

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2025-0035815
(43) 공개일자 2025년03월13일

(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 10-2023-0118284

(22) 출원일자 2023년09월06일

심사청구일자 2023년09월06일

(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)110동 405호

(74) 대리인

이은철, 이수찬

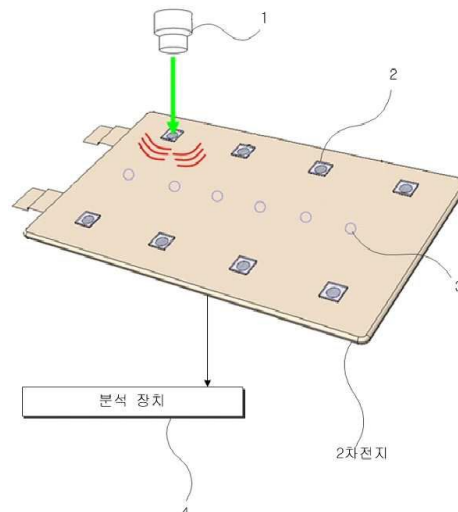
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템 및 방법

(57) 요약

본 기술은 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템 및 방법에 관한 것으로, 본 실시예의 구현 예에 따르면, 레이저를 이용한 초음파에 의거 공간 구획 별 2차전지의 내부 결함을 비파괴 기법으로 진단함에 따라, 기존의 배터리 관리 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 재활용율을 높일 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 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 2291/10 (2013.01)

Y02E 60/10 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치의 내부 결함을 진단하도록 구비하고,

상기 진단 시스템은,

정해진 진단위치 중 소정 수의 진단위치에 순차적으로 이동하여 기 정해진 펄스의 기준 레이저를 조사하는 레이저 재생기와,

상기 소정 수의 진단위치에 각각 설치되는 하나의 광섬유 변환기로 구비되어 조사된 기준 레이저를 음향 에너지의 초음파로 변환하며 변환된 초음파를 2차전지 내부에 전파하는 복수의 레이저 변환기; 및

상기 소정 수의 진단위치를 제외한 나머지 지정된 진단위치에 설치되어 2차 전지 내부에서 반사된 음향 에너지의 초음파를 수신한 다음 반사 레이저로 변환하는 레이저 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 진단 시스템은,

2차 전지의 내부로 전파된 기준 레이저와 반사 레이저를 토대로 수신된 각 진단 위치의 물성치 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하여 2차 전지 내의 결함을 진단하는 분석 장치를 더 포함하는 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 각각의 레이저 센서는

복수의 광섬유 역변환기로 구비되어 2차 전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하여 레이저로 변환하고 변환된 반사 레이저를 상기 분석 장치로 전달하도록 구비되는 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 분석 장치는,

반사 레이저와 기 정해진 기준 레이저를 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 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 분석 장치는,

취득된 상태 이미지에 대해 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 2차 전지의 잔여 수명을 출력하는 학습모듈을 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 수행하는 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템.

청구항 6

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

2차전지의 진단 시스템이 포함되는 적어도 하나의 프로세서가

하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치에서의 2차 전지의 내부 결함을 진단하도록 구비되고,

진단하고자 하는 2차 전지의 기 정해진 공간 구획 별로 정해진 다수의 진단 위치 중 소정 수의 진단위치를 순차적으로 이동하는 하나의 레이저 재생기에서 기 정해진 펄스의 기준 레이저를 생성하여 조사하는 기준레이저 생성 단계와,

상기 소정 수의 진단위치에 매설된 레이저 변환기에 의거 조사된 기준 레이저를 음향 에너지의 초음파로 변환하여 변환된 초음파를 2차전지 내부로 전파하는 레이저 전파 단계; 및

상기 소정 수의 진단위치를 제외한 나머지 진단위치에 매설되어 레이저 센서에 의거 수행되고 전파된 음향 에너지의 초음파를 수신하여 펄스 형태의 레이저로 변환하여 복수의 반사 레이저를 출력하는 레이저 수신 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 기준 레이저와 반사 레이저를 토대로 수신된 각 진단 위치의 물성치 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하여 2차전지 내의 결함을 진단하는 분석 단계를 더 포함하는 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 분석 단계는,

상기 기준 레이저와 반사 레이저를 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 시각화하여 2차전지 내부의 결함 여부 및 결함 위치를 도출하는 단계를 포함하는 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 방법.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 분석 단계는,

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

결함이 없는 건전성이 검증된 2차전지를 가속 수명시험기를 통해 성능 열화를 가속시켜 도출된 상태 이미지를 참조 데이터로 취득한 후 참조데이터를 토대로 상태 이미지에 대한 검증을 수행하도록 구비되는 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 방법.

청구항 10

제6항 내지 제9항 중 어느 한 항의 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 것을 특징으로 하는 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체.

청구항 11

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

상기 2차 전지의 진단 방법은,

레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템이 포함되는 적어도 하나의 프로세서가

하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치에서의 2차 전지의 내부 결함을 진단하도록 구비되고,

진단하고자 하는 2차 전지의 기 정해진 공간 구획 별로 정해진 다수의 진단 위치 중 소정 수의 진단위치를 순차적으로 이동하는 하나의 레이저 재생기에서 기 정해진 펄스의 기준 레이저를 생성하여 조사하는 기준레이저 생성 단계와,

상기 소정 수의 진단위치에 매설된 레이저 변환기에 의거 조사된 기준 레이저를 음향 에너지의 초음파로 변환하여 변환된 초음파를 2차전지 내부로 전파하는 레이저 전파 단계; 및

상기 소정 수의 진단위치를 제외한 나머지 진단위치에 매설되어 레이저 센서에 의거 수행되고 전파된 음향 에너지의 초음파를 수신하여 펄스 형태의 레이저로 변환하여 복수의 반사 레이저를 출력하는 레이저 수신 단계를 포함하는 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템의 운영 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 레이저 기반의 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, 안전성능 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, 펄서-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, 레이저에 의거 생성된 초음파를 이용하여 공간 구획별로 2차 전지 내부의 결함 및 결함 위치와 잔여 수명을 도출함에 따라 2차 전지에 대한 신뢰성 및 안전성을 향상시킬 수 있는 레이저를 이용한 2차전지의 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 레이저를 이용한 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 레이저를 이용한 2차 전지의 진단 시스템은,
- [0015] 하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치의 내부 결함을 진단하도록 구비하고,
- [0016] 상기 진단 시스템은,
- [0017] 정해진 진단위치 중 소정 수의 진단위치에 순차적으로 이동하여 기 정해진 펄스의 기준 레이저를 조사하는 레이저 재생기와,
- [0018] 상기 소정 수의 진단위치에 각각 설치되는 하나의 광섬유 변환기로 구비되어 조사된 기준 레이저를 음향 에너지의 초음파로 변환하며 변환된 초음파를 2차전지 내부에 전파하는 복수의 레이저 변환기; 및
- [0019] 상기 소정 수의 진단위치를 제외한 나머지 지정된 진단위치에 설치되어 2차 전지 내부에서 반사된 음향 에너지의 초음파를 수신한 다음 반사 레이저로 변환하는 레이저 센서를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.
- [0020] 바람직하게 상기 진단 시스템은,
- [0021] 2차 전지의 내부로 전파된 기준 레이저와 반사 레이저를 토대로 수신된 각 진단 위치의 물성치 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하여 2차 전지 내의 결함을 진단하는 분석 장치를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 바람직하게 상기 각각의 레이저 센서는
- [0023] 복수의 광섬유 역변환기로 구비되어 2차 전지 내부에서 반사된 초음파를 수신하여 레이저로 변환하고 변환된 반사 레이저를 상기 분석 장치로 전달하도록 구비될 수 있다.
- [0024] 바람직하게 상기 분석 장치는,
- [0025] 반사 레이저와 기 정해진 기준 레이저를 토대로 각 진단위치 별 상태 인덱스(SI: State Index)를 생성하는 상태 인덱스 생성모듈; 및
- [0026] 각 진단 위치 별 상태 인덱스에 기 정해진 공간함수에 적용하여 최종 2차전지의 상태 이미지(색온도)로 시각화하는 상태이미지 취득모듈을 포함할 수 있다.
- [0027] 바람직하게 상기 분석 장치는,
- [0028] 취득된 상태 이미지에 대해 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 2차 전지의 잔여 수명을 출력하는 학습모듈을 더 포함할 수 있고,
- [0029] 상기 학습모델은,
- [0030] 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.
- [0031] 본 발명의 다른 실시 양태에 의거한 2차전지의 진단 방법은,
- [0032] 2차전지의 진단 시스템이 포함되는 적어도 하나의 프로세서가
- [0033] 하나의 2차 전지에 소정 간격의 공간 구획 별로 정해진 진단위치에서의 2차 전지의 내부 결함을 진단하도록 구

비되고,

- [0034] 진단하고자 하는 2차 전지의 기 정해진 공간 구획 별로 정해진 다수의 진단 위치 중 소정 수의 진단위치를 순차적으로 이동하는 하나의 레이저 재생기에서 기 정해진 펄스의 기준 레이저를 생성하여 조사하는 기준레이저 생성 단계와,
- [0035] 상기 소정 수의 진단위치에 매설된 레이저 변환기에 의거 조사된 기준 레이저를 음향 에너지의 초음파로 변환하여 변환된 초음파를 2차전지 내부로 전파하는 레이저 전파 단계; 및
- [0036] 상기 소정 수의 진단위치를 제외한 나머지 진단위치에 매설되어 레이저 센서에 의거 수행되고 전파된 음향 에너지의 초음파를 수신하여 펄스 형태의 레이저로 변환하여 복수의 반사 레이저를 출력하는 레이저 수신 단계를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.
- [0037] 바람직하게 상기 적어도 하나의 프로세서는,
- [0038] 상기 기준 레이저와 반사 레이저를 토대로 수신된 각 진단 위치의 물성치 특성 변화를 이미지 강도로 시각화하여 2차전지 내의 결함을 진단하는 분석 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0039] 바람직하게 상기 분석 단계는,
- [0040] 상기 기준 레이저와 반사 레이저를 토대로 각 진단위치 별 상태 인덱스(SI: State Index)을 생성하는 단계; 및
- [0041] 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 포함할 수 있다.
- [0042] 바람직하게 상기 분석 단계는,
- [0043] 취득된 상태 이미지에 대해 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 2차 전지의 잔여 수명을 출력하는 단계를 더 포함하고,
- [0044] 결함이 없는 건전성이 검증된 2차전지를 가속 수명시험기를 통해 성능 열화를 가속시켜 도출된 상태 이미지를 참조 데이터로 취득한 후 참조데이터를 토대로 상태 이미지에 대한 검증을 수행하도록 구비될 수 있다.

발명의 효과

- [0045] 이러한 특징에 따르면, 레이저를 이용한 초음파에 의거 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 재활용율을 높일 수 있는 효과가 있다.
- [0046] 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.
- [0047] 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.
- [0048] 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

- [0049] 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 2차 전지의 진단 시스템을 보인 도이다.

도 2는 도 1의 레이저 변환기의 세부 구성도이다.

도 3은 도 2의 진단 시스템의 센싱 경로를 보인 예시도이다.

도 4은 도 1의 분석 장치의 세부 구성도이다.

도 5는 도 2의 진단 시스템의 각 부의 출력을 보인 도이다.

도 6은 도 1의 진단 시스템의 처리 과정을 보인 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0050] 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.
- [0051] 이하에서의 실시예는 2차 전지의 공간 구획별로 설치되는 레이저 변환기에 의거 기준 레이저에 의거 생성된 음향 에너지의 초음파를 2차 전지 내부로 전파한 다음 복수의 레이저 센서에 의거 수신된 초음파를 반사 레이저로 변환하고 변환된 반사 레이저와 기준 레이저를 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.
- [0052] 도 1은 일 실시예가 적용되는 2차 전지의 진단 시스템을 보인 도이고, 도 2는 도 1의 레이저 변환기의 세부 구성도이며, 도 3은 도 2의 진단 시스템의 센싱 경로를 보인 예시도이고, 도 4은 도 1의 분석 장치의 세부 구성도이며, 도 5는 도 2의 진단 시스템의 각 부의 출력을 보인 도이다. 도 1내지 도 5를 참조하면, 일 실시예에 따른 2차 전지의 진단 시스템은 진단하고자 하는 2차 전지를 정해진 공간 구획 별로 진단위치(NXM) 지정하고 지정된 다수의 진단위치 중 소정 수의 진단위치에 레이저 변환기를 설치하고 소정 수를 제외한 나머지 진단위치에 레이저 센서를 매설한다. 이에 2차 전지의 진단 시스템은, 레이저 재생기에서 생성된 기준 레이저를 음향에너지의 초음파로 변환하여 2차 전지 내부로 전파하고, 2차 전지에서 반사된 초음파를 레이저 변환기에 의거 반사 레이저로 변환한 후 변환된 반사 레이저와 기준 레이저로 2차 전지의 결함 및 결함 위치를 도출하는 구성을 갖추며, 레이저 재생기(1), 레이저 변환기(2), 레이저 센서(3), 및 분석 장치(4)를 포함한다.
- [0053] 여기서, 레이저 재생기(1)는 2차전지의 외부에 설치되어 레이저 변환기(2)에 매설된 진단위치로 이동 가능하도록 설치되고, 기 정해진 기준 파장의 레이저를 생성하여 생성된 기준 레이저를 레이저 변환기(2)로 제공한다.
- [0054] 그리고 레이저 변환기(2)는 광섬유 변환기로 구현되고, 수신된 기준 레이저를 음향 에너지의 초음파로 변환하여 2차 전지의 내부로 전파하는 구성을 갖추며, 도 2를 참조하면, 일 레로, 광섬유 변환기는 탄소 나노 입자(21) 및 연성 폴리머(22)의 복합재로 구성된다.
- [0055] 여기서, 탄소 나노 입자(21)는 예를 들어, 탄소나노튜브, 탄소나노섬유, 초그늘음 입자의 나노크기의 탄소 입자 중 하나로 이루어지며, 기준 레이저의 광을 효과적으로 흡수하여 매우 짧은 시간이 광에너지를 열 에너지로 변환한다.
- [0056] 그리고, 일 레로, 연성 폴리머(22)는 PDMS(Polydimethylsiloxane) 혹은 epoxy 소재로 구성될 수 있고, 탄소 나노 입자(21)에서 변환된 열 에너지를 흡수하여 기계적 팽창 및 변위를 유도하고, 유도된 높은 열팽창율과 높은 광 투과율로 기준 레이저를 통과하여 빠르게 확산한다.
- [0057] 다른 레로, 광섬유 변환기는 카본 나노 입자-폴리머 재질의 복합재로 구성될 수 있으며, 기준 레이저를 음향 에너지의 초음파로 변환하고, 변환된 음향 에너지의 초음파의 크기를 증폭시킬 수 있다.
- [0058] 한편, 레이저 센서(3)는 각 레이저 변환기(2)에 의거 전파된 2차전지의 내부의 결함으로 인해 반사되는 초음파를 수신하고 수신된 초음파를 반사 레이저로 변환한다. 이때, 도 3을 참조하면, 하나의 진단위치에 대해, 레이저 변환기(2)와 레이저 센서(3) 각각은 기준 레이저와 반사 레이저를 수신할 수 있다. 이에 공간 구획 별 진단 위치에 대해 최소 적어도 하나의 1개 이상의 레이저 센서로 구성된다. 따라서, N개의 레이저 변환기(2)와 M개의 레이저 센서(3)인 경우 총 센싱경로는 (N)X(M)개이다.
- [0059] 레이저 변환기(2) 및 레이저 센서(3)의 초음파는 광대역 주파수 성분이 짧은 시간 동안 발생하는 펄스(pulse) 형태이고, 측정 주파수는 램파 및 물체파를 포함하는 광대역신호이다. 따라서, 초음파는 2차 전지의 평면 방향으로 평행하게 유도되는 램(Lamb) 전파 형태이다. 즉, 초음파의 경로는 2차 전지의 평면에 대해 평행하게 2차 전지 내부로 전파된다.

- [0060] 그리고, 레이저 센서(3)는 목표 구조물의 두께 보다 커지는 범위의 램파의 파장으로 컷오프 주파수가 설정된 LPF(Low Pass Filter)를 더 포함할 수 있고, LPF를 통과한 초음파는 광섬유 역변환기에 의거 반사 레이저로 변환하여 분석장치(4)로 제공된다. 본 명세서 상에서 광섬유 역변환기에 의거 초음파를 레이저 형태로 변환하는 일련의 과정에 대해 구체적으로 명시하지 아니하였으나 이는 당업자 수준에서 이해되어야 할 것이다.
- [0061] 분석장치(4)는 레이저 센서(3)의 수신된 반사 레이저와 기준 레이저를 토대로 2차 전지의 결함으로 발생하는 구조적, 화학적 변화를 포함하는 국부적 물성치 특성 변화를 도출하는 구성을 갖추며, 이에 도 4를 참조하면 분석장치(4)는 상태인덱스 생성 모듈(41), 상태이미지 취득 모듈(42), 및 학습 모듈(43)중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0062] 즉, 상태인덱스 생성 모듈(41)은 수신된 반사 레이저와 기준 레이저의 상관 계수, 수신된 반사 레이저와 기준 레이저의 차, 및 반사 레이저와 기준 레이저에 대한 웨이블릿 함수를 토대로 상태 인덱스(SI: State Index)를 도출한다.
- [0063] 본 명세서 상에서 반사 레이저와 기준 레이저 간의 상관 계수와 반사 레이저와 기준 레이저의 차와 반사 레이저와 기준 레이저에 대한 웨이블릿 함수를 토대로 상태 인덱스(SI: State Index)를 도출하는 일련의 과정을 구체적으로 명시하지 아니하였으나 이는 당업자 수준에서 이해될 수 있을 것이다.
- [0064] 그리고, 각 센서 경로 별로 생성된 상태인덱스(SI)는 상태이미지 취득 모듈(42)로 제공된다.
- [0065] 상태이미지 취득 모듈(42)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.
- [0066] [관계식 1]
- $$P(x, y) = \sum_{i=1}^N W_i [SI]_i$$
- [0067]
- [0068] 여기서, N개의 레이저 변환기(2)와 M개의 레이저 센서를 포함하다고 가정하면, SI는 M개의 레이저 센서(3) 각각의 상태인덱스, W_i 는 기 정해진 가중치, i 는 1~N로, M개의 레이저 센서(3) 각각의 센싱 경로이다. N, M 각각은 0 보다 큰 자연수이다.
- [0069] 도 5를 참조하면, 건전한 상태에서 실측 레이저와 비교하여 반사 레이저와 실측 레이저 간의 유의미한 차이를 색온도의 이미지 강도로 나타낼 수 있고, 이미지 강도를 인덱스로 표현해서 대상 2차전지에 대한 상태이미지를 출력하며, 상태이미지의 이미지 픽셀 값을 정량화하여 각 공간 구획 별 2차 전지의 이상상태 발생여부에 대한 판단 기준에 해당하는 국부상태 맵을 알 수 있으며 이에 일 실시예는 2차 전지 내부 결함 여부 및 결함 위치를 직관적으로 확인할 수 있다.
- [0070] 한편, 학습모듈(43)은 시각화된 상태이미지를 입력으로 기 구축된 학습모델 기반으로 학습하여 2차전지의 열화 정도 및 잔존 수명 등을 추정할 수 있다. 이때 학습모델은 건전성이 검증된 2차전지를 가속 수명시험기를 통해 성능 열화를 가속시켜 도출된 상태이미지를 참조 데이터로 취득한 후 취득된 참조데이터와 입력된 상태이미지를 토대로 최종 상태 이미지에 대한 검증을 수행할 수 있고, 상태 이미지를 토대로 2차 전지의 잔여 수명을 추정할 수 있다.
- [0071] 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 결함(사용 후 조건의 2차전지의 내부에 공극, 박리, 불순물 첨가)을 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.
- [0072] 한편 도 6은 도 1의 2차전지의 진단 과정을 보인 흐름도로서, 도 1 내지 도 8을 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 레이저를 이용한 2차전지의 진단 과정을 설명한다.
- [0073] 우선 단계(S11 내지 S13)에 의거, 일 실시예의 레이저 생성기(1)는 진단하고자 하는 2차 전지의 외부에 설치되어 기 정해진 펄스의 기준 레이저를 생성하고 생성된 기준 레이저를 공간 구획 별 진단위치 중 소정 수의 진단 위치에 매설된 레이저 변환기(2)에 조사하고, 조사된 기준 레이저는 음향 에너지의 초음파로 변환하며 변환된 초음파는 2차전지의 평면에 대해 평행하게 전파된다.

- [0074] 그리고 단계(S14, S15)에서 일 실시예의 레이저 센서(3)는 2차 전지의 내부 결함에 의거 반사된 초음파를 펄스 형태의 반사 레이저로 변환하고 변환된 반사 레이저와 기준 레이저를 토대로 공간 구획 별 상태인덱스를 생성한다.
- [0075] 단계(S16, S17)에 의거, 일 실시예의 분석 장치(4)는 공간 구획 별 상태인덱스를 이미지 강도로 시각화하고 최종 상태이미지를 취득하고 최종 상태이미지를 토대로 2차전지의 결함 여부 및 결함 위치를 도출할 수 있다.
- [0076] 이어 단계(S18, S19)에 의거 일 실시예의 분석 장치(4)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.
- [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] 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.
- [0079] 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.
- [0080] 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.
- [0081] 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.
- [0082] 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 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.
- [0083] 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.
- [0084] 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0085] 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0086] 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.
- [0087] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

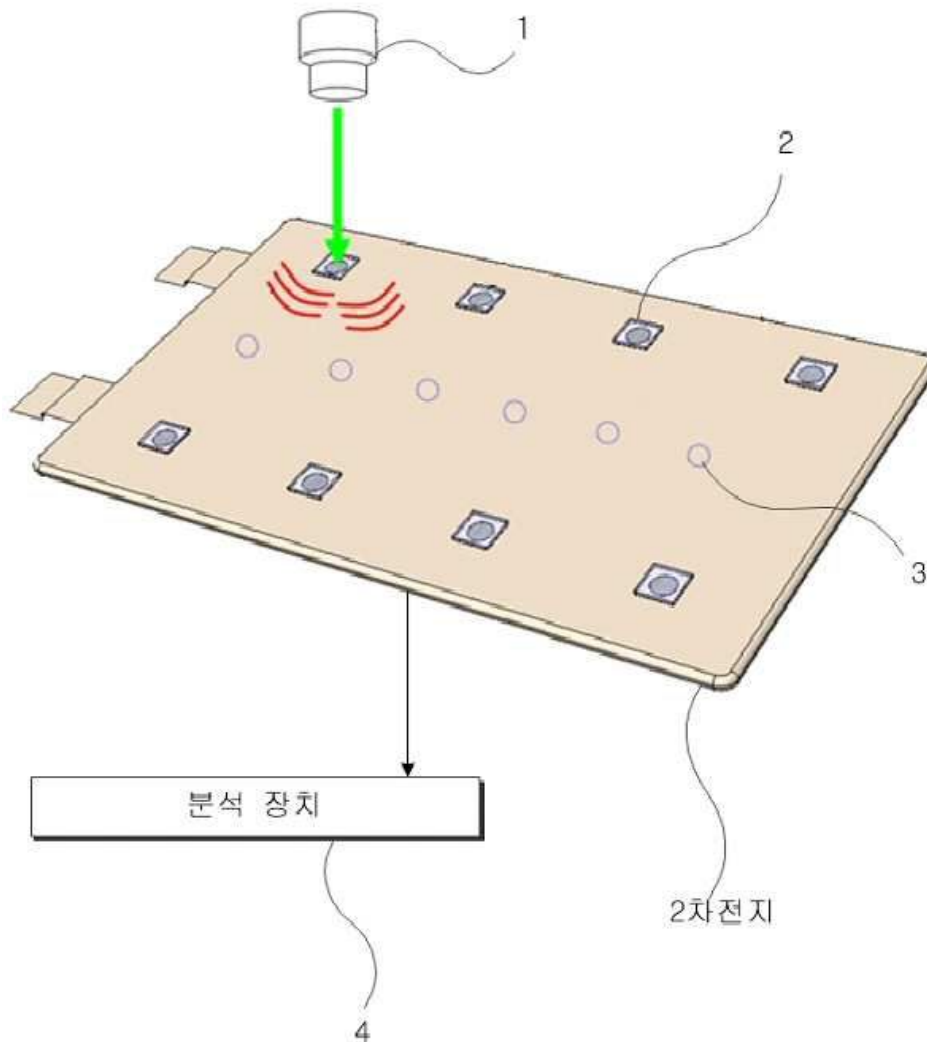
부호의 설명

[0088]

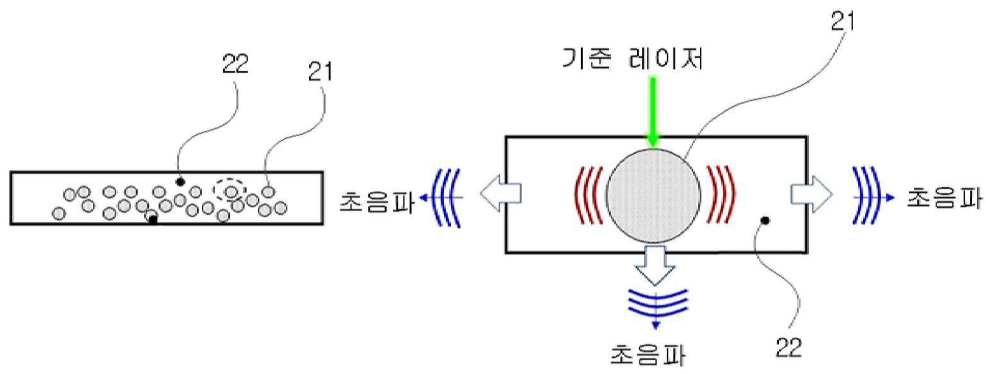
- 1 : 레이저 생성기
- 2 : 레이저 변환기
- 3 : 레이저 센서
- 4 : 분석 장치
- 41 : 상태인덱스 생성 모듈
- 42 : 상태이미지 취득 모듈
- 43 : 학습 모델

도면

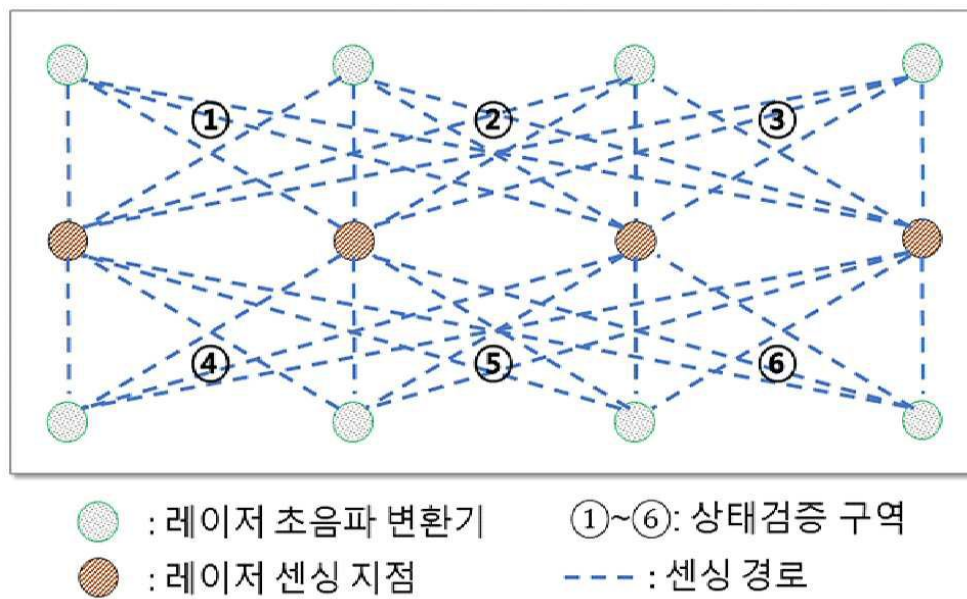
도면1



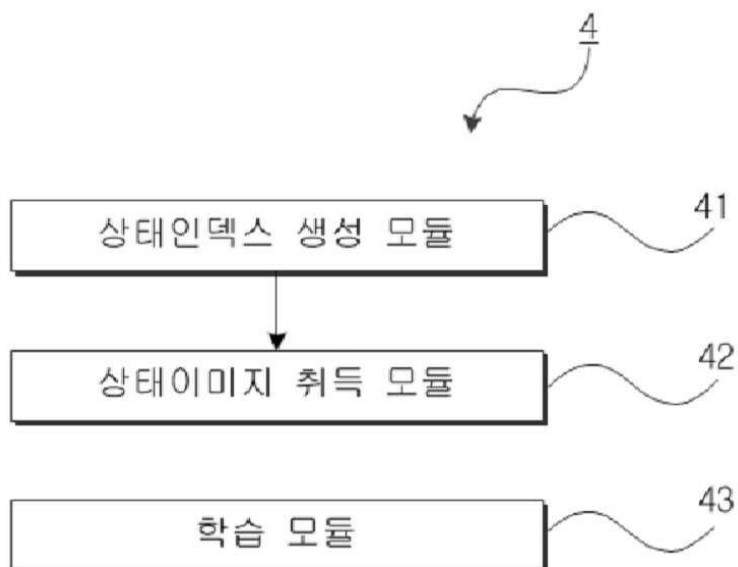
도면2



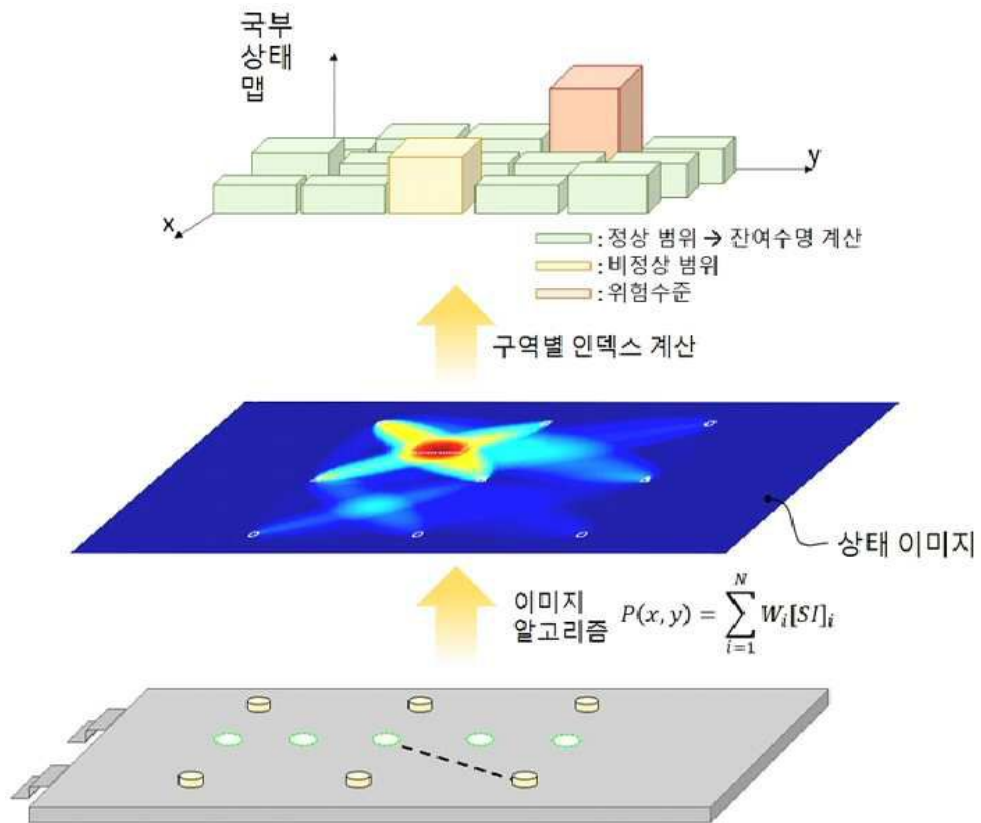
도면3



도면4



도면5



도면6

