



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0019862
(43) 공개일자 2025년02월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 29/06 (2006.01) G01N 29/34 (2006.01)
G01N 29/44 (2006.01) G06N 3/08 (2023.01)
H01M 10/42 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G01N 29/069 (2013.01)
G01N 29/348 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0100967
(22) 출원일자 2023년08월02일
심사청구일자 2023년08월02일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
김호욱
인천광역시 미추홀구 인하로 100, 인하대학교
김홍근
인천광역시 연수구 랜드마크로 113, (송도동, e편한세상송도)110동405호
(74) 대리인
이은철, 이수찬

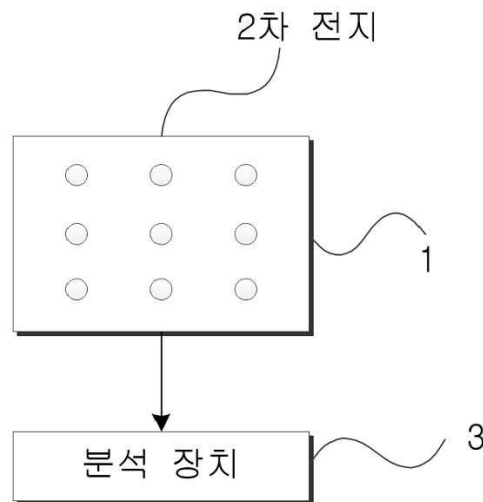
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 2차 전지의 진단 시스템 및 방법

(57) 요약

본 기술은 2차 전지의 진단 시스템 및 방법에 관한 것으로, 본 실시예의 구현 예에 따르면, 공간 구획 별 2차전지의 내부 결함을 비파괴 기법으로 진단함에 따라, 기존의 배터리관리 시스템 기반의 2차 전지의 전기적 상태 진단 기술로 진단하기 어려운 내부 결함을 진단할 수 있고, 이에 안전 사고 발생율을 감소할 수 있으며, 내부 결함의 진단을 통해 건전성이 검증된 2차전지의 재사용할 수 있고, 내부 결함 검증을 통해 건전성이 검증된 폐전지를 재활용함에 따라 2차전지의 재활용률을 높일 수 있는 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 29/4481 (2013.01)

G06N 3/08 (2023.01)

H01M 10/4285 (2013.01)

G01N 2291/0289 (2013.01)

G01N 2291/0427 (2013.01)

G01N 2291/101 (2013.01)

Y02E 60/10 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치에 각각 설치되어 2차 전지의 내부 결함을 진단하는 다수의 진단 장치를 구비하고,

상기 다수의 진단 장치 각각은,

하나의 압전 변환기로 구현되고, 기 정해진 진단 주파수의 전기신호를 기반으로 초음파를 생성하며 생성된 초음파를 정해진 2차 전지 내부에 전파하는 초음파 가진기; 및

적어도 하나의 압전 변환기로 구현되고, 2차 전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하여 전기신호 변환하는 초음파 센서를 포함하고,

상기 진단 시스템은,

기 정해진 진단 주파수의 전기신호와 초음파 센서의 전기신호를 토대로 수신된 각 진단 위치의 물성치 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하여 2차전지 내의 결함을 진단하는 분석 장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 초음파 가진기는,

기 정해진 진단 주파수의 전기 신호를 생성하는 신호 재생기와,

하나의 전파용 압전체로 구비되고, 생성된 전기신호를 진동 에너지의 초음파로 변환하여 변환된 초음파를 2차전지 내부로 전파하는 압전 변환기를 포함할 수 있고,

상기 초음파 센서는

상기 압전 변환기에 설치되고, 전파용 압전체를 제외한 나머지 복수의 센서용 압전체로 구비되어 2차 전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하고 수신된 초음파를 전기신호로 변환하여 변환된 전기신호를 상기 분석부로 전달하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 생성된 전기신호는

20kHz 부터 1MHz범위에서 선택된 중심 주파수로 구성된 정현파의 톤 버스트 형태로 구비되는 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 초음파의 전파 형태는 2차 전지의 평면 방향으로 평행하게 유도되는 램파(Lamb wave)인 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 분석 장치는,

수신된 전기신호와 기 정해진 기준신호를 토대로 각 진단위치 별 상태 인덱스(SI: State Index)을 생성하는 상태 인덱스 생성모듈; 및

각 진단 위치 별 상태 인덱스에 기 정해진 공간함수에 적용하여 최종 2차전지의 상태 이미지(색온도)로 시각화하는 상태이미지 취득모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 분석 장치는,

취득된 상태 이미지에 대해 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 2차 전지의 잔여 수명을 출력하는 학습모델을 더 포함할 수 있고,

상기 학습모델은,

건전성이 검증된 2차전지를 가속 수명시험기를 통해 성능 열화를 가속시켜 도출된 상태 이미지를 참조 데이터로 취득한 후 참조데이터를 토대로 최종 상태 이미지에 대한 검증을 수행하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 분석 장치는,

상기 검증 성공된 최종 상태 이미지를 토대로 잔여 수명을 추정하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 8

제1항의 2차 전지의 진단 시스템에서 수행되는 2차 전지의 진단 방법에 있어서,

2차 전지의 진단 시스템이 포함되는 적어도 하나의 프로세서가

하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치에 각각 설치되어 2차 전지의 내부 결함을 진단하는 다수의 진단 단계를 포함하고,

상기 각 진단단계는,

압전 변환기에 설치되는 하나의 전파용 압전체에 의거 수행되고, 기 정해진 진단 주파수의 전기신호를 기반으로 초음파를 생성하며 생성된 초음파를 정해진 2차 전지 내부에 전파하는 초음파 가진 단계; 및

상기 압전 변환기에 설치되는 적어도 하나의 압전체에서 수행되고, 2차전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하여 전기신호 변환하는 초음파 수신 단계를 포함하고,

기 정해진 진단 주파수의 전기신호와 초음파 센서의 전기신호를 토대로 수신된 각 진단 위치의 물성치 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하여 2차전지 내의 결함을 진단하는 분석 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 초음파 가진 단계는,

기 정해진 진단 주파수의 전기 신호를 생성하는 단계와,

하나의 전파용 압전체에서 생성된 전기신호를 진동 에너지의 초음파로 변환하여 변환된 초음파를 2차전지 내부로 전파하는 단계를 포함할 수 있고,

상기 초음파 감지 단계는,

상기 전파용 압전체를 제외한 나머지 복수의 센서용 압전체에서 2차 전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하고 수신된 초음파를 전기신호로 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 분석 단계는,

수신된 전기신호와 기 정해진 기준신호를 토대로 각 진단위치 별 상태 인덱스(SI: State Index)을 생성하는 단계; 및

각 진단 위치 별 상태 인덱스에 기 정해진 공간함수에 적용하여 최종 2차전지의 상태 이미지(색온도)로 시각화

하여 2차전지 내부의 결함 여부 및 결함 위치를 도출하는 단계를 포함하고,

취득된 상태 이미지에 대해 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 2차 전지의 잔여 수명을 출력하는 단계를 더 포함하고,

건전성이 검증된 2차전지를 가속 수명시험기를 통해 성능 열화를 가속시켜 도출된 상태 이미지를 참조 데이터로 취득한 후 참조데이터를 토대로 최종 상태 이미지에 대한 검증을 수행하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 2차 전지의 진단 방법.

청구항 11

제8항 내지 제10항 중 어느 한 항의 2차 전지의 진단 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 것을 특징으로 하는 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체.

청구항 12

컴퓨터와 결합되어 2차 전지의 진단 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위해 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 있어서,

상기 2차 전지의 진단 방법은,

2차 전지의 진단 시스템이 포함되는 적어도 하나의 프로세서가

하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치에 각각 설치되어 2차 전지의 내부 결함을 진단하는 다수의 진단 단계를 포함하고,

상기 각 진단단계는,

압전 변환기에 설치되는 하나의 전파용 압전체에 의거 수행되고, 기 정해진 진단 주파수의 전기신호를 기반으로 초음파를 생성하며 생성된 초음파를 정해진 2차 전지 내부에 전파하는 초음파 가진 단계; 및

상기 압전 변환기에 설치되는 적어도 하나의 압전체에서 수행되고, 2차전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하여 전기신호 변환하는 초음파 수신 단계를 포함하고,

기 정해진 진단 주파수의 전기신호와 초음파 센서의 전기신호를 토대로 수신된 각 진단 위치의 물성치 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하여 2차전지 내의 결함을 진단하는 분석 단계를 포함하는 2차 전지의 진단 시스템의 운영 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 2차 전지의 진단 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 초음파를 매개로 하여 2차전지의 내부 결함을 비파괴 기법으로 진단하여 고품질의 2차전지를 제작할 수 있도록 한 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 2차전지는 전기차, 도심 항공기 등을 비롯한 미래 모빌리티 기술 발전에 필수적인 기술요소로 자리잡고 있으나, 안전성 측면에서 안전 사고가 지속적으로 발생하고 있는 상황이다.

[0003] 이에 안전 확보 및 안정적 배터리 시장 성장을 위해 2차 전지의 사용 후 전지에 대한 검증은 필수적인 요소이다.

[0004] 종래의 배터리관리 시스템 (BMS)은 전압, 전류, 온도를 참조하여, 건전성 상태 (state-of-health, SOH), 충전 상태 (state-of-charge, SOC) 등의 전기신호 정보를 획득하는 기능을 수행할 뿐, 전지 내부의 국부적 결함 검출 및 규명에 대한 2차전지 진단을 수행할 수 없는 한계에 도달하였다.

[0005] 이러한 한계를 극복하기 위해 최근에는 X-선 기술 또는 초음파 등을 이용해 2차전지 내부구조 특성을 직접 측정하는 장비가 개발되고 있으나, 이러한 장비는 고가일 뿐만 아니라 즉각적 결과 확인에도 어려움이 있다.

- [0006] 또한 초음파 기반의 2차전지 결함 진단기술은 비용 측면에서 유리할 뿐 아니라 음파를 이용해 전지 내부의 특성을 비파괴적으로 진단할 수 있는 장점이 있다.
- [0007] 그런, 두께방향 종파 (longitudinal wave)를 이용한 단일위치 상태검증에 국한되고, 또한, 펄스-리시버 장비에서 발생하는 전기 연성에 의한 신호잡음의 영향은 두께 방향의 반향 신호의 검출에 제약조건으로 작용하기도 한다.
- [0008] 이에 BMS에서 검출이 어려운 고장 예측이 가능하고, 경제적, 비침습적, 자동화된, 배터리 구획 별 상태 검증이 직관적으로 가능하여야 하며, 그로 인해 2차전지와 관련한 사고를 방지할 수 있고, 배터리 잔여 수명을 신뢰성 있게 예측하는 새로운 기술적 방법이 요구된다.
- [0009] 한편, 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1792092호(등록일: (2017.10.25.))

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 초음파를 이용하여 공간 구획별로 2차 전지 내부의 결함과 잔여 수명을 도출함에 따라 2차 전지에 대한 신뢰성 및 안전성을 향상시킬 수 있는 2차전지의 건전성 진단 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0012] 또한 본 발명의 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 2차 전지의 결함을 비파괴 기법으로 수행됨에 따라 정상 상태로 검증된 2차 전지를 재사용할 수 있는 2차 전지의 진단 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0013] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 실시 양태에 의거, 일 실시 예에 따른 2차 전지의 진단 시스템은,
- [0015] 하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치에 각각 설치되어 2차 전지의 내부 결함을 진단하는 다수의 진단 장치를 구비하고,
- [0016] 상기 다수의 진단 장치 각각은,
- [0017] 하나의 압전 변환기로 구현되고, 기 정해진 진단 주파수의 전기신호를 기반으로 초음파를 생성하며 생성된 초음파를 정해진 2차 전지 내부에 전파하는 초음파 가진기; 및
- [0018] 적어도 하나의 압전 변환기로 구현되고, 2차 전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하여 전기신호 변환하는 초음파 센서를 포함하고,
- [0019] 상기 진단 시스템은,
- [0020] 기 정해진 진단 주파수의 전기신호와 초음파 센서의 전기신호를 토대로 수신된 각 진단 위치의 물성치 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하여 2차전지 내의 결함을 진단하는 분석 장치를 더 포함하는 것을 일 특징으로 한다.
- [0021] 바람직하게 상기 초음파 가진기는,
- [0022] 기 정해진 진단 주파수의 전기 신호를 생성하는 신호 재생기와,

- [0023] 하나의 전파용 압전체로 구비되고, 생성된 전기신호를 진동 에너지의 초음파로 변환하여 변환된 초음파를 2차 전지 내부로 전파하는 압전 변환기를 포함할 수 있고,
- [0024] 상기 초음파 센서는
- [0025] 상기 압전 변환기에 설치되고, 전파용 압전체를 제외한 나머지 복수의 센서용 압전체로 구비되어 2차 전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하고 수신된 초음파를 전기신호로 변환하여 변환된 전기신호를 상기 분석부로 전달하도록 구비될 수 있다.
- [0026] 바람직하게 상기 생성된 전기신호는
- [0027] 20kHz 부터 1MHz범위에서 선택된 중심 주파수로 구성된 정현파의 톤 버스트 형태로 구비될 수 있다.
- [0028] 바람직하게 상기 전파되는 초음파 전파 형태는 2차 전지의 평면 방향으로 평행하게 유도되는 램파(Lamb wave)일 수 있다.
- [0029] 바람직하게 상기 분석 장치는,
- [0030] 수신된 전기신호와 기 정해진 기준신호를 토대로 각 진단위치 별 상태 인덱스(SI: State Index)을 생성하는 상태 인덱스 생성모듈; 및
- [0031] 각 진단 위치 별 상태 인덱스에 기 정해진 공간함수에 적용하여 최종 2차전지의 상태 이미지(색온도)로 시각화하는 상태이미지 취득모듈을 포함할 수 있다.
- [0032] 바람직하게 상기 분석 장치는,
- [0033] 취득된 상태 이미지에 대해 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 2차 전지의 잔여 수명을 출력하는 학습모듈을 더 포함할 수 있고,
- [0034] 상기 학습모델은,
- [0035] 건전성이 검증된 2차전지를 가속 수명시험기를 통해 성능 열화를 가속시켜 도출된 상태 이미지를 참조 데이터로 취득한 후 참조데이터를 토대로 최종 상태 이미지에 대한 검증을 수행할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 다른 실시 양태에 의거한 2차전지의 진단 방법은,
- [0037] 2차전지의 진단 시스템이 포함되는 적어도 하나의 프로세서가
- [0038] 하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치에 각각 설치되어 2차 전지의 내부 결함을 진단하는 다수의 진단 단계를 포함하고,
- [0039] 상기 각 진단단계는,
- [0040] 압전 변환기에 설치되는 하나의 전파용 압전체에 의거 수행되고, 기 정해진 진단 주파수의 전기신호를 기반으로 초음파를 생성하며 생성된 초음파를 정해진 2차 전지 내부에 전파하는 초음파 가진 단계; 및
- [0041] 상기 압전 변환기에 설치되는 적어도 하나의 압전체에서 수행되고, 2차전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하여 전기신호 변환하는 초음파 수신 단계를 포함하고,
- [0042] 기 정해진 진단 주파수의 전기신호와 초음파 센서의 전기신호를 토대로 수신된 각 진단 위치의 물성치 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하여 2차전지 내의 결함을 진단하는 분석 단계를 더 포함하는 것을 일 특징으로 한다.
- [0043] 바람직하게 상기 초음파 가진 단계는,
- [0044] 기 정해진 진단 주파수의 전기 신호를 생성하는 단계와,
- [0045] 하나의 전파용 압전체에서 생성된 전기신호를 진동 에너지의 초음파로 변환하여 변환된 초음파를 2차전지 내부로 전파하는 단계를 포함할 수 있고,
- [0046] 상기 초음파 감지 단계는,
- [0047] 상기 전파용 압전체를 제외한 나머지 복수의 센서용 압전체에서 2차 전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하고 수신된 초음파를 전기신호로 변환하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0048] 바람직하게 상기 분석 단계는,
- [0049] 수신된 전기신호와 기 정해진 기준신호를 토대로 각 진단위치 별 상태 인덱스(SI: State Index)을 생성하는 단계; 및
- [0050] 각 진단 위치 별 상태 인덱스에 기 정해진 공간함수에 적용하여 최종 2차전지의 상태 이미지(색온도)로 시각화하여 2차전지 내부의 결함 여부 및 결함 위치를 도출하는 단계를 포함하고,
- [0051] 취득된 상태 이미지에 대해 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 2차 전지의 잔여 수명을 출력하는 단계를 더 포함하여
- [0052] 건전성이 검증된 2차전지를 가속 수명시험기를 통해 성능 열화를 가속시켜 도출된 상태 이미지를 참조 데이터로 취득한 후 참조데이터를 토대로 최종 상태 이미지에 대한 검증을 수행하도록 구비될 수 있다.

발명의 효과

- [0053] 이러한 특징에 따르면, 공간 구획 별 2차전지의 내부 결함을 비파괴 기법으로 진단함에 따라, 기존의 배터리관리 시스템 기반의 2차 전지의 전기적 상태 진단 기술로 진단하기 어려운 내부 결함을 진단할 수 있고, 이에 안전 사고 발생율을 감소할 수 있으며, 내부 결함의 진단을 통해 건전성이 검증된 2차전지의 재사용할 수 있고, 내부 결함 검증을 통해 건전성이 검증된 폐전지를 재활용함에 따라 2차전지의 재활용률을 높일 수 있는 효과가 있다.
- [0054] 또한 본 발명에 의거하면, 생산된 배터리 상태의 양품 여부를 별도의 추가 장비 및 비용 없이 실시간으로 검증하고 건전성이 검증된 2차전지를 출하됨에 따라, 2차전지에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0055] 이에 내부 결함의 진단을 통해 취득된 최종 상태 이미지를 입력으로 기 구축된 학습모델을 기반으로 학습하여 잔여 수명을 추정함에 따라 2차전지에 대한 교체 시기를 안내할 수 있다.
- [0056] 또한, 본 발명은 프로그램 또는 스마트폰의 애플리케이션으로 구현될 수 있다. 따라서 프로그램 또는 애플리케이션과 연동될 수 있는 디바이스라면 해당 디바이스에 제한없이 다양한 장치에 적용 가능하여 적용될 수 있는 범위가 넓다.

도면의 간단한 설명

- [0057] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.
- 도 1은 일 실시예가 적용되는 2차전지를 보인 도이다.
- 도 2는 도 1의 진단 시스템의 세부 구성도이다.
- 도 3은 도 2의 진단 장치의 세부 구성도이다.
- 도 4은 일 실시예의 2차전지의 초음파의 전파 경로를 보인 예시도이다.
- 도 5는 도 2의 분석부의 세부 구성도이다.
- 도 6은 도 5의 분석부의 이미지 강도를 보인 예시도이다.
- 도 7은 도 5의 학습 모델의 참조 데이터의 상태 인덱스와 초음파 기반의 상태 인덱스를 보인 예시도이다.
- 도 8은 도 1의 진단 시스템의 처리 과정을 보인 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0058] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0059] 이하에서의 실시예는 2차 전지의 공간 구획별로 설치되는 진단 장치에 의거 생성된 초음파를 2차 전지 내부로 전파한 다음 수신된 초음파와 전파된 초음파를 토대로 2차 전지 내부의 결함(예를 들어, 공극, 박리, 및 불순물 첨가 등)으로 발생된 국부적 물성치 변화를 토대로 설정된 결함 여부 및 결함 위치를 도출함에 따라 2차 전지에 대한 건전성을 진단하는 구성에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0060] 도 1은 일 실시예가 적용되는 2차전지를 보인 도이고, 도 2는 도 1의 진단 시스템의 세부 구성도이며, 도 3은 도 2의 진단 장치의 세부 구성도이다. 도 1 내지 도 3을 참조하면, 일 실시예에 따른 2차 전지의 건전성 진단 시스템은 진단 장치(1) 및 분석장치(2)의 구성을 갖춘다.
- [0061] 여기서 진단 장치(1)는 기 정해진 진단 주파수의 초음파를 2차전지 내부에 전파하고 2차전지의 내부 결함에 의거 반사된 초음파를 수신하도록 구비되고, 이에 진단 장치(1)는 도 2에 도시된 바와 같이, 초음파 가진기(11) 및 초음파 센서(12)를 포함할 수 있다.
- [0062] 초음파 가진기(11)는 기 정해진 진단 주파수의 전기 신호를 생성하는 신호 생성기(111)와 생성된 전기신호를 하나의 압전체(M)에 의거 진동 에너지의 초음파로 변환하여 2차 전지 내부로 전파하는 압전 변환기(112)를 포함할 수 있다.
- [0063] 이때 전기 신호는 20kHz 부터 1MHz범위에서 선택된 중심 주파수로 구성된 정현파의 톤 버스트 형태로 생성된다. 그리고, 압전 변환기(112)는 전기신호를 2차 전지의 평면 방향으로 평행하게 유도되는 램(Lamb) 전파 형태의 초음파 신호로 변환한다.
- [0064] 이때 초음파의 경로는 도 4를 참조하면 2차 전지의 평면에 대해 평행하게 2차 전지 내부로 전파됨을 알 수 있다. 이에 압전 변환기(112)의 진동 에너지의 초음파의 파장은 2차 전지의 두께 보다 크게 설정된다.
- [0065] 그리고, 초음파 센서(12)는 상기 압전 변환기(112)에 설치되고, 전파용 압전체(M)를 제외한 나머지 복수의 센싱용 압전체($M_1 \sim M_{M-1}$)로 구비된다. 예를 들어, 초음파 센서의 압전체의 수가 M인 경우 센싱 경로의 수(N)은 $(M \times (M-1))/2$ 이다. 여기서, M, N은 양의 정수이다.
- [0066] 일례로, 일 실시예에서 하나의 전파용 압전체(M)가 설치된 압전 변환기(112)에 복수의 센싱용 압전체($1 \sim M-1$)가 설치되는 것을 일례로 설명하고 있으나, 다른례로, 하나의 전파용 압전체(M)가 설치된 압전 변환기(112)와는 별개로 각각의 센싱용 압전체로 구현된 적어도 하나의 압전 변환기로 구현될 수 있으며, 이에 한정하지 아니한다.
- [0067] 분석장치(2)는 초음파 센서(12)의 수신된 초음파와 초음파 가진기(11)의 전파된 초음파를 토대로 2차 전지의 결함으로 발생하는 구조적, 화학적 변화를 포함하는 국부적 물성치 특성 변화를 도출하는 구성을 갖추며, 이에 도 5를 참조하면 분석장치(2)는 상태인덱스 생성 모듈(21), 상태이미지 취득 모듈(22), 및 학습 모듈(23)중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0068] 즉, 상태인덱스 생성 모듈(21)은 수신된 초음파와 초음파 가진기(11)의 전파된 초음파의 상관 계수, 수신된 초음파와 초음파 가진기(11)의 전파된 초음파의 신호 차, 및 수신된 초음파와 초음파 가진기(11)의 전파된 초음파에 대한 웨이블릿 함수를 토대로 상태 인덱스(SI: State Index)를 도출한다.
- [0069] 본 명세서 상에서 초음파와 초음파 가진기(11)의 전파된 초음파 간의 상관 계수와 수신된 초음파와 초음파 가진기(11)의 전파된 초음파의 신호 차와 및 수신된 초음파와 초음파 가진기(11)의 전파된 초음파에 대한 웨이블릿 함수를 토대로 상태 인덱스(SI: State Index)를 도출하는 일련의 과정을 구체적으로 명시하지 아니하였으나 이는 당업자 수준에서 이해될 수 있을 것이다.
- [0070] 그리고, 각 센서 경로 별로 생성된 상태인덱스(SI)는 상태이미지 취득 모듈(22)로 제공된다.
- [0071] 상태이미지 취득 모듈(22)은 수신된 각 센싱 경로의 상태이미지를 합성한 후 2차전지 표면 좌표의 공간 함수를 적용하여 이미지 강도로 시각화하여 최종 상태이미지를 도출한다. 이때 상태인덱스의 합성은 하기 관계식 1로부터 도출될 수 있다.
- [0072] [관계식 1]

$$P(x, y) = \sum_{i=1}^N w_i [SI]_i$$

[0073]

- [0074] 여기서, SI는 각 진단장치의 상태인덱스, Wi는 기 정해진 가중치, i는 1~N 까지의 센싱 경로이다.
- [0075] 도 6을 참조하면, 이미지 강도는 색온도 형태로 나타낼 수 있고 이에 2차 전지 내의 결함 여부 및 결함 위치를 직관적으로 확인할 수 있다.
- [0076] 한편, 학습모듈(23)는 시각화된 최종 상태이미지를 입력으로 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 2차전지의 열화 정도 및 잔존 수명 등을 추정할 수 있다. 이때 학습모델은 도 7에 도시된 바와 같이, 건전성이 검증된 2차 전지를 가속 수명시험기를 통해 성능 열화를 가속시켜 도출된 상태 이미지를 참조 데이터로 취득한 후 취득된 참조데이터와 입력된 상태이미지를 토대로 최종 상태 이미지에 대한 검증을 수행할 수 있고, 최종 상태 이미지를 토대로 2차 전지의 잔여 수명을 추정할 수 있다.
- [0077] 이에 일 실시예는 공간 구획 별 2차전지의 내부 결함을 비파괴 기법으로 진단함에 따라, 기존의 배터리관리 시스템 기반의 2차 전지의 전기적 상태 진단 기술로 진단하기 어려운 내부 결함을 진단할 수 있고, 이에 안전 사고 발생율을 감소할 수 있으며, 내부 결함의 진단을 통해 건전성이 검증된 2차전지의 재사용할 수 있고, 내부 결함 검증을 통해 건전성이 검증된 폐전지를 재활용함에 따라 2차전지의 재활용률을 높일 수 있다.
- [0078] 한편 도 8은 도 1의 2차전지의 진단 과정을 보인 흐름도로서, 도 1 내지 도 8을 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 2차전지의 진단 과정을 설명한다.
- [0079] 우선 단계(S11 내지 S13)에 의거, 일 실시예의 진단 장치(1)는 2차 전지의 공간 구획 별로 설치되어 기 정해진 진단 주파수의 전기신호를 생성하고 생성된 전기신호를 전파용 압전체에 의거 진동 에너지의 초음파로 변환하며 변환된 초음파는 2차전지의 평면에 대해 평행하게 전파된다.
- [0080] 그리고 단계(S14)(S15)에서 일 실시예의 분석 장치(2)는 각 센싱용 압전체에 의거 반사된 초음파를 전기신호로 변환하고 변환된 전기신호에서 공간 구획 별 상태인덱스를 생성한다.
- [0081] 단계(S16, S17)에 의거, 일 실시예의 분석 장치(2)는 공간 구획 별 상태인덱스를 이미지 강도로 시각화하고 최종 상태이미지를 취득하고 최종 상태이미지를 토대로 2차전지의 결함 여부 및 결함 위치를 도출할 수 있다.
- [0082] 이어 단계(S18, S19)에 의거 일 실시예의 분석 장치(2)는 최종 상태이미지를 입력으로 학습 모델 기반으로 학습하여 최종 상태이미지에 대한 검증을 수행할 수 있고, 검증 성공한 최종 상태이미지를 토대로 잔여 수명을 예측할 수 있다.
- [0083] 이에 일 실시예는 공간 구획 별 2차전지의 내부 결함을 비파괴 기법으로 진단함에 따라, 기존의 배터리관리 시스템 기반의 2차 전지의 전기적 상태 진단 기술로 진단하기 어려운 내부 결함을 진단할 수 있고, 이에 안전 사고 발생율을 감소할 수 있으며, 내부 결함의 진단을 통해 건전성이 검증된 2차전지의 재사용할 수 있고, 내부 결함 검증을 통해 건전성이 검증된 폐전지를 재활용함에 따라 2차전지의 재활용률을 높일 수 있다.
- [0084] 이해의 편의를 위하여, 프로세서는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 프로세서는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0085] 여기서, 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction) 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다.
- [0086] 소프트웨어 및/또는 정보, 신호 및 데이터는, 제어부에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다.
- [0087] 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0088] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계

되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0089] 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.

[0090] 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0091] 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0092] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

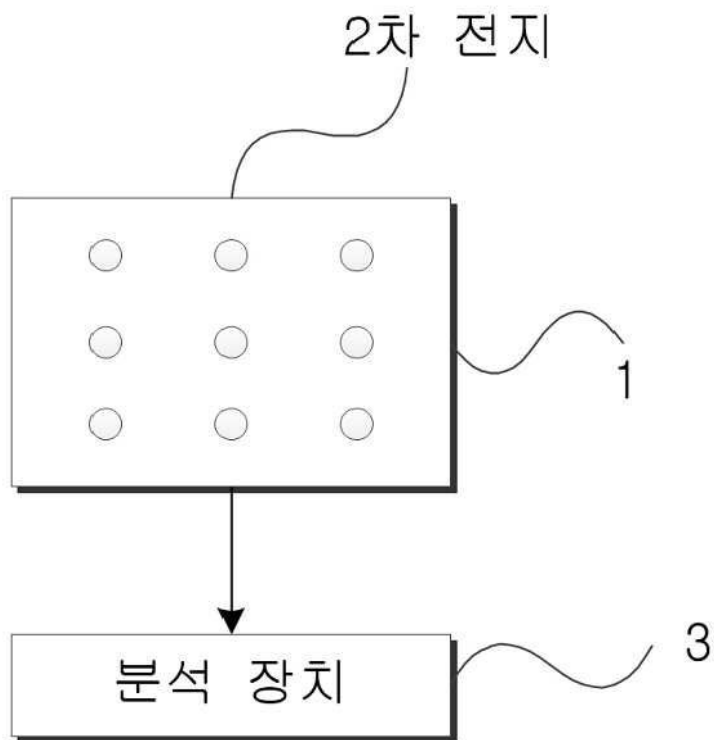
[0093] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

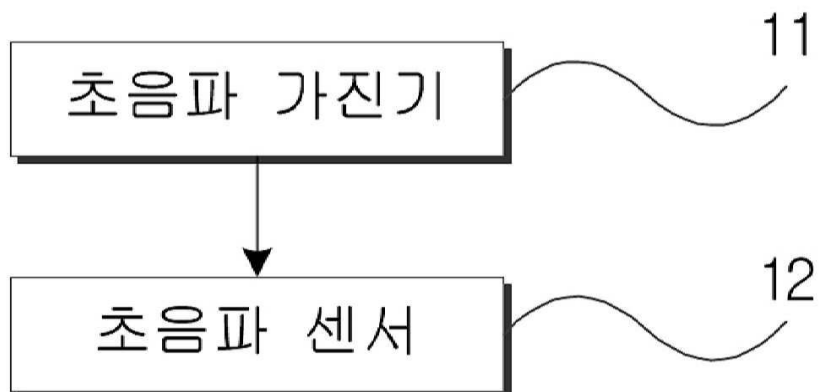
- [0094]
- 1 : 진단 장치
 - 11 : 초음파 가진기
 - 12 : 초음파 센서
 - 111 : 신호 발생기
 - 112 : 압전 변환기
 - 2 : 분석 장치
 - 21 : 상태인덱스 생성 모듈
 - 22 : 상태이미지 취득 모듈
 - 23 : 학습 모델

도면

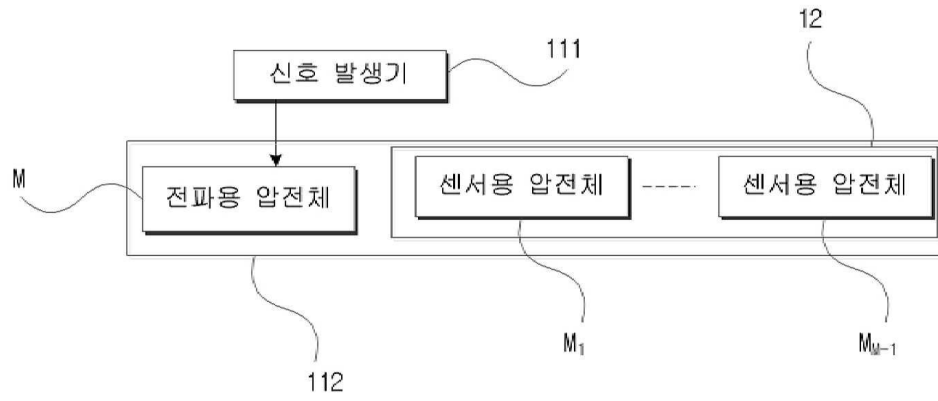
도면1



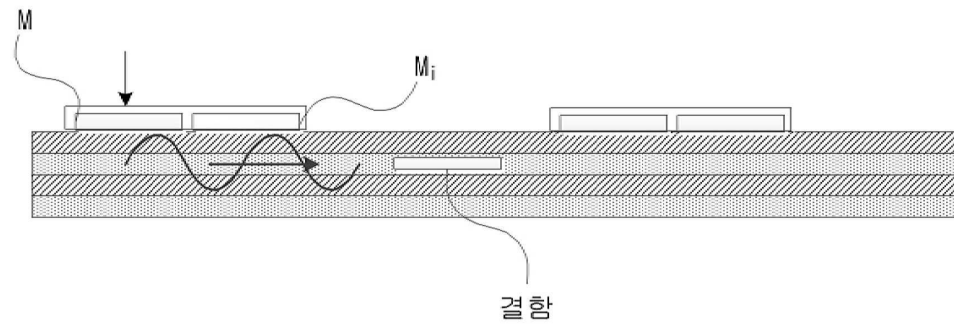
도면2



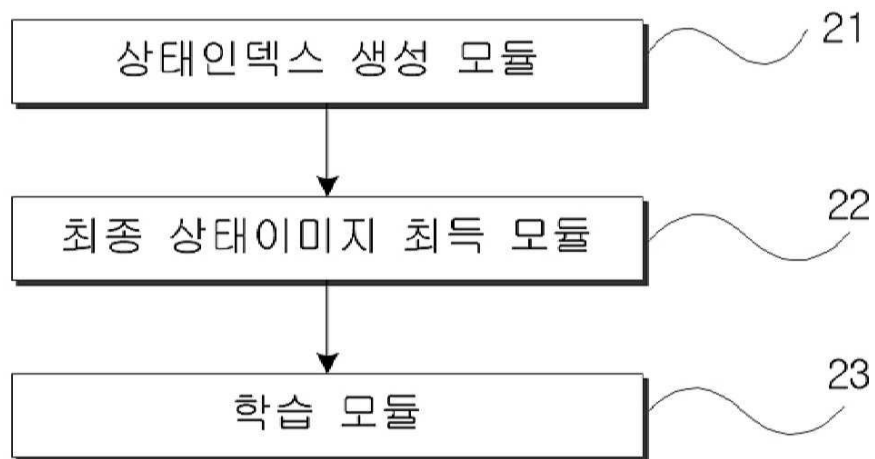
도면3



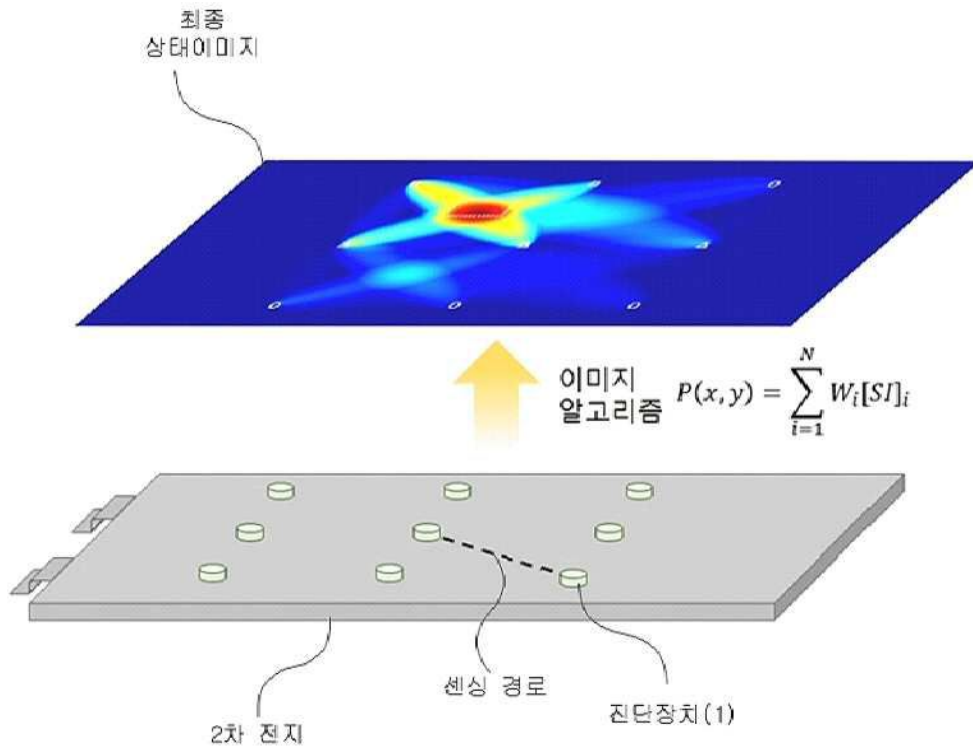
도면4



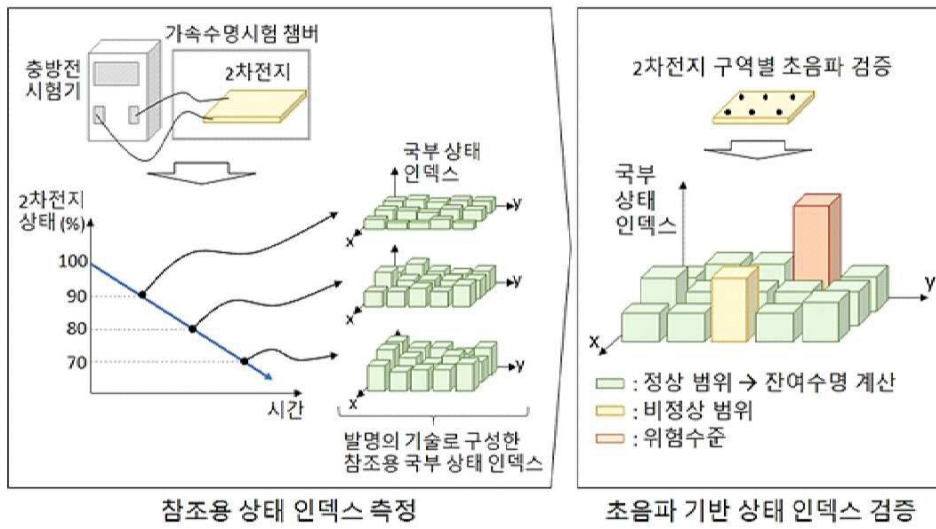
도면5



도면6



도면7



도면8

