기 식 2에서  $L$ 은 초점 심도를 의미한다.

[0057] [식 2]

$$L = \frac{8 \cdot f^2 \cdot \lambda}{\pi \cdot D^2} \cdot M^2$$

[0058]  
 [0060] 상기 식 1 및 2의 관계로부터, 하기 식 3이 도출된다.

[0061] [식 3]

$$L = W_0 \cdot \frac{2f}{D}$$

[0062]

[0063] 초점 스팟의 크기( $W_0$ )가 작으면 레이저 빔의 에너지가 좁은 구역에 집중되어 레이저 어블레이션 공정 수행이 용이하며, 초점 심도가 길면 전극의 레이저 빔에 대한 위치가 변하거나 전극의 표면이 고르지 않더라도 항상 원활하게 레이저 어블레이션이 가능하기 때문에, 이상적으로는 초점 스팟의 크기( $W_0$ )가 작고 동시에 초점 심도는 긴 것이 좋다.

[0065] 그러나, 상기 식 3을 참조하면, 초점 심도는 레이저 스팟의 크기와 비례한다.

[0066] 따라서, 만약 초점 스팟의 크기가 작다면 레이저 빔의 단위 면적당 에너지 밀도는 높일 수 있으나, 초점심도도 이와 함께 짧아지기 때문에 커팅 대상물의 레이저 빔에 대한 위치가 변하거나 커팅 대상물의 표면이 고르지 않은 경우에는 커팅 대상물이 원활하게 커팅되지 않게 된다.

[0068] 반대로, 초점 심도가 길다면 레이저 어블레이션 공정 대상인 전극의 레이저 빔에 대한 위치가 변하거나 전극의 표면이 고르지 않은 경우에 덜 민감하게 되므로, 전극이나 초점의 위치 등을 설정하는 작업은 용이하게 되나, 초점 스팟의 크기도 초점 심도와 함께 커지기 때문에 레이저 빔의 단위 면적당 에너지 밀도가 레이저 어블레이션 공정을 수행할 수 있는 수준보다 낮아지게 되는 문제가 있다.

[0070] 이와 같이, 초점 심도가 매우 길고, 이와 동시에 초점 스팟의 크기를 매우 작게 하는 것이 불가능하기 때문에, 전극의 레이저 어블레이션 공정에 있어서도 초점 심도와 초점 스팟의 크기 간의 균형을 맞추는 것이 매우 중요하다. 또한, 레이저를 이용하여 전극을 어블레이션하는 데에 있어서, 어떤 변수가 중요 변수인지를 파악하는 것이 필요하다.

[0072] 본 발명의 다른 일 실시예에 있어서,

[0073] 상기 레이저의 집속 렌즈의 초점 거리는 100 mm 내지 300 mm일 수 있으나 이에 한정되지 않는다.

[0075] 본 발명의 또 다른 일 실시예에 있어서,

[0076] 상기 레이저의 펄스 폭(pulse width)은 1 ns 내지 300 ns 인 것이 바람직하고, 5 ns 내지 30 ns 인 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0077] 상기 레이저 펄스 폭의 크기가 상기 수치범위보다 크면 전극에 대한 레이저의 열 전달 시간이 길어 주변부에 대한 열영향이 크고, 상기 수치범위보다 작으면 충분한 에너지 전달이 이루어지지 않아 식각 효율이 저하되기 때문에 상기 수치 범위 내인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

[0079] 본 발명의 일 실시예에 있어서,

[0080]  $M^2$ 은 빔 모드 파라미터(Beam mode parameter)라는 변수로서 레이저의 품질을 나타내는데, 이론값은 1이며 실제로는 약 1.3의 값을 갖는다. 본 발명에서 사용하는 레이저의  $M^2$  값은 1에 가까울수록 좋으나 레이저의 출력 및 발전 방식에 따라 달라질 수 있다.  $M^2$  값이 2 이상이 될 경우에 초점 스팟의 사이즈를 작게 만들기 위해서는 초점 심도가 커지기 때문에 1.0 내지 2.0의 값을 갖는 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.

- [0082] 본 발명의 다른 일 실시예에 있어서,
- [0083] 상기 레이저의 진동수는 20 kHz 내지 1000 kHz 인 것이 바람직하고, 70 kHz 내지 500 kHz 인 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다.
- [0084] 레이저 빔 사이의 중첩률에 의하여, 상기 레이저의 진동수가 상기 수치범위보다 크면 빔 사이의 간격이 좁아 레이저에 의한 열 영향이 큰 단점이 있으며, 상기 수치범위보다 작으면 빔 사이의 간격이 너무 넓어 빔의 영향이 적은 부분이 존재하고 그에 따라 활물질 알갱이가 제거되지 않기 때문에 상기 레이저의 진동수가 상기 수치범위 내인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.
- [0086] 본 발명의 또 다른 일 실시예에 있어서,
- [0087] 상기 레이저의 속도는 0.5 m/s 내지 5 m/s 인 것이 바람직하고, 3 m/s 내지 5 m/s 인 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다.
- [0089] 본 발명의 일 실시예에 있어서,
- [0090] 상기 레이저 스팟의 크기는 18  $\mu\text{m}$  내지 86  $\mu\text{m}$  인 것이 바람직하고, 25  $\mu\text{m}$  내지 60  $\mu\text{m}$ 인 것이 보다 바람직하나 이에 한정되지 않는다.
- [0091] 상기 레이저 스팟의 크기는 레이저 어블레이션 가공 시 전극 표면에서 가공 결과에 크게 영향을 미치며,
- [0092] 상기 레이저 스팟의 크기가 상기 수치범위보다 크면 레이저의 에너지 강도가 너무 낮아 충분한 식각이 이루어지지 않으며, 상기 수치범위보다 작으면 식각 효율이 저하되기 때문에 상기 수치 범위 내인 것이 바람직하다.
- [0094] 본 발명의 다른 일 실시예에 있어서,
- [0095] 상기 레이저 펄스 에너지의 크기는 0.1  $\mu\text{J}$  내지 1000  $\mu\text{J}$  인 것이 바람직하나 이에 한정되지 않는다.
- [0096] 상기 레이저 펄스 에너지의 크기는 본원 발명의 레이저 어블레이션 가공 시 전극 표면에서의 가공 결과에 크게 영향을 미치며, 상기 레이저의 펄스 에너지의 크기가 1000  $\mu\text{J}$  를 초과하면 활물질 뿐 아니라 활물질 하부의 전극도 식각하여 활물질의 선택적 식각이 어려우며, 상기 레이저의 펄스 에너지의 크기가 0.1  $\mu\text{J}$  미만이면 충분한 식각이 이루어지지 않아 식각 효율이 저하되기 때문에 상기 수치 범위 내인 것이 바람직하다.
- [0098] 또 본 발명은 상기 식각 방법에 의해 전극을 식각하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이차 전지의 제조 방법에 대한 것이다.
- [0100] 또한 본 발명은 상기 식각 방법으로 식각된 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 이차 전지에 대한 것이다.
- [0102] 이하 본 발명을 비한정적인 실시예에 의해 더욱 상세하게 설명한다. 하기에 개시되는 본 발명의 실시 형태는 어디까지 예시로써, 본 발명의 범위는 이들의 실시 형태에 한정되지 않는다. 본 발명의 범위는 특허청구범위에 표시되었고, 더욱이 특허 청구범위 기록과 균등한 의미 및 범위 내에서의 모든 변경을 함유하고 있다. 또한, 이하의 실시예, 비교예에서 함유량을 나타내는 "%" 및 "부"는 특별히 언급하지 않는 한 질량 기준이다.
- [0104] **실시예**
- [0105] 실시예 1. 전극 표면의 양극 활물질 막의 식각
- [0106] (1) 알루미늄 호일을 일측에 전극 탭이 형성되도록 각각 절취하여 양극 전극판을 제조하였다. 양극 활물질로서

LiCoO<sub>2</sub>, 도전재로 카본블랙 및 그래파이트, 결합제로 플루오르화 폴리비닐리덴(PVdF)을 용제인 N-메틸 피롤리돈에 첨가하여 양극 혼합물을 제조하고, 전극 탭을 제외한 알루미늄 호일의 양면에 각각 도포하였다. 이렇게 제조된, 양극 활물질 막으로 코팅된 전극(LG화학(주) 제조)을 열풍기(H1600, metabo 사 제조)로, 전극과의 거리 30 cm를 유지하면서 가열하였다.

[0107] (2) 가열된 전극 표면의 양극 활물질 막에 하기 표 1에 기재된 조건으로 레이저를 조사(SPI 사 제조, G4)하여 레이저 어블레이션 공정을 수행하였다. 동일한 조건으로 조사 횟수를 증가시키면서 전극의 식각 정도가 최적화되는 횟수를 확인하였다.

[0108] 그 결과를 도 1 및 도 2에 나타내었으며, 레이저를 5회 조사 시 최적화되었다.

**표 1**

[0109]

실시예 1	
에프-세타 렌즈의 직경 (mm)	167
폴리메이터 (초점 거리 = mm)	50
펄스 폭 (ns)	15
과워 (%)	70
진동수 (kHz)	450
레이저 속도 (m/s)	5
레이저 스팟 크기 (μm)	60
펄스 에너지(μJ)	63

[0111] 실시예 2. 전극 표면의 음극 활물질 막의 식각

[0112] (1) 구리 호일을 일측에 전극 탭이 형성되도록 각각 절취하여 음극 전극판을 제조하였다. 음극 활물질로서 인조 흑연, 도전재로 카본 블랙, 결합제로 스티렌-부타디엔 고무(SBR), 첨가제로 카복시메틸 셀룰로오스(CMC)를 용제인 증류수에 첨가하여 음극 혼합물 슬러리를 제조하였으며, 전극 탭을 제외한 구리 호일의 양면에 각각 도포하였다. 이렇게 제조된, 음극 활물질 막으로 코팅된 전극(LG화학(주) 제조)을 열풍기(H1600, metabo 사 제조)로, 전극과의 거리 30 cm를 유지하면서 가열하였다.

[0113] (2) 가열된 전극 표면의 음극 활물질 막에 하기 표 2에 기재된 조건으로 레이저를 조사(SPI 사 제조, G4)하여 레이저 어블레이션 공정을 수행하였다. 동일한 조건으로 조사 횟수를 증가시키면서 전극의 식각 정도가 최적화되는 횟수를 확인하였다.

[0114] 그 결과를 도 5 및 도 6에 나타내었으며, 레이저를 4회 조사 시 최적화되었다.

**표 2**

[0115]

실시예 2	
에프-세타 렌즈의 직경 (mm)	167
폴리메이터 (초점 거리 = mm)	50
펄스 폭 (ns)	15
과워 (%)	90
진동수 (kHz)	500
레이저 속도 (m/s)	3
레이저 스팟 크기 (μm)	60
펄스 에너지(μJ)	81

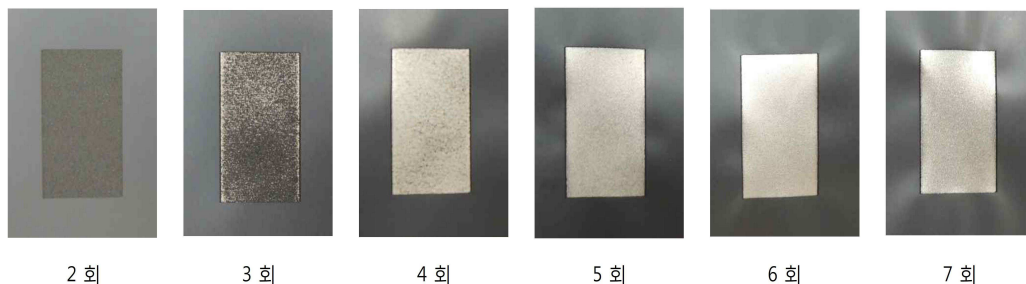
[0117] 실시예 3. 전극 표면의 양극 활물질 막의 식각

[0118] 실시예 1의 (1)단계를 수행하지 않은 것을 제외하고는 동일한 방법으로 전극의 식각 정도가 최적화되는 횟수를 확인하였다.

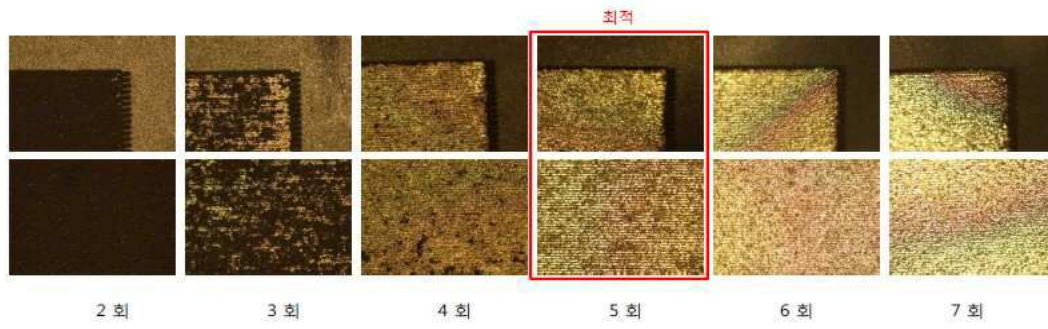
- [0119] 그 결과를 도 3 및 도 4에 나타내었으며, 레이저를 7회 조사 시 최적화되었다.
- [0120] 실시예 4. 전극 표면의 음극 활물질 막의 식각
- [0121] 실시예 2의 (1)단계를 수행하지 않은 것을 제외하고는 동일한 방법으로 전극의 식각 정도가 최적화되는 횟수를 확인하였다.
- [0122] 그 결과를 도 7 및 도 8에 나타내었으며, 레이저를 5회 조사 시 최적화되었다.
- [0123] 비교예 1. 전극 표면의 양극 활물질 막의 식각
- [0124] 음극 활물질 막으로 코팅된 전극(LG화학(주) 제조) 표면을 금속 노칭하였다. 금속 노칭은 대한민국 특허등록공보 제1370855호에 개시된 방법에 의해 수행하였다.
- [0125] 비교예 2. 전극 표면의 음극 활물질 막의 식각
- [0126] 전극 표면의 음극 활물질 막을 금속 노칭하였다.
- [0128] 상기 실시예 1 내지 4에 따라 활물질 막을 식각한 결과 도 9에 나타낸 것처럼 활물질 막의 식각 부분에 탭이 위치하도록 커팅이 가능하여 탭 위치 및 탭의 형상을 자유롭게 설계할 수 있었다. 이에 반해 비교예 1 및 2의 경우 도 10에 나타낸 것처럼 전극 코팅 시 선형 탭부가 형성되기 때문에 금속 노칭 공정 수행 후 탭부 형상이 제한된다.
- [0130] 또한 실시예 1 내지 4에 따라 활물질 막의 식각 정도를 비교하여 택트 타임(tact time, 각 공정 시간의 최대 시간을 의미하며 활물질 막이 충분히 식각되는지 여부를 육안으로 확인하여, 그 시간을 측정하였음)의 감소되는 정도를 확인하였다.
- [0131] 양극 활물질 막의 경우, 열풍기 없이 식각을 수행한 실시예 3 대비 열풍기와 함께 식각을 수행한 실시예 1의 경우, 택트 타임이 약 28 % 감소하였다.
- [0132] 음극 활물질 막의 경우, 열풍기 없이 식각을 수행한 실시예 4 대비 열풍기와 함께 식각을 수행한 실시예 2의 경우, 택트 타임이 약 20 % 감소하였다.
- [0134] 상기 결과로 보아, 열풍기를 사용한 실시예 1 및 2의 경우 레이저 어블레이션 공정 속도가 향상된 것을 알 수 있었다. 즉, 활물질 막에 레이저 어블레이션 공정을 수행할 때 어블레이션을 위한 필요 에너지가 정해져 있는데, 이 때 일정 에너지를 레이저 대신 열 조사 수단인 열풍기를 통하여 전달함으로써 레이저를 통하여 전달해야 하는 에너지 양을 줄일 수 있어 경제적으로 레이저 어블레이션 공정 속도를 향상시킬 수 있는 것이다.

**도면**

**도면1**



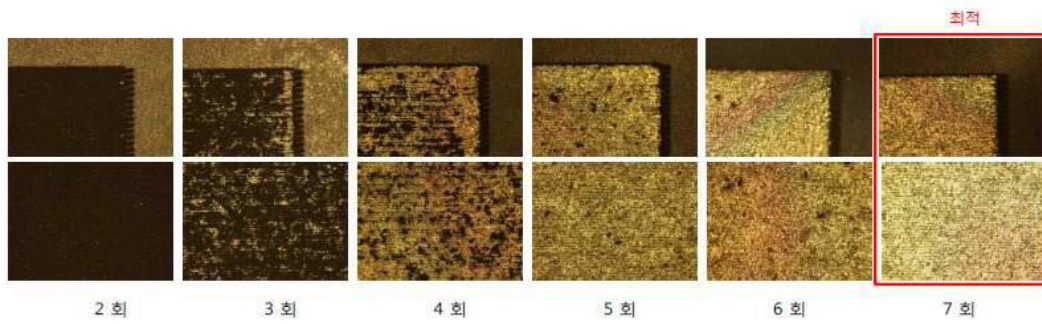
도면2



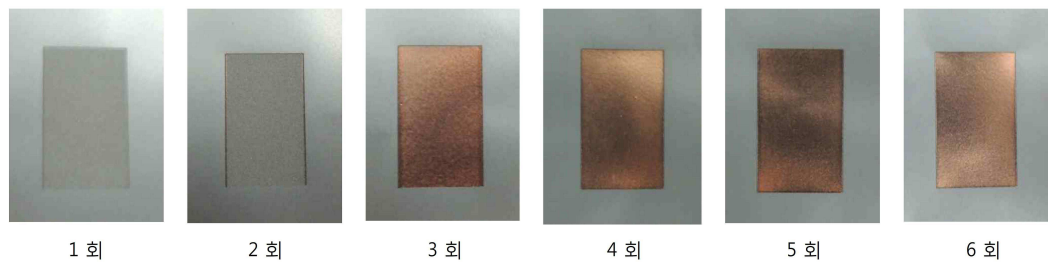
도면3



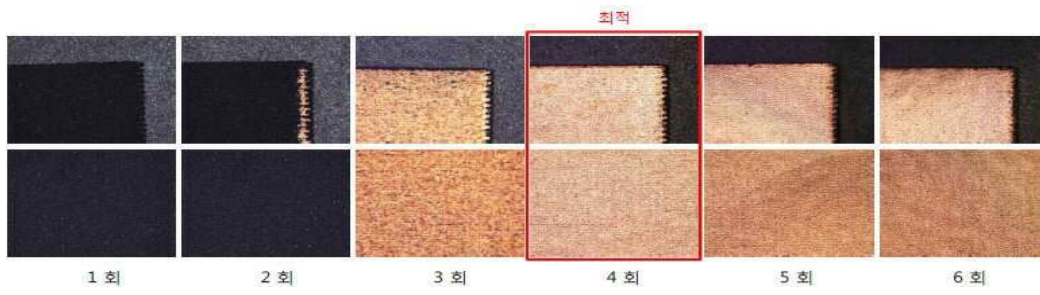
도면4



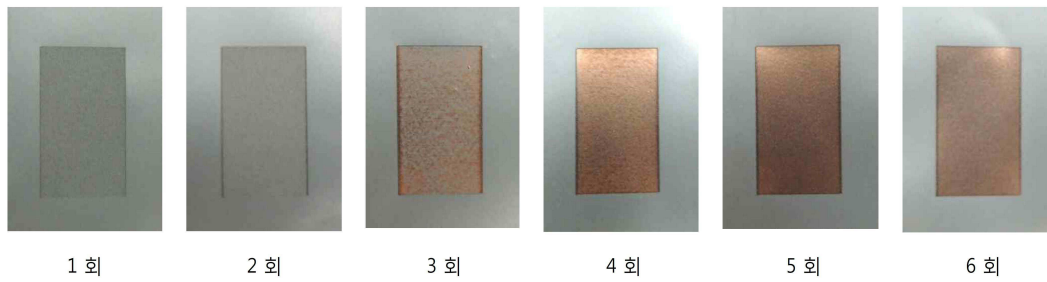
도면5



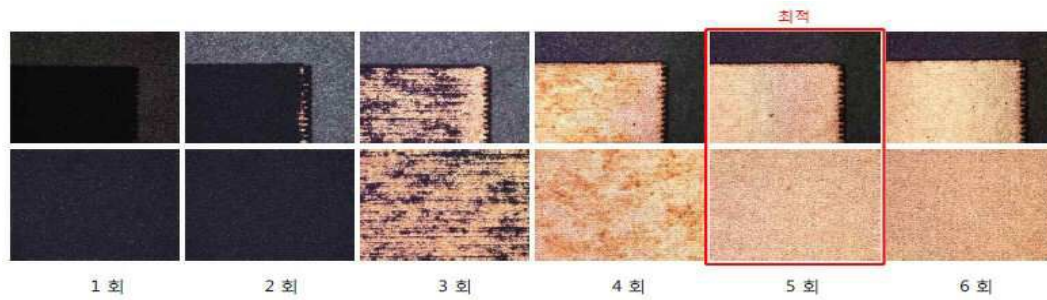
도면6



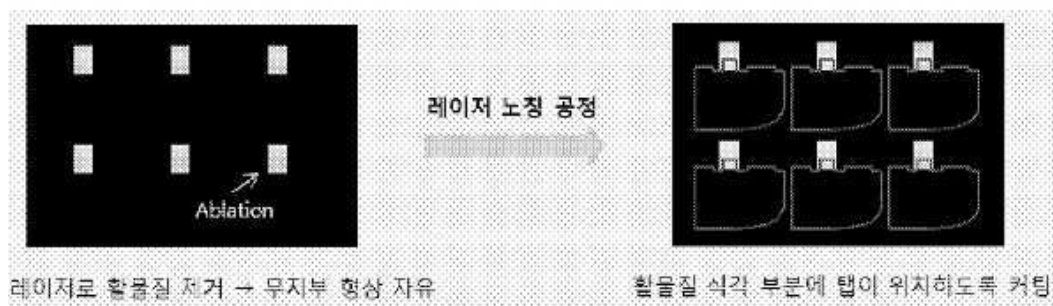
도면7



도면8



도면9



도면10

