



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0079580
(43) 공개일자 2017년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 25/72 (2006.01) G01J 5/48 (2006.01)
G01R 31/36 (2006.01) H01M 10/0525 (2010.01)
H01M 10/42 (2014.01)

(52) CPC특허분류

G01N 25/72 (2013.01)
G01J 5/48 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0190315

(22) 출원일자 2015년12월30일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

김재열
광주광역시 북구 동문대로100번길 16, 203동 114
0호 (두암동, 현대2차아파트)

유란희

광주광역시 동구 의재로 149-7, 202동 602호 (운
림동, 라인2차아파트)

이중관

전라남도 순천시 삼산로 103-13, 106동 104호 (용
당동, 현대아파트)

(74) 대리인

특허법인아이엠

전체 청구항 수 : 총 2 항

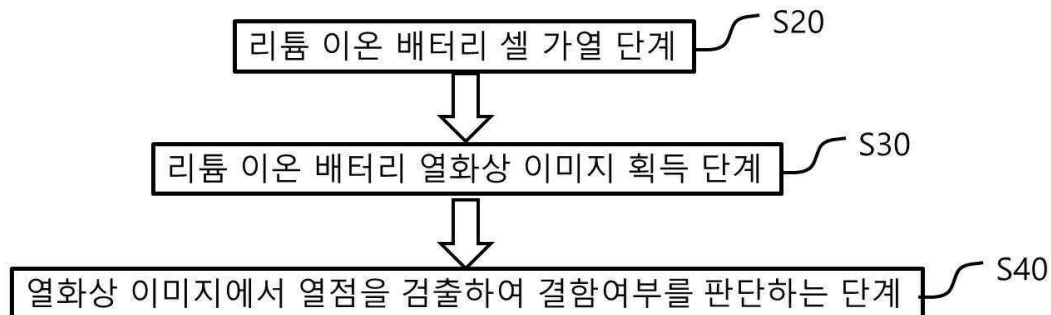
(54) 발명의 명칭 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법

(57) 요약

본 발명은 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 배터리의 결함 부위를 미리 검사함으로써 배터리의 과열 등으로 발생하는 위험을 미연에 방지할 수 있도록 하는 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법은, 리튬 이온 배터리의 셀을 가열하는 단계와, 가열된 리튬 이온 배터리의 셀의 적외선 열화상 영상을 얻는 단계와, 적외선 열화상 영상으로부터 주변보다 온도가 높은 열점(hotspot)을 검출하여 결함여부를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01R 31/3658 (2013.01)
H01M 10/0525 (2013.01)
H01M 10/4285 (2013.01)
G06T 2207/10048 (2013.01)
Y02E 60/122 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2015-C-0014-010108
부처명	교육부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	산학협력선도대학(LINC)육성(0.5)
연구과제명	친환경 자동차용 리튬이온2차 전지 신뢰성 평가기술
기 여 율	1/1
주관기관	조선대학교 산학협력단
연구기간	2015.08.01 ~ 2016.01.31

명세서

청구범위

청구항 1

리튬 이온 배터리의 셀을 가열하는 단계와,

가열된 리튬 이온 배터리의 셀의 적외선 열화상 영상을 얻는 단계와,

적외선 열화상 영상으로부터 주변보다 온도가 높은 열점(hot spot)을 검출하여 결함여부를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 리튬 이온 배터리의 셀을 가열하는 단계는 셀을 가열한 후 냉각시키는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 배터리의 결함 부위를 미리 검사함으로써 배터리의 과열 등으로 발생하는 위험을 미연에 방지할 수 있도록 하는 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

환경오염이 급속도로 진행되면서 현 자동차 시장에서는 하이브리드 자동차가 친환경 자동차로써 각광 받고 있다. 하이브리드 자동차는 일반적으로 사용하는 내연기관 자동차와 비교했을 때 에너지원, 엔진 소음, 배터리, 에너지 효율, 환경오염 측면에서 우월한 특징을 갖는다. 하지만 휘발유나 디젤 차량과 비교하였을 때 구입 시 더 많은 비용을 필요로 한다. 또한 배터리 팩의 잔존 수명 기한을 정확히 알 수 없기 때문에 배터리의 수명 파악은 온도, 충전 상태, 충전 프로토콜에 주로 의존하고 있는 실정이다. 더불어 배터리의 내부 결함이나 미세 결함은 육안으로 검출이 불가능하므로, 자동차 오작동 시 원인 규명 단계에서 기회비용을 고려했을 때 신규 배터리 팩을 구매해야 하는 것인지 자동차를 폐차 시켜야 하는지 정확한 판단을 내리기 어렵다는 단점을 갖고 있다. 차량 전체 가격에서 많은 비중을 차지하는 리튬 이온 배터리의 수명은 일반 자동차의 평균 기대 수명이 약 8년 정도인 것에 비해 적절한 것이라고 판단 할 수 있지만, 환경 조건과 사용 방식에 따라 수명이 5~20년으로 큰 편차를 보인다. 배터리 팩을 중동 국가와 같이 기온이 30℃를 웃도는 날이 많은 지역에서 사용할 경우, 배터리 성능에 영향을 줄 수 있으며 영구적으로 영향을 주는 경우도 존재한다. 완충된 배터리는 30℃ 이상의 온도에서 저장된 에너지 손실에 더 취약하기 때문이다. 또한 특별한 냉각이 이루어지지 않는 조건에서 과 충전이 지속될 경우 온도가 지수 함수적으로 증가하거나 폭발로 이어지게 되며, 혹은 일정 온도까지 올라갈 때 자동으로 꺼져버린다. 그러므로 정기적으로 하이브리드 자동차 내부 배터리 충전여부를 체크하고 온도에 의한 배터리 팩 손상에 주의하여 사용하는 것이 바람직하다.

[0003]

하이브리드 자동차 배터리의 한계를 테스트하기 위해 실제 주행 시 사용되었던 하이브리드 자동차 배터리 팩과 셀의 전체 수명에 대하여 시뮬레이션하면, 배터리 용량이 약 20%가 손실되어 수명에 좋지 못한 영향을 주는 것을 확인 할 수 있다. 현재에도 리튬 이온 배터리의 성능 향상을 위해 고 에너지 고 밀도화 연구가 계속 진행되고 있지만, 최근 들어 배터리 관련 사고가 끊이지 않자 안정성에 대한 문제가 제기되고 있는 것이 현실이다. 더불어 리튬 이온 배터리에 대한 위험성 검증과 규정들 또한 미비한 상태에 놓여있다.

[0004]

적외선 검사(Infrared Ray Testing)는 적용 기법과 편리성면에서 많은 각광을 받고 있는 검사 방법으로써, 기존의 비파괴 검사방법으로는 검사하기 어려운 분야와 접촉을 요할 수 없는 부분의 검사를 대체 할 뿐만 아니라 번거로운 검사 방법을 대신한다는 점에서 많은 주목을 받고 있는 기술이다. 특히 열화로 인한 각종 결함 부분을 검출하기 위한 방법으로는 그 유용성이 이미 검증된 부분이다. 또한 비 접촉으로 검사가 이루어지기 때문에 시

험 도중 평가가 가능하다는 장점이 있다.

[0005] 상술한 배터리의 위험성 검사를 적외선 영상을 이용하는 기술이 시도되고 있는데, 대한민국 공개특허 제10-2012-0038112호에는 복수 개의 이차전지 셀로 구성되는 배터리에 대한 적외선 영상의 색상을 기준 색상 정보를 상호 비교하여 상기 이차전지 셀의 과열 여부를 판단하는 적외선 영상을 이용한 배터리 관리 장치 및 방법이 개시되어 있다.

[0006] 그러나, 상기 선행기술은 배터리의 사용시 과열을 모니터링 하는 것으로 배터리의 과열로 발생하는 결함을 검사하는데 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2012-0038112호 : 적외선 영상을 이용한 배터리 관리 장치 및 방법

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 점을 인식하여 안출된 것으로 본 발명의 목적은 배터리의 결함 부위를 미리 검사함으로써 배터리의 과열 등으로 발생하는 위험을 미연에 방지할 수 있도록 하는 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법은, 리튬 이온 배터리의 셀을 가열하는 단계와, 가열된 리튬 이온 배터리의 셀의 적외선 열화상 영상을 얻는 단계와, 적외선 열화상 영상으로부터 주변보다 온도가 높은 열점(hotspot)을 검출하여 결함여부를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법은, 상기 리튬 이온 배터리의 셀을 가열하는 단계는 셀을 가열한 후 냉각시키는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0011] 상기와 같은 구성에 의하여 본 발명에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법은 배터리의 결함 부위를 미리 검사함으로써 배터리의 과열 등으로 발생하는 위험을 미연에 방지할 수 있도록 하는 장점을 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법을 도시한 흐름도

도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험을 위한 장비

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험을 위한 시험편

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 리튬 이온 배터리와 hotplate의 온도를 측정하고 있는 상태를 도시한 사진

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 리튬 이온 배터리의 크기를 측정하는 상태를 도시한 사진

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서

리튬 이온 배터리의 세로 길이의 측정을 도시한 사진

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계2 적용 리튬 이온 배터리의 부피 변화를 도시한 사진

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계5 적용 리튬 이온 배터리의 부피 변화를 도시한 사진

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계7 적용 리튬 이온 배터리의 부피 변화를 도시한 사진

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 리튬 이온 배터리의 전류-전압을 측정하는 상태를 도시한 사진

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 리튬 이온 배터리의 결함을 IRT로 검사하는 상태를 도시한 사진

도 12a 및 도 12b는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계2 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 열화상 이미지를 도시한 사진

도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계 2 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 온도를 측정한 그래프

도 14a 및 도 14b는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계5 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 열화상 이미지를 도시한 사진

도 15는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계5 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 온도를 측정한 그래프

도 16a 및 도 16b는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계7 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 열화상 이미지를 도시한 사진

도 17은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계7 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 온도를 측정한 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하에서는 실시예 및 도면을 참조하여 본 발명에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0014] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법을 도시한 흐름도이고, 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험을 위한 장비이며, 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험을 위한 시험편이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 리튬 이온 배터리와 hotplate의 온도를 측정하고 있는 상태를 도시한 사진이며, 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 리튬 이온 배터리의 크기를 측정하는 상태를 도시한 사진이고, 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 리튬 이온 배터리의 세로 길이의 측정을 도시한 사진이며, 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계2 적용 리튬 이온 배터리의 부피 변화를 도시한 사진이고, 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계5 적용 리튬 이온 배터리의 부피 변화를 도시한 사진이며, 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계7 적용 리튬 이온 배터리의 부피 변화를 도시한 사진이고, 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 리튬 이온 배터리의 전류-전압을 측정하는 상태를 도시한 사진이며, 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 리튬 이온 배터리의 결함을 IRT로 검사하는 상태를 도시한 사진이고, 도 12a 및 도 12b는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계2 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 열화상 이미지를 도시한 사진이며, 도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방

법의 실험에서 단계 2 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 온도를 측정된 그래프이고, 도 14a 및 도 14b는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계5 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 열화상 이미지를 도시한 사진이며, 도 15는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계5 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 온도를 측정된 그래프이고, 도 16a 및 도 16b는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계7 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 열화상 이미지를 도시한 사진이며, 도 17은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법의 실험에서 단계7 적용 hotplate로 실험한 리튬 이온 배터리의 온도를 측정된 그래프이다.

[0015] 본 발명에 따른 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법은 리튬 이온 배터리의 셀을 미리 정해진 온도로 가열하는 단계(S10)와, 가열된 리튬 이온 배터리의 셀의 적외선 열화상 영상을 얻는 단계(S20)와, 적외선 열화상 영상으로부터 주변보다 온도가 높은 열점(hot spot)을 검출하여 열점이 검출되는 경우 결함이 있는 리튬 이온 배터리 셀로 판단하는 판단하는 단계(S30)를 포함한다. 특히, 상기 리튬 이온 배터리의 셀을 가열하는 단계(S10)는 셀을 가열한 후 냉각시키는 것을 특징으로 한다.

[0016] <실시예>

[0017] 1. 실험 장치

[0018] 도 2a 및 도 2b는 리튬 이온 배터리의 결함 검사의 검증 실험을 위한 장비 사진으로, 적외선 열화상 카메라로는 FLIR사의 FLIR T640를 이용하였고, 리튬 이온 배터리를 가열하기 위한 열전도 기기는 Hotplate & Magnetic Stirrer (ms-300)를 이용하였으며, 온도 데이터 로거는 Graptec GL220 10-Channel Midi Data Logger를 이용하였으며 이는 도 2a에 도시되어 있다. 도 2b는 촬영된 적외선 열화상 이미지를 처리하는 노트북 컴퓨터를 도시한 것이다.

[0019] 2. 배터리 시험편

[0020] 리튬 이온 배터리의 결함 검사의 검증 실험에 사용된 리튬 이온 배터리는 L사의 하이브리드 자동차 내부에 장착되어진 제품으로 사용하였다. 도 3은 케이스를 분해하여 1팩당 12개가 집합된 배터리를 분리하여 얻은 시험편 사진이다.

[0021] 3. Hotplate & Magnetic Stirrer(ms-300)를 이용한 배터리 가열 적외선 열화상 계측 분석

[0022] 리튬 이온 배터리에 사용되는 전해 물질은 쉽게 불이 붙는 성질을 지니고 있다. 온도가 높거나 강한 충격을 받을 때, 높은 전류나 전압이 가해지면 배터리가 발화하게 된다. 발화가 발생하기 위해서는 가연성 가스와 점화원이 있어야 가능하며, 가연성 가스 발생은 배터리의 비정상 사용에 의한 전해액 분해로 발생한다. 리튬 이온 배터리의 점화원으로 커넥터 불량, 릴레이 등이 원인이나 근본적으로 이를 배제하는 설계는 현실적인 어려움이 있다.

[0023] 본 발명은 리튬 이온 배터리의 온도 환경에 따른 폭발 및 화재 위험성을 검사하고자 하이브리드 자동차용 리튬 이온 배터리를 시험편의 열화로 인한 케이스의 들뜸 현상 및 결함을 적외선 테스트 기법(IRT기법, Infrared Radiation Test)을 이용해 검출한다. 본 발명은 비파괴분야 기술의 하나인 열 적외선 기술은 온도차를 이용하여 리튬 이온 배터리의 온도에 따른 결함 검출을 보다 신뢰성 있게 수행할 수 있게 된다.

[0024] 본 발명의 검증을 위한 시험은 표 1의 시험항목 중 가열시험으로 적외선 열화상 계측 분석을 하였다.

표 1

	Test Items
--	------------

Stability Testing	External short circuit Tests	Forced Discharge Test
	Continuous charging Test	Overcharge Test
	High-rate charging Test	Vibration Test
	Impact Test	Drop Test
	Penetration Testing	Pressurization Test
	Round bar test pressure	The high temperature storage Test
	Temperature shock Test	Reduced pressure Test
	Heating Test	Water Drop Test

[0026] <리튬 이온 배터리의 안정성 평가 시험 항목>

[0027] 4. 실험 환경 및 조건

[0028] 리튬 이온 배터리의 안전성 시험 진행시 충족하여야 하는 조건에 따라 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $65 \pm 20\%$ 에서 실험을 하였다.

[0029] 실험에서는 주행 시 리튬 이온 배터리에 발생하는 열 온도를 제한시키기 위해 냉각기가 정상적으로 작동하는 경우로 가정하여, 평균온도 최소 10°C ~ 최대 40°C 미만을 유지하도록 표 2의 2단계로 작동시켰다.

[0030] 비교 대상으로 고온에 취약한 리튬 이온 배터리의 단점을 이용하여 배터리 내부의 cell층을 타게 만들어 사고로 일어날 수 있는 안전성 문제에 관한 실험하기 위해 Hotplate의 5단계와 7단계로 나누어 실험하였다. 이때 열이 고루 분포 할 수 있도록 시험편과 히팅기 표면을 잘 접촉 시킨다. Hotplate의 2단계로 작동시킨 시험편을 A, 표 3의 5단계로 작동시킨 시험편은 B, 표 4의 7단계로 작동시킨 시험편을 C로 지정한다. 공급 온도와 리튬 이온 배터리가 가열되는 온도를 비교하기 위해 총 60분 동안 10분 간격으로 Hotplate 표면과 시험편의 온도를 측정한다. 온도 측정 실험이 끝난 후에는 Vernier Calipers를 사용하여 실험이 사용된 리튬 이온 배터리 부피의 팽창 정도를 알아보기 위해 사이즈를 체크하여 비교 분석한다. 온도 측정 실험이 끝나면 Digital Multi Tester를 이용해 공급 온도에 따라 리튬 이온 배터리의 전압과 전류가 얼마나 방전되어 수명을 저하시키는지 알아보기 위해 측정한다. 마지막으로 온도로 인한 배터리 결함을 검출해 내기 위하여 적외선 열화상 카메라를 사용해 IRT 기법으로 대상체를 촬영한다. 시험편과 열화상 카메라 포커스 간의 거리는 50cm 간격으로 촬영하였고 방사율은 0.95로 설정하였다. 촬영한 대상체는 분석하고자 하는 부위에 선(line)을 지정하여 소프트웨어 프로그램을 통해 결함부위를 찾는다. 출력된 그래프는 전류 전압 측정 값과 비교 분석하여, 리튬 이온 배터리에 미치는 영향과 그에 따른 수명의 상관관계를 알아보았다.

[0031] 상기의 2단계, 5단계 및 7단계와 관련된 온도 조건은 표 2 내지 4에 정리하였다.

표 2

[0032]

Time	Lithium-Ion Battery($^\circ\text{C}$)	Heating exchanger surface($^\circ\text{C}$)
0분	21.8	21.5
10분	21.5	21.5
20분	21.3	21.5
30분	21.0	21.5
40분	21.2	21.5
50분	21.3	21.6
60분	21.8	21.7

[0033] <2단계 적용 hotplate의 시간대별 온도 변화>

표 3

Time	Lithium-Ion Battery(℃)	Heating exchanger surface(℃)
0분	21.8	21.5
10분	53.2	59.8
20분	73.2	80.7
30분	81.7	90.6
40분	87.7	96.8
50분	93.0	99.3
60분	95.0	103.5

<5단계 적용 hotplate의 시간대별 온도 변화>

표 4

Time	Lithium-Ion Battery(℃)	Heating exchanger surface(℃)
0분	21.8	21.5
10분	78.7	115.0
20분	109.0	146.1
30분	119.2	162.2
40분	133.9	169.1
50분	147.8	170.8
60분	152.3	171.2

<7단계 적용 hotplate의 시간대별 온도 변화>

5. 온도에 따른 리튬 이온 배터리의 상관관계

5-1. 시간에 따른 리튬 이온 배터리와 Hotplate 표면 온도 변화

시간에 따른 리튬 이온 배터리와 Hotplate 표면의 변화를 알아보기 위해, 리튬 이온 배터리를 도 4에 도시된 바와 같이 Hotplate에 올려놓은 후 Hotplate 표면과 리튬 이온 배터리의 표면에 Graptec GL220 10-Channel Midi Data Logger를 연결하여 고온용 테이프를 사용해 부착한다. 실험은 총 3회로 실시하며 Hotplate의 온도 측정 값은 표 2의 2단계, 표 3의 5단계, 표 4의 7단계로 나누어 온도를 공급한다. Hotplate의 전원 버튼을 누름과 동시에 초시계를 사용하여 0분~60분 동안 10분 간격으로 Hotplate의 표면온도와 리튬 이온 배터리의 온도를 측정한다.

5-2. 온도에 따른 리튬 이온 배터리 부피 변화

온도의 증가로 인한 리튬 이온 배터리의 부피의 변화를 알아보기 위해, 리튬 이온 배터리를 도 5와 같이 Vernier Calipers를 이용하여 리튬 이온 배터리의 가로*세로*높이를 측정한다. 실험은 가열 전과 가열 후로 총 3회 실시하였으며 Hotplate 의 2단계, 5단계, 7단계로 나누어 온도를 공급한다. 리튬 이온 배터리 사이즈 측정 값은 표 5, 표 6 및 표 7과 같다.

hotplate에 2단계를 적용했을 때 리튬이온 배터리의 부피가 표 5와 같이 실험 전보다 가로 0mm, 세로 0mm, 높이 0mm로 증가하였다. 실험 전의 부피는 4.23cm*8.6cm*1.55cm=약 56.4cm³이고, 실험 후의 부피는 4.23cm* 8.6cm *1.55cm=약 56.4cm³로 전체부피의 변화가 발견되지 않았다. 부피 계산 시 도 6에 도시된 바와 같이 세로 길이는 세로1(vertical 1)을 기준으로 계산하였다.

표 5

[0044]

Unit(mm)	Experimental ago(mm)	After the experiment(mm)
Horizontal	42.3	42.3
Vertical(1)	86	86
Vertical(2)	94	94
Height	15.5	15.5

[0045]

<2단계 적용 hotplate의 온도에 따른 부피 변화>

[0046]

도 7은 Hotplate의 2단계로 열원을 60분간 공급이 끝난 후의 리튬 이온 배터리 이미지이다. 본래 시험편의 부피보다 전체부피가 0㎤증가하였다. 경계선으로부터 배터리 막의 변화는 보이지 않았다. 일반적인 정상 온도 범위(최소 10℃이상 ~ 최대 40℃미만)에서는 리튬 이온 배터리의 안정성에 대해 문제를 일으키지 않는다고 판단할 수 있다.

[0047]

hotplate에 5단계를 적용했을 때 리튬이온 배터리의 부피가 표 6과 같이 실험 전보다 가로 0.2mm, 세로 0mm, 높이 6.5mm가 증가하였다. 실험 전의 부피는 4.23cm*8.6cm*1.55cm=약 56.4㎤이고, 실험 후의 부피는 4.25cm*8.6cm*2.2cm= 약 80.41㎤로 전체부피가 24.01㎤증가하였다. 부피 계산 시 도 6에 도시된 바와 같이 세로 길이는 세로1(vertical 1)을 기준으로 계산하였다.

표 6

[0048]

Unit(mm)	Experimental ago(mm)	After the experiment(mm)
Horizontal	42.3	42.5
Vertical(1)	86	86
Vertical(2)	94	94
Height	15.5	22

[0049]

<2단계 적용 hotplate의 온도에 따른 부피 변화>

[0050]

도 8은 Hotplate의 5단계로 열원을 60분간 공급이 끝난 후의 리튬 이온 배터리 이미지이다. 본래 시험편의 부피보다 전체부피가 24.01㎤ 증가하였다. 리튬 이온 배터리의 이음새 부분으로부터 배터리 막 중앙부가 부풀어 오른 변화를 육안으로 관찰 할 수 있다. 일반적인 정상 온도 범위(최소 10℃이상 ~ 최대 40℃미만)이 넘어선 고열 범위에서는 배터리 내부의 cell층이 타들어가면서 약간의 연기가 발생하였으며, 케이스 부분이 들뜨게 되는데, 이로 인해 화재나 발화의 위험이 있으므로 열화 현상이 일어나지 않도록 각별히 주의해야 할 필요성이 있다.

[0051]

hotplate에 7단계를 적용했을 때 리튬이온 배터리의 부피가 표 7과 같이 실험 전보다 가로 0.3mm, 세로 0.4mm 감소하였으며, 높이 6.9mm가 증가하였다. 실험 전의 부피는 4.23cm*8.6cm*1.55cm=약 56.4㎤이고, 실험 후의 부피는 4.2cm* 8.56cm*2.24cm=약 80.5㎤로 전체부피가 24.1㎤ 증가하였다. 부피 계산 시 도 6과 같이 세로 길이는 세로1(vertical 1)을 기준으로 계산하였다.

표 7

[0052]

Unit(mm)	Experimental ago(mm)	After the experiment(mm)
Horizontal	42.3	42
Vertical(1)	86	85.6
Vertical(2)	94	93.6

Height	15.5	22.4
--------	------	------

[0053] <2단계 적용 hotplate의 온도에 따른 부피 변화>

[0054] 도 9는 Hotplate의 7단계로 열원을 60분간 공급이 끝난 후의 리튬 이온 배터리 이미지이다. 본래 시험편의 부피보다 전체부피가 24.1cm³ 증가하였다. 리튬 이온 배터리의 이음새 부분으로부터 배터리 막 중앙부가 부풀어 오른 변화를 육안으로 관찰 할 수 있다. 일반적인 정상 온도 범위 (최소 10℃이상 ~ 최대 40℃미만)이 넘어선 고열 범위에서는 배터리 내부의 cell층이 타들어가면서 약간의 연기가 발생하였으며, 케이스 부분이 들뜨는 현상 및 배터리 내부에서 리튬 이온 액체가 새어 나왔다. 이로 인해 화재나 발화의 위험이 있으므로 열화 현상이 일어나지 않도록 각별히 주의해야 할 필요성이 있다.

[0055] 5-3. 온도에 따른 리튬 이온 배터리 전류 전압 변화

[0056] 온도의 증가로 인한 리튬 이온 배터리 전류 전압의 변화를 알아보기 위해, 리튬 이온 배터리를 도 10과 같이 Digital Multi Tester를 이용하여 리튬 이온 배터리의 직류 전류, 직류 전압 값을 측정한다. 실험은 가열 전과 가열 후로 총 3회 실시하며 Hotplate의 2단계, 5단계, 7단계로 나누어 온도를 공급한다.

[0057] hotplate에 2단계를 적용했을 때 리튬 이온 배터리의 직류 전류(DCA)와 직류 전압 값(DCV)은 표 8 및 표 9와 같다. 실험 전 전류 값은 6.4A이고, 실험 후의 전류 값은 6.3A 이므로 총 0.1A의 전류가 손실되었음을 알 수 있었다. 실험 전 전압 값은 1.24V, 실험 후의 전압 값은 1.239V 이므로 총 0.001V의 전압이 손실되었음을 알 수 있었다.

표 8

Function	Experimental ago(A)	After the experiment(A)
DC current(DCA)	6.4	6.3

[0059] <단계 2 적용 hotplate에서 온도에 따른 DC 전류의 변화>

표 9

Function	Experimental ago(V)	After the experiment(V)
DC voltage(DCV)	1.24	1.239

[0061] <단계 2 적용 hotplate에서 온도에 따른 DC 전압의 변화>

[0062] hotplate에 5단계를 적용했을 때 리튬이온 배터리의 직류 전류(DCA)와 직류 전압 값(DCV)은 표 10 및 표 11과 같다. 실험 전 전류 값은 6.4A 이고, 실험 후의 전류 값은 6.14A 이므로 총 0.26A의 전류가 손실되었음을 알 수 있었다. 실험 전 전압 값은 1.24V, 실험 후의 전압 값은 1.239V 이므로 총 0.001V의 전압이 손실되었음을 알 수 있었다.

표 10

[0063]

Function	Experimental ago(A)	After the experiment(A)
DC current(DCA)	6.4	6.14

[0064]

<단계5 적용 hotplate에서 온도에 따른 DC 전류의 변화>

표 11

[0065]

Function	Experimental ago(V)	After the experiment(V)
DC voltage(DCV)	1.24	1.239

[0066]

<단계6 적용 hotplate에서 온도에 따른 DC 전압의 변화>

[0067]

hotplate에 7단계를 적용했을 때 리튬이온 배터리의 직류 전류(DCA)와 직류 전압 값(DCV)은 표 12 및 표 13과 같다. 실험 전 전류 값은 6.4A이고, 실험 후의 전류 값은 5.62A 이므로 총 0.78A의 전류가 손실되었음을 알 수 있었다. 실험 전 전압 값은 1.24V, 실험 후의 전압 값은 1.037V 이므로 총 0.203V의 전압이 손실되었음을 알 수 있었다.

표 12

[0068]

Function	Experimental ago(V)	After the experiment(V)
DC voltage(DCV)	1.24	1.037

[0069]

<단계7 적용 hotplate에서 온도에 따른 DC 전류의 변화>

표 13

[0070]

Function	Experimental ago(A)	After the experiment(A)
DC current(DCA)	6.4	5.62

[0071]

<단계5 적용 hotplate에서 온도에 따른 DC 전류의 변화>

[0072]

5-4. 온도에 따른 리튬 이온 배터리 결함 변화

[0073]

온도의 증가로 인한 리튬 이온 배터리 결함 변화를 알아보기 위해 도 11과 같이 적외선 열화상 카메라를 이용하여 리튬 이온 배터리의 결함을 도출한다. 실험은 가열 전과 가열 후로 총 3회 실시하며 Hotplate의 2단계, 5단계, 7단계로 나누어 온도를 공급한다.

[0074]

본 실험에서는 Hotplate & Magnetic Stirrer (ms-300)를 열원으로 적용하여 실험을 분석하였다. hotplate 2단계를 작동시켜 열화상으로 이미지를 계측하였다. hotplate 표면온도는 평균 21.5℃로 총 60분 동안 열원을 가하였으며, 배터리의 온도가 실험 전 21.8℃에서 미세하게 증가 감소를 보이다가 처음 21.8℃에 다시 유지되는 것을 볼 수 있었다. 60분간의 열원 공급이 끝나고 약 3분정도 냉각 시간을 갖은 후, 열화상 카메라를 통하여 관찰한 결과 Hotspot이 발생하지 않았다. 온도 또한 배터리 전체적으로 큰 차이가 없이 안정된 상태를 유지되는 것

을 알 수 있었다. 도 12a 및 도 12b는 Hotplate & Magnetic Stirrer (ms-300)를 열원으로 단계2 적용하여 측정한 열화상 이미지를 보여주고 있다.

[0075] 실험은 리튬 이온 배터리의 온도데이터를 수집하기 위해 배터리의 표면 부분에 Line을 지정한 후 온도 차이를 관찰하였다. 도 13은 도 12a 및 도 12b에서와 같이 열화상 카메라로 측정한 온도 그래프이다. 60분간의 열원 공급이 끝나고 약 3분정도 냉각 시간을 갖은 후, 열화상 카메라를 통하여 출력한 그래프이다. 온도차가 배터리 표면에 라인 지정된 전체 구간의 온도차가 큰 차이가 없이 20~21℃로 측정 되었다. 측정 화면상으로나 온도 그래프를 분석해보아도 뚜렷한 온도차로 인한 결함 발생구간이 없으므로 안정성에 문제가 없음을 판단 할 수 있었다.

[0076] 도 14a 및 도 14b는 hotplate에 5단계를 적용했을 때 리튬 이온 배터리의 열화상으로 측정한 이미지이다. hotplate의 5단계의 표면온도는 평균 78.9℃로 총 60분 동안 열원을 가하였으며, 배터리의 온도가 실험 전 21.8℃에서 60분 가열 후 95.0℃까지 상승하는 것을 볼 수 있었다. 60분간의 열원 공급이 끝나고 약 3분정도 냉각 시간을 갖은 후, 열화상 카메라를 통하여 관찰 한 결과 Hotspot이 발생하였다. 온도는 결함이 발생하는 부분과 그렇지 않는 부분간의 차이가 육안으로 관찰 가능하였다. 지정한 라인에서 결함으로 보이는 부분의 온도가 가장 높게 측정되었다.

[0077] 실험은 리튬 이온 배터리의 온도 데이터를 수집하기 위해 배터리의 표면 부분에 Line을 지정한 후 온도 차이를 관찰하였다. Hotplate & Magnetic Stirrer (ms-300)60를 사용하여 60분간의 열원 공급이 되었을 때 103.5℃까지 상승함을 확인 할 수 있었다. 도 15는 도 14a 및 도 14b에서 열화상 카메라로 측정한 온도 그래프이다. 약 3분정도 냉각 시간을 갖은 후, 열화상 카메라를 통하여 출력한 그래프이다. 정상부인 부분의 경우 25로 결함부와 약24℃ 온도 차이를 보임을 알 수 있었다. 즉, 결함이 있는 부위의 온도가 정상부위보다 더 높아 Hot spot이 일어남으로써 결함을 검출 할 수 있음을 알 수 있다.

[0078] 도 16a 및 도 16b는 hotplate에 7단계를 적용했을 때 리튬 이온 배터리의 열화상으로 측정한 이미지이다. hotplate의 5단계의 표면온도는 평균 109℃로 총 60분 동안 열원을 가하였으며, 배터리의 온도가 실험 전 21.8℃에서 60분 가열 후 152.23℃까지 상승하는 것을 볼 수 있었다. 60분간의 열원 공급이 끝나고 약 3분정도 냉각 시간을 갖은 후, 열화상 카메라를 통하여 관찰 한 결과 Hotspot이 발생하였다. 온도는 결함이 발생하는 부분과 그렇지 않는 부분간의 차이가 육안으로 관찰 가능하였다. 지정한 라인에서 결함으로 보이는 부분의 온도가 가장 높게 측정되었다.

[0079] 실험은 리튬 이온 배터리의 온도 데이터를 수집하기 위해 배터리의 표면 부분에 Line을 지정한 후 온도 차이를 관찰하였다. Hotplate & Magnetic Stirrer (ms-300)60를 사용하여 60분간의 열원 공급이 되었을 때 152.3℃까지 상승함을 확인 할 수 있었다. 도 17은 도 16a 및 도 16b에서 열화상 카메라로 측정한 온도 그래프이다. 약 3분정도 냉각 시간을 갖은 후, 열화상 카메라를 통하여 출력한 그래프이다. 정상부인 부분의 경우 30℃로 결함부와 약24℃ 온도 차이를 보임을 알 수 있었다. 즉, 결함이 있는 부위의 온도가 정상부위보다 더 높아 Hot spot이 일어남으로써 결함을 검출 할 수 있음을 알 수 있다.

[0080] 실험수행결과 결함부위에서 정상부위보다 온도가 높게 나타났다. Hotplate & Magnetic Stirrer (ms-300)를 열원으로 60분간 리튬 이온 배터리 적용했을 때는 단계2 의 경우 배터리의 온도가 실험 전 21.8℃에서 미세하게 증가 감소를 보이다가 처음 21.8℃에 다시 유지되는 것을 볼 수 있었다. 약 3분정도 냉각 시간을 갖은 후, 열화상 카메라를 통하여 관찰 한 결과 Hotspot이 발생하지 않았다.

[0081] hotplate의 단계5와 단계7로 총 60분 동안 고온의 열원을 가하였을 때 배터리의 온도가 각각 21.8℃에서 95.0℃로, 21.8℃에서 152.23℃까지 증가하는 것을 볼 수 있었다. 약 3분정도 냉각 시간을 갖은 후, 열화상 카메라를 통하여 관찰 한 결과 Hotspot이 발생하였다.

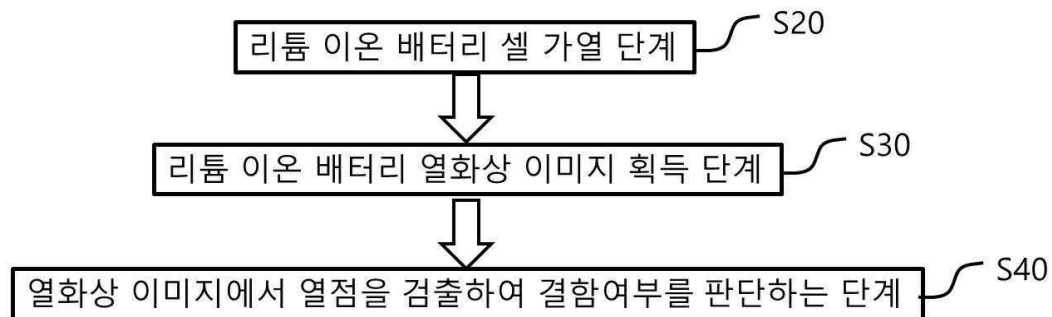
[0082] Hotplate & Magnetic Stirrer (ms-300) 열원으로 적용하여 실험 한 결과를 종합적으로 비교 분석하였을 때, 열화 현상에 약한 리튬 이온 배터리는 폭발 및 화재의 가능성을 내재하고 있다고 볼 수 있다. 화재와 폭발사고는 더 큰 재난의 가능성을 불러일으킬 수 있으므로 사전에 미리 예측하고 판단하여 사고를 미연에 예방하는 것이 중요하다고 판단할 수 있었다.

[0083] 앞에서 설명되고 도면에 도시된 적외선 열화상 영상을 이용한 리튬 이온 배터리 결함 검사 방법은 본 발명을 실시하기 위한 하나의 실시예에 불과하며, 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 발명의 보호범위는 이하의 특허청구범위에 기재된 사항에 의해서만 정하여지며, 본 발명의 요지를 벗어남이 없이

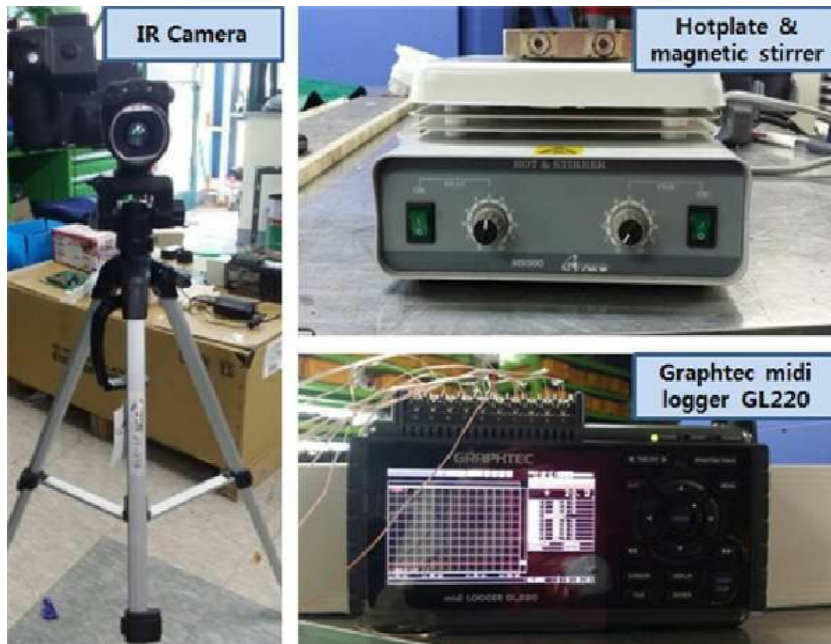
개량 및 변경된 실시예는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속한다고 할 것이다.

도면

도면1



도면2a



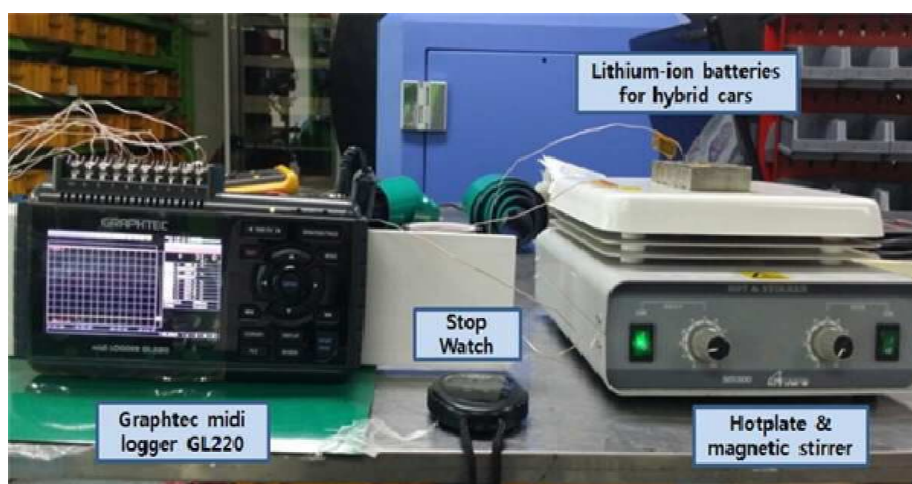
도면2b



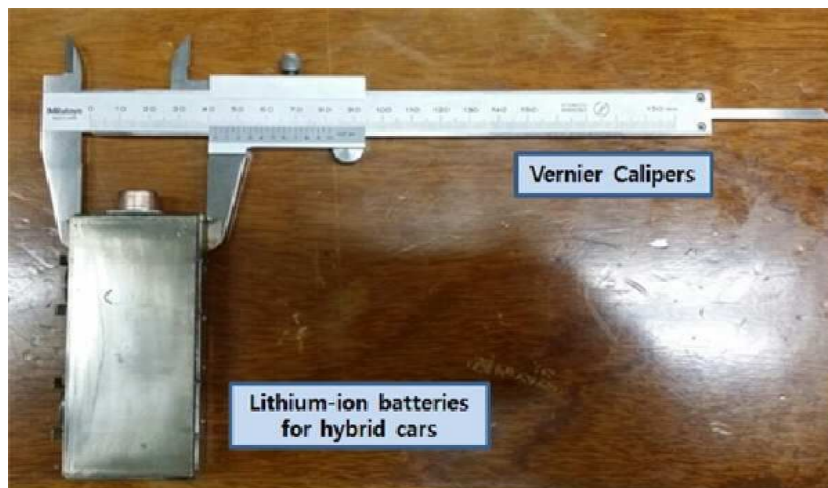
도면3



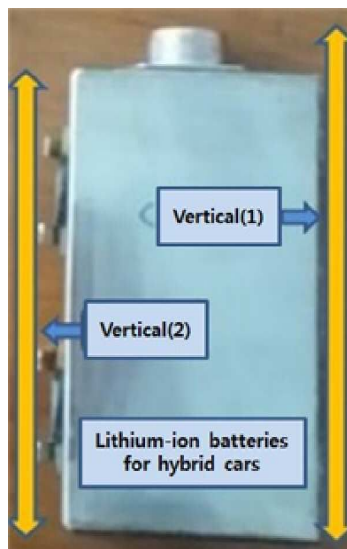
도면4



도면5



도면6



도면7



도면8



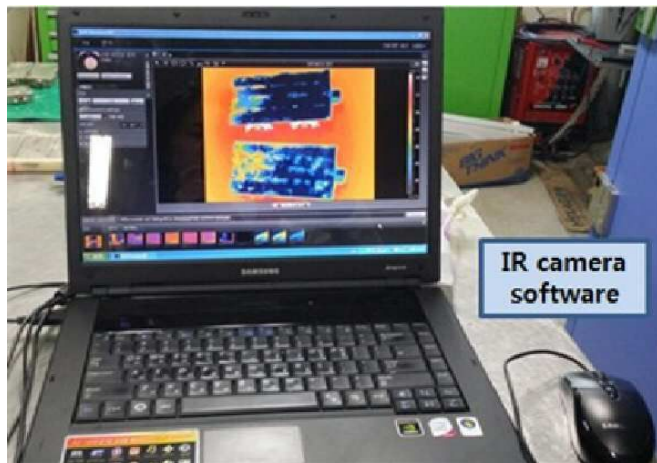
도면9



도면10



도면11



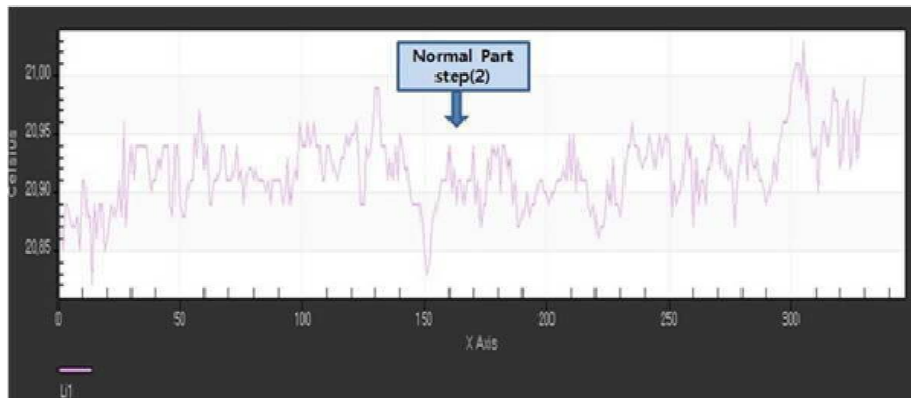
도면12a



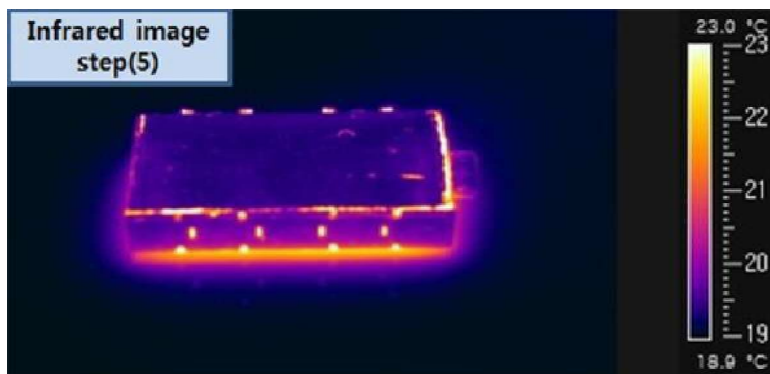
도면12b



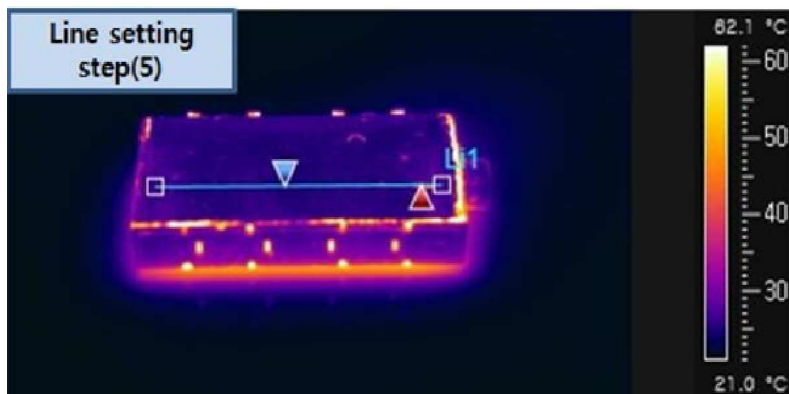
도면13



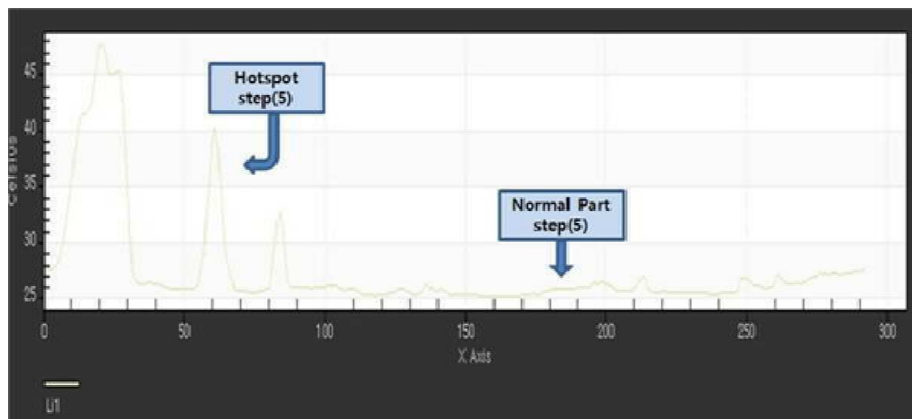
도면14a



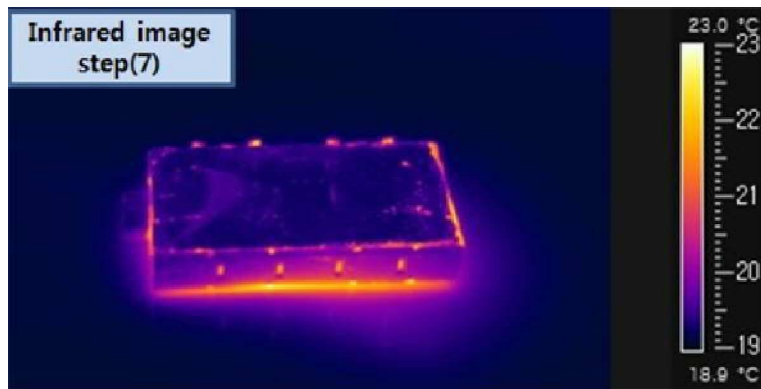
도면14b



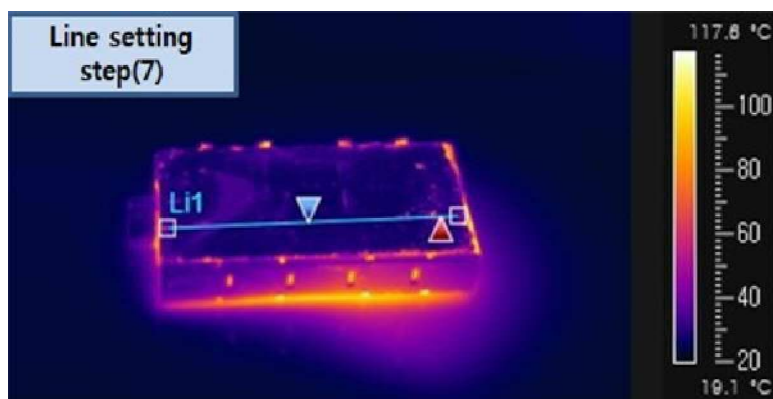
도면15



도면16a



도면16b



도면17

