



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0129986  
(43) 공개일자 2009년12월17일

(51) Int. Cl.

G03B 3/00 (2006.01) G03B 3/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-7016763

(22) 출원일자 2008년02월11일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2009년08월11일

(86) 국제출원번호 PCT/GB2008/000478

(87) 국제공개번호 WO 2008/099156

국제공개일자 2008년08월21일

(30) 우선권주장

0702674.3 2007년02월12일 영국(GB)

(뒷면에 계속)

(71) 출원인

캠브리지 메카트로닉스 리미티드

영국 씨비4 0더블류에스 캠브리지 카울리 로드 성  
존스 이노베이션 센터

(72) 발명자

토플리스 리차드

영국 씨비2 2엔큐 캠브리지 트럼핑톤 비숍스 로드  
43

웨버 도미니크 죠지

영국 씨비1 7티티 캠브리지 블링코 드라이브 124

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 안국찬

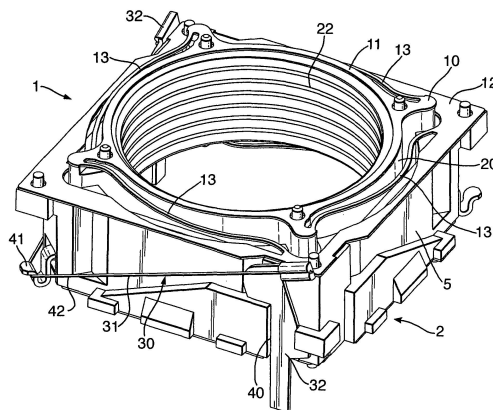
전체 청구항 수 : 총 91 항

(54) 형상 기억 합금 작동 장치

(57) 요약

본 발명의 소형 카메라 렌즈 작동 장치는 지지 구조물, 서스펜션 시스템에 의해 지지 구조물에 지지된 카메라 렌즈 요소 및 카메라 렌즈 요소의 이동을 구동하도록 지지 구조물과 가동 요소 사이에 연결된 SMA 액추에이터를 포함한다. 제어 회로는 감지시 전기 접속부의 저항의 충격을 감소하기 위해 SMA 액추에이터에 대한 개별적인 제어 회로를 갖는 구동 회로와 센서 회로를 포함할 수 있다. 제어 회로는 주위 온도를 나타내는 온도 신호에 반응하여 구동 회로를 변경할 수 있다. 정지부는 비가열 상태의 SMA 액추에이터가 저항-길이 곡선의 로컬 최대 저항에 대응하는 길이에 있거나 또는 이러한 길이 아래에 있는 최대 길이를 넘어 신장하는 것을 방지하도록 이동을 제한한다. 위치 제어는 위치 계속으로 SMA 액추에이터의 저항을 이용하여 수행된다. 제어는 파괴 상태를 방지하기 위한 "래치팅" 방법과, 목표 저항값의 범위를 유도하기 위한 초기 캘리브레이션 단계를 채용한다. 제조시, 렌즈 홀더의 위치는 SMA 액추에이터가 주위 온도보다 높은 소정의 온도로 가열될 때 무한으로부터 최단 거리까지의 범위 내의 소정 거리에서 대상물의 화상의 초점을 화상 센서 상에 제공하도록 캐리어에 대해 조절된다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

**리담 로버트 존**

영국 씨비1 8에스제이 캠브리지 톱클리프 웨이 3

**홀리 안쏘니**

영국 씨비4 1에이치피 캠브리지 드 프레빌 애비뉴 79

**리차즈 데이비드 찰스 윌슨**

영국 씨비4 6비엘 캠브리지셔 밀튼 콜스 로드 61

**그레고리 토마스 매튜**

영국 씨비23 7제트제이 캠브리지셔 하이필즈 칼데 코트 스트럼폴 웨이 28

(30) 우선권주장

0702676.8 2007년02월12일 영국(GB)

0707788.6 2007년04월23일 영국(GB)

0708214.2 2007년04월27일 영국(GB)

0709338.8 2007년05월15일 영국(GB)

0716469.2 2007년08월23일 영국(GB)

0718828.7 2007년09월26일 영국(GB)

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

화상 센서 상의 카메라 렌즈 요소의 초점을 변경하기 위해 가열 시 광축을 따른 카메라 렌즈 요소의 이동을 구동하도록 배열되는 SMA 액추에이터를 포함하는 카메라 렌즈 작동 장치를 제어하는 방법이며,

SMA 액추에이터는 수축 동안 저항이 로컬 최대 저항에서 로컬 최소 저항으로 감소하는 곡선을 따라서 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 가지며,

상기 방법 진행 동안, SMA 액추에이터는 통전되는 전류에 의해 가열되고, SMA 액추에이터의 저항을 측정하고 SMA 액추에이터의 측정된 저항을 피드백 신호로서 이용하여 측정되는 저항이 목표값이 되도록 전류의 전력을 변경함으로써 카메라 렌즈 요소의 이동이 제어되며,

상기 방법은,

SMA 액추에이터를 가열하고 측정되는 저항을 모니터링하여 로컬 최대 저항과 로컬 최소 저항을 검출하며, 검출된 로컬 최대 저항의 저항값과 검출된 로컬 최소 저항의 저항값 사이의 차이 이하의 저항 범위 크기를 유도 및 저장하는, 예비 캘리브레이션 작업 수행 단계와,

상기 예비 캘리브레이션 작업보다 자주 초점 검출 작업을 수행하는 단계를 포함하고,

상기 초점 검출 작업은,

SMA 액추에이터를 가열하고 SMA 액추에이터의 저항을 모니터링하여 로컬 최대 저항을 검출하는 단계와,

검출된 로컬 최대 저항의 저항값과 같은 또는 검출된 로컬 최대 저항의 저항값보다 소정량 감소된 상위 목표 저항값 및 상위 목표 저항값보다 저장된 저항 범위 크기만큼 작은 하위 목표 저항값을 유도하는 단계와,

측정된 저항이 상위 목표 저항값으로부터 하위 목표 저항값으로 변화도록 SMA 액추에이터를 가열하고, 화상 센서에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질을 모니터링하고, 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저항값을 저장하는 단계를 포함하는

방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

초점 검출 작업에 후속하여 초점 형성 작업을 수행하는 단계를 더 포함하고, 상기 초점 형성 작업은 SMA 액추에이터의 길이가 상기 곡선상에서 로컬 최대 저항에 대응하는 길이 이상이 될 때까지 SMA 액추에이터를 냉각하는 단계와, 그 후 측정된 저항값이 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저장된 저항값이 되도록 SMA 액추에이터를 가열하는 단계를 포함하는

방법.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

초점 검출 작업 중에, 화상 센서에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질이 결정되는 동안, 측정된 저항은 측정된 저항은 저항이 일정하게 유지되는 일련의 목표값들이 되는

방법.

### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방법은 카메라 렌즈 작동 장치에 전력이 처음 공급될 때, 예비 캘리브레이션 작업을 수행하는 단계를 포함하는

방법.

## 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,  
카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는  
방법.

## 청구항 6

화상 센서 상의 카메라 렌즈 요소의 초점을 변경하기 위해 가열 시 광축을 따른 카메라 렌즈 요소의 이동을 구동하도록 배열되는 SMA 액추에이터를 포함하는 카메라 렌즈 작동 장치를 위한 제어 시스템이며,

SMA 액추에이터는 수축 동안에 저항이 로컬 최대 저항에서 로컬 최소 저항으로 감소하는 곡선을 따라서 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 갖고,

상기 제어 시스템은,

SMA 액추에이터에 전류를 통과시켜 SMA 액추에이터를 가열하도록 작동하는 전류원과,

SMA 액추에이터의 저항을 계측하도록 작동하는 검출기 회로와,

SMA 액추에이터의 계측된 저항을 피드백 신호로서 이용하여 계측된 저항이 목표값이 되도록 전류원을 제어하고 전류의 전력을 변경하도록 작동하는 제어기를 포함하고,

제어기가 SMA 액추에이터를 가열하도록 전류원을 제어하고 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 모니터링하여 로컬 최대 저항과 로컬 최소 저항을 검출하며, 검출된 로컬 최대 저항의 저항값과 검출된 로컬 최소 저항의 저항값 사이의 차이 이하인 저항 범위 크기를 유도 및 저장하는, 예비 캘리브레이션 작업을 수행하도록 제어기가 작동되고,

제어기는 예비 캘리브레이션 작업보다 자주 초점 검출 작업을 수행하도록 작동되고,

상기 초점 검출 작업 중에,

제어기는 SMA 액추에이터를 가열하도록 전류원을 제어하고 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 모니터링하여 로컬 최대 저항을 검출하고,

제어기는 검출된 로컬 최대 저항의 저항값과 같은 또는 검출된 로컬 최대 저항의 저항값보다 소정량 감소된 상위 목표 저항값 및 상위 목표 저항값보다 저장된 저항 범위 크기만큼 작은 하위 목표 저항값을 유도하고,

제어기는 계측된 저항값을 상위 목표 저항값으로부터 하위 목표 저항값으로 변경하기 위해 SMA 액추에이터를 가열하도록 전류원을 제어하고, 화상 센서에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질을 모니터링하고, 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저항값을 저장하는

제어 시스템.

## 청구항 7

제6항에 있어서,

제어기는 초점 검출 작업에 후속하여 초점 형성 작업을 수행하도록 작동하고, 상기 초점 형성 작업 동안, 제어기는 SMA 액추에이터의 길이가 로컬 최대 저항에 대응하는 상기 곡선상의 길이 이상이 될 때까지 SMA 액추에이터를 냉각하도록 전류원을 제어하고, 그 후, 계측된 저항이 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저장된 저항이 되도록 SMA 액추에이터를 가열하도록 전류원을 제어하는

제어 시스템.

## 청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

초점 검출 작업 중에, 화상 센서에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질이 결정되는 동안, 계측된 저항은 저항이 일정하게 유지되는 일련의 목표값들이 되는

제어 시스템.

#### 청구항 9

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,  
제어기는 카메라 렌즈 작동 장치에 전력이 처음 공급될 때, 예비 캘리브레이션 작업을 수행하도록 작동하는 제어 시스템.

#### 청구항 10

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,  
카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는 제어 시스템.

#### 청구항 11

가열 시 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열된 SMA 액추에이터를 포함하는 형상 기억 합금 작동 장치를 제어하는 방법이며,

SMA 액추에이터는 수축 동안 저항이 로컬 최대 저항에서 로컬 최소 저항으로 감소하는 곡선을 따라서 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 가지며, SMA 액추에이터는 통과되는 전류에 의해 가열되고,

상기 방법은,

SMA 액추에이터를 가열하고 SMA 액추에이터의 저항을 측정하는 단계를 포함하고,

SMA 액추에이터의 측정된 저항이 목표값이 되도록 SMA 액추에이터의 측정된 저항값을 피드백 신호로서 이용하여 전류의 전력이 변경되며,

로컬 최소 저항을 검출하기 위해 측정된 저항을 모니터링하고, 로컬 최소 저항의 검출에 반응하여 전류의 전력을 즉시 감소시키는 단계를 더 포함하는

방법.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 방법은

로컬 최소 저항의 검출에 반응하여 전류의 전력을 감소시킨 후 로컬 최소 저항의 저항값보다 큰 새로운 저항의 목표값을 설정하는 단계를 더 포함하는

방법.

#### 청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서,

가동 요소는 카메라 렌즈 요소이며, 서스펜션 시스템은 카메라 렌즈 요소의 광축을 따라 지지 구조물에 대한 카메라 렌즈 요소의 이동을 안내하는

방법.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

방법.

## 청구항 15

제13항 또는 제14항에 있어서,

상기 SMA 액추에이터를 가열하는 단계 중에, SMA 액추에이터의 계측된 저항을 피드백 신호로 사용하여 전류의 전력이 변경되고, 상기 SMA 액추에이터를 가열하는 단계는 초점 검출 작업시 계측된 저항이 일련의 목표값들이 되게 하도록 수행되며, 상기 초점 검출 작업은 상기 목표값 각각에서 화상 센서에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질을 모니터링하는 단계와 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저항값을 저장하는 단계를 더 포함하는

방법.

## 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 SMA 액추에이터를 가열하는 단계 중에 계측된 저항이 연속적인 목표값이 되도록 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 피드백 신호로서 이용하여 전류의 전력이 변경되고,

상기 방법은 상기 SMA 액추에이터를 가열하는 단계 이전에,

로컬 최대 저항을 검출하도록 SMA 액추에이터를 가열하고 SMA 액추에이터의 저항을 모니터링하는 단계와,

검출된 로컬 최대 저항의 저항값으로부터 상위 목표 저항값으로서 일련의 목표값들과, 소정 수의 다른 목표값들을 유도하는 단계를 더 포함하고,

상기 상위 목표 저항값은 검출된 로컬 최대 저항의 저항값과 같거나 검출된 로컬 최대 저항의 저항값보다 소정량 감소된 값이며, 상기 다른 목표값들은 상위 목표 저항값보다 소정량 감소된 값이고,

로컬 최소 저항의 검출에 반응하여, 검출된 로컬 최소 저항의 저항값 아래 있는 유도된 일련의 목표값들 중 어떠한 목표값도 사용되지 않는

방법.

## 청구항 17

제15항 또는 제16항에 있어서,

초점 검출 작업에 후속하여 초점 형성 작업을 수행하는 단계를 더 포함하고, 상기 초점 형성 작업은 SMA 액추에이터의 길이가 상기 곡선상에서 로컬 최대 저항에 대응하는 길이 이상일 때까지 SMA 액추에이터를 냉각하는 단계와, 그 후, 계측된 저항값이 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저장된 저항값이 되도록 SMA 액추에이터를 가열하는 단계를 포함하는

방법.

## 청구항 18

가열시 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열된 SMA 액추에이터를 포함하는 형상 기억 합금 작동 장치를 위한 제어 시스템이며,

SMA 액추에이터는 수축 동안 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소되는 곡선을 따라서 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 갖고

상기 제어 시스템은,

SMA 액추에이터에 전류를 통과시켜 SMA 액추에이터를 가열하도록 작동하는 전류원과,

SMA 액추에이터의 저항을 계측하도록 작동하는 검출기 회로와,

계측된 저항이 목표값이 되도록 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 피드백 신호로서 이용하여 전류원을 제어하고 전류의 전력을 변경하도록 작동하는 제어기를 포함하고,

제어기는 계측된 저항을 모니터링하여 로컬 최소 저항을 검출하고, 로컬 최소 저항의 검출에 반응하여 전류의 전력을 감소시키도록 전류원을 즉시 제어하도록 동작하는

제어 시스템.

#### 청구항 19

제18항에 있어서,

제어기는 로컬 최소 저항의 검출에 반응하여 전류의 전력을 감소시키도록 전류원을 제어한 후, 로컬 최소 저항의 저항값보다 큰 저항의 새로운 목표값으로 SMA 액추에이터를 가열하도록 전류원을 제어하게 작동하는

제어 시스템.

#### 청구항 20

제18항 또는 제19항에 있어서,

가동 요소는 카메라 렌즈 요소이며, 서스펜션 시스템은 카메라 렌즈 요소의 광축을 따라 지지 구조물에 대한 카메라 렌즈 요소의 이동을 안내하는

제어 시스템.

#### 청구항 21

제20항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

제어 시스템.

#### 청구항 22

제20항 또는 제21항에 있어서,

초점 검출 작업의 일부로서 제어기는 계측된 저항이 일련의 목표값들이 되도록 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 피드백 신호로서 이용하여 전류원을 제어하고 전류의 전력을 변경하도록 작동하고, 상기 초점 검출 작업 중에 제어기는 상기 목표값 각각에서 화상 센서에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질을 모니터링하고 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저항값을 저장하도록 추가로 작동하는

제어 시스템.

#### 청구항 23

제22항에 있어서,

SMA 액추에이터를 가열하는 단계 중에, SMA 액추에이터의 계측된 저항을 피드백 신호로 사용하여 전류의 전력이 변경되고,

상기 초점 검출 작업 중에, 제어기는 SMA 액추에이터를 가열하는 단계 이전에, SMA 액추에이터의 계측된 저항이 일련의 목표값이 되게 하고 SMA 액추에이터를 가열하고 로컬 최대 저항을 검출하도록 SMA 액추에이터의 저항을 모니터링하고 검출된 로컬 최대 저항의 저항값으로부터 상위 목표 저항값으로서 일련의 목표값들과 소정 수의 다른 목표값들을 유도하도록 동작하며,

상기 상위 목표 저항값은 검출된 로컬 최대 저항의 저항값과 같거나 검출된 로컬 최대 저항의 저항값보다 소정량 감소된 값이며, 상기 다른 목표값들은 상위 목표 저항값보다 소정량 감소된 값이고,

상기 제어기는 로컬 최소 저항의 검출에 반응하여 계측된 저항을 검출된 로컬 최소 저항의 저항값 미만인 유도된 일련의 목표값 중 임의의 목표값이 되게 하지 않도록 작동하는

제어 시스템.

#### 청구항 24

제22항 또는 제23항에 있어서,

제어기는 초점 검출 작업에 후속하여 초점 형성 작업을 수행하도록 작동하며, 상기 초점 형성 작업 중에, 제어

기는 SMA 액추에이터의 길이가 로컬 최대 저항에 대응하는 상기 곡선상의 길이 이상일 때까지 SMA 액추에이터를 냉각하도록 전류원을 제어하고, 그 후, 예측된 저항이 초점 길이 용인될 수 있는 수준에 있는 저장된 저항이 되도록 SMA 액추에이터를 가열하도록 전류원을 제어하는

제어 시스템.

#### 청구항 25

형상 기억 합금 작동 장치이며,

지지 구조물과,

서스펜션 시스템에 의해 지지 구조물 상에 지지되는 가동 요소로서, 서스펜션 시스템은 가동 요소의 이동을 안내하는 가동 요소와,

형상 기억 합금 액추에이터로서, 가열시 형상 기억 합금 액추에이터의 수축이 지지 구조물에 대한 가동 요소의 상기 이동을 구동하도록 지지 구조물과 가동 요소 사이에 연결되고 수축시 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소되는 곡선을 따라 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 갖는, 형상 기억 합금 액추에이터와,

비가열 상태인 형상 기억 합금 액추에이터가 로컬 최대 저항에 대응하는 상기 곡선상의 길이 이하인 최대 길이를 넘어 신장하는 것을 방지하기 위해 가동 요소의 이동을 제한하도록 배열되는 정지부를 포함하는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 26

제25항에 있어서,

최대 길이는 로컬 최대 저항의 저항과 로컬 최소 저항의 저항 사이의 차이의 5%만큼 로컬 최대 저항의 저항 아래에 있는 저항에 대응하는 상기 곡선상의 길이 이하인

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 27

제25항 또는 제26항에 있어서,

최대 길이는 로컬 최대 저항의 저항과 로컬 최소 저항의 저항 사이의 차이의 40%만큼 로컬 최대 저항의 저항 아래에 있는 저항에 대응하는 상기 곡선상의 길이에 이하인

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 28

제25항 내지 제27항 중 어느 한 항에 있어서,

가동 요소는 카메라 렌즈 요소이고, 서스펜션 시스템은 카메라 렌즈 요소의 광축을 따라 지지 구조물에 대한 카메라 렌즈 요소의 이동을 안내하는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 29

제28항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 30

제25항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서,

형상 기억 합금 액추에이터의 수축에 의해 구동되는 이동으로부터 반대 방향으로 지지 구조물에 대한 가동 요소



의 편의를 제공하도록 배열된 편의 장치를 더 포함하는  
형상 기억 합금 작동 장치.

### 청구항 31

제25항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서,

서스펜션 시스템은 형상 기억 합금 액추에이터의 수축에 의해 구동되는 이동으로부터 반대 방향으로 지지 구조물에 대한 가동 요소의 편의를 제공하도록 배열되는

형상 기억 합금 작동 장치.

### 청구항 32

제31항에 있어서,

서스펜션 시스템은 가동 요소와 지지 구조물 사이에 결합된 복수의 탄성 만곡부를 포함하고, 상기 만곡부는 상기 편의를 제공하도록 만곡되는

형상 기억 합금 작동 장치.

### 청구항 33

제25항 내지 제32항 중 어느 한 항에 있어서,

형상 기억 합금 액추에이터는 지지 구조물과 가동 요소 사이에서 신장되어 연결된 형상 기억 합금 와이어의 하나 이상의 길이부를 포함하는

형상 기억 합금 작동 장치.

### 청구항 34

가열시 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열된 SMA 액추에이터를 포함하는 형상 기억 합금 작동 장치를 제어하는 방법이며,

SMA 액추에이터는 수축 동안 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소하는 곡선을 따라 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 가지며,

상기 방법 중에 SMA 액추에이터는 전류를 통과시켜 가열되고 SMA 액추에이터의 저항이 계측되고,

상기 방법은,

SMA 액추에이터를 가열하고 로컬 최소 저항을 검출하도록 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 모니터링하는 제1 단계와,

계측된 저항이 로컬 최소 저항의 저항값보다 소정량 증가된 목표값이 되도록 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 피드백 신호로서 이용하여 전류의 전력을 변경하는 제2 단계를 포함하는

방법.

### 청구항 35

제34항에 있어서,

제1 단계와 제2 단계 사이에 SMA 액추에이터가 팽창할 수 있도록 SMA 액추에이터를 냉각하는 플라이백 단계를 더 포함하는

방법.

### 청구항 36

제34항에 있어서,

SMA 액추에이터의 계측된 저항을 피드백 신호로서 이용하여 전류의 전력을 변경하는 제2 단계는 계측된 저항 각

각을 개별적으로 로컬 최소 저항의 저항값보다 소정량 증가된 일련의 목표값들이 되도록 수행되는 방법.

#### 청구항 37

제36항에 있어서,

제1 단계와 제2 단계 사이에, SMA 액추에이터가 팽창할 수 있도록 SMA 액추에이터를 냉각하는 플라이백 단계를 더 포함하고, 상기 일련의 목표값들은 연속적으로 감소되는 값들인

방법.

#### 청구항 38

제34항 내지 제37항 중 어느 한 항에 있어서,

가동 요소는 카메라 렌즈 요소이고, 서스펜션 시스템은 카메라 렌즈 요소의 광축을 따른 지지 구조물에 대한 카메라 렌즈의 이동을 안내하는

방법.

#### 청구항 39

제38항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

형상 기억 합금 작동 장치 제어 방법.

#### 청구항 40

제38항 또는 제39항에 있어서,

피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 이용하여 전류의 전력을 변경하는 제2 단계는 계측된 저항 각을 개별적으로 로컬 최소 저항의 저항값보다 소정량 증가된 일련의 목표값들이 되게 하도록 수행되고,

상기 방법은 상기 목표값 각각에서 화상 센서에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질을 모니터링하는 단계와, 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저항값을 저장하는 단계를 더 포함하는

방법.

#### 청구항 41

제40항에 있어서,

SMA 액추에이터가 팽창할 수 있도록 SMA 액추에이터를 냉각한 후, 계측된 저항이 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저장된 저항값이 되도록 SMA 액추에이터를 가열하는, 제3 단계를 더 포함하는

방법.

#### 청구항 42

가열시 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열되고 수축 동안 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소되는 곡선을 따라 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 갖는 SMA 액추에이터를 포함하는 형상 기억 합금 작동 장치를 위한 제어 시스템이며,

SMA 액추에이터를 가열하기 위해 SMA 액추에이터에 전류를 통과시키도록 작동하는 전류원과,

SMA 액추에이터의 저항을 계측하도록 작동하는 검출기 회로와,

전류원을 제어하여 전류의 전력을 변경하도록 작동하는 제어기를 포함하고,

제어기는 작동 중에,

제어기가 SMA 액추에이터를 가열하는 제1 단계를 수행하도록 전류원을 제어하고, SMA 액추에이터의 계측된 저항

을 모니터링하여 로컬 최소 저항을 검출하도록 작동하며,

제어기가 측정한 저항이 로컬 최소 저항의 저항값보다 소정량 증가된 목표값이 되도록 SMA 액추에이터의 측정한 저항을 피드백 신호로서 이용하여 전류의 전력을 변경하는 제2 단계를 수행하도록 전류원을 제어하는

작업을 수행하도록 작동하는

제어 시스템.

#### 청구항 43

제42항에 있어서,

제어기는 제1 단계와 제2 단계 사이에서 SMA 액추에이터가 팽창할 수 있도록 SMA 액추에이터를 냉각하는 플라이백 단계를 수행하도록 전류원을 추가로 제어하는

제어 시스템.

#### 청구항 44

제42항에 있어서,

제어기는 측정한 저항 각각을 개별적으로 로컬 최소 저항의 저항값보다 소정량 증가된 일련의 목표값들이 되게 하도록, SMA 액추에이터의 측정한 저항을 피드백 신호로서 이용하여 전류의 전력을 변경하는 제2 단계를 수행하도록 전류원을 제어하는

제어 시스템.

#### 청구항 45

제44항에 있어서,

제어기는 제1 단계와 제2 단계 사이에서 SMA 액추에이터가 팽창할 수 있도록 SMA 액추에이터를 냉각하는 플라이백 단계를 수행하도록 전류원을 추가로 제어하고, 상기 일련의 목표값들은 연속적으로 감소되는 값들인

제어 시스템.

#### 청구항 46

제42항 내지 제45항 중 어느 한 항에 있어서,

가동 요소는 카메라 렌즈 요소이고, 서스펜션 시스템은 카메라 렌즈 요소의 광축을 따른 지지 구조물에 대한 카메라 렌즈 요소의 이동을 안내하는

제어 시스템.

#### 청구항 47

제46항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

제어 시스템.

#### 청구항 48

제46항 또는 제47항에 있어서,

제어기는 측정한 저항 각각을 개별적으로 로컬 최소 저항의 저항값보다 소정량 증가된 일련의 목표값이 되도록, 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 측정한 저항을 이용하여 전류의 전력을 변경하는 제2 단계를 수행하도록 전류원을 제어하고, 제어기는 상기 목표값 각각에서 화상 센서에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질을 모니터링하고 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저항값을 저장하도록 작동하는

제어 시스템.

#### 청구항 49

제48항에 있어서,

제어기는, SMA 액추에이터가 팽창할 수 있도록 SMA 액추에이터를 냉각한 후 계측된 저항이 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저장된 저항값이 되도록 SMA 액추에이터를 가열하는 제3 단계를 수행하도록 전류원을 제어하는

제어 시스템.

#### 청구항 50

가열시 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열된 SMA 액추에이터를 포함하는 형상 기억 합금 작동 장치를 제어하는 방법이며,

SMA 액추에이터는 수축 동안 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소하는 곡선을 따라서 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 가지며, 상기 방법 중에 SMA 액추에이터는 전류를 통과시켜 가열되고 SMA 액추에이터의 저항이 계측되고,

상기 방법은,

SMA 액추에이터를 가열하고 로컬 최대 저항을 검출하도록 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 모니터링하는 제1 단계와,

로컬 최대 저항이 검출되면, 검출된 저항이 검출된 로컬 최대 저항의 저항값보다 소정량 감소된 목표값이 되도록 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 이용하여 전류의 전력을 변경하는 제2 단계와,

상기 제2 단계와 동시에 공급된 전류의 전력 감소가 감소되는 계측된 저항에 의해 수반되는 상태를 검출하도록 계측된 저항과 공급된 전류의 전력을 모니터링하고 이러한 상태 검출에 반응하여 제1 단계로 복귀하는 단계를 포함하는

방법.

#### 청구항 51

제50항에 있어서,

가동 요소는 카메라 렌즈 요소이고, 서스펜션 시스템은 카메라 렌즈 요소의 광축을 따른 지지 구조물에 대한 카메라 렌즈의 이동을 안내하는

방법.

#### 청구항 52

제51항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

방법.

#### 청구항 53

가열시 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열되는 SMA 액추에이터를 포함하는 형상 기억 합금 작동 장치를 위한 제어 시스템이며,

SMA 액추에이터는 수축 동안 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소되는 곡선을 따라 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 갖고,

상기 제어 시스템은,

SMA 액추에이터를 가열하기 위해 SMA 액추에이터에 전류를 통과시키도록 작동하는 전류원과,

SMA 액추에이터의 저항을 계측하도록 작동하는 검출기 회로와,

제어기를 포함하고,

제어기는 작동 중에,

제어기가 SMA 액추에이터를 가열하고 로컬 최대 저항을 검출하도록 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 모니터링하도록 전류원을 제어하는 제1 단계와, 로컬 최대 저항이 검출되면, 제어기가 검출된 저항이 검출된 로컬 최대 저항의 저항값보다 아래로 소정량 감소된 목표값이 되도록 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 이용하여 전류의 전력을 변경하도록 전류원을 제어하는 제2 단계를 포함하는

작업에서 전류원을 제어하도록 작동하고,

제2 단계 동안, 제어기는 공급된 전류의 전력 감소가 감소되는 계측된 저항에 의해 수용되는 상태를 검출하도록 계측된 저항과 공급된 전류의 전력을 모니터링하고 이러한 상태 검출에 반응하여 제1 단계로 복귀하는

제어 시스템.

#### 청구항 54

제53항에 있어서,

가동 요소는 카메라 렌즈 요소이고, 서스펜션 시스템은 카메라 렌즈 요소의 광축을 따른 지지 구조물에 대한 카메라 렌즈의 이동을 안내하는

제어 시스템.

#### 청구항 55

제54항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

제어 시스템.

#### 청구항 56

카메라 렌즈 작동 장치를 제조하는 방법이며,

조립 단계로서,

소정의 위치에서 화상 센서를 장착하도록 배열된 지지 구조물과,

캐리어를 포함하는 카메라 렌즈 요소로서,

카메라 렌즈 요소의 광축을 따른 캐리어의 이동을 안내하는 서스펜션 시스템에 의해 지지 구조물에 지지되는 캐리어와,

렌즈 홀더로서, 캐리어에 대한 렌즈 홀더의 위치를 조절할 수 있는 방식으로 캐리어에 장착되는, 하나 이상의 렌즈를 고정하는 렌즈 홀더를 포함하는 카메라 렌즈 요소와,

지지 구조물과 카메라 렌즈 요소 사이에 연결되고, 가열에 의한 수축시 상기 소정의 위치로부터 멀어지는 카메라 렌즈 요소의 상기 이동을 구동하도록 배열된, 형상 기억 합금 액추에이터를

조립하는 단계와,

SMA 액추에이터가 주위 온도보다 높은 소정의 온도로 가열될 때, 무한에서 최단 거리까지의 범위 내에 있는 소정 거리에 있는 대상물의 화상의 초점을 하나 이상의 렌즈에 의해 화상 센서 상에 형성하도록 캐리어에 대해 렌즈 홀더의 위치를 조절하는 단계를 포함하는

방법.

#### 청구항 57

제56항에 있어서,

상기 렌즈 홀더 위치 조절 단계는 형상 기억 합금 액추에이터를 상기 소정의 온도로 가열하면서 수행되는

방법.

**청구항 58**

제57항에 있어서,

상기 가열은 형상 기억 합금 액추에이터에 구동 전류를 통과시켜 저항에 의해 수행되는

방법.

**청구항 59**

제57항에 있어서,

상기 가열은 외부 가열기에 의해 수행되는

방법.

**청구항 60**

제56항 내지 제59항 중 어느 한 항에 있어서,

지지 구조물 상에 화상 센서를 장착하는 단계를 더 포함하는

방법.

**청구항 61**

제56항 내지 제60항 중 어느 한 항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

방법.

**청구항 62**

제56항 내지 제61항 중 어느 한 항에 있어서,

형상 기억 합금 액추에이터의 수축에 의해 구동되는 이동으로부터 반대 방향으로 지지 구조물에 대한 가동 요소의 편의를 제공하도록 배열된 편의 장치를 더 포함하는

방법.

**청구항 63**

제56항 내지 제62항 중 어느 한 항에 있어서,

서스펜션 시스템은 형상 기억 합금 액추에이터의 수축에 의해 구동되는 이동으로부터 반대 방향으로 지지 구조물에 대한 가동 요소의 편의를 제공하도록 배열되는

방법.

**청구항 64**

제63항에 있어서,

서스펜션 시스템은 가동 요소와 지지 구조물 사이에 결합된 복수의 탄성 만곡부를 포함하고, 상기 만곡부는 상기 편의를 제공하도록 만곡되는

방법.

**청구항 65**

제56항 내지 제64항 중 어느 한 항에 있어서,

렌즈 홀더는 스크루 결합에 의해 캐리어에 장착되는

방법.

#### 청구항 66

제56항 내지 제65항 중 어느 한 항에 있어서,

형상 기억 합금 액추에이터는 지지 구조물과 가동 요소 사이에서 신장되어 연결된 형상 기억 합금 와이어의 하나 이상의 길이부를 포함하는

방법.

#### 청구항 67

제1항 내지 제5항, 제11항 내지 제17항, 제34항 내지 제41항 또는 제50항 내지 제52항 중 어느 한 항에 있어서,

SMA 액추에이터를 통과하는 전류의 전력은 펄스 폭 변조되고, 펄스 폭 변조의 듀티 사이클을 변경하여 상기 전류가 변경되는

방법.

#### 청구항 68

제67항에 있어서,

계측된 저항과 목표값 사이의 차이에 비례하는 양만큼 펄스 폭 변조의 듀티 사이클을 변경하여 전류의 전력이 변경되는

방법.

#### 청구항 69

제1항 내지 제5항, 제11항 내지 제17항, 제34항 내지 제41항, 제50항 내지 제52항, 제67항 또는 제68항 중 어느 한 항에 있어서,

SMA 액추에이터를 통과하는 전류의 전력은 정전류원으로부터 공급되고, SMA 액추에이터를 가로지르는 전압은 SMA 액추에이터의 저항으로 계측되는

방법.

#### 청구항 70

제1항 내지 제5항, 제11항 내지 제17항, 제34항 내지 제41항, 제50항 내지 제52항 또는 제67항 내지 제69항 중 어느 한 항에 있어서,

형상 기억 합금 작동 장치는 형상 기억 합금 액추에이터의 수축에 의해 구동되는 이동으로부터 반대 방향으로 지지 구조물에 대한 가동 요소의 편의를 제공하도록 배열된 편의 장치를 더 포함하는

방법.

#### 청구항 71

제1항 내지 제5항, 제11항 내지 제17항, 제34항 내지 제41항, 제50항 내지 제52항 또는 제67항 내지 제70항 중 어느 한 항에 있어서,

형상 기억 합금 액추에이터는 지지 구조물과 가동 요소 사이에서 신장되어 연결되는 형상 기억 합금 와이어의 하나 이상의 길이부를 포함하는

방법.

#### 청구항 72

제6항 내지 제10항, 제18항 내지 제24항, 제42항 내지 제49항 또는 제53항 내지 제55항 중 어느 한 항에 있어서,

SMA 액추에이터를 통과하는 전류는 펄스 폭 변조되고, 펄스 폭 변조된 듀티 사이클을 변경하여 전류의 전력이 변경되는

제어 시스템.

#### 청구항 73

제72항에 있어서, 계측된 저항과 목표값 사이의 차이에 비례하는 양만큼 펄스 폭 변조의 듀티 사이클을 변경하여 전류의 전력이 변경되는

제어 시스템.

#### 청구항 74

제6항 내지 제10항, 제18항 내지 제24항, 제42항 내지 제49항, 제53항 내지 제55항, 제72항 또는 제73항 중 어느 한 항에 있어서,

전류원은 정전류원이고, 검출기 회로는 SMA 액추에이터의 저항으로서 SMA 액추에이터를 가로지르는 전압을 계측하도록 작동하는

제어 시스템.

#### 청구항 75

제6항 내지 제10항, 제18항 내지 제24항, 제42항 내지 제49항, 제53항 내지 제55항 또는 제72항 내지 제74항 중 어느 한 항에 있어서,

형상 기억 합금 작동 장치는 형상 기억 합금 액추에이터의 수축에 의해 구동되는 이동으로부터 반대 방향으로 지지 구조물에 대한 가동 요소의 편의를 제공하도록 배열된 편이 장치를 더 포함하는

제어 시스템.

#### 청구항 76

제6항 내지 제10항, 제18항 내지 제24항, 제42항 내지 제49항, 제53항 내지 제55항 또는 제72항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서,

형상 기억 합금 액추에이터는 지지 구조물과 가동 요소 사이에서 신장되어 연결되는 형상 기억 합금 와이어의 하나 이상의 길이부를 포함하는

제어 시스템.

#### 청구항 77

제6항 내지 제10항, 제18항 내지 제24항, 제42항 내지 제49항, 제53항 내지 제55항 또는 제72항 내지 제76항 중 어느 한 항에 있어서,

형상 기억 합금 작동 장치와 조합되는

제어 시스템.

#### 청구항 78

형상 기억 합금 작동 장치이며,

형상 기억 합금 액추에이터와,

제어 회로를 포함하고,

제어 회로는

형상 기억 합금 액추에이터에 전기 접속하고 형상 기억 합금 와이어가 수축하도록 형상 기억 합금 와이어를 통해 구동 신호를 통과시키도록 작동하는 구동 회로와,

검출 회로로서, 구동 회로의 전기 접속부와 이격되고 검출 회로가 전압을 검출하도록 배열된 형상 기억 합금 액



추에이터에 대한 전기 접속부를 갖는 검출 회로를 포함하고,

제어 회로는 검출 회로에 의해 검출된 전압을 기초로 형상 기억 합금에 의해 통과되는 구동 신호를 제어하도록 배열되는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 79

제78항에 있어서,

전기 접속부는 전도성 접촉제에 의해 형성되는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 80

제78항 또는 제79항에 있어서,

형상 기억 합금 액추에이터는 형상 기억 합금 와이어와, 형상 기억 합금 와이어의 단부에 기계 및 전기적으로 연결된 전도성 부재를 포함하고, 전기 접속부는 상기 전도성 부재로 이루어진

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 81

제80항에 있어서,

각각의 전도성 부재는 전도성 부재의 나머지 부분으로부터 돌출된 2개 이상의 단자를 가지며, 검출 회로 및 구동 회로의 전기 접속부는 각 전도성 부재의 다른 단자에 형성되는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 82

제81항에 있어서,

2개 이상의 단자는 그 사이에 간극을 갖도록 서로 인접하는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 83

제78항 내지 제82항 중 어느 한 항에 있어서,

전도성 부재는 형상 기억 합금 와이어에 크림핑되는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 84

제78항 내지 제83항 중 어느 한 항에 있어서,

검출 회로는 25℃에서 SMA 액추에이터의 저항에 적어도 10배인 입력 저항을 갖는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 85

제78항 내지 제84항 중 어느 한 항에 있어서,

구동회로는 정전류 구동 신호를 통과시키도록 작동하는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 86

제78항 내지 제85항 중 어느 한 항에 있어서,

지지 구조물 상에 지지되는 가동 요소를 더 포함하고, 형상 기억 합금은 수축시 지지 구조물에 대해 가동 요소를 이동시키도록 배열되는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 87

제86항에 있어서,

가동 요소는 카메라 렌즈 요소이며, 형상 기억 합금 액추에이터는 수축시 광축을 따라 카메라 렌즈 요소를 이동시키도록 배열되는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 88

제87항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

형상 기억 합금 작동 장치.

#### 청구항 89

카메라 렌즈 작동 장치이며,

지지 구조물과,

광축을 따른 지지 구조물에 대한 가동 요소의 이동을 안내하는 서스펜션 시스템에 의해 지지 구조물 상에 지지되는 카메라 렌즈 요소와,

형상 기억 합금 액추에이터로서, 가열시 형상 기억 합금 액추에이터의 수축이 가동 요소의 상기 이동을 구동하도록 지지 구조물과 가동 요소 사이에 연결된 형상 기억 합금 액추에이터와,

형상 기억 합금 액추에이터에 구동 신호를 공급하도록 배열된 제어 시스템을 포함하고,

구동 신호는 수축을 유발하기에 충분하도록 형상 기억 합금 액추에이터를 가열하지 않는 제1 구동 신호와, 수축을 유발하기에 충분하도록 형상 기억 합금 액추에이터를 가열하는 제2 구동 신호 중 하나이며, 제어 회로는 주위 온도를 나타내는 온도 신호를 수용하고 주위 온도가 증가함에 따라 가열을 감소시키는 방식으로 온도 신호에 반응하여 제2 구동 신호를 변경하도록 배열되는

카메라 렌즈 작동 장치.

#### 청구항 90

제89항에 있어서,

상기 온도 신호를 발생하도록 배열된 온도 센서를 더 포함하는

카메라 렌즈 작동 장치.

#### 청구항 91

제89항 또는 제90항에 있어서,

카메라 렌즈 요소는 직경이 최대 10mm인 하나 이상의 렌즈를 포함하는

카메라 렌즈 작동 장치.

**명세서**

**기술분야**

- <1> 본 발명은 가동 요소의 이동을 구동하는 액추에이터로 SMA 재료를 이용하는 형상 기억 합금(SMA) 작동 장치에 관한 것이다.
- <2> 본 발명은 예컨대, 이동 전화기 또는 이동 디지털 데이터 처리 및/또는 전송 장치와 같은 휴대용 전자 장치에 채용될 수 있는 소형 카메라에 사용되는 유형의 카메라 렌즈 요소의 작동에 대한 특정한 용도를 갖는다.

### 배경 기술

- <3> 최근에, PDA[휴대용 디지털 보조기(portable digital assistant)]와 휴대 전화기로 종종 알려진 휴대용 정보 단말기가 매우 많이 보급되어, 화상 센서를 채용한 소형 디지털 카메라 장치를 포함하는 장치의 수가 점점 늘어난다. 이러한 디지털 카메라 장치가 상대적으로 작은 화상 감지 영역을 갖는 화상 센서를 사용하여 소형화되면, 하나 이상의 렌즈를 갖는 디지털 카메라 장치의 광학 시스템 역시 소형화될 필요가 있다.
- <4> 초점 형성 또는 줌을 수행하기 위해, 일부 유형의 작동 장치는 광축을 따라 카메라 렌즈 요소의 이동을 구동하도록 이러한 소형 카메라의 제한된 체적 내에 포함되어야 한다. 카메라 렌즈 요소가 작기 때문에, 이러한 작동 장치는 상응하여 작은 범위의 이동에 대해 정밀한 작동을 제공할 수 있어야 한다. 동시에, 이러한 작동 장치는 전체적으로 카메라 장치의 소형화를 위한 것이므로 자체가 소형인 것이 바람직하다. 실제로, 이러한 점들이 적용될 수 있는 작동 장치의 유형을 제한한다.
- <5> 유사한 고려들이 광범위한 작은 대상물에 대한 작동 장치에 적용된다.
- <6> 기존 카메라의 대부분은 공지된 전기 코일 모터(electric-coil motor)의 변형품에 의존하지만, 수많은 다른 작동 장치가 렌즈 시스템을 위한 소형 구동 유닛으로 제안되어 왔다. 이러한 다른 작동 장치는 일반적으로 전기 활성 장치(electro-active device)로 불리우는 압전기, 전왜(electrostrictive) 또는 자왜(magnetostrictive) 재료를 기초로 하는 변환기(transducers)를 포함할 수 있으며, 일 예로는 국제 공개 공보 제W002/103451호에 개시된 카메라 렌즈용 액추에이터로 사용될 수 있는 국제 공개 공보 제W001/47041호에 개시된 나선형 코일식 압전기 벤더 테이프의 만곡된 구조를 포함하는 액추에이터가다.
- <7> 액추에이터로 SMA 재료를 사용하는 다른 유형의 작동 장치가 제안되었다. SMA 액추에이터는 가열하면 카메라 렌즈 요소의 이동을 구동하도록 배열된다. 마르텐자이트 상과 SMA 액추에이터의 응력 및 변형률이 변하는 오스테나이트 상 사이에서 SMA 액추에이터가 변하는 활성 온도 범위(active temperature range)에 대해 SMA 액추에이터의 온도를 제어하여 구동될 수 있다. SMA 액추에이터는 저온에서 마르텐자이트 상인 반면에, SMA 액추에이터는 고온에서 SMA 액추에이터의 수축을 유발하는 변형을 포함하는 오스테나이트 상으로 변형된다. SMA 액추에이터의 온도는 SMA 액추에이터를 통해 선택적으로 전류를 통과시켜 SMA 액추에이터를 가열함으로써 변화될 수 있으며, 이로 인해 상 변화가 유발된다. 상 변화는 SMA 결정 구조의 전이 온도의 통계학적 분산에 의한 온도 범위에 대해 발생한다. SMA 액추에이터는 수축이 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열된다.
- <8> 소형 카메라의 카메라 렌즈 요소와 같은 작은 대상물에 대한 액추에이터로 SMA 재료를 사용하면 단위 질량당 고전력을 제공하도록 본질적으로 선형이 되며 저렴한 가격의 상품이 되며 상대적으로 작은 구성 요소가 되는 장점을 갖는다.
- <9> 액추에이터로 SMA 재료를 사용하는 이러한 이론적 장점에도 불구하고, 실제로는 SMA 재료의 성질에 의한 제한으로 인해 SMA 액추에이터의 설계 및 제조가 특히 소형 장치에서 곤란하다.

### 발명의 상세한 설명

- <10> 본 발명의 제1 및 제2 양태는 SMA 액추에이터의 사용 수명을 증가시키는 것에 관한 것이다.
- <11> 본 발명의 제1 양태에 따르면, 화상 센서에 형성되는 카메라 렌즈의 요소 초점을 변경하기 위해 가열 시 광축을 따른 카메라 렌즈 요소의 이동을 구동하도록 배열되는 SMA 액추에이터를 포함하는 카메라 렌즈 작동 장치를 제어하는 방법으로서, SMA 액추에이터는 수축 도중에 저항이 로컬 최대 저항에서 로컬 최소 저항으로 감소하는 곡선을 따라서 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 가지며, 상기 방법 도중에, SMA 액추에이터는 통전되는 전류에 의해 가열되고, SMA 액추에이터의 저항을 측정하고 계속되는 저항이 소정의 값이 되도록 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 측정된 저항을 이용하여 전류를 변경함으로써 카메라 렌즈 요소의 이동이 제어되는 방법이 제공되며,
- <12> 상기 방법은

- <13> SMA 액추에이터를 가열하는 단계 및 로컬 최대 저항과 로컬 최소 저항을 검출하기 위해 예측되는 저항을 모니터링하는 단계를 포함하고, 저항 범위 크기를 검출된 로컬 최대 저항의 저항값과 검출된 로컬 최소 저항의 저항값 사이의 차이와 동일하거나 작게 유도 및 저장하는 단계를 포함하는, 예비 캘리브레이션 작업 수행 단계와,
- <14> 초점 검출 작업을 수행하는 단계를 포함하고,
- <15> 상기 초점 검출 작업은 상기 예비 캘리브레이션 작업보다 자주 수행되고,
- <16> 상기 초점 검출 작업은,
- <17> SMA 액추에이터를 가열하고 로컬 최대 저항을 검출하기 위해 SMA 액추에이터의 저항을 모니터링하는 단계와,
- <18> 검출된 로컬 최대 저항의 저항값 또는 검출된 로컬 최대 저항의 저항값 아래로 소정량 감소되게 상위 목표 저항값을 유도하고, 상위 목표 저항값보다 저장된 저항 범위 크기만큼 작게 하위 목표 저항값을 유도하는 단계와,
- <19> 예측된 저항이 상위 목표 저항값으로부터 하위 목표 저항값으로 변하도록 SMA 액추에이터를 가열하고, 화상 센서에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질을 모니터링하고, 초점 질이 용인될 수 있는 수준에 있는 저항값을 저장하는 단계를 포함한다.
- <20> 또한, 본 발명의 제1 양태에 따르면 유사한 방식을 구현하는 제어 시스템에 제공된다.
- <21> 본 발명의 제1 양태는 SMA 재료가 로컬 최대 저항과 로컬 최소 저항을 검출하고 그로부터 SMA 액추에이터가 제어되는 저항 범위의 한계로서 후속하는 초점 검출 작업에서 사용되는 상위 목표 저항 및 하위 목표 저항을 유도하기 위해 가열되는 캘리브레이션 작업이 수행되는 제어 기술에 관한 것이다.
- <22> 본 발명의 제1 양태는 수축 범위의 상위 경계부에서의 작업에 SMA 액추에이터의 노출을 감소시킴으로써 SMA 액추에이터의 사용 수명이 증가될 수 있다는 평가를 기초로 한다. 이는 후속하는 이유들 때문이다. 범위의 상위 경계부에서 그리고 특히 로컬 최대 저항 위에서, 추가의 가열은 추가의 수축을 제공할 수 있지만, 대부분의 SMA 재료가 마르텐사이트 상으로부터 오스테나이트 상으로 변형된다. 소정의 온도에서의 불안정한 전이의 이러한 불균일한 효과는 SMA 결정 구조의 전이 온도의 통계학적 분산에 기인한다. 상당한 추가적 변위가 이러한 지점을 통과한 와이어로부터 요구되는 경우, 상대적으로 적은 SMA 결정이 부하를 지지하게 된다. 재료의 이러한 부분들에는 상대적으로 과중한 부하가 걸려 그들의 구조에 손상을 초래한다. 이러한 구역에서의 SMA 액추에이터가 반복적으로 작동하면, 상기 지점에 대해 상기한 손상이 악화될 수 있어, 와이어는 이 지점에서 SMA 액추에이터의 소정의 사용 수명에 도달하기도 전에 파손되거나 사양을 벗어나서 작동하게 된다.
- <23> 따라서, 본 발명의 제1 양태는 수축 범위의 상위 경계부에서의 작동에 대한 SMA 액추에이터의 노출을 감소시킨다. 이는 특히 로컬 최대 저항과 로컬 최소 저항을 검출하는 예비 캘리브레이션 작업을 수행함으로써 달성된다. 그 후, 로컬 최대 저항과 로컬 최소 저항 사이의 차이 이하인 저항 범위 크기가 유도되어 저장된다. 그 후, 초점 검출 작업에서, 저항이 변경되는 상위 목표값 및 하위 목표값이 초점 검출 작업에서 검출된 로컬 최대 저항의 저항값으로부터 그리고 저장된 저항 범위 크기를 이용하여 유도된다. 따라서, 초점 검출 작업 도중, SMA 액추에이터는 손상의 위험이 증가되는 로컬 최소 저항을 넘어 가열되지 않는다.
- <24> 예비 캘리브레이션 작업은 초점 검출 작업보다 덜 자주 수행된다. 실제로, 예비 캘리브레이션 작업은 초점 검출 작업보다 상당히 덜 자주 수행될 수 있다. 예컨대, 예비 캘리브레이션 작업은 전력이 공급되거나 또는 장치가 스위치 온 되었을 때만 수행될 수 있지만, 초점 검출 작업은 통상적으로 전력이 공급되고 공급 중단되는 사이에 또는 장치가 스위치 온 되거나 스위치 오프 되는 사이에 수차례 수행될 것이다. 따라서, SMA 액추에이터는 초점 검출 작업이 수행될 때마다 로컬 최소 저항이 도달되는 상황에 비해 덜 자주 로컬 최소 저항을 넘어 가열된다.
- <25> 본 발명의 제2 양태에 따르면, 가열 시 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열된 SMA 액추에이터를 포함하는 형상 기억 합금 작동 장치를 제어하는 방법으로서, SMA 액추에이터는 수축 도중에 저항이 로컬 최대 저항에서 로컬 최소 저항으로 감소하는 곡선을 따라서 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 가지며, SMA 액추에이터는 통과되는 전류에 의해 가열되는 방법이 제공되며,
- <26> 상기 방법은
- <27> SMA 액추에이터를 가열하는 단계, 및 SMA 액추에이터의 저항을 예측하는 단계로서 SMA 액추에이터의 예측된 저항이 목표값이 되도록 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 예측된 저항값을 이용하여 전류의 전력이 변경되는

SMA 액추에이터 저항 계측 단계와,

- <28> 로컬 최소 저항을 검출하기 위해 계측된 저항을 모니터링하는 단계, 및 로컬 최소 저항의 검출에 반응하여 전류의 전력을 즉시 감소시키는 단계를 포함한다.
- <29> 또한, 본 발명의 제2 양태에 따르면 유사한 방법을 구현하는 제어 시스템이 제공된다.
- <30> 본 발명의 제2 양태는 수축 범위의 상위 경계부에서의 작업에 SMA 액추에이터의 노출을 감소시킴으로써 SMA 액추에이터의 사용 수명이 증가될 수 있다는 평가를 기초로 한다. 이는 본 발명의 제1 양태에 대해 상술된 이유로 인한 것이다.
- <31> 따라서, 본 발명의 제2 양태는 수축 범위의 상위 경계부에서의 작업에 SMA 액추에이터의 노출을 감소시킨다. 이는 로컬 최소 저항을 검출하기 위해 계측된 저항을 모니터링함으로써 수행된다. 로컬 최소 저항이 검출되면, 전류의 전력이 즉시 감소된다. 후속하여, 로컬 최소 저항 아래의 목표값들이 탐색되지 않는다. 따라서, SMA 액추에이터가 로컬 최소 저항에서 또는 로컬 최소 저항을 넘어 가열되는 정도가 최소화되어, SMA 액추에이터의 사용 수명이 증가된다.
- <32> 본 발명의 몇몇 양태는 가동 요소의 위치 제어에 관한 것이다. 위치의 계측으로 SMA 액추에이터의 저항이 사용되는 것이 바람직하다. 이와 같이 저항을 사용하면, 단지 SMA 액추에이터를 가열하는 전류를 제공하는데 필요한 제어 회로를 보완하는 추가적인 전기 부품을 제공함으로써, 정확하고 구현이 간단하고 간결하다는 상당한 장점을 갖는다. 반대로, 가동 요소의 위치를 직접 계측하는 것은 소형 장치의 환경에서 부피가 큰 위치 센서를 요구한다. 또한, SMA 액추에이터의 온도 계측이 충분한 정확도를 가지고 수행되기 곤란하다.
- <33> SMA 액추에이터의 저항에 영향을 미치는 인자는 다음과 같다. 가열시 저항을 증가시키는 효과는 온도에 따른 저항률(resistivity)의 증가이며, 오스테나이트 상이 마르텐자이트 상보다 높은 저항률을 갖는다는 것이다. 하지만, 반대 효과는 가열시 SMA 액추에이터가 수축할 때 감소된 길이와 증가된 단면적을 포함하는 기하학적 변화가 저항을 감소시키는 경향을 갖는다는 것이다. 이는 상당히 큰 효과를 가지며 저항률이 증가하는 효과를 극복하여, 축소 중 대부분 동안 SMA 액추에이터의 저항은 온도가 증가함에 따라 감소된다. 따라서, SMA는 수축 도중 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소되는 곡선을 따라 길이와 함께 저항이 변하는 특성을 갖는다.
- <34> SMA 재료의 이러한 특성으로 인해, 계측된 저항을 기초로 한 제어는 통상적으로 수축이 발생하기 시작했다는 것을 나타내는 것으로서 로컬 최대 저항이 검출될 때까지 SMA 액추에이터를 가열하는 단계를 포함한다. 그 후, 가동 요소의 위치는 예컨대, 계측된 저항이 목표값이 되도록 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 사용하여 위치의 계측으로서 로컬 최대 저항과 로컬 최소 저항 사이의 계측된 저항 차이를 사용하여 SMA 액추에이터의 수축 범위에 걸쳐 제어될 수 있다. 이로 인해 정확한 위치 제어가 제공된다.
- <35> 로컬 최대 저항은 개별적인 작동 장치에 대한 수축 개시의 신뢰적이고 반복 가능한 계측을 제공한다. 이는 위치가 초점 또는 줌을 제어하는 경우의 가동 요소가 카메라 렌즈 요소인 경우와 같이 정확한 위치 제어가 요구되는 용도에서 중요하다. 예로서, 로컬 최대 저항의 저항값은 감소될 수 있어서, 초점 구역 위치는 이러한 감소된 값을 기초로 계산된다. 이 경우, 제1 초점 구역이 로컬 최대값이 발생된 온도보다 높은 온도에 있도록 오프셋이 가해지고, 다음 초점 구역은 첫 번째 저항 감소(온도 증가에 상응)로부터 오프셋된다.
- <36> 하지만, 로컬 최대 저항에서 가동 요소의 위치 변화는 작동 도중 가동 요소의 위치의 상응하는 변화를 유발한다. 작동 장치의 제조 및 조립시의 근본적인 공차로 인해, SMA 액추에이터의 저항이 상이한 작동 장치들 사이에서와 같이 로컬 최대 저항에 있을 때 가동 요소의 절대 위치에 대한 불확실성이 초래된다. 이러한 공차는 작동 장치의 세심한 설계를 통해 개선될 수 있지만, 완전히 제거될 수는 없다.
- <37> 본 발명의 제3 양태는 가동 요소의 불확실한 절대 위치의 문제를 감소하는 것에 관한 것이다.
- <38> 본 발명의 제3 양태에 따르면, 형상 기억 합금 작동 장치가 제공되며,
- <39> 상기 장치는
- <40> 지지 구조물과,
- <41> 서스펜션 시스템에 의해 지지 구조물 상에 지지되는 가동 요소로서, 서스펜션 시스템은 가동 요소의 이동을 안내하는 가동 요소와,



- <42> 형상 기억 합금 액추에이터로서, 가열시 형상 기억 합금 액추에이터의 수축이 지지 구조물에 대한 가동 요소의 상기 이동을 구동하도록 지지 구조물과 가동 요소 사이에 연결되고 수축시 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소되는 곡선을 따라 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 갖는, 형상 기억 합금 액추에이터와,
- <43> 비가열 상태인 형상 기억 합금 액추에이터가 로컬 최대 저항에 대응하는 상기 곡선상의 길이 또는 이러한 길이 아래에 있는 최대 길이를 넘어 신장하는 것을 방지하기 위해 가동 요소의 이동을 제한하도록 배열되는 정지부를 포함한다.
- <44> 정지부는 SMA 액추에이터의 신장을 제한한다. 따라서, SMA 액추에이터의 비가열 상태에서 가동 요소의 위치는 정지부의 위치에 의해 고정된다. 이러한 위치는 로컬 최대 저항에 대응하는 상기 곡선상의 대응 길이에 있거나 또는 이러한 길이 아래 있는 SMA 액추에이터의 길이에 대응한다. 따라서, 정지부는 가동 요소를 효과적으로 상승시켜 SMA 액추에이터의 변형률을 감소시킨다. SMA 액추에이터의 가열 도중, 초기의 상 변형은 SMA 액추에이터 내의 충분한 응력이 존재하여 가동 요소를 정지부로부터 멀리 이동시킬 때까지 가동 요소의 이동을 구동하는 수축을 유발하지 않고 발생한다. 그 후, 이동은 정지부가 존재하지 않는 것과 같이 구동된다. 이러한 장치는 가동 요소의 구동 범위의 개시 위치가 정지부의 위치에 의해 제어된다는 이점을 갖는다. SMA 액추에이터의 길이가 지지 구조물에 대한 가동 요소의 위치상의 최대 전체 공차에 대해 상기 곡선상의 로컬 최대 저항에 대응하는 길이에 있거나 이러한 길이 아래에 있도록 정지부가 위치 설정될 수 있다. 정지부가 상대적으로 양호한 공차를 갖도록 위치될 수 있기 때문에, 이는 가동 요소의 이동 범위의 절대 개시 위치에 대한 공차를 크게 개선한다.
- <45> 하지만, 로컬 최대 저항이 검출될 때 가동 요소의 위치 변화는 다음 작업 도중 가동 요소의 위치의 대응하는 변화를 유발한다. 이로 인해 로컬 최대 저항에 대응하는 가동 요소의 위치가 변경될 수 있을 때 특히 높은 주위 온도에서 가변 위치 제어가 초래될 수 있다.
- <46> 또한, 저항이 이미 로컬 최대 저항을 통과했을 만큼 주위 온도가 충분히 높은 위험이 존재한다. 이 경우, 제1 위치 구역의 위치(카메라 렌즈 요소의 경우 초점 구역)이 변경될 것이다. 이는 온도 범위에 걸쳐, 제어 가능한 위치가 절대 액추에이터 위치에 관하여 변경될 수 있다는 것을 의미한다. 이는 바람직하지 못하다. 예컨대, 카메라 렌즈 요소를 위한 자동 초점 알고리즘의 경우, 카메라가 화질을 언급하지 않고 대략적인 원거리 초점(무한 초점) 위치로 이동하는 것이 바람직한 경우, 액추에이터는 신뢰적인 정확도를 가지고 온도 범위에 대한 절대 위치로 설정될 필요가 있다.
- <47> 본 발명의 제4 양태는 가동 요소의 불확실한 절대 위치의 문제를 감소시키는 것에 관한 것이다.
- <48> 본 발명의 제4 양태에 따르면, 가열시 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열된 SMA 액추에이터를 포함하는 형상 기억 합금 작동 장치를 제어하는 방법으로서, SMA 액추에이터는 수축 도중 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소하는 곡선을 따라 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 가지며, 상기 방법 도중 SMA 액추에이터는 전류를 통과시켜 가열되고 SMA 액추에이터의 저항이 예측되는 방법이 제공되고,
- <49> 상기 방법은
- <50> SMA 액추에이터를 가열하고 로컬 최소 저항을 검출하도록 SMA 액추에이터의 예측된 저항을 모니터링하는 제1 단계와,
- <51> 예측된 저항이 로컬 최소 저항의 저항값 위로 소정량 증가된 목표값이 되도록 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 예측된 저항을 이용하여 전류의 전력을 변경하는 제2 단계를 포함한다.
- <52> 또한, 본 발명의 제4 양태에 따르면, 유사한 방법을 구현하는 제어 시스템이 제공된다.
- <53> 따라서, 목표값에 대한 저항으로 로컬 최대 저항의 저항값을 사용하는 대신에, 본 발명의 이 양태는 로컬 최소 저항의 검출을 포함하고 로컬 최소 저항의 저항값 위로 소정량 증가된 목표값을 사용함으로써 로컬 최소 저항을 기준으로 사용한다. 이는 기준으로 사용된 로컬 최소 저항의 저항값과 그로 인한 목표값이 주위 온도에 따라 변하지 않는다는 점에서 신뢰적이고 반복 가능하다는 장점을 갖는다. 이는 최저 저항에서의 가동 요소의 위치가 로컬 최대 저항에서의 가동 요소의 위치에 비해 안정적이라는 것이 관찰되었기 때문이다. 특히, 이러한 위치는 주위 온도에 따라 변하지 않는다. 이는 로컬 최소 저항에서의 SMA의 온도가 주위 온도 범위 외측에서 양호하여, 로컬 최소 저항에 대응하는 액추에이터 위치가 작동 온도 범위에 대해 변하지 않기 때문이다. 이는 가동 요소의 정확한 위치 설정을 가능하게 하여, 많은 용도에서 유리하다. 예컨대, 가동 렌즈 요소가 카메라 렌즈 요소인 경우, 상기한 바로 인해 정확한 초점 제어가 가능하다.

- <54> 본 발명의 제5 양태는 위치 계측으로 계측된 저항을 사용하여 SMA 액추에이터를 제어할 때 발생할 수 있는 것으로 알려진 파괴 상태를 예방하는 것에 관한 것이다.
- <55> 본 발명의 제5 양태에 따르면, 가열시 가동 요소의 이동을 구동하도록 배열된 SMA 액추에이터를 포함하는 형상 기억 합금 작동 장치를 제어하는 방법으로서, SMA 액추에이터는 수축 도중 저항이 로컬 최대 저항으로부터 로컬 최소 저항으로 감소하는 곡선을 따라서 저항이 길이와 함께 변하는 특성을 가지며, 상기 방법 도중 SMA 액추에이터는 전류를 통과시켜 가열되고 SMA 액추에이터의 저항이 계측되는 방법이 제공되고,
- <56> 상기 방법은
- <57> SMA 액추에이터를 가열하고 로컬 최대 저항을 검출하도록 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 모니터링하는 제1 단계와,
- <58> 로컬 최대 저항이 검출되면, 검출된 저항이 검출된 로컬 최대 저항의 저항값보다 아래로 소정량 감소된 목표값이 되도록 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 이용하여 전류를 변경하는 제2 단계와,
- <59> 상기 제2 단계와 동시에 공급된 전류 감소가 감소되는 계측된 저항에 의해 수반되는 상태를 검출하도록 계측된 저항과 공급된 전류를 모니터링하고 이러한 상태 검출에 반응하여 제1 단계로 복귀하는 단계를 포함한다.
- <60> 또한, 본 발명의 제5 양태에 따르면 유사한 방법을 구현하는 제어 시스템이 제공된다.
- <61> 제1 단계는 로컬 최대 저항이 검출될 때까지 SMA 액추에이터를 가열하는 단계를 포함한다. 이는 수축이 발생하기 시작했다는 것을 나타내는데 사용된다. 그 후, 계측된 저항이 목표값이 되도록 특히 피드백 신호로서 계측된 저항을 사용함으로써 로컬 최대 저항과 로컬 최소 저항 사이의 계측된 저항 차이를 위치 계측으로 사용하여, SMA 액추에이터의 수축 범위에 걸쳐 가동 요소의 위치가 제어된다. 이로 인해, 정확한 위치 제어가 제공된다. 따라서, 제2 단계는 초기 목표값을 검출된 로컬 최대 저항 아래로 소정량 감소되게 설정하는 단계를 포함한다.
- <62> 하지만, 이러한 제어는 일부 환경에서 파괴 상태를 초래할 수 있는 것으로 알려졌다. 특히, 파괴 상태는 피드백 신호로서 계측된 저항을 사용하는 제어 루프가 목표값에 도달하려는 시도에서 SMA 액추에이터가 최소 수준으로 냉각될 때까지 전류를 감소시키는 것이다.
- <63> 이러한 파괴 상태의 원인은 후술되는 바와 같이 이해된다. 비가열 상태의 SMA 액추에이터의 평형 위치는 통상적으로 고정된 위치로 간주된다. 예컨대, 작동 장치가 SMA 액추에이터에 대하여 작용하는 편의 장치를 포함하는 일반적인 경우에, 휴지 위치는 SMA 액추에이터 내에 발생된 힘과 편의 장치가 균형을 이루는 위치로 취해진다.
- <64> 하지만, 사실상 휴지 위치는 작동 장치의 충격 또는 진동에 의해 영향을 받을 수 있다. 특히, 이러한 외력은 종종 SMA 액추에이터를 정상적인 평형 위치를 넘어 신장되게 하는 효과를 갖는다. 이러한 환경에서, SMA 액추에이터를 가열하는 제1 단계는 적절하게 발생하고 로컬 최대 저항이 검출된다. 이때, 제2 단계에서는, 목표값이 검출된 로컬 최대 저항의 저항값 아래로 소정량 감소되게 설정되고, 전류가 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 이용하여 변경된다.
- <65> 파괴 상태는 SMA 액추에이터가 정상적인 평형 위치를 넘어 신장되지 않은 경우 발생할 수 있는 로컬 최대 저항의 저항값보다 제2 단계에서의 목표값이 클 때 발생한다. 이는 신장의 정도가 목표값을 유도하는데 사용되는 소정량의 감소분에 비해 상당히 큰 경우이다. 이 경우, 제2 단계 초기에는 SMA 액추에이터를 가열하도록 전류가 인가되어 저항의 예측되는 감소를 유발하는데, 이는 가열로 인해 SMA 액추에이터가 수축하기 때문이다. 하지만, 목표값에 도달하거나 또는 통상의 제어 루프가 벗어나면, 전류가 감소된다. 통상적으로, 이는 계측된 저항이 목표값에 도달하게 하는 예측된 거동을 유발할 수 있다.
- <66> 하지만, SMA 액추에이터가 여전히 정상적인 평형 위치를 넘어 신장되는 상술된 경우에, 전력이 증가되는 경우에도 계측된 저항의 감소를 유발하는 SMA 액추에이터의 수축이 존재한다. 이는 전력이 추가적으로 감소되게 할 수 있다. 결국, 제어는 SMA 액추에이터가 최소 수준까지 냉각되는 상술된 파괴 상태에 도달한다.
- <67> 이러한 파괴 상태를 예방하기 위해, 제2 단계 도중, 공급된 전류의 감소가 감소하는 계측된 저항에 의해 수반되는 상태를 검출하도록 공급된 전류 및 계측된 저항이 모니터링된다. 이는 SMA 액추에이터가 여전히 계측된 저항의 목표값에서 정상적인 평형 위치를 넘어 신장되는 상술된 상태를 나타낸다. 이 경우, 제어는 제1 단계로 복귀한다. 따라서, 새로운 로컬 최대 저항이 검출될 때까지 SMA 액추에이터를 가열하도록 전류가 다시 가해진다. 이제, SMA는 추가로 그리고 평형 위치에 더 근접한 길이로부터 수축된다.

- <68> 따라서, 파괴 상태는 SMA 액추에이터가 평형 위치 아래로 수축되는 이러한 시간까지 제1 및 제2 단계를 반복하여 예방될 수 있다. 그 후, 작업은 정상적으로 계속된다.
- <69> 본 발명의 제6 양태는 가동 요소가 초점 형성 작업을 제공하도록 의도된 카메라 렌즈 요소인 특정 경우에 관한 것이다.
- <70> 이러한 카메라 렌즈 요소의 경우, 이동 범위는 초점 범위를 제공한다. 통상적으로, SMA 액추에이터는 카메라 렌즈 요소를 센서 요소로부터 멀어지게 이동하도록 구동한다. 따라서, 카메라 요소의 이동 범위의 초기 위치는 예컨대, 무한으로부터 최단 거리까지의 범위 내에 있는 대상물의 화상이 화상 센서에 초점을 형성하는 원거리장 초점 형성을 제공하도록 대체로 설계된다.
- <71> 하지만, 작동 장치의 제조 및 조립의 근본적인 공차로 인해, 상이한 작동 장치들 사이에서와 같이 SMA 액추에이터의 저항이 로컬 최대 저항에 있는 경우 카메라 렌즈 요소의 절대 위치에 대한 불확실성이 초래된다. 공차는 작동 장치의 세심한 설계에 의해 개선될 수 있지만, 공차를 완전히 제거할 수는 없다. 이로 인해 카메라 렌즈 작동 장치의 초점 형성을 올바르게 설정하는 것이 곤란하다.
- <72> 본 발명의 제6 양태는 초점을 적절하게 설정할 때 이러한 문제를 감소시키는 것에 관한 것이다.
- <73> 본 발명의 제6 양태에 따르면, 카메라 렌즈 작동 장치를 제조하는 방법이 제공되고,
- <74> 상기 단계는
- <75> 조립 단계로서,
- <76> 소정의 위치에서 화상 센서를 장착하도록 배열된 지지 구조물과,
- <77> 캐리어를 포함하는 카메라 렌즈 요소로서,
- <78> 카메라 렌즈 요소의 광축을 따른 캐리어의 이동을 안내하는 서스펜션 시스템에 의해 지지 구조물에 지지되는 캐리어와,
- <79> 렌즈 홀더로서, 캐리어에 대한 렌즈 홀더의 위치를 조절할 수 있는 방식으로 캐리어에 장착되는, 하나 이상의 렌즈를 고정하는 렌즈 홀더를 포함하는 카메라 렌즈 요소와,
- <80> 지지 구조물과 카메라 렌즈 요소 사이에 연결되고, 가열에 의한 수축시 상기 소정의 위치로부터 멀어지는 카메라 렌즈 요소의 상기 이동을 구동하도록 배열된, 형상 기억 합금 액추에이터를
- <81> 조립하는 단계와,
- <82> SMA 액추에이터가 주위 온도보다 높은 소정의 온도로 가열될 때, 무한에서 최단 거리까지의 범위 내에 있는 소정 거리에 있는 대상물의 화상의 초점을 하나 이상의 렌즈에 의해 화상 센서 상에 형성하도록 캐리어에 대해 렌즈 홀더의 위치를 조절하는 단계를 포함한다.
- <83> 따라서, 본 발명의 제6 양태는 서스펜션 시스템에 의해 지지되는 캐리어와 렌즈 홀더를 포함하는 카메라 렌즈 요소를 사용하며, 렌즈 홀더는 캐리어에 대해 렌즈 홀더의 위치를 조절할 수 있는 방식으로 캐리어에 장착된다. 이로 인해, 작동 장치의 조립 후 카메라 렌즈 요소에 의해 제공된 초점 형성의 조절이 가능하다. 이러한 조절로 인해 상이한 작동 장치들 사이에서와 같이 지지 구조물에 대한 카메라 렌즈 요소의 위치 변동을 유발하는 제조 공차에도 불구하고 초점 형성이 적절하게 설정될 수 있다.
- <84> 하지만, SMA 액추에이터를 사용할 때 다른 고려가 적용된다. 특히, 작동이 SMA 액추에이터의 온도 변화에 의해 구동되는 사실로 인해 잠재적인 문제가 발생한다. 이는 작동 장치의 사용 도중 높은 주위 온도로 인해 SMA 액추에이터가 비가열 상태에서 제조 중의 상태에 비해 수축될 수 있다는 것을 의미한다. 원거리장 초점이 제조 중 온도를 기초로 설정되면, 높은 주위 온도에서 사용 중에 원거리장 초점에 인접한 초점 범위의 일부가 손실될 수 있다. 하지만, 이러한 문제는 SMA 액추에이터가 주위 온도보다 소정량 만큼 높은 온도로 가열될 때 원거리장 초점을 제공하도록 캐리어에 대한 렌즈 홀더의 위치 조절을 수행함으로써 본 발명의 제6 양태에서 해결된다. 이는 상기한 조절을 수행하거나 또는 SMA 액추에이터가 이러한 가열시 수축하게 된다는 사실을 고려한 조절을 수행할 때 SMA 액추에이터를 사실상 가열함으로써 달성될 수 있다. 그 결과, 모든 예측된 주위 온도에서 원거리장 초점의 범위 내에서 연장하는 범위에 걸쳐 초점 형성이 얻어질 수 있다.
- <85> SMA 액추에이터의 저항을 위치의 계측으로서 사용하면, 제어 회로는 SMA 액추에이터에 구동 신호를 공급하고



SMA 액추에이터의 저항의 계측을 검출하기 위한 센서 회로를 포함한다. 하지만, 제어 회로와 SMA 액추에이터 사이의 전기 접속부와 관련한 문제가 존재한다. 특히, 이러한 전기 접속부는 정확한 저항 계측을 감소시키는 전기 저항을 갖는다. 이는 납땜 프로세스 중의 가열로 인한 잠재적 손상으로 인해 그리고 납땜 프로세스에 의해 유발되는 플럭스 방출로 인해 장비의 기관에 SMA 액추에이터 장치의 전기 단자를 납땜하는 것이 바람직하지 못한 일부 적용 분야(예컨대, 광학 장비 또는 다른 정밀한 장비)에서 특히 그러하다. 이러한 분야에서는 납땜 대신에 전기 접속부로서 전도성 접착제(예컨대, 은 포함 에폭시)를 사용하여 전기 단자에 전기 접속하는 것이 공지되어 있다. 하지만, 이러한 전도성 접착 연결은 납땜 연결에 비해 가변적이고 매우 큰 전기 저항을 가지며, 이러한 연결의 저항은 상당한 온도 계수도 가질 수 있다. 정밀한 작동을 위한 저항 계측을 기초로 위치 제어를 구현할 때, 가변적이고 온도 의존적인 접착물 조인트 저항은 작동 정밀도에 큰 문제를 야기한다.

- <86> 본 발명의 제7 양태에 따르면, 형상 기억 합금 작동 장치가 제공되고,
- <87> 상기 장치는
- <88> 형상 기억 합금 액추에이터와,
- <89> 제어 회로를 포함하고,
- <90> 제어 회로는
- <91> 형상 기억 합금 액추에이터에 전기 접속하고 형상 기억 합금 와이어가 수축하도록 형상 기억 합금 와이어를 통해 구동 신호를 통과시키도록 작동하는 구동 회로와,
- <92> 센서 회로로서, 구동 회로의 전기 접속부와 이격되고 센서 회로가 전압을 검출하도록 배열된 형상 기억 합금 액추에이터에 대한 전기 접속부를 갖는 센서 회로를 포함하고,
- <93> 제어 회로는 센서 회로에 의해 검출된 전압을 기초로 형상 기억 합금에 의해 통과되는 구동 신호를 제어하도록 배열된다.
- <94> 센서 회로를 구동 회로로부터의 개별적인 전기 접속부에 의해 형상 기억 합금 액추에이터에 연결하고, 전압을 검출하는 센서 회로를 사용함으로써, 전기 접속부의 저항의 충격은 상당히 감소될 수 있다. 특히, 센서 회로는 구동 전류보다 작은 전류를 인출하도록 쉽고 편리하게 설계될 수 있다. 이러한 방식으로, 전기 접속부에 걸쳐 강해지는 전압이 통상적으로 상당한 정도로 감소된다. 따라서, 가변적이고 잠재적인 고저항 전기 접속부가 존재하는 경우에도 SMA 액추에이터의 정밀한 위치 제어가 달성된다.
- <95> 본 발명의 제8 양태는 수축을 유발하기에 충분하게 형상 기억 합금 액추에이터를 가열하지 않는 제1 구동 신호와 수축을 유발하기에 충분하게 형상 기억 합금 액추에이터를 가열하는 제2 구동 신호 중 하나인 구동 신호를 공급하도록 제어 시스템이 배열된 카메라 렌즈 작동 장치에 관한 것이다. 이는 카메라 렌즈 요소를 2개소로 구동하고 가능하게는 제한된 수자의 추가 위치로 구동하도록 의도된 기초 제어 시스템이다. 통상적으로 이러한 위치들 중 하나는 무한에서 초점을 제공하고 나머지 위치는 근거리 초점 또는 "매크로" 초점을 제공한다. 이러한 제어 시스템은 초점 위치의 범위에 걸쳐 연속적인 변화를 제공하는 시스템보다 구현하기에 상당히 간단하다는 장점을 갖는다.
- <96> 장치의 기계적 설계에 의해 SMA 액추에이터가 수축되지 않는 카메라 렌즈 요소의 위치를 고정하는 것이 수월하다. 하지만, 장치는 제2 구동 신호가 형상 기억 합금 액추에이터를 수축하기에 충분하게 가열할 때 카메라 렌즈 요소의 위치의 변동성의 문제를 겪는다. 제2 구동 신호가 일정한 경우에도, SMA 액추에이터는 상이한 시간에서 상이한 정도로 수축된다.
- <97> 본 발명의 제8 양태에 따르면, 카메라 렌즈 작동 장치가 제공되고,
- <98> 상기 장치는
- <99> 지지 구조물과,
- <100> 광축을 따른 지지 구조물에 대한 가동 요소의 이동을 안내하는 서스펜션 시스템에 의해 지지 구조물 상에 지지되는 카메라 렌즈 요소와,
- <101> 형상 기억 합금 액추에이터로서, 가열시 형상 기억 합금 액추에이터의 수축이 가동 요소의 상기 이동을 구동하도록 지지 구조물과 가동 요소 사이에 연결된 형상 기억 합금 액추에이터와,

- <102> 형상 기억 합금 액추에이터에 구동 신호를 공급하도록 배열된 제어 시스템을 포함하고,
- <103> 구동 신호는 수축을 유발하기에 충분하도록 형상 기억 합금 액추에이터를 가열하지 않는 제1 구동 신호와, 수축을 유발하기에 충분하도록 형상 기억 합금 액추에이터를 가열하는 제2 구동 신호 중 하나이며, 제어 회로는 주위 온도를 나타내는 온도 신호를 수용하고 주위 온도가 증가함에 따라 가열을 감소시키는 방식으로 온도 신호에 반응하여 제2 구동 신호를 변경하도록 배열된다.
- <104> SMA 액추에이터의 수축의 상당한 변화는 주위 온도의 변화로 인한 것이다. 이는 SMA 액추에이터의 냉각 속도를 변화시켜 소정의 구동 신호에 의해 구동될 때 SMA 액추에이터의 온도를 변화시킨다.
- <105> 따라서, 주위 온도를 나타내는 온도 신호가 사용된다. 이동 전화와 같은 휴대용 전자 장치에서, 이러한 신호는 내부 주위 온도를 약간 임의적이고 반드시 선형적으로 등급화될 필요는 없는 단위로 나타내는 간단한 디지털 숫자로 이동 전화 시스템과 같은 휴대용 장치 내에 종종 사용될 수 있다. 제2 구동 신호는 온도 신호에 반응하여 변경되어 주위 온도가 증가되면 가열을 감소시킨다. 따라서, 주위 온도 변화로부터 초래된 변화에 대한 일정 정도의 보정이 달성된다. 실제로, 거친 분해능을 갖는 온도 신호를 사용하는 경우, 상기한 구성으로 인해 주위 온도 범위에 걸쳐 위치 설정의 반복성이 크게 개선될 수 있다는 것이 발견되었다. 또한, 전류원의 전자적 구조(electronics)를 추가로 복잡하게 할 필요가 없으며, 단지 전류원을 제어하는 프로세서에 의한 소량의 처리만이 요구된다.
- <106> 본 발명의 다양한 양태 및 특징은 임의의 조합에 의해 함께 사용될 수 있다.
- <107> 더욱 양호한 이해를 돕기 위해, 본 발명의 실시예가 첨부된 도면을 참조로 비제한적 예로서 이제 설명될 것이다.

## 실시예

- <126> 우선, SMA 작동 장치를 포함하는 카메라(1)의 구조가 설명될 것이다. 카메라(1)는 이동 전화기, 미디어 플레이어 또는 휴대용 디지털 보조기(portable digital assistant)와 같은 휴대용 전자 장치에 포함되는 것이다.
- <127> 카메라(1)는 도 1에 개략적으로 도시된다. 카메라(1)는 CCD[전하 결합 소자(charge-coupled device)] 또는 CMOS[상보적 금속 산화 반도체(complimentary metal-oxide-semiconductor)] 장치일 수 있는 화상 센서(4)가 장착된 기부 부분(3)을 갖는 지지 구조물(2)을 포함한다. 지지 구조물(2)은 화상 센서(4)가 장착된 기부(3)의 전방측으로부터 돌출된 환형 벽(5)을 더 포함한다. 지지 구조물(2)은 플라스틱으로 이루어질 수 있다.
- <128> 카메라(1)는 하나 이상의 렌즈(8)로 구성된 렌즈 시스템(7)을 보유하는 렌즈 요소(6)를 더 포함한다. 예로서, 렌즈 시스템(7)은 2개의 렌즈(8)를 포함하는 것으로 도 1에 도시되었지만, 일반적으로는 광학적 성능 및 비용면에서 바람직하게 균형을 이루도록 하나의 렌즈(8) 또는 복수의 렌즈(8)가 제공될 수 있다. 카메라(1)는 통상적으로 최대 직경이 10mm인 렌즈 시스템(7)의 렌즈(8)를 구비한 소형 카메라이다.
- <129> 렌즈 요소(6)는 화상 센서(4)에 수직한 렌즈 시스템(7)의 광축(0)과 정렬된다. 이러한 방식으로, 렌즈 시스템(7)은 화상 센서(4) 상에 광의 초점을 형성한다.
- <130> 렌즈 요소(6)는 렌즈 요소(6)와 지지 구조물(2)의 환형 벽(5) 사이에서 연결된 2개의 서스펜션 요소(10)로 구성된 서스펜션 시스템(9)에 의해 지지 구조물(2)에 매달린다. 서스펜션 시스템(9)은 렌즈 요소(6)의 광축(0)을 따르는 이동을 안내한다. 이러한 렌즈 요소(6)의 이동은 화상 센서(4) 상에 형성된 화상의 초점을 변화시킨다.
- <131> 이제, 카메라(1)의 상세한 구조가 지지 구조물(2)의 기부(3)를 생략한 구체적인 사시도인 도 2를 참조하여 설명될 것이다.
- <132> 렌즈 요소(6)는 렌즈 캐리어(20)와, 렌즈 캐리어(20) 내측에서 렌즈 캐리어(20) 내측에 형성된 내부 스크루 나사(22) 상에 장착된 렌즈 홀더(21)를 포함하는 2부분 구조를 갖는다. 통상적으로, 렌즈 홀더(21)의 직경은 6.5mm이다. 후술될 금속 링(14)이 렌즈 캐리어(20)의 하부 림에 고정된다. 렌즈 캐리어(20)는 렌즈 요소(6)를 매달도록 서스펜션 시스템(9)에 연결된다. 렌즈 홀더(21)는 렌즈 시스템(7)의 하나 이상의 렌즈(8)를 장착한다. 렌즈 캐리어(20) 및 렌즈 홀더(21)는 주조된 플라스틱으로 이루어질 수 있다.
- <133> 렌즈 요소(6)를 위한 서스펜션 시스템(9)이 상세하게 후술될 것이다. 서스펜션 시스템(9)은 소정의 형상으로 절단된 강 또는 베릴륨 구리와 같은 재료의 개별적인 단일 시트로 각각 형성된 2개의 서스펜션 요소(10)를 포함한다. 하나의 가능성은 높은 항복 강도를 제공하는 장점을 갖는 하드 월드 그레이드 302 오스테네틱 강(hard

rolled grade 302 austenetic steel)이다. 서스펜션 요소(10)는 캐리어(20)의 양 단부에 장착된다. 서스펜션 요소(10) 중 하나만이 도 2에 명시되었지만, 두 서스펜션 요소(10) 모두가 하기와 같이 동일한 구성을 갖는다.

- <134> 각 서스펜션 요소(10)는 렌즈 캐리어(20)에 연결된 내부 링(11)을 포함한다. 특히, 내부 링(11)은 렌즈 홀더(21)의 외주면 주위에 연장되도록 렌즈 캐리어(20)의 각각의 단부 표면에 연결된다.
- <135> 각 서스펜션 요소(10)는 지지 구조물(2)에 연결된 외부 링(12)을 더 포함한다. 특히, 외부 링(12)은 지지 구조물(2)의 환형 벽(5)의 단부 표면에 연결되어 상기 단부 표면 주위에 연장된다.
- <136> 결국, 각 서스펜션 요소(10)는 내부 링(11)과 외부 링(12) 사이에서 각각 연장하는 4개의 만곡부를 포함한다. 따라서, 만곡부(13)는 양단부에서 렌즈 요소(6) 및 지지 구조물(2)에 연결된다. 광축(0)을 따라 봤을 때, 만곡부(13)는 광축(0)의 방사 방향에 대해 경사진다. 따라서, 만곡부(13)는 광축 주위를 연장한다. 만곡부(13)는 광축(0) 주위에서 회전 대칭이 되도록 상이한 방사상 위치에서 렌즈 캐리어(20) 주위에 배치된다. 또한, 만곡부(13)의 광축(0)을 따르는 두께[서스펜션 요소(10)를 이루는 재료의 시트 두께]는 광축(0)에 수직한 방향으로의 폭보다 작다. 서스펜션 시스템(9)은 광축(0)을 따라 그리고 광축에 수직하게 소정의 강성(stiffness)을 제공하도록 적절한 폭, 두께 및 길이를 갖는 적절한 수의 만곡부(13)를 갖도록 설계된다. 만곡부(13)의 두께는 통상적으로 25 $\mu$ m 내지 100 $\mu$ m이다. 만곡부(13)의 개수는 서스펜션 요소(10) 내의 만곡부의 개수를 변경하고 그리고/또는 추가적인 서스펜션 요소(10)를 제공하여 변경될 수 있다.
- <137> 또한, 만곡부(13)는 광축(0)을 따라 봤을 때 곡률이 다른 3개의 구역을 갖도록 길이를 따라 만곡된다. 만곡부(13)에 이러한 곡률을 도입함으로써, 어느 정도의 변형을 경감(strain relief)이 구조에 부가된다. 소성 변형하려는 만곡부(13)의 경향이 감소되고 대신에 만곡부(13)는 탄성적으로 만곡되려는 경향을 갖는다. 반대 곡률을 갖는 외부 구역을 중앙 구역에 도입함으로써, 힘 불균형이 감소되고, 내부 링(11)과 외부 링(12)의 결합부에 전개되는 응력이 감소된다. 따라서, 만곡부(13)는 재료가 파괴되지 않고 평면 방향으로 더욱 유연하게 된다. 이는 방사상 및 축방향 강성을 크게 훼손하지 않고 달성될 수 있다. 이로 인해, 만곡부(13)에 대한 영구적인 손상을 유발하지않고, 서스펜션 시스템(9)이 기계적 충격에 의해 유발되는 광축(0)의 방사상으로의 렌즈 요소(6)의 변위를 수용할 수 있게 된다. 이러한 방향으로의 변위를 제한하기 위해, 카메라(1)는 지지 구조물(2)의 벽(5)이 최대 변위를 제한하는 멈춤부로 작용하도록, 예컨대 렌즈 요소(6)와 지지 구조물(2)의 벽(5) 사이에 대략 50 $\mu$ m 이하의 작은 틈새를 구비한다.
- <138> 이러한 효과를 최대화하기 위해, 만곡부의 상기 세 구역은 특히 중심 구역이 외측 구역들보다 길고 곡률이 작도록 동일하지 않은 길이와 곡률을 갖는 것이 바람직하다. 중심 구역은 예컨대, 세 구역의 길이 비율이 1:2.5:1 이 되도록 외부 구역 길이의 적어도 2배인 길이를 갖는 것이 유리하다. 각각의 구역에 의해 형성된 각도가 대체로 동일하도록, 중심 구역은 예컨대 각 구역의 곡률에 대한 길이의 비율이 대체로 동일하게 되도록 외부 구역의 곡률의 거의 절반인 곡률을 갖는 것이 유리하다.
- <139> 선택적으로, 각 만곡부(13)는 평행한 만곡부의 그룹으로 구성되도록 변경될 수 있어, 각 평행 만곡부의 폭을 감소시킴으로써 서스펜션 시스템(9)을 광축의 방사상으로 더욱 유연하게 만들 수 있다. 이러한 기술에 대한 실질적 제한은 평행한 만곡부가 제조될 수 있는 최소 폭이다.
- <140> 2개의 서스펜션 요소(10)는 렌즈 요소(6)와 지지 구조물(2) 사이에 결합된 만곡부(13)에 의해 지지 구조물(2)에 렌즈 요소(6)를 매단다. 이러한 구조로 인해, 만곡부(13)는 만곡 또는 휨에 의해 광축(0)을 따르는 렌즈 요소(6)의 이동을 수용한다. 렌즈 요소(6)가 광축(0)을 따라 이동할 때, 내부 링(11)은 외부 링(12)에 대해 광축(0)을 따라 이동하여 만곡부(13)는 필연적으로 휘게 된다.
- <141> 만곡부(13)는 광축(0)에 대해 평행한 두께가 폭보다 작기 때문에, 만곡부(13)는 폭 방향으로 휘기보다는 두께 방향으로 더 쉽게 휘어진다. 따라서, 만곡부(13)는 구조물(2)에 대한 광축(0)에 수직한 렌즈 요소(6)의 이동에 대한 강성보다 지지 구조물(2)에 광축(0)을 따르는 대한 렌즈 요소(6)의 이동에 대한 강성이 낮은 서스펜션 시스템(9)을 제공한다.
- <142> 또한, 2개의 서스펜션 요소(10)는 광축(0)을 따라 이격되어 광축(0)에 수직한 렌즈 요소(6)의 이동에 대한 저항이 렌즈 요소(6)의 경사에 대한 저항도 제공한다.
- <143> 렌즈 요소의 축에서 벗어난 이동 및 경사는 화상 센서(4) 상에 화상의 초점을 형성하는 데 있어 렌즈 시스템(7)의 광학 성능을 열화시킬 수 있기 때문에 렌즈 요소(6)의 축에서 벗어난 이동 및 경사에 대한 이러한 저항이 필요하다.

- <144> 지지 구조물(2), 렌즈 캐리어(20)[금속 링(14) 포함], 서스펜션 요소(10) 및 2개의 보강재 요소(15, stiffener element)가 도 3을 참조하여 설명되는 바와 같이 하나의 조립체로 제조된다. 이러한 구성 요소들은 도 3에 도시된 바와 같이 적층체로 배열된다. 렌즈 캐리어(20) 및 지지 구조물(2)에 형성된 위치 설정 핀(16)이 서스펜션 요소(10) 내에 형성된 개구(17)에 위치된다. 완전한 적층체가 지그(jig) 내에서 압축되는 동안, 접착제가 적층체의 상부 및 하부 모두에서 위치 설정 핀(16)의 각각의 단부에 분배된다. 양호한 접착제는 역시 자외선 경화형(UV curable)인 시아노아크릴레이트이다. 모세관 현상에 의해, 접착제는 위치 설정 핀(16) 주위에 스며들어 렌즈 캐리어(20) 및 지지 구조물(2)에 상기 여러 층들을 접착한다. 접착제가 경화되면, 조립 부품은 지그로부터 제거될 수 있다. 다른 접착제로서, 기계적으로 부품들을 유지하는 플라스틱 헤드를 형성하도록 위치 설정 핀(16)을 열융착(heat staking)하는 결합부를 형성하는 것도 가능하다.
- <145> 각각의 보강재(15)는 각각이 서스펜션 요소의 내부 링(11) 및 외부 링(12)과 형상이 일치하고 상기 링들을 보강하는 2개의 링(18)을 포함한다. 이러한 2개의 링(18)은 조립 부품이 조립된 후에만 제거되는 스프루(19, sprue)에 의해 함께 결합된다. 스프루(19)를 사용함으로써 지깅(jigging)과 관련하여 보강재(15)의 링(18)을 조립하는 것을 돕고, 구성 요소 개수를 줄여서, 부품 비용을 절감한다. 스프루(19)가 제거되면, 렌즈 캐리어(20)는 외력에 의해 지지 구조물(2)에 대해 상향 이동될 수 있다.
- <146> 또한, 카메라(1)는 도 4에 단독으로 도시된 SMA 액추에이터(30)를 포함한다. SMA 액추에이터(30)는 각 단부에서, 황동과 같은 금속으로 이루어진 긴 부품으로 각각 형성된 개별 장착 부재(32)에 기계적으로 그리고 전기적으로 연결된 SMA 와이어 부재(31, piece of SMA wire)를 포함한다. 특히, 장착 부재(32)는 상기 SMA 와이어 부재(31) 위에 각각 크립핑된다. 적절한 전기 접속을 보장하기 위해, SMA 액추에이터(30)의 제조 도중 SMA 와이어(31) 위에 자연적으로 형성되는 산화 코팅이 크립핑 전에 제거된다.
- <147> 제조 도중, SMA 액추에이터(30)는 카메라(1)의 나머지 부분과 별개인 조립 부품으로 제조될 수 있다. 특히, SMA 액추에이터(30)는 장착 부재(32)를 적소에 보유하고, SMA 와이어 부재(31)를 장착 부재(32) 위로 정돈되게 배치한 후, SMA 와이어 부재(31) 위로 장착 부재(32)를 크립핑하여 제조된다. 그 후, SMA 액추에이터(30)는 후술되는 구조로 카메라(1)에 조립된다.
- <148> 2개의 장착 부재(32)는 SMA 액추에이터 부재(31)를 지지 구조물(2)에 장착하기 위해 지지 구조물(2)의 환형 벽(5)의 외측에 각각 장착되고 적소에 고정된다. 도 2에 도시된 바와 같이, 장착 부재(32)는 예컨대, 접착제, 상기 벽(5)의 스웨이징(swaging) 또는 일부 다른 수단에 의해 환형 벽(5)에 제공된 리세스(40)에 장착된다.
- <149> 또한, SMA 와이어 부재(31)는 렌즈 요소(6)에 고정된 금속 링(14)의 일체화된 부품이며 렌즈 요소(6)의 외측으로 돌출한 보유 요소(41)에 후크 결합된다. SMA 와이어 부재(31)와 접촉하는 보유 요소(41)의 표면은 SMA 와이어의 최대 곡률을 감소시키도록 만곡될 수 있다.
- <150> 카메라(1)에서, 장착 부재(32)는 광축(0)을 중심으로 하는 직경의 반대편 지점들에 위치된다. 보유 요소(41)는 광축(0) 주위의 2개의 장착 부재(32) 사이의 중간에 위치된다. 광축을 따라 봤을 때, SMA 와이어(31)의 길이부(42)들은 카메라(1)의 측면을 따라 서로에 대해 약 90° 연장한다. 조립 후 그리고 균형이 이루어진 후, SMA 와이어 부재(31)는 작동 또는 낙하 시험 중 보유 요소(41)에 확실하게 보유되도록 소량의 접착제에 의해 적소에 고정될 수 있다. 이것은 SMA 와이어의 사이클링 후 이루어질 수 있어, 조립 공차를 제거하는 것을 돕는다.
- <151> 보유 요소(41)는 SMA 와이어 부재(31)가 크립핑되는 장착 부재(32)의 부분보다는 광축(0)을 따라 화상 센서(4)에 더 가까운 위치에 배열된다. 그 결과, 보유 요소(41)의 양측에서 SMA 와이어 부재(31)의 절반에 의해 형성되는 SMA 와이어(31)의 두 길이부(42)는 광축(0)에 대해 예각으로 고정된다. 조립 도중 보유 요소(41)에 대한 미끄러짐이 SMA 와이어(31)의 두 길이부(42)가 동일한 길이와 인장을 갖는 것을 돕는다.
- <152> SMA 와이어(31)의 길이부(42)는 광축(0)을 따르는 성분을 갖는 인장력을 특히, 화상 센서(4)로부터 렌즈 요소(6)를 멀리 편향시키는 방향으로 가하도록 카메라(1) 내에서 신장되어 유지된다. 따라서, SMA 와이어(31)의 길이부(42)를 가열하지 않으며 렌즈 요소(6)는 이동 범위 내에서 화상 센서(4)에 가장 근접한 위치에 위치된다. 카메라(1)는, 이러한 위치가 특히 자동 초점(auto-focus) 기능이 제공되는 경우에 카메라(1)에 대한 가장 일반적인 설정인 원거리장 초점 또는 최단 초점(far-field or hyperfocal focus)에 대응하도록 설계된다.
- <153> 또한, SMA 와이어(31)의 길이부(42) 각각은 광축(0)에 수직한 성분을 갖는 인장력을 가한다. 상기 힘의 성분 중 일부는 와이어의 두 길이부(42)의 대칭적 배열에 의해 균형을 이루지만, 보유 요소(41)에서의 광축(0)의 방사상으로 힘의 최종 성분(net component)은 남게 되어, 렌즈 요소(6)를 경사지도록 한다. 하지만, 이러한 경사는 많은 렌즈 및 화상 센서에 적절하도록 충분히 작은 서스펜션 시스템(9)에 의해 저장된다.



- <154> 이제, 렌즈 요소(6)를 광축(0)을 따라 지지 구조물(2)에 대해 이동시키기 위해 구동하는 카메라(1)의 작동이 설명될 것이다.
- <155> SMA 재료는 가열시 SMA 재료의 수축을 유발하는 고체 상 변화를 겪는 특성을 갖는다. 저온에서, SMA 재료는 마르텐사이트 상(Martensite phase)에 진입한다. 고온에서, SMA는 SMA 재료의 수축을 유발하는 변형을 유도하는 오스테나이트 상(Austenite phase)에 진입한다. 상 변화는 SMA 결정 구조 내의 전이 온도의 통계적 확산(statistical spread)으로 인해 온도 범위에 걸쳐 발생한다. SMA 와이어(31)의 길이부(42)는 가열되면 길이가 감소된다.
- <156> 카메라(1) 내에서, SMA 와이어(31)의 길이부(42)는 신장된 상태로 배열되어, 렌즈 요소(6)가 화상 센서(4)로부터 멀어지게 이동하는 방향으로 렌즈 요소(6)와 지지 구조물(2) 사이에서 광축(0)을 따라 최종 인장력을 제공한다. 이 힘은 광축(0)을 따라 반대 방향으로 서스펜션 시스템(9)에 의해 제공되는 편의력에 대항하도록 작용한다. 만곡부(13)는 SMA 와이어(31)의 길이부(42)로부터의 인장력에 따라 만곡된다. 제조되었을 때의 만곡부(13)는 광축(0)의 방사상으로 봤을 때 직선이다. 만곡 시 만곡부(13)는 일부 약간의 곡률이 발생되지만 대체로는 직선으로 유지된다. 따라서, 만곡부(13)의 만곡으로 인해 카메라 렌즈 요소(6)는 SMA 와이어(31)의 길이부(42)에 의해 가해지는 인장력으로부터 반대 방향으로 편의된다. 즉, 서스펜션 시스템(9)은 SMA 와이어(31)의 길이부(42)에 대한 패시브 편의 장치로 작동하는 기능을 제공할 뿐만 아니라 카메라 렌즈 요소(6)를 매달고 카메라 렌즈 요소의 이동을 안내하는 기능도 제공한다.
- <157> 수축되지 않은 SMA 와이어(31)의 비가열 상태에서, SMA 와이어(31)는 신장된 상태이어서, SMA 와이어(31)가 없을 때의 휴지 위치로부터 렌즈 요소(6)를 멀리 변위시킨다. 이 상태에서, 렌즈 요소(6)는 이동 범위 내에서 화상 센서(4)에 가장 근접한 위치에 위치된다. 카메라(1)는, 이러한 위치가 특히 자동 초점(auto-focus) 기능이 제공되는 경우에 카메라(1)에 대한 가장 일반적인 설정인 원거리장 초점 또는 최단 초점에 대응하도록 설계된다.
- <158> 내부의 응력이 증가하도록 SMA 와이어(31)의 길이부(42)를 가열하면, SMA 와이어(31)의 길이부(42)는 수축하여 렌즈 요소(6)를 화상 센서(4)로부터 멀리 이동시킨다. SMA 와이어의 재료가 마르텐사이트 상으로부터 오스테나이트 상으로 전이되는 온도 범위에 걸쳐 SMA 와이어(31)의 온도가 증가되면 렌즈 요소(6)는 이동 범위에 걸쳐 이동한다.
- <159> 역으로, 내부의 응력이 감소하도록 SMA 와이어(31)의 길이부(42)를 냉각하면, 만곡부(13)에 의해 제공된 편의로 인해 SMA 와이어(31)의 길이부(42)는 팽창하여 화상 센서(4)를 향해 렌즈 요소(6)를 이동시킨다.
- <160> 광축(0)을 따르는 지지 구조물(2)에 대한 렌즈 요소(6)의 이동을 최대화하기 위해, 서스펜션 시스템(9)의 만곡부(13)의 전체 강성은 (a) SMA 재료의 오스테나이트 상에서 겪게 되는 SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 전체 강성으로부터 (b) SMA 재료의 마르텐사이트 상에서 겪게 되는 SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 전체 강성까지의 범위 내에 있는 것이 바람직하며, 값 (a)와 (b)의 기하학적 평균이면 더욱 바람직하다.
- <161> SMA 와이어(31)의 길이부(42)와 만곡부(13)의 강성을 합하여 제공된, 광축(0)을 따르는 지지 구조물(2)에 대한 렌즈 요소(6)의 이동에 대항하는 전체 강성은 카메라(1)가 방향(orientation)들 사이에서 변경될 때 중력하에서 지지 구조물(2)에 대한 렌즈 요소(6)의 이동을 최소화하기에 충분히 큰 것이 바람직하다. 통상적인 렌즈 시스템에 대하여, 이동은 최대 50 $\mu$ m로 제한되는 것이 바람직하고, 이는 통상적인 소형 카메라에 있어서 전체 강성이 최소 100N/m이어야 하며, 바람직하게는 최소 120N/m이어야 한다는 것을 의미한다.
- <162> 만곡부(13)는 렌즈 요소(7)가 축을 벗어난 이동 및 경사를 수용할 수 있는 정도를 기초로, 광축(0)에 수직인 방향으로 지지 구조물(2)에 대한 렌즈 요소(6)의 이동에 대항하는 소정의 강성을 제공하기 위해 적절한 폭을 갖도록 설계된다. SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 강성도 고려되지만, 통상은 기여도가 작다.
- <163> 다른 설계 고려 사항은 SMA 와이어(31)의 길이부(42)와 만곡부(13)에 가해지는 최대 응력이 각 재료에 과도하게 긴장(over-stress)시키지 않는 것을 보장하는 것이다.
- <164> 광축(0)을 따르는 지지 구조물(2)에 대한 렌즈 요소(6)의 변위 정도는 SMA 와이어(31)의 길이부(42) 내에 전개되는 응력뿐만 아니라 광축(0)에 대한 SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 예각에 따라 결정된다. SMA 와이어 내에 전개될 수 있는 변형은 상 변화의 물리적 현상에 의해 제한된다. 광축(0)에 대한 SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 예각으로 인해, SMA 와이어(31)의 길이부(42)는 길이가 변경될 때 방향이 변경된다. 이것은 광축(0)을 따르는 렌즈 요소(6)의 변위 정도가 광축(0)을 따라 변형되는 SMA의 길이부(42)의 길이 변화보다 높도록 상기 이

동을 효과적으로 조정한다. 일반적으로, 이러한 예각은 임의의 값을 취할 수 있지만, 도 2의 예에서는 대략 70°이다.

- <165> SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 온도를 제어하여 광축(0)을 따르는 지지 구조물(2)에 대한 렌즈 요소(6)의 위치를 제어할 수 있다. 작동시, 저항 가열(resistive heating)을 제공하는 전류를 통과시킴으로써 SMA 와이어(31)의 길이부(42)가 가열된다. 전류를 차단하고 주변에 대한 전도에 의해 SMA 와이어(31)의 길이부(42)가 냉각될 수 있게 함으로써 냉각이 이루어진다. 전류는 후술되는 제어 회로(50)에 의해 제어된다.
- <166> SMA 와이어(31)는 니티놀 또는 다른 티타늄 합금 SMA 재료와 같은 임의의 적절한 SMA 재료로 이루어질 수 있다. 재료 조성 및 SMA 와이어 부재(31)의 사전 처리는 상 변화가 (a) 통상적으로 70℃인 정상 작동 도중의 예상되는 주변 온도보다 높고 (b) 위치 제어의 정도를 최대화하기 위해 가능한 넓은 온도 범위에 걸쳐 발생한다.
- <167> 렌즈 요소(6)의 고속 작동이 예컨대, 자동 초점 기능이 제공된 경우와 같이 많은 용도에서 요구된다. 작동의 반응 속도는 SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 냉각에 의해 제한된다. 냉각은 SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 두께를 감소시킴으로써 가속화될 수 있다. 고려중인 카메라 및 와이어의 크기에 대해, 냉각 시간은 와이어 직경과 함께 대체로 선형적으로 변경된다. 이러한 이유로, SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 두께는 카메라(1)의 자동 초점 적용에 대해 만족할 만한 반응을 제공하도록 최대 35μm인 것이 바람직하다.
- <168> 도 5는 명확함을 위해 렌즈 홀더(21)를 생략한 것을 제외하면 카메라(1)를 더욱 상세하게 도시한다. 도 2에 도시된 것 이외의 카메라(1)의 추가적인 구성 요소가 이제 설명될 것이다.
- <169> 카메라(1)는 지지 구조물(2)의 벽(5) 위에 클립핑되고 접촉된 스크리닝 캔(44, screening can)을 갖는다. 벽(5)은 지지 구조물(2)의 기부(3)에도 접촉된다. 광축(0)을 따르는 방향으로, 렌즈 요소(6)와 스크리닝 캔(44) 사이와 렌즈 요소(6)와 기부(3) 사이에는, SMA 와이어(31)의 길이부(42) 또는 서스펜션 시스템(9)을 손상시킬 정도의 이동을 방지하면서 화상 센서(4)에 화상의 초점을 형성하도록 렌즈 요소(6)가 광축(0)을 따라 충분히 이동할 수 있게 하는 간극이 제공된다. 따라서, 스크리닝 캔(4) 및 기부(3)는 광축을 따르는 렌즈 요소(6)의 이동에 대한 정지부(endstop)를 효과적으로 형성한다.
- <170> 사실상, 기부(3)는 도 1에 개략적으로 도시된 것보다 복잡한 구조를 갖는다. 특히, 기부(3)는 화상 센서(4)가 후방에 장착된 중심 개구(45)를 갖는다. 화상 센서(4)를 장착하기 위해, 기부(3)는 개구(45)의 후방 및 개구(45)의 영역 외측에 형성된 선반(46)을 갖는다. 광축(0)을 따라 광을 수광하도록 화상 센서(4)가 개구(45)와 대면하여 정렬되도록 형성되는 화상 회로 보드(47)가 선반(46)에 장착된다. 선택적으로, 개구(45)는 화질을 개선하기 위해 개구를 가로질러 끼워 맞춤된 적외선 필터를 구비하며 적외선 필터는 화상 센서(4)에 먼지가 내려앉는 것을 방지하는 밀봉부이기도 하다.
- <171> 기부(3)는, 선반(46) 외측에 배치되고 후방으로 돌출된 돌출 벽(48)을 더 포함한다. 구동 회로 보드(49)는 돌출한 벽(48)에 장착되고 구동 회로(50)는 이 구동 회로 보드 상에 형성된다. 대안으로서, 구동 회로(50)가 이면에 장착되도록 양면의 화상 회로 보드(47)를 사용할 수도 있다. 다른 대안은 화상 센서(4)와 동일한 칩에 제어 회로(50)를 통합하는 것이다. 달리, 동일한 처리 기능이 다른 목적을 위해 이미 존재하고 있는 카메라(1) 외측의 전자 장치 내의 다른 프로세서에 의해 수행될 수도 있다.
- <172> 카메라(1)와 동일한 구조를 갖는 카메라가 카메라(1)에 적용될 수 있는 구조 및 제조에 대한 추가적인 개시를 포함한 본 출원인의 국제 특허 출원 제PCT/GB07/001050호에 개시된다. 또한, 국제 특허 출원 제PCT/GB07/001050호는 본원에 참조로서 포함된다.
- <173> 이제, 제어 회로(50)의 특징과 그로 인해 수행되는 제어가 설명될 것이다.
- <174> 전체 제어 장치의 개략도가 도 6에 도시된다. 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)에 연결되어 전류를 공급하여, SMA 와이어 부재(31)의 온도를 제어함으로써 렌즈 요소(6)를 이동시키고 화상 센서(4)에 형성된 화상의 초점을 변경한다. 화상 센서(4)의 출력은 제어 회로(50)에 공급되어, 초점 질의 계측을 결정하도록 처리된다.
- <175> 제어 회로(50)는 도 7에 도시된다. 제어 회로(50)는 크립핑에 의해 SMA 와이어 부재(31)에 전기 접속되는 장착 부재(32) 각각에 연결된다. 제어 회로(50)와 장착 부재(32) 사이의 전기 접속부(55)는 전도성 접착제[예컨대, 은 포함 에폭시(silver-filled epoxy)]에 의해 형성된다. 납땜 프로세스 도중 발열에 의해 발생하는 잠재적 손상 때문에 또는 납땜 프로세스에 의한 플럭스 방사 때문에, SMA 액추에이터(30)에 제어 회로(50)를 납땜하는 것은 바람직하지 못하다.
- <176> 제어 회로(50)는 2개의 장착 부재(32) 사이에 전류를 공급한다. 제어 회로(50)는 통전되고 있는 전류의 전력을

변경하여 SMA 와이어 부재(31)의 가열 정도를 제어한다. 제어 회로(50)는 렌즈 요소(6)의 위치의 계측으로 사용되는 SMA 와이어 부재(31)의 저항에 반응하여 전류의 전력을 변경한다. 온도 센서에 의해 계측되는 온도와 같은 위치의 다른 계측 또는 위치 센서에 의해 출력된 렌즈 요소(6) 위치의 직접적인 계측이 사용될 수도 있지만, 제어 회로(50) 내의 추가적인 구성 요소에 의해서만 구현됨으로써 카메라의 패키지 크기를 증가시키지 않기 때문에, 저항 센서가 유리하다.

<177> 저항을 사용한 후의 물리적 현상은 이하와 같다.

<178> SMA를 가열하면, 대부분의 재료에 대해 온도와 함께 저항률이 증가된다. 이는 상 변화가 발생하는 온도 범위(상 전이 범위) 및 SMA가 수축되는 온도의 범위 내측 및 외측에서 발생한다. 하지만, 상 전이 범위 내측에서는 2개의 다른 효과가 발생한다. 우선, 오스테나이트 상은 온도와 함께 저항이 증가되는 경향이 있는 마르텐사이트 상보다 높은 저항률을 갖는다. 하지만, 반대 효과는 길이 감소와 단면적 증가를 포함하는 기하학적 변화가 온도와 함께 저항을 감소시키는 경향이 있다는 것이다. 이러한 반대 효과는 다른 효과들보다 상당히 크다. 따라서, 저온으로부터의 가열 도중, 상 전이 범위에 도달하여 SMA가 수축되기 시작하면, 저항의 초기 상승 후 기하학적 효과는 빠르게 효력을 발휘하여, 수축하는 대부분의 기간 동안 SMA 액추에이터의 저항이 감소된다. 이는 수축의 정도가 하락하여 저항이 상승할 수 있도록 상 변화가 거의 모든 SMA에서 발생할 때까지 발생한다.

<179> 따라서, SMA는 렌즈 요소(6)의 위치(x)에 대응하는 SMA의 길이에 대한 SMA의 저항의 그래프인 도 8에 도시된 형태의 곡선을 따라 가열 및 수축 도중 길이와 함께 저항이 변하는 특성을 가지며, 이때 길이는 SMA가 온도 증가에 대응하여 수축될 때 증가된다. 따라서, 상 전이 범위에 걸쳐, 렌즈 요소(6)는 SMA의 수축으로 인한 위치 범위( $\Delta x$ )를 가로질러 이동한다. 저항은 위치 범위( $\Delta x$ )의 초기 작은 부분에 걸쳐 저항값( $R_{max}$ )을 갖는 로컬 최대값(60, local maximum)으로 상승한다. 저항은 위치 범위( $\Delta x$ )의 대부분에 걸쳐 저항값( $R_{min}$ )을 갖는 로컬 최소값(61, local minimum)으로 하강한 후, 위치 범위( $\Delta x$ )의 마지막 작은 부분에 걸쳐 상승한다.

<180> SMA 재료의 이러한 특성으로 인해, 제어 회로(50)는 아래와 같이 계측된 저항을 기초로 제어를 수행한다. 가열되지 않은 상태에서부터, 제어 회로(50)는 로컬 최대 저항이 검출될 때까지 SMA 와이어 부재(31)를 가열한다. 이는 수축이 발생하기 시작했다는 것을 나타내는데 사용된다. 실제로는, 소량의 수축은 이미 발생되어 있다. 하지만, 로컬 최대 저항(60)은 쉽게 검출될 수 있는 반면에, 위치 범위( $\Delta x$ )의 시작은 쉽게 검출되지 않는다. 따라서, 로컬 최대 저항(6)이 사용되고, 이는 큰 이동 손실 없이 위치 범위( $\Delta x$ )의 시작과 매우 근접한다.

<181> 그 후, 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 가열하여, 계측된 저항을 위치의 계측으로 이용한다. 로컬 최소 저항(61)은 위치 범위( $\Delta x$ )의 종단을 나타내는데 사용된다. 실제로는, 소량의 수축이 계속해서 존재한다. 하지만, 로컬 최소 저항(61)은 쉽게 검출될 수 있는 반면에, 위치 범위( $\Delta x$ )의 종단은 쉽게 검출되지 못한다. 따라서, 로컬 최소 저항(61)이 사용된다. 이는 큰 이동 손실 없이 위치 범위( $\Delta x$ )의 종단과 매우 근접한다. 또한, 로컬 최소 저항(61) 위의 위치 범위( $\Delta x$ )를 이용하면 상세하게 후술되는 바와 같이 SMA 와이어 부재(31)의 사용 수명을 감소시킬 수 있다.

<182> 제어 회로(50)는 펄스 폭 변조(PWM, pulse-width modulation)를 사용한다. 특히, 제어 회로(50)는 (정전류 또는 정전압일 수 있는) 펄스 폭 변조된 전류 펄스(current pulse)를 인가하고 인가된 전류의 전력을 변경하여 가열하기 위해 듀티 사이클(duty cycle)을 변경한다. PWM의 사용은 공급된 전력량이 파인 레졸루션(fine resolution)에 의해 정확하게 제어될 수 있다는 장점을 제공한다. 이 방법은 낮은 구동 전력에서도 높은 신호 대 노이즈 비율을 제공한다. PWM은 공지된 PWM 기술을 사용하여 수행될 수 있다. 통상적으로, 제어 회로(50)는 예컨대, 5% 내지 95% 범위에서 변하는 듀티 사이클을 갖는 전류 펄스를 연속적으로 공급할 것이다. 듀티 사이클이 이러한 범위에서 낮은 값에 있을 때, SMA 와이어 부재(31)의 평균 전력은 낮아서, 와이어는 약간의 전류가 공급되어도 냉각된다. 반대로, 듀티 사이클이 상기 범위에서 높은 값에 있을 때, SMA 와이어 부재(31)는 가열된다. 저항은 예컨대, 펄스의 개시로부터 소정의 짧은 지연 후에 전류 펄스 도중 계측된다.

<183> 상 전이 범위 아래의 냉각 상태에서부터 SMA 와이어 부재(31)를 가열하는 도중에, 저항은 표본에서 표본에 걸쳐(from sample to sample) 일관된 방식과 연속적인 가열 사이클에서 도 8에 도시된 방식으로 위치와 함께 변한다. 하지만, 냉각 도중에 저항은 유사한 형태의 곡선을 따라 변경되지만, 저항의 변화는 표본에 걸쳐 덜 반복적이며 가열과 비교하여 가변적 이력 현상(hysteresis)이 존재한다. 이는 전체적인 냉각 도중 저항이 위치의 계측으로 사용되는 것을 방지하지 않지만, 냉각의 정확도를 감소시킨다. 이러한 문제는 위치 제어가 후술되는 바와 같이 표본의 가열 도중에만 수행되는 소정의 반복적인 이동을 제어 회로(50)가 수행함으로써 방지될 수 있다.

- <184> 제어 회로(50)는 다음의 구성 요소를 포함한다.
- <185> 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)에 전류를 공급하도록 연결된 구동 회로(53)를 포함한다. 구동 회로(53)는 정전압 전류원(constant-voltage current source) 또는 정전류 전류원(constant-current current source)일 수 있다. 예컨대, 후자의 경우 정전류는 120mA 정도일 수 있다.
- <186> 제어 회로(50)는 SMA 액추에이터(30)의 저항을 검출하기 위해 배열된 검출 회로(54)를 더 포함한다.
- <187> 구동 회로(53)가 정전류 전류원인 경우, 검출 회로(54)는 SMA 와이어 부재(31)의 저항의 계측값인 SMA 액추에이터(30)를 가로지르는 전압을 검출하도록 작동하는 전압 검출 회로일 수 있다.
- <188> 구동 회로(53)가 정전압 전류원인 경우, 검출 회로(54)는 전류 검출 회로일 수 있다.
- <189> 더 높은 정밀도를 위해, 검출 회로(54)는 SMA 액추에이터를 가로지르는 전압 및 전류를 검출하고 그 전압과 전류의 비율로 저항의 계측값을 유도하도록 작동하는 전압 검출 회로 및 전류 검출 회로를 포함할 수 있다.
- <190> 특히, 전기 접속부(55)가 납땜에 비해 가변적이고 매우 큰 전기 저항을 가지며 상당한 온도 계수를 갖는 전도성 접착제에 의해 형성되는 경우, 전기 접속부의 저항에 의해 곤란함이 발생된다. 검출 회로(54)는 사실상 SMA 액추에이터(30)와 전기 접속부(55)의 전체 저항을 계측한다. 따라서, 전기 접속부(55)의 가변적이고 온도 의존적인 저항은 정확한 위치 제어가 시도될 때 상당한 정밀도 문제를 야기한다.
- <191> 이 문제는 도 18에 도시된 바와 같이 각 장착 부재(32)를 변형하고 도 19에 도시된 바와 같이 제어 회로를 변형하여 극복되며, 이러한 구조가 이제 후술될 것이다.
- <192> 각 장착 부재(32)는 서로 인접하게 배열되어 장착 부재(32)의 나머지 부분으로부터 돌출한 2개의 개별 단자(33)를 구비하며, 2개의 개별 단자 사이에는 간극이 제공된다. 개별적인 전기 접속부(56, 57)는 전과 같이 전도성 접착제에 의해 전과 같이 형성된 각각의 단자로 이루어진다. 각 장착 부재(32)의 제1 전기 접속부(56)는 구동 회로(53)에 연결된다. 각각의 장착 부재(32)의 제2 전기 접속부(56)는 검출 회로(54)에 연결된다. 또한, 검출 회로(54)는 SMA 액추에이터(30)를 가로지르는 전압을 검출하도록 작동하는 전압 검출 회로이다. 이는 SMA 액추에이터(30)의 저항의 계측값을 제공하도록 사용된다. 대안적으로 다른 검출 회로가 SMA 검출기(30)를 통과하는 전류를 검출하기 위해 배열될 수도 있지만 SMA 액추에이터(30)를 거치는 전압이 저항의 직접적인 계측값이 되도록 구동 회로(53)는 정전류 전류원인 것이 바람직하다.
- <193> 검출 회로(54)는 전압 검출 회로이기 때문에 구동 회로(53)에 의해 공급되는 전류보다 훨씬 적은 전류, 통상적으로 상당한 정도 적은 전류를 인출한다. 예컨대, 검출 회로(54)의 입력 저항은 25℃에서 통상적으로 SMA 액추에이터(30)의 저항의 적어도 10배이다. 이것은 저항에 의해 전기 접속부(57)를 가로질러 강화된 전압이 전기 접속부(55)를 가로질러 강화된 전압보다 낮다는 것을 의미한다. 통상적으로, 전기 접속부(57)의 저항은 무시할 수 있는 정도의 효과를 갖는다. 따라서, 검출 회로(54)는 SMA 액추에이터(50)를 가로지르는 전압을 정밀하게 그리고 전기 접속부(57)의 저항과 무관하게 검출한다. 이러한 방식으로, 저항의 변화가 저항 계측으로부터 제외될 수 있어, SMA 액추에이터(30)의 정밀한 위치 제어가 수행된다.
- <194> 적절한 마이크로프로세서에 의해 수행되는 제어기(52)는 펄스 폭 변조된 전류를 공급하도록 구동 회로(53)를 제어한다. 제어기(52)는 검출 회로(54)에 의해 계측된 저항을 수용하고 그에 응답하여 PWM 제어를 수행한다.
- <195> 제어 회로(50)에 대한 3개의 상세한 회로 예시가 도 9 및 도 10에 도시된다.
- <196> 도 9의 제1 회로 예시는 칩이지만, 제한된 성능을 갖는다. 특히, 구동 회로(53)는 양극 트랜지스터(120)의 간단한 장치를 사용하여 구현된 정전류 전류원이다. 전압 검출기 회로(54)는 한 쌍의 다이오드(121) 및 저항기(122)의 간단한 브릿지 장치로 형성된다.
- <197> 도 10의 제2 회로 예시는 더 정확하지만, 더 고가이다. 특히, 구동 회로(53)는 연산 증폭기(124, operational amplifier)에 의해 제어되는 MOSFET 트랜지스터(123)에 의해 구현된 정전류 전류원이다. 검출 회로(125)는 2개의 저항기(125)의 브릿지 장치에 의해 구현되며, 그 출력은 연산 증폭기(126)에 의해 증폭된다. 연산 증폭기(126)로 인해 제어기(52)의 A/D 변환기는 전체 동적 범위(full dynamic range)를 사용할 수 있게 된다.
- <198> 제어 회로(50)는 계측된 저항이 목표값이 되도록 피드백 신호로서 SMA 액추에이터의 계측된 저항을 사용하여 전류의 전력을 변경한다. 특히, 펄스 폭 변조된 전류의 듀티 사이클이 변경된다. 제어기(52)는 듀티 사이클을 변경하기 위해 다수의 제어 알고리즘을 수행한다. 하나의 가능성은 듀티 사이클이 검출된 저항과 목표 저항 간의 차이에 비례하는 양만큼 변경되는 비례 제어이다. SMA 와이어 부재(31)는 활성 온도 구역(active



temperature region)을 가로질러 가열되기 때문에, 저항의 감소는 피드백 제어 기술에 의해 감지 및 사용된다. 피드백 제어의 안정성은 가열 도중 SMA 와이어 부재(31) 자체의 고유한 비례-적분 작용(proportional-integral action)에 의해 유지된다. 전체 피드백 반응은 SMA 와이어 부재(31)의 가열 전체의 반응에 의해 지배된다. 이러한 비례 제어 피드백 루프는 정확한 위치 제어를 제공한다.

- <199> SMA 와이어 부재(31)는 그 반응 내에서 일부 비선형성을 가질 수 있다. 이러한 비선형성은 제어 회로(50) 내에서 사전 보정(precompensation)을 포함시킴으로써 제한될 수 있다. 하나의 옵션은 사전 보정이 예컨대, 요구 신호의 히스토리 및 요구를 기초로 구동 회로(53)에 공급된 출력 신호에 대한 게인 또는 오프셋 변경기(gain or offset modifier)로 구성되는 것이다. 이는 충분한 피드백이 SMA 와이어 부재(31)를 제어하도록 존재하지 못하는 경우 가장 유리하다.
- <200> 제어 회로(50)는 자동 초점 알고리즘을 구현할 수 있다. 이 경우, 제어는 예컨대, 화상 센서(4)로부터의 화상 신호로부터 제어기(52)에 의해 유도되는 변조 전달 함수 또는 공간 주파수 응답과 같은 화상의 초점의 계측을 기초로 할 수 있다. 넓은 범위의 적절한 계측은 공지되어 있으며, 이러한 계측들 중 하나가 적용될 수 있다.
- <201> 이 경우, 초점의 계측의 파생(derivation)이 느려지는 제한이 존재한다. 이를 극복하기 위해, 많은 초점 위치를 가로지르는 스캔 중, 제어 회로(50)는 초점의 계측으로부터 결정된 소정의 초점 위치에서 저항을 결정할 수 있다. 그 후, 스캔의 종료시 렌즈 요소(6)는 초점 계측이 아닌 저항을 기초로 하는 동일한 위치로 다시 구동된다.
- <202> 이 경우, 화상 센서(4)로부터의 화상 신호가 1차 피드백 파라미터를 유도하는데 사용되고, 단일의 자동 초점 사이클 도중에 인지 가능한 변화가 존재하지 않기 때문에, 반복되는 사이클 및 에이지(age)에 대한 2차 파라미터인 위치 계측의 절대값의 어떠한 드리프팅(drifting)도 무관하다. 제공된 카메라(1) 내에, 저항은 고온일 때 10Ω에서 저온일 때 12Ω까지 변할 수 있어서, 수백 k 사이클 동안 고온일 때 15Ω으로 그리고 저온일 때 20Ω으로 변할 수도 있다. 하지만, 임의의 사이클에 대해, 가장 양호한 초점은 충분한 정확도에 대한 특정 저항에 대응할 것이다. 따라서, 절대치와 관계없이 이러한 특정 저항으로 복귀하는 것만이 필요하다.
- <203> 제어기(52)에 의해 수행될 수 있는 제어 알고리즘의 일 예가 도 11에 도시되며, 이제 설명될 것이다. 도시를 위해, 시간에 따라 렌즈 요소(6)의 저항이 변하는 예를 도시한 도 12도 역시 참조된다. 이러한 제어 알고리즘은 기준으로 로컬 최대 저항(60)을 사용한다.
- <204> 단계(S1)에서, 전력이 카메라(1)와 제어 회로(50)에 제공된다. 가열되지 않은 SMA 와이어 부재(31)는 마르텐자이트 상이다.
- <205> 단계(S2)에서, 화상을 캡처하라는 명령이 대기된다. 화상을 캡처하라는 명령이 수신된 후, 초점 검출 작업(01)이 수행되고 그 후 초점 형성 작업(02)이 수행된다.
- <206> 초점 검출 작업(01)은 이하의 단계들을 포함한다.
- <207> 단계(S3)에서, 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 가열되지 않은 상태에서부터 가열시킨다. 초기에는, 최대 듀티 사이클(duty cycle)을 갖는 펄스 폭 변조된 전류를 공급하는 제어 회로(50)에 의해 가열이 수행된다. 따라서, 저항은 곡선(71)에 의해 도시된 바와 같이 상승한다. 가열이 계속되면, 로컬 최대 저항(72)에 도달되며, 이는 도 8의 로컬 최대 저항(60)에 상응한다.
- <208> 가열 도중, 제어기(52)는 로컬 최대 저항(72)을 검출하기 위해 SMA 와이어 부재(31)의 저항의 계측으로 검출기 회로(54)에 의해 검출된 SMA 와이어 부재(31)를 가로지르는 전압을 모니터링한다.
- <209> 로컬 최대 저항(72)의 검출 시, 단계(S4)에서 일련의 목표값(73, 74)이 유도된다. 우선, 상위 목표값(73)은 검출된 로컬 최대 저항(72)의 저항값으로부터 유도된다. 상위 목표값(73)은 단계(S3)에서 검출된 로컬 최대 저항(72)의 저항값일 수도 있지만, 저항값은 소정량 감소된 것이 더 바람직하며, 여기서, 도 8에 도시된 곡선의 더 큰 경사는 더욱 정확한 위치 제어를 가능하게 한다. 그 후, 상위 목표 저항값 아래로 소정량 감소된 소정 수의 추가적인 목표값(74)이 유도된다. 도 12에서, 편의상 제한된 수의 추가적인 목표값(74)이 도시되었지만, 통상은 임의의 수의 목표값(73, 74)이 존재할 수 있다. 즉, 카메라(1)의 특정한 장점은 다수의 위치에서 정확한 위치 제어를 수행할 수 있다는 것이다.
- <210> 목표값(73, 74)은 범위를 가로질러 선형으로 배치될 수 있지만, 달리 고르지 않게 분산될 수도 있으며, 예컨대 상기 범위의 특정 부분에 집중될 수도 있다.

- <211> 단계(S5) 내지 단계(S7)에서, 일련의 목표값(73, 74)을 가로지르는 스캐닝이 수행된다. 이는 피드백 제어 루프에 대한 일련의 목표값 중 연속하는 목표값들을 단계(S5)에서 설정하여 SMA 와이어 부재(31)가 상기 목표값들 중 하나의 값으로 가열되게 함으로써 수행된다. 따라서, 도 12에서 저항은 목표값(73, 74) 중 하나의 레벨에서 각각 연속적인 평탄역으로 유도된다. 목표값(73, 74)이 연속적으로 감소되면, SMA 와이어 부재(31)의 온도는 단조롭게 상승된다.
- <212> 상위(초기) 목표값(73)을 구할 때, 단계(S5)는 후술되는 바와 같은 "래치팅(ratcheting)" 방법을 채용할 수 있다.
- <213> 또한, 추가적인 목표값(74)을 구하는 도중, 단계(S5)는 후술되는 바와 같은 안전 루틴(safety routine)을 채용할 수 있다.
- <214> 계측된 저항이 단계(S5)에서 소정의 목표값(73, 74)에 도달한 후, 단계(S6)에서는 화상 센서에 의해 화상이 캡처되고 화상 센서(4)에 의해 출력된 화상 신호의 초점의 질의 계측이 유도되어 제어기(52)의 메모리에 저장된다.
- <215> 단계(S7)에서는, 일련의 목표값(74) 중 남은 목표값이 있는지가 결정된다. 일련의 목표값 중 남은 목표값이 존재하고 로컬 최소 저항이 검출되지 않았다면, 상기 방법은 단계(S5)로 복귀하여, 프로세스는 목표값(73, 74) 각각에 대해 반복된다. 이러한 방식으로 SMA 와이어 부재(31)가 스캐닝 도중 가열될 때, 화상 신호의 초점 질이 모니터링된다.
- <216> 단계(S5)의 일부를 형성하는 안전 루틴이 이제 고려될 것이다. 상기 일련의 목표값(73, 74)은 모두 SMA 와이어 부재(31)의 예측된 특성을 기초하는 로컬 최소 저항(61)의 예측 저항값 위에 존재하는 것으로 의도된다. 하지만, 목표값이 예컨대 사용 수명 동안 SMA 와이어 내의 물리적 변화 또는 카메라(1) 구성 요소의 제조 공차로 인해 로컬 최소 저항(61)의 실제 저항값 아래로 있게 되는 위험이 존재한다. 이러한 점이 발생하면, 피드백 루프의 결과로 제어기(52)는 도달하기 어려운 목표값(74)을 구하기 위한 시도에서 SMA가 계속적으로 가열되게 할 가능성이 존재한다. 이는 SMA 와이어 부재(31)를 손상시킬 수 있다. 따라서, 안전 루틴은 도 8의 로컬 최소 저항(61)에 대응하는 로컬 최소 저항(76)을 검출하기 위해 계측된 저항값이 모니터링되는 단계(S5)의 일부로서 수행된다. 이러한 로컬 최소 저항이 검출되면, 제어기(52)는 SMA 와이어 부재(31)에 공급되는 전력을 즉시 감소시킨다. 그 후, 새로운 목표값(78)이 검출된 로컬 최소 저항(74)의 저항값 위로 소정량 증가되게 설정된다.
- <217> 도 12는 로컬 최소 저항(76)의 실제 저항값 아래에 마지막 추가적인 목표값(74)이 존재하는 예를 도시한다. 이 경우, 마지막 추가적인 목표값(74)을 구하기 위한 단계(S5)의 가열로 인해 로컬 최소 저항(76)이 도달된다. 이는 안전 루틴에 의해 검출되고, 전력은 감소되어 저항이 다른 로컬 최소 저항(77)을 통해 후퇴된다. 그 결과, 새로운 목표값(78)이 검출된 로컬 최소 저항(76) 위로 소정량만큼 증가되도록 설정된다. 새로운 목표값(78)은 저항이 새로운 목표값(78)의 수준에서 평탄역(79)이 되도록 SMA 와이어 부재(31)를 가열하도록 피드백 제어 루프에 대해 설정된다.
- <218> 또한, 로컬 최소 저항(76)이 검출되면, 일련의 목표값들 중 남은 목표값들은 사용되지 않는다. 마찬가지로, 검출된 로컬 최소 저항(76)의 저항값이 저장되고 그 후 단계(S4)에서 일련의 목표값(73, 74)이 저장된 저항값 아래의 임의의 목표값(73, 74)으로 유도될 때 상기 일련의 목표값으로부터 거부된다.
- <219> 단계(S8)에서, 초점 질의 저장된 계측은 초점 질이 용인될 수 있는 수준인 제어 신호의 초점값을 유도하는데 사용된다. 이는 가장 간단하게는 초점 질의 가장 양호한 계측을 갖는 복수의 시험값들 중 하나를 선택하여 수행된다. 달리, 곡선 맞춤(curve-fitting) 기술을 이용하여 시험 값들로부터 가장 양호한 초점을 제공할 수 있는 저항의 값이 예측될 수도 있다. 곡선 맞춤은  $M > 1$ 인  $M$ 차 다항식과 같은 간단한 수학적일 수 있거나 또는 대표신(representative scenes)으로부터 미리 계측된 곡선의 라이브러리(library)로부터 취해진 곡선에 대한 최적 맞춤(best-fit)으로 선택될 수도 있다. 초점값은 다음 사용을 위해 제어기(52)의 메모리에 저장된다. 도 12는 저장된 초점값(80)에 대한 일 예를 도시한다.
- <220> 단계(S5) 내지 단계(S7) 이후에 초점값을 결정하는 대신에, 단계(S5) 내지 단계(S7) 도중에 즉각적으로(on-the-fly) 결정될 수도 있다.
- <221> 초점 형성 작업(02)은 이하의 단계들을 포함한다.
- <222> 단계(S9)에서, 플라이백(flyback)이 발생한다. 특히, 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)가 냉각되어 다시 마르텐사이트 상이 되게 한다. 이는 최소 듀티 사이클을 갖는 펄스 폭 변조된 전류를 인가하여 수행될 수 있다.

만, 전류를 전혀 인가하지 않고 달성될 수도 있다. 플라이백 상의 종료를 나타내는 마르텐자이트 상으로의 변형은 검출기 회로(54)에 의해 계측된 전압을 모니터링하는 제어기(52)에 의해 검출될 수 있다. 달리, SMA 와이어 부재(31)가 임의의 예측되는 작동 상태 이하로 냉각될 수 있도록 충분히 길게 선택된 소정의 시간 동안 플라이백 상이 유지될 수 있다. 플라이백은 도 12의 곡선(81)에 의해 도시된다.

- <223> 다음으로, 단계(S10)에서 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 가열하여 단계(S8)에서 결정되어 저장된 초점 값에 대응하는 위치로 복귀시킨다. 이는 피드백 신호로 사용되는 SMA 와이어 부재(31)를 가로지르는 계측된 전압이 저장된 초점 값(80)이 되도록 저장된 초점값(80)이 목표값으로 사용되는 피드백 제어 기술을 적용한 제어 회로(52)에 의해 달성된다. 온도 상승은 다시 초점 검출 작업(01)에서와 같이 단조롭다. 따라서, 도 12에서 가열 도중 저항은 곡선(82)에 의해 도시된 바와 같이 변한 후 저장된 초점 값(80)의 수준에서 평탄역(83)이 된다.
- <224> 상술된 바와 같이, 단계(S9)를 포함하여 얻어진 플라이백 기술의 결과로서 초점값(80)은 가열 사이클에 도달하고, 따라서 SMA 와이어 부재(31) 내의 이력 현상의 문제가 극복된다. 따라서, 렌즈 요소(6)는 저장된 초점값(80)에 대응하는 위치에 있는 것으로 간주된다.
- <225> 화상은 이제 적절하게 초점이 형성되기 때문에, 단계(S11)에서 화상은 화상 센서(4)에 의해 캡처된다. 캡처된 화상은 메모리에 저장된다.
- <226> 제어기(52)에 의해 수행될 수 있는 대안적 제어 알고리즘의 일례가 도 13에 도시되며 이제 설명될 것이다.
- <227> 단계(S1)에서, 전력이 카메라(1) 및 제어 회로(50)에 공급된다. 가열되지 않은 SMA 와이어 부재(31)는 마르텐자이트 상이다.
- <228> 시동 후 즉시, 제어 회로는 후술되는 단계를 포함하는 예비 캘리브레이션 작업(03)을 수행한다.
- <229> 단계(S31)에서, 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 가열되지 않은 마르텐자이트 상으로부터 가열한다. 초기에, 가열은 최대 듀티 사이클을 갖는 펄스 폭 변조된 전류를 공급하는 제어 회로(50)에 의해 달성된다. 제어기(52)는 SMA 와이어 부재(31)의 저항의 계측으로서 검출기 회로(54)에 의해 검출된 SMA 와이어 부재(31)를 가로지르는 전압을 모니터링한다. 저항은 상술한 바와 같이 변하여, 증가되고, SMA 와이어 부재(31)가 수축되기 시작한 후부터 로컬 최대 저항(60)을 통과하고, 감소되어 수축이 중지될 때 로컬 최소 저항(61)에 도달하도록 변경된다. 단계(S31)에서 가열 도중, 로컬 최대 저항(60) 및 로컬 최소 저항(61)은 제어 회로(50)에 의해 검출된다.
- <230> 로컬 최대 저항(60)이 검출되면, 가열은 제어 루프 내에 연속적인 낮은 저항의 일련의 목표값을 설정하여 달성된다. 초기(상위) 목표값은 검출된 로컬 최대 저항(60)의 저항값 아래로 소정량 감소된 값이다. 초기 목표값을 구할 때, 후술되는 바와 같이 "래치팅"이 채용된다.
- <231> 로컬 최소 저항(61)이 검출되면, 가열은 중지되고 SMA 와이어 부재(31)는 냉각이 허용된다. 이 상태에서는 전류 또는 최소 듀티 사이클을 갖는 펄스 폭 변조된 전류가 인가되지 않는다.
- <232> 단계(S32)에서, 저항 범위 크기가 유도된다. 저항 범위 크기는 이후에 SMA 와이어 부재(31)가 가열되는 목표값의 범위를 유도하는데 사용하기 때문에 제어기(52)의 메모리에 저장된다. 저항 범위 크기는 검출된 로컬 최대 저항의 저항값과 검출된 로컬 최소 저항의 저항값 사이의 차이 또는 이러한 차이보다 상당히 작은 소정량 보다 작은 차이로 계산된다. 후자는 도 8에 도시된 곡선의 더 큰 경사가 피드백 제어 루프와 함께 더욱 정확한 위치 제어를 가능하게 하는 경우에 상위 및 하위 목표값이 로컬 최대 저항과 로컬 최소 저항 바로 내측에 설정하는 경우 더욱 일반적이다.
- <233> 단계(S2)에서, 화상을 캡처하라는 명령이 대기된다. 그 후, 초점 검출 작업(01)이 수행되고 난 후 초점 형성 작업(02)이 수행된다.
- <234> 초점 형성 작업(01)은 후술되는 단계들을 포함한다.
- <235> 단계(S3)에서, 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 가열되지 않은 상태에서부터 가열한다. 이는 상술된 도 11의 제어 알고리즘의 단계(S3)와 동일하다.
- <236> 로컬 최대 저항(60)을 검출하면, 단계(S61)에서는 저항을 변경하여 로컬 최대 저항(60)과 로컬 최소 저항(61) 사이의 위치를 변경하기 위해 일련의 목표값이 유도된다. 이는 목표값이 다른 방식으로 유도되는 것을 제외하면 상술된 도 11의 제어 알고리즘의 단계(S6)와 동일하다. 상위 목표값은 단계(S3)에서 검출된 로컬 최대 저항

(60)의 저항값으로 유도되거나, 더욱 바람직하게는 도 8에 도시된 곡선의 더 큰 경사가 더욱 정확한 제어를 가능하게 하는 경우 소정의 감소량보다 작은 저항값으로 유도된다. 하위 목표값은 단계(S32)에서 저장된 저항 범위 크기보다 작은 상위 목표값으로서 유도된다. 중간 목표값은 상위 목표값과 하위 목표값 사이에서 유도된다. 목표값은 범위에 걸쳐 선형적으로 배치될 수 있지만, 예컨대 상기 범위의 특정 부분에 집중되는 것과 같이 불균일하게 분산될 수도 있다.

- <237> 로컬 최소 저항(61)은 초점 검출 작업(01)의 일부로서 검출되지 않지만, 그 값은 로컬 최대 저항(60)의 새롭게 검출된 저항값 및 캘리브레이션 작업(03)에서 유도된 로컬 최소 저항 및 로컬 최대 저항의 저항값들 사이의 차이로부터 효과적으로 예측된다. 이러한 차이는 카메라(1)의 작업 주기에 걸쳐 크게 드리프트링 하지 않기 때문에, 이는 충분한 정밀도를 제공한다. 따라서, 하위 목표값은 로컬 최소 저항(61)의 저항값에 또는 로컬 최소 저항의 저항값 바로 위에 위치된다.
- <238> 그 후, 초점 검출 작업(01)은 상술된 도 11의 제어 알고리즘의 단계(S5) 내지 단계(S8)과 동일한 단계(S5) 내지 단계(S8)로 구성된다.
- <239> 초점 형성 작업(02)은 상술된 도 11의 제어 알고리즘의 초점 형성 작업(02)과 동일하다.
- <240> 단계(S11)에서, 화상은 화상 센서(4)에 의해 캡처된다. 캡처된 화상은 메모리에 저장된다.
- <241> 물론, 도 11 및 도 13의 방법으로 수행되는 다양한 단계들의 순서는 단지 예시일뿐이며 변경될 수 있다. 예컨대, 초점 검출 작업(01)은 화상을 캡처하는 단계(S11) 및 초점 형성 작업(02)과 독립적으로 수행될 수 있다.
- <242> 상술된 "래치팅" 방법은 도 14에 도시되며 이제 설명될 것이다. 이 방법은 단계(S2)의 일부 및/또는 단계(S5)의 일부로서 채용될 수 있다.
- <243> "래치팅" 방법의 목적은 후술되는 바와 같이 발생할 수 있는 파괴 조건을 피하기 위한 것이다. 가열되지 않은 상태인 SMA 와이어 부재(31)의 평형 위치는 통상적으로 SMA 와이어 부재(31) 내에 발생하는 힘과 서스펜션 시스템(9)으로부터의 편의력이 균형을 이루는 위치가 되도록 취해진 고정 위치로 간주된다.
- <244> 하지만, 사실상 평형 위치는 종종 정상적인 평형 위치를 넘어 SMA 와이어 부재(31)를 신장시키는 효과를 가질 수 있는 작동 장치의 진동 또는 충격에 의해 영향을 받을 수 있다. 이러한 상태에서, 로컬 최대 저항은 SMA 와이어 부재(31)를 가열할 때 검출되고, 이 후 단계(S2) 및 단계(S5)에서 목표값이 검출된 로컬 최대 저항의 저항값 아래로 소정량 감소되게 설정된다.
- <245> 파괴 조건은 SMA 와이어 부재(31)가 정상적인 평형 위치를 넘어 신장되지 않은 경우 발생할 수 있는 로컬 최대 저항(60)의 저항값보다 목표값이 클 때 발생한다. 이는 신장의 정도가 목표값을 유도하는데 사용되는 소정량의 감소분에 비해 상당히 큰 경우이다. 이 경우에, 목표값이 구해지면, 초기에는 전류가 높은 듀티 사이클을 갖도록 인가되어 SMA 와이어 부재(31)를 가열함으로써 저항의 예측된 감소를 유발하는데, 이는 가열로 인해 SMA 와이어 부재(31)가 수축되기 때문이다. 목표값에 도달하거나 목표값을 넘었을 때, 듀티 사이클은 감소된다. 일반적으로 이는 예측된 저항값을 목표값에 도달하도록 감소시키는 예상된 거동을 유발할 수도 있다. 하지만, SMA 와이어 부재(31)는 여전히 정상적인 평형 위치를 넘어 신장되기 때문에, 전력이 감소된 경우에도 여전히 예측된 저항의 감소를 유발하는 SMA 와이어 부재(31)의 수축이 존재한다. 이는 전력이 추가로 감소되게 자극할 수 있다. 궁극적으로 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)가 최소 레벨로 냉각되는 파괴 조건에 도달할 수 있다.
- <246> "래치팅" 방법은 후술된 바와 같이 이러한 파괴 상태를 예방할 수 있다.
- <247> 단계(S101)에서, 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 가열하고 이전과 같이 로컬 최대 저항을 검출하기 위해 예측된 저항을 모니터링한다.
- <248> 로컬 최대 저항의 검출 시, 단계(S102)에서 제어 회로(50)는 검출된 로컬 최대 저항의 저항값 아래로 소정량의 감소되게 목표값을 설정한다. 그 후, 제어 회로(50)는 예측된 저항을 목표값이 되도록 시도한다. 이러한 상태가 발생하는 동안, 단계(S103)에서 제어 회로(50)는 공급된 전류의 전력 감소가 감소하는 예측된 저항에 의해 수반되는 상태를 검출하도록 예측된 저항 및 공급된 전류의 전력을 모니터링한다. 이는 상술된 파괴 상태를 나타낸다. 이러한 상태 검출에 응답하여, 상기 방법은 단계(S101)로 복귀하여 제어 회로(50)는 새로운 로컬 최대 저항을 찾도록 SMA 와이어 부재(31)를 가열한다. 이러한 사이클은 단계(S102)에서 설정된 목표값이 SMA 와이어 부재(31)가 정상적인 평형 위치를 넘어 신장되지 않은 경우 발생할 수 있었던 로컬 최대 저항(60) 아래에 위치



될 때까지 반복된다. 이 경우 목표값이 도달될 수 있어서 작동이 정상적으로 진행된다.

- <249> 상술된 바와 같이, 로컬 최대 저항(60)은 개별적인 작동 장치에 대한 수축 개시의 신뢰적이고 반복 가능한 계측을 제공한다. 하지만, 작동 장치의 제조 및 조립시의 근본적인 공차로 인해, 상이한 작동 장치들 사이에서와 같이 SMA 액추에이터의 저항이 로컬 최대 저항(60)에 있을 때 가동 요소의 절대 위치에 대한 불확실성이 초래된다. 이러한 공차는 작동 장치의 세심한 설계를 통해 개선될 수 있지만, 완전히 제거될 수는 없다.
- <250> 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 해법은 기부(3)에 의해 형성된 정지부의 위치를 변경하는 것이다. 상술된 바와 같이, 기부(3)에 의해 형성된 정지부는 충격에 의해 유발된 렌즈(6)의 과도한 이동을 방지하지만, 정상적인 작동 중에는 렌즈 요소(6)와 접촉하지 않는다. 하지만, 기부(3)에 의해 형성된 정지부의 위치는 로컬 최대 저항(60)에 대응하는 상기 곡선상의 대응 길이에 있거나 또는 이러한 길이 위에 있는 최대 길이를 넘어 가열되지 않은 상태인 SMA 와이어 부재(31)가 연장하는 것을 방지하기 위해 가동 요소의 이동을 제한하도록 배열될 수도 있다. 이 경우, 기부(3)에 의해 형성된 정지부는 SMA 와이어 부재(31)의 신장을 제한하고 렌즈 요소(6)를 효과적으로 상승시켜, SMA 와이어 부재(31)의 변형을 감소시킨다. SMA 와이어 부재(31)를 가열하는 도중에, 렌즈 요소를 정지부로부터 분리 이동시키기에 충분한 응력이 SMA 와이어 부재(31)에 존재할 때까지 상 변화는 초기에 수축을 유발하지 않고 발생된다. 그 후, 이동은 정지부가 존재하지 않는 것처럼 구동된다. 이는 SMA 와이어 부재(31)가 가열되지 않은 상태에서의 렌즈 요소(6)의 위치가 정지부의 위치에 의해 고정된다는 것을 의미한다.
- <251> 이러한 배열은 렌즈 요소(6)의 이동 범위의 개시 위치가 기부(3)에 의해 형성된 정지부의 위치에 의해 제어되는 이점을 갖는다. SMA 와이어 부재(31)의 최대 길이가 모든 제조된 카메라(1)의 지지 구조물에 대한 가동 요소의 위치에 대한 최대 전체 공차(maximum overall tolerance)에 대응하는 도 8의 곡선상의 로컬 최대 저항(60)에 대응하는 길이에 위치하거나 또는 그 아래 위치하도록 정지부가 위치 설정된다. 정지부가 상대적으로 양호한 공차를 갖도록 위치될 수 있기 때문에,
- <252> 이는 렌즈 요소(6)의 이동 범위의 절대 개시 위치에 대한 공차를 크게 개선시킨다. 이는 도 8에 도시되며, 이때 SMA 와이어 부재(31)의 길이가 렌즈 요소(6)의 위치(x)가 감소할 때 증가하여 정지부는 도 8의 좌측 방향으로 렌즈 요소(6)의 이동을 방지한다. 도 8은 로컬 최대 저항(60)에 대응하는 곡선상의 길이( $L_{RM}$ )를 도시한다. 또한, 도 8은 각각 로컬 최대 저항(60)의 저항( $R_{max}$ )과 로컬 최소 저항(61)의 저항( $R_{min}$ ) 사이의 차이의 5% 및 40%만큼 로컬 최대 저항(60)의 저항( $R_{max}$ )로부터 아래에 위치된 저항에 대응하는 곡선상의 길이( $L_5$ ) 및 길이( $L_{40}$ )를 도시한다. 따라서, 정지부는  $L_{RM}$ 의 값 이하에 위치된 SMA 와이어 부재(31)에 대한 최대 길이를 제공하도록(즉, 도 8에서 우측에) 위치 설정된다.
- <253> 특히, 정지부는  $L_5$ 의 값 이하에 위치된 SMA 와이어 부재(31)에 대한 최대 길이를 제공하도록(즉, 도 8에서 우측에) 위치 설정된다. 이는 도 8에 도시된 곡선의 더 큰 경사가 더욱 정확한 위치 제어를 가능하게 하는 위치로부터 이동을 개시하는 장점을 갖는다.
- <254> 하지만, 기부(3)에 의해 형성된 정지부의 위치를 변경하면 적어도 일부의 카메라(1)에 대해 렌즈 요소(6)의 가용 이동 범위를 감소시키게 된다. 통상적으로, 정지부는 합리적으로 큰 이동 범위를 유지하기 위해  $L_{40}$ 의 값 이하인 SMA 와이어 부재(31)에 대한 최대 길이를 제공하도록(즉, 도 8의 좌측에) 위치 설정된다. 하지만, 다른 방법은 후술하는 바와 같이 렌즈 요소(6)의 2부분 형태에 의해 제공되는 조절을 사용한다.
- <255> 카메라(1)는 우선 렌즈 홀더(21) 없이 렌즈 캐리어(20)를 적소에 장착한 후 렌즈 캐리어(20)에 대한 모든 다양한 연결이 이루어진 후에 렌즈 홀더(21)를 장착하여 조립된다. 스크루 나사(22)를 사용하여, 캐리어(6)에 대해 그리고 이에 따라 화상 센서(4)에 대해 광축(0)을 따른 렌즈 시스템(7)의 위치를 조절하는 것이 가능하다. 이러한 조절은 제조 공차로 인해 발생하는 렌즈 시스템(7) 내의 렌즈(8)의 초점 길이 및 상대 위치의 어떠한 변화도 수용할 수 있도록 조립 중 이루어진다. 그 결과, 렌즈 시스템(7)은 렌즈 캐리어(20)에 대해 동일한 위치에 고정되어 유지된다.
- <256> 특히, 렌즈 홀더(6)의 위치는 무한으로부터 최단 거리까지의 범위 내의 소정의 거리의 대상물의 화상의 초점을 렌즈 시스템(7)에 의해 화상 센서(4) 상에 형성하도록 조절될 수 있다(즉, 원거리장 초점).
- <257> 하지만, 온도 변화에 의해 작동이 구동되기 때문에 잠재적 문제가 발생한다는 점이 인지되었다. 이는 사용 도중 높은 주위 온도로 인해 SMA 와이어 부재(31)가 제조 중의 상태에 비해 비가열 상태에서 수축된다는 것을 의미한다. 원거리장 초점이 제조 도중의 온도를 기초로 설정되면, 더 높은 주위 온도에서의 사용되는 도중 원거

리장 초점에 근접한 초점 범위 일부의 손실을 초래할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, SMA 와이어 부재(31)가 주위 온도보다 큰 소정의 온도로 가열될 때 원거리장 초점을 제공하도록 렌즈 요소(6)의 위치 조절이 수행된다. 이는 이러한 조절을 수행하거나, 또는 SMA 와이어 부재(31)가 이러한 가열시 수축하게 된다는 것을 고려하여 이러한 조절을 수행할 때 SMA 와이어 부재(31)를 실질적으로 가열함으로써 달성될 수 있다. 그 결과, 초점 형성은 모든 예측된 주위 온도에서 원거리장 초점까지 연장하는 범위 전체를 가로질러 달성될 수 있다.

- <258> 로컬 최대 저항(60)이 각각의 작동 장치에 대한 수축 개시의 신뢰적이고 반복 가능한 계측을 제공하지만, 로컬 최대 저항을 검출하는 시간에 가동 요소의 위치의 변화가 후속하는 작업 도중 가동 요소의 위치의 상응하는 변화를 유발하는 문제가 남아 있다. 이는 로컬 최대 저항에 상응하는 가동 요소의 위치가 변화될 수 있을 때, 특히 높은 주위 온도에서 가변적인 위치 제어를 초래할 수 있다.
- <259> 또한, 주위 온도가 저항이 로컬 최대값을 이미 통과했을 만큼 충분히 높을 수 있는 위험이 존재한다. 이 경우, 제1 위치 구역[카메라 렌즈 요소의 경우 초점 구역(focus zone)]의 위치가 변경될 것이다. 이는 온도 범위에 대해, 제어 가능한 위치가 절대 액추에이터 위치에 관해 변경될 수 있다는 것을 의미한다. 이는 바람직하지 못하다. 예컨대, 카메라가 화질과 상관없이 대체로 먼 초점[무한 초점(infinity focus)] 위치로 이동하는 것이 바람직한 카메라 렌즈 요소에 대한 자동 초점 알고리즘의 경우, 이는 액추에이터가 온도 범위에 대해 절대 위치에 대한 합리적인 정확도를 갖도록 설정되는 것을 요구한다.
- <260> 이러한 문제는 로컬 최대 저항 대신에 로컬 최소 저항(61)이 기준으로서 사용되는 제어 알고리즘을 사용하여 감소될 수 있다. 로컬 최소 저항(61)에서의 위치는 로컬 최대 저항(62)에서의 위치에 비해 안정적이라는 것이 관찰되었다. 특히, 이러한 위치는 주위 온도에 따라 변하지 않는다. 이는 로컬 최소 저항에서의 SMA의 온도가 주위 온도 범위 외측에서 양호하여 로컬 최소 저항에 대응하는 액추에이터 위치 역시 작동 온도 범위에 걸쳐 변하지 않기 때문이다. 이는 정확한 위치 설정을 가능하게 하여 정확한 초점 형성 제어를 가능하게 한다.
- <261> 기준으로 로컬 최소 저항(61)을 사용하고 제어기(52)에 의해 수행될 수 있는 다른 제어 알고리즘의 일 예가 도 15에 도시되며 이제 설명될 것이다. 이는 렌즈가 사용자에게 의해 요구되는 초점 구역에 대해 취해지는 간단한 제어 알고리즘이다.
- <262> 초기에, SMA 와이어 부재(31)는 비가열 상태여서 마르텐자이트 상이다.
- <263> 단계(S51)에서, 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 비가열 상태에서부터 가열한다. 초기 가열은 최대 듀티 사이클을 갖는 펄스 폭 변조된 전류를 공급하는 제어 회로(50)에 의해 수행된다. 가열 도중, SMA 와이어 부재(31)의 저항은 도 8에 도시된 곡선을 따라 이동한다. 제어기(52)는 로컬 최소 저항(61)을 검출하기 위해 SMA 와이어 부재(31)의 저항의 계측으로서 검출기 회로(54)에 의해 검출된 SMA 와이어 부재(31)를 가로지르는 전압을 모니터링한다.
- <264> 로컬 최소 저항(61)의 검출 시, 단계(S52)에서 목표값은 로컬 최소 저항(61)의 검출된 저항값으로부터 유도된다. 특히, 목표값은 로컬 최소 저항(61)의 검출된 저항값 위로 소정의 증분을 갖도록 유도된다. 이러한 소정의 증분의 크기는 사용자에게 의해 요구되는 초점 구역에 따라 결정된다.
- <265> 단계(S53)에서, 플라이백이 발생한다. 특히, 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 마르텐자이트 상으로 다시 냉각시킬 수 있다. 이는 최소 듀티 사이클을 갖는 펄스 폭 변조된 전류를 인가함으로써 수행될 수 있지만, 전류를 전혀 인가하지 않고도 수행될 수 있다. 플라이백 상의 종단을 나타내는 마르텐자이트 상으로의 변형은 검출기 회로(54)에 의해 계측된 전압을 모니터링하는 제어기(52)에 의해 검출될 수 있다. 달리, 플라이백 상은 임의의 예측된 작동 상태 하에서 SMA 와이어 부재(31)를 냉각시킬 수 있을 만큼 충분히 길게 선택된 소정의 시간 동안 간단하게 유지될 수도 있다.
- <266> 단계(S54)에서, 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 가열하여, SMA 와이어 부재(31)가 단계(S52)에서 유도된 목표값까지 가열되도록 단계(S52)에서 유도된 목표값을 피드백 제어 루프에 대해 설정함으로써 전력을 제어한다. 로컬 최소 저항(61)에서의 위치가 안정화되고 온도에 따라 변하지 않기 때문에, SMA 와이어 부재(31)가 목표값에 도달할 때 얻어진 초점은 신뢰적이고 반복 가능하다.
- <267> 이제 화상은 적절하게 초점이 형성되기 때문에, 단계(S55)에서 화상은 화상 센서(4)에 의해 캡처된다. 캡처된 화상은 메모리에 저장된다.
- <268> 도 15의 제어 알고리즘이 이제 설명될 도 16에 도시된 자동 초점 제어 알고리즘을 제공하기 위해 변형된다. 도 16을 위해, 사간에 다른 렌즈 요소(6)의 저항 변화의 일례를 도시한 도 17이 참조된다.

- <269> 단계(S50)에서, 전력은 카메라(1) 및 제어 회로(50)에 공급된다. 가열되지 않은 SMA 와이어 부재(31)는 마르텐 자이트 상이다.
- <270> 단계(S51)에서, 제어 회로(50)는 최대 듀티 사이클을 갖는 펄스 폭 변조된 전류를 인가하여 SMA 와이어 부재(31)를 가열한다. 제어기(52)는 로컬 최소 저항(90)을 검출하기 위해 SMA 와이어 부재(31)의 저항의 계측으로서 검출 회로(54)에 의해 검출된 SMA 와이어 부재(31)를 가로지르는 전압을 모니터링한다.
- <271> 로컬 최소 저항(90)의 검출 시, 단계(S52)에서 일련의 목표값(91)이 로컬 최소 저항(90)의 검출된 저항값으로부터 유도된다. 특히, 각각의 목표값(91)은 로컬 최소 저항(91)의 검출된 저항값 위로 각각 소정의 증분을 갖도록 유도된다. 일반적으로, 임의 숫자의 목표값(91)이 존재할 수 있다. 즉, 카메라(1)의 특정한 장점은 다수의 위치에 대해 정확한 위치 제어를 달성할 수 있다는 것이다. 목표값(91)은 범위에 걸쳐 선형적으로 배치될 수 있지만, 예컨대 범위의 특정 부분에서 집중되는 바와 같이 불균일하게 분산될 수도 있다.
- <272> 단계(S53)에서, 플라이백은 도 15를 참조하여 상술된 바와 같이 발생한다. 저항은 도 17의 곡선(92)에 의해 도시된 바와 같이 상승한다.
- <273> 단계(S56)에서, 화상을 캡처하라는 명령이 대기된다. 화상을 캡처하라는 명령이 수신된 후, 초점 검출 작업(03)이 수행되고 난 후 초점 형성 작업(04)이 수행된다.
- <274> 초점 검출 작업(03)은 이하의 단계들을 포함한다.
- <275> 단계(S57) 내지 단계(S59)에서, 일련의 목표값(91)을 가로질러 스캐닝이 수행된다. 이는 SMA 와이어 부재(31)의 목표값(91)들 중 연속된 목표값들을 단계(S57)에서 피드백 제어 루프에 대해 설정하여 SMA 와이어 부재(31)가 상기 목표값(91) 중 하나로 가열되게 함으로써 달성된다. 따라서, 도 17에서 저항은 목표값(91) 중 하나의 레벨에서 각각 연속된 평탄역(93)이 된다. 목표값(91)이 연속적으로 감소되면, SMA 와이어 부재(31)의 온도는 단조롭게 상승된다.
- <276> 초기 목표값(91)을 찾을 때, 단계(S57)는 상술된 "래치팅" 방법을 채용할 수 있다.
- <277> 계측된 저항이 단계(S57)에서 소정의 목표값(91)에 도달한 후, 단계(S57)에서는 화상이 화상 센서(4)에 의해 캡처되고 화상 센서(4)에 의해 출력된 화상 신호의 초점 질의 계측이 유도되어 제어기(52)의 메모리에 저장된다.
- <278> 단계(S59)에서는, 일련의 목표값(91) 중 남은 목표값이 존재하는 지가 결정된다. 남은 목표값이 존재한다면, 방법은 단계(S57)로 복귀하여 프로세스는 목표값(91) 각각에 대해 반복된다. 이러한 방식으로, SMA 와이어 부재(31)가 스캐닝 도중 가열되기 때문에, 화상 신호의 초점 질이 모니터링된다.
- <279> 단계(S60)에서, 초점 질의 저정된 계측값은 초점 질이 용인될 수 있는 수준인 제어 신호의 초점값을 유도하는데 사용된다. 이는 초점 질의 가장 양호한 계측값을 갖는 복수의 시험값 중 하나를 선택함으로써 가장 간단하게 수행된다. 달리, 곡선 맞춤 기술을 사용하여 시험값으로부터 가장 양호한 초점을 제공할 수 있는 저항의 값을 예측할 수 있다. 따라서, 초점값은 시험값 중 하나일 필요가 없다. 곡선 맞춤은  $M > 1$ 인  $M$ 차 다항식과 같은 간단한 수학적식일 수 있거나 또는 대표 신호로부터 미리 계측된 곡선의 라이브러리로부터 취해진 곡선에 대한 최적 맞춤(best-fit)으로 선택될 수도 있다. 초점값은 다음 사용을 위해 제어기(52)의 메모리에 저장된다. 도 17은 저장된 초점값(95)에 대한 일 예를 도시한다.
- <280> 단계(S57) 내지 단계(S59) 이후에 초점값(95)을 결정하는 대신에, 단계(S57) 내지 단계(S59) 도중에 즉시 초점값을 결정할 수도 있다.
- <281> 초점 형성 작업(04)은 이하의 단계를 포함한다.
- <282> 단계(S61)에서, 플라이백은 단계(S53)에 대해 상술된 바와 같이 발생한다. 저항은 도 17의 곡선(96)에 의해 도시된 바와 같이 상승한다.
- <283> 다음으로, 단계(S10)에서 제어 회로(50)는 SMA 와이어 부재(31)를 가열하여 단계(S60)에서 결정되어 저장된 초점값(95)에 대응하는 위치로 복귀시킨다. 이는 피드백 신호로서 사용되는 SMA 와이어 부재(31)를 가로지르는 계측된 전압이 저장된 초점값(95)이 되도록 저장된 초점값(95)이 목표값으로 사용되는 피드백 제어 기술을 적용하는 제어 회로(52)에 의해 달성된다. 온도는 초점 검출 작업(03)에서와 같이 역시 단조롭게 상승된다. 따라서, 도 17에서는 가열 도중 저항이 곡선(97)에 의해 도시된 바와 같이 변하여, 저장된 초점값(95)의 수준에서 평탄역이 된다.



- <284> 상술된 바와 같이, 단계(S61)를 포함하여 달성되는 플라이백 기술의 결과로서, 초점값(95)은 가열 사이클에 근접되어, SMA 와이어 부재(31) 내의 이력 현상의 문제가 극복된다. 따라서, 렌즈 요소(6)는 저장된 초점값(95)에 대응하는 위치에 있는 것으로 간주된다.
- <285> 이제 화상이 적절하게 초점 형성되었기 때문에, 단계(S63)에서 화상은 화상 센서(4)에 의해 캡처된다. 캡처된 화상은 메모리 내에 저장된다.
- <286> 다른 문제는 SMA 와이어 부재(31)의 사용 수명이다. SMA 와이어는 오래 사용되기 위해 전기 구동(electrical driving) 도중 조심해서 취급되어야 한다. 올바르게 구동된 SMA 와이어는 수십만 사이클 동안 견딜 수 있어야 한다. 카메라(1)는 통상적으로는 약 300,000 사이클 이상인 소정의 사용 수명 동안 견딜 수 있어야만 한다. SMA 와이어가 올바르게 않게 작동되면, 사용 수명이 끝나기 전에 손상되고 파괴되거나 또는 사양에서 벗어나 작동하게 될 것이다.
- <287> 이제, 손상의 이유 중 하나가 SMA 재료에 대한 저항-길이 곡선을 도시한 도 8을 참조로 설명될 것이다. 위치 범위( $\Delta x$ )의 상위 경계부에서 그리고 특히 로컬 최소 저항(61) 위에서, 대부분의 SMA 재료는 마르텐사이트 상으로부터 오스테나이트 상으로 변형된다. 소정 온도에서의 불완전한 전이의 이러한 불균일한 효과는 SMA 결정 구조에서 전이 온도의 통계적 확산에 기인한다. 또한, 가열은 추가적인 수축을 제공할 수 있지만, 부하는 상대적으로 적은 SMA 결정에 의해 형성된다. SMA 재료의 이러한 부분은 상대적으로 큰 부하를 받게 되어 그들의 구조 손상을 야기한다. 이러한 구역에서의 반복된 작동으로 인해, 상기 지점에 대해 상기한 손상이 악화될 수 있어, SMA 와이어 부재(31)가 이 지점에서 SMA 액추에이터의 소정의 사용 수명이 도달하기 전에 파괴 또는 사양을 벗어나 작동할 수 있다.
- <288> 따라서, 많은 기술들이 이러한 손상의 위험을 제한하기 위해 적용될 수 있다.
- <289> 제1 방법은 로컬 최소 저항(60)에 도달하거나 통과되는 것을 방지하는 것이다. 이는 카메라(1)의 변위 성능을 감소시켜 달성될 수 있다. 하지만, 카메라(1)의 변위를 감소시키는 것은 용인될 수 없는 수준으로 성능 사양을 감소시킬 수 있다. 이러한 효과는 카메라(1) 내에서 조립될 때 변형률이 증가하도록 SMA 와이어(31)의 길이부(42)의 나머지 길이를 감소시켜 처리될 수 있다. SMA 와이어(31)의 길이부(42)를 짧게 하는 효과와 휴지 상태에서 변형률을 증가시키는 효과는 소정의 온도 증가에 대해 와이어의 길이가 더 큰 비율로 감소하는 결과를 초래할 것이다. 이는 소정의 온도 증가에 대해 렌즈 요소(6)의 더 큰 공칭 이동을 초래한다. 따라서, 온도의 증가는 로컬 최소 저항(61)이 도달되는 것을 방지할 수 있는 수준으로 제한될 수 있다. 이는 제조 공차의 한계에서 모든 카메라(1)에 대한 안전값(safe value)에 있는 로컬 최대 저항으로부터의 저항의 최대 변화를 특정함으로써 달성된다.
- <290> 하지만, 스크리닝 캔(44, screening can)에 의해 제공된 정지부를 고려한 이러한 방법을 사용할 때는 주의를 기울여야 한다. 렌즈 요소(6)가 가열 도중 정지부와 접촉하면, SMA 와이어 부재(31)에 대한 손상이 발생할 확률이 크게 증가한다. 이는 최대 전력 구동 전류가 연속적으로 입력되는 제어 회로(50)의 파괴 상태 도중 발생할 수 있다. 그 결과, 스크리닝 캔(44)에 의해 제공된 정지부를 더 멀리 이동시켜야 할 필요가 있지만, 이는 제품 크기의 증가 또는 만족부(13)의 보호의 감소로 인해 이는 바람직하지 못하다.
- <291> 또한, 상술된 제어 알고리즘의 단계(S5)의 안전 루틴은 로컬 최소 저항이 검출되자마자 전력을 감소시킴으로써 짧은 주기 이상으로 로컬 최소 저항(61) 위의 상태로 SMA 와이어 부재(31)가 노출되는 것을 방지한다.
- <292> 최대 전력 구동 전류가 연속적으로 입력될 수 있게 하는 제어 회로(50)의 비파괴 모드가 존재하는 것을 보장하는 것이 중요하다. 최대 전력 구동 전류를 안전(연속) 작동 레벨로 간단하게 제한하는 것은 최적의 해법이 아닌데, 이는 이들이 가열의 최대 속도를 크게 감소시킬 수 있기 때문이다. 달리, 파괴 안전 전자 공학(fail-safe electronics)에 의존하는 것이 바람직하지 못한 경우, 스위치가 전력을 제거하기 위해 정지부와 유사한 위치에 도입될 수도 있다. 하지만, 이는 카메라 모듈 내의 다른 구성 요소에 대한 손상을 방지하지 못할 수 있다.
- <293> 렌즈 요소(6)가 너무 멀리 이동하여 SMA 와이어 부재(31)의 파손을 유발할 수 있는 다른 경우는 상승된 주위 온도에서 작동하는 도중이다. 예컨대, 약 50℃보다 높은 상승된 온도에서 작동하는 경우, SMA 와이어 부재(31)는 로컬 최대 저항(60)을 통과해 복귀하도록 작동 후 충분히 냉각 및 수축되지 않을 수 있다. 도 13의 단계(S5)와 같은 SMA 와이어 부재(31)를 가열하는 초기 스테이지의 경우, 가열은 렌즈 요소가 스크리닝 캔(44)에 의해 형성된 정지부와 접촉하여 손상을 유발할 때까지 로컬 최대 저항(60)을 검출하지 않고 연속적으로 수행될 수 있다.

- <294> 이러한 점이 발생하는 것을 방지하기 위해, 제어 회로(50)는 최초 사용시 로컬 최대 저항(60)의 저항값을 검출 및 저장한다. 저항이 와이어 가열(즉, 상승된 주위 온도에 기인함)과 함께 감소되는 것이 검출된 경우, 제어 회로(50)는 최대 변위에 대한 선택된 저항 변화값과 로컬 최대 저항(60)의 저항값의 합의 저항값에 대한 변위를 제한한다. 저항이 최초 사용시 가열과 함께 감소되는 것으로 검출되면, 제어 회로(50)는 제어 알고리즘을 중단하고 대신에 SMA 와이어 부재(31)를 냉각해야만 한다. 이것은 주위 온도 상태가 로컬 최대 저항(60)이 검출될 수 있을 때까지 계속해서 해당될 것이다.
- <295> 제2 방법은 로컬 최소 저항(61)이 도달하는 것을 허용하지만 이것이 발생하는 양 및/또는 주기를 감소시키는 것이다.
- <296> 가능한 적은 양만큼 로컬 최소 저항(61)을 넘어 가열하도록 제한하는 것은 고분해능의 아날로그대 디지털 변환기(ADC)를 사용하여 달성될 수 있다. 이는 계측 가능한 저항 변화의 증분이 가능한 한 작게 될 수 있게 한다. 최하위 비트(LSB, Least Significant Bit)는 계측 가능한 저항 증분의 크기를 결정한다. 따라서, LSB는 고분해능 ADC를 갖도록 가능한 작게 만들어져야 하며, 로컬 최소 저항의 지점을 통과하는 LSB의 최대 허용 수는 용인될 수 없는 신호 대 노이즈 비율(SNR)을 초래하지 않으면서 가능한 작아야 한다. 용인될 수 없는 높은 SNR은 로컬 최소 저항(61)을 통과하는 잘못된 저항값을 잘못 검출함으로서 카메라가 예측불가능하게 거동하게 할 수 있다.
- <297> 로컬 최소 저항(61)을 넘는 가열 주기를 제한하는 것은 카메라(1)가 최대 와이어 저항 및 최소 와이어 저항을 계측하고 특징을 부여하는 경우의 수를 감소시켜 달성될 수 있다. 이는 저항 범위 크기를 유도하기 위해 예비 캘리브레이션 작업(03)을 이용함으로써 도 13의 다른 제어 알고리즘에서 달성된다. 따라서, 초점 검출 작업(01) 도중 SMA 와이어 부재(31)는 로컬 최소 저항(61) 아래로 가열되지 않는다. 예비 캘리브레이션 작업(03)은 시동시에만 수행되어 각 화상 캡처시 수행되는 초점 검출 작업(01)보다 덜 자주 수행된다. 따라서, SMA 액추에이터는 초점 검출 작업이 수행될 때마다 로컬 최소 저항(61)이 도달되는 상황에 비해 로컬 최소 저항(61) 아래에서 덜 자주 가열된다.
- <298> 달리, 제어 회로(50)는 렌즈 요소(6)가 원거리 초점 위치(far-focus position) 및 매크로 위치(macro position)인 두 개의 위치 중 하나로 유도되는 자동 매크로(automacro) 기능을 수행할 수 있다. 원거리 초점 위치에서, 렌즈 요소(6)는 이동 범위 내에서 화상 센서(4)에 가장 접근한 위치에 위치되고, 렌즈 요소(6)는 화상 센서(4) 상의 원거리장 초점 또는 최단 초점을 제공한다. 매크로 위치에서, 렌즈 요소(6)는 이동 범위 내에서 화상 센서(4)로부터 가장 먼 위치에 위치되고, 렌즈 요소(6)는 화상 센서(4) 상의 근접장 초점(close-field focus)을 제공한다.
- <299> 원거리 초점 위치를 선택하기 위해, 구동 회로(50)는 SMA 와이어(31)에 전류없이 제1 구동 신호를 공급한다[또는, SMA 와이어(31)의 수축을 유발하기에 불충분한 매우 낮은 전류만을 공급하지만, 이는 전력 소모를 바람직하지 못하게 증가시킨다]. 이 경우, SMA 와이어(31)는 서스펜션 시스템(9)에 의해 제공된 편의력보다 작은 힘을 가한다. SMA 와이어(31)는 느슨하게 될 수 있다. 서스펜션 시스템(9)은 기부(3)에 의해 형성된 정지부에 대해 렌즈 요소(6)를 편의하도록 배열되고, 이로 인해 원거리 초점 위치에서 렌즈 요소(6)의 이동이 제한되고 위치가 결정된다. 카메라(1)에 대해 가장 일반적으로 설정되는 원거리 초점 위치에서는 전력이 소모되지 않는다.
- <300> 매크로 위치를 선택하기 위해, 구동 회로(50)는 서스펜션 시스템(9)에 의해 제공되는 편의력보다 큰 힘을 갖는 SMA 와이어(31)를 수축시키기에 충분한 전력의 제2 구동 신호를 제공하여, 렌즈 요소(6)를 수축의 정도에 의해 결정되는 위치로 구동시킨다. 전력은 원거리 초점 위치에서 지속적으로 소모된다.
- <301> 자동 매크로 기능을 수행할 때, 구동 회로(50)는 예컨대, 구동 회로(53)를 예컨대 반도체 스위치(예컨대, FET 또는 BFT)를 사용하여 이동을 제어하도록 간단하게 스위치 온/오프 되는 소스로서 구동 회로(53)를 배치함으로써 매우 간단하고 쉽게 구성될 수 있다. 검출 회로(54)는 일부 배열이 생략될 수도 있다. 자동 매크로 기능을 수행하기 위한 일부 옵션이 후술된다.
- <302> 가장 간단한 실시예는 제2 구동 신호가 SMA 액추에이터(30)의 구성에 따라 통상적으로 10mA 내지 100mA 사이의 크기를 갖는 정전류로 고정되는 것이다. 직경이 25 $\mu$ m 정도인 얇은 와이어에 대해, 약 30mA 내지 50mA의 전류가 전형적일 수 있지만, 이는 전류가 균형을 이루는 온도에 따라 변경될 수 있다.
- <303> 카메라(1)가 채용될 수 있는 전화기와 같은 많은 유형의 휴대용 전자 장치에서, 정전류원(종종 프로세서로부터의 디지털 값에 의해 조절 가능함)은 이러한 전류원이 VCM 렌즈 위치 설정기를 구동하도록 종종 사용된 바와 같이 이미 가용되고 있으며, 따라서 이는 휴대용 전자 장치에 전자 장치로 인한 추가의 비용을 발생시키지 않고

사용될 수 있다. 이러한 간단한 실시예는 매우 저렴하게 구현할 수 있지만, 상이한 SMA 액추에이터(30)와 함께 열악한 초점 위치 반복성을 제공하고(하지만, 고정 전압 구동이 주는 것보다는 양호한 반복성을 제공하고), 주위 온도 변화에 대한 열악한 위치적 정확도를 제공한다. 또한, 소정의 주위 온도와 소정의 초점 위치에서 안정화시키기 위한 시간은 SMA 와이어(31)의 전자저항적 자가 가열(electroresistive)의 함수 관계(exponential nature)로 인해 매우 길 것이다.

- <304> 다른 실시예에서, 제어기(52)는 온도 센서(58)로부터 주위 온도를 나타내는 온도 신호를 수신한다. 이러한 온도 신호는 내부 주위 온도를 약간 임의적이고 반드시 선형적으로 등급화될 필요는 없는 단위로 나타내는 간단한 디지털 숫자로서 이동 전화 시스템과 같은 휴대용 장치 내에 종종 사용될 수 있다. 제어기(52)는 주위 온도에 반응하여 예컨대 전류의 크기를 제어함으로써 제2 구동 신호의 전력을 변경시키도록 구동 회로(53)를 제어한다. 특히, 제2 구동 신호의 전력은 주위 온도가 증가하면 감소된다. 이러한 방식으로 렌즈 요소(6)의 위치의 개방 루프 온도 보상이 달성되어, 거친 분해능을 갖는 온도 신호를 사용하는 경우에도 주위 온도의 범위에 걸쳐 반복성을 크게 개선시킬 것이다. SMA 액추에이터(30)의 수축시 상당한 변화가 주위 온도의 변화에 의해 유발되며, 이는 SMA 액추에이터(30)의 냉각 속도를 변경하여 최종 온도를 변경한다.
- <305> 제2 구동 신호 및 온도 신호의 소정 값 사이의 함수적 관계는 카메라(1)의 설계 이전에 시험 또는 이론 또는 양자 모두에 의해 유도된다. 작업 도중 변경은 예컨대, 컴퓨터 계산 또는 룩업 테이블(look-up table)에 의해 이러한 함수 관계에 따라 달성된다. 이는 구동 회로(53)를 더 복잡하게 하지 않을 수 있으며, 제어기(52)에 의한 단지 작은 양의 처리만을 요구할 수 있다.
- <306> 달리, 자동 매크로 기능은 상술된 바와 같이 위치 계측값으로 SMA 액추에이터(30)의 저항을 사용하여 구현될 수 있어, 렌즈 요소(6)를 소정의 위치로 이동시킬 수 있다. 하지만, 이는 일반적으로 제어 회로(50)를 추가적으로 복잡하게 하며, 이는 자동 초점 기능을 이용하는 이점에 반하는 것이다.
- <307> 상술된 실시예들이 카메라 렌즈 요소의 이동을 구동하는 SMA 액추에이터 장치를 포함하는 카메라에 관한 것이지만, 상술된 SMA 액추에이터 장치는 카메라 렌즈 요소 이외의 다른 대상물의 이동을 구동하도록 동일하게 구성될 수 있다.

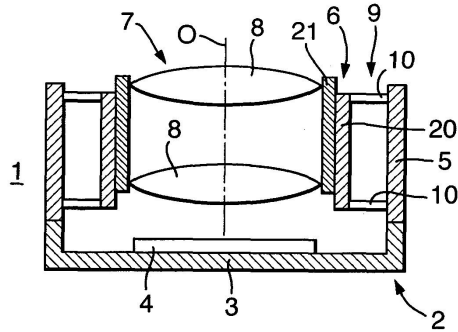
### 도면의 간단한 설명

- <108> 도 1은 SMA 작동 장치를 포함하는 카메라의 개략적 단면도이고,
- <109> 도 2는 카메라의 상세한 사시도이고,
- <110> 도 3은 카메라 일부의 분해 사시도이고,
- <111> 도 4는 카메라의 SMA 액추에이터의 사시도이고,
- <112> 도 5는 카메라의 상세한 단면도이고,
- <113> 도 6은 카메라의 전체 제어 배열의 개략도이고,
- <114> 도 7은 제어 회로의 도면이고,
- <115> 도 8은 수축 도중 SMA의 저항-길이 특성의 도표이고,
- <116> 도 9 및 도 10은 제어 회로에 대한 3개의 가능한 회로 예시의 도면이고,
- <117> 도 11은 제어 회로에서 구현되는 제어 알고리즘의 흐름도이고,
- <118> 도 12는 도 11의 제어 알고리즘을 따르는 시간에 따른 SMA의 저항의 도표이고,
- <119> 도 13은 다른 제어 알고리즘의 흐름도이고,
- <120> 도 14는 제어 알고리즘의 일부로 구현된 "래치팅" 방법의 흐름도이고,
- <121> 도 15는 다른 제어 알고리즘의 흐름도이고,
- <122> 도 16은 변형된 다른 제어 알고리즘의 흐름도이고,
- <123> 도 17은 도 11의 제어 알고리즘을 따르는 시간에 따른 SMA의 저항의 도표이고,
- <124> 도 18은 SMA 액추에이터의 장착 부재의 변형된 형태의 사시도이고,

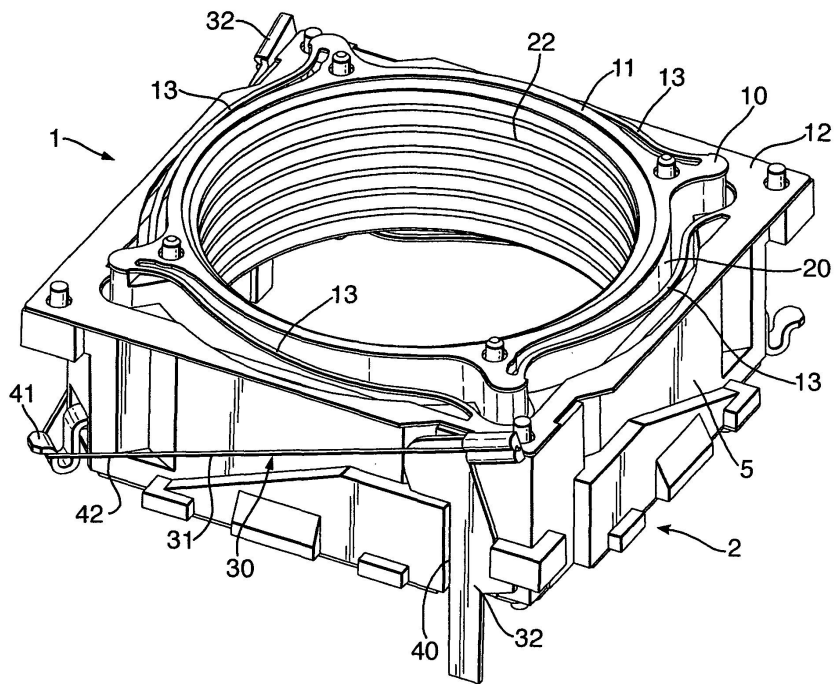
<125> 도 19는 제어 회로의 변형된 형태의 도면이다.

도면

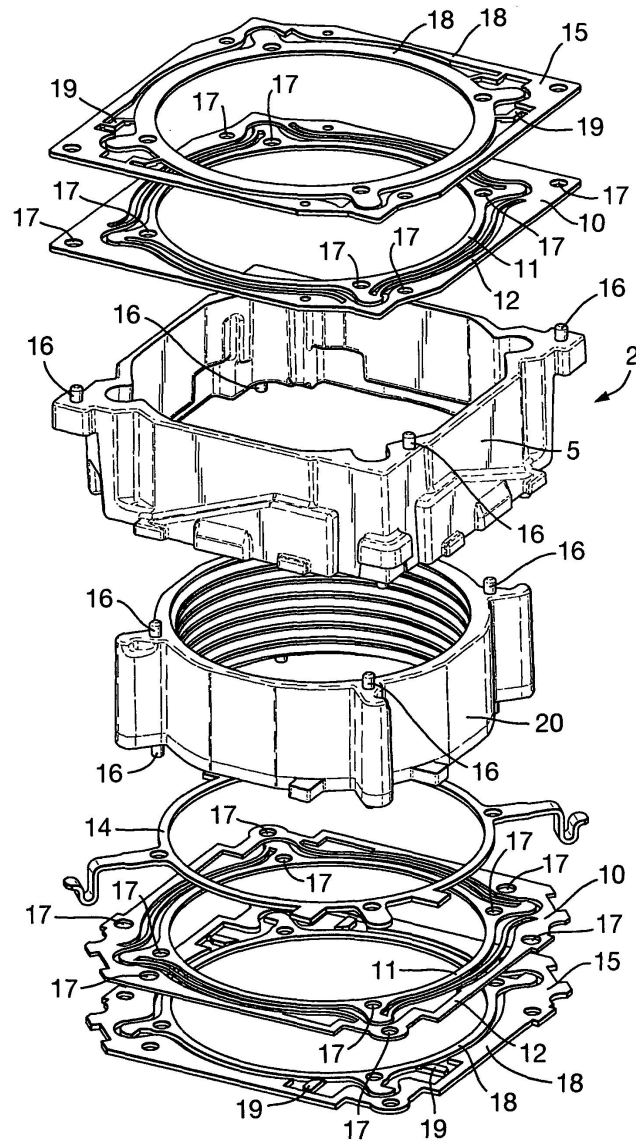
도면1



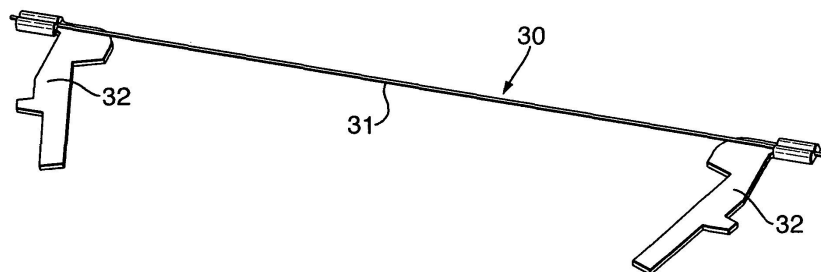
도면2



도면3

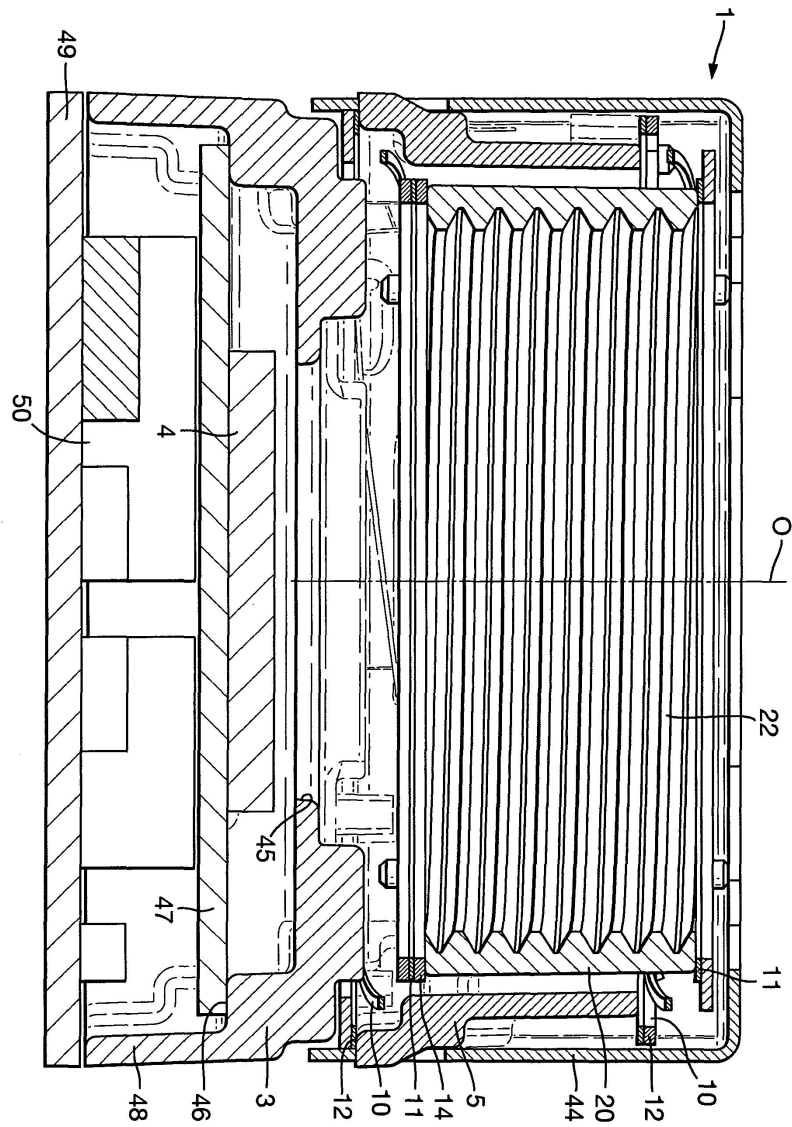


도면4

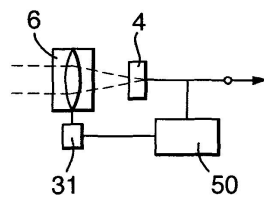




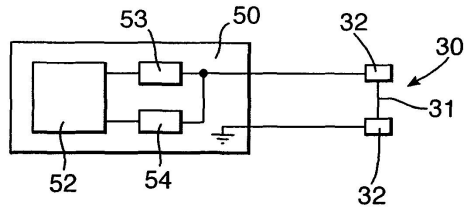
도면5



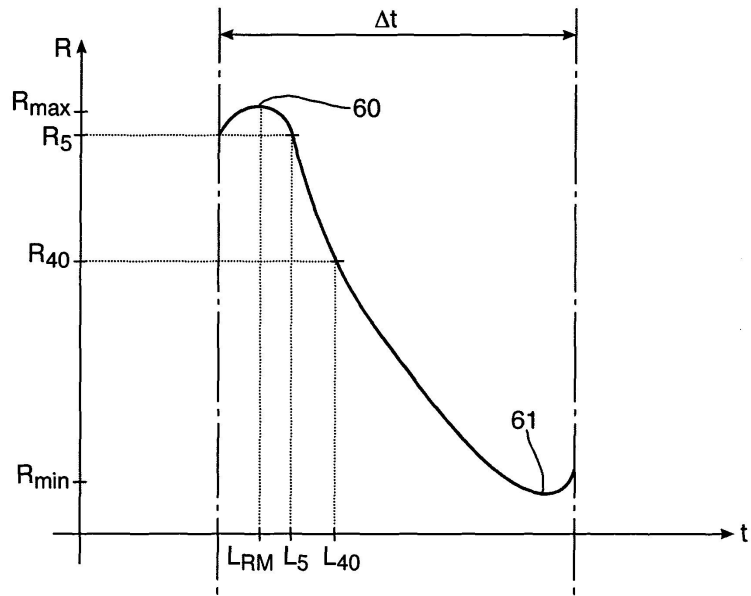
도면6



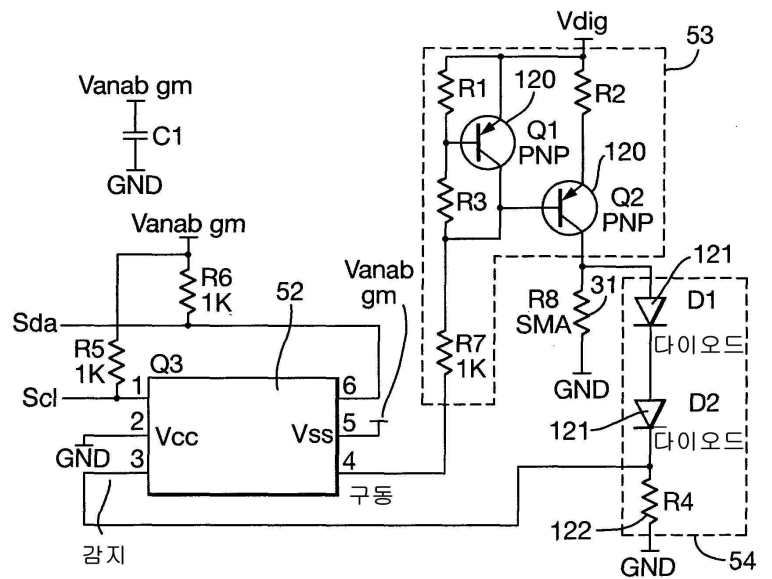
도면7



도면8

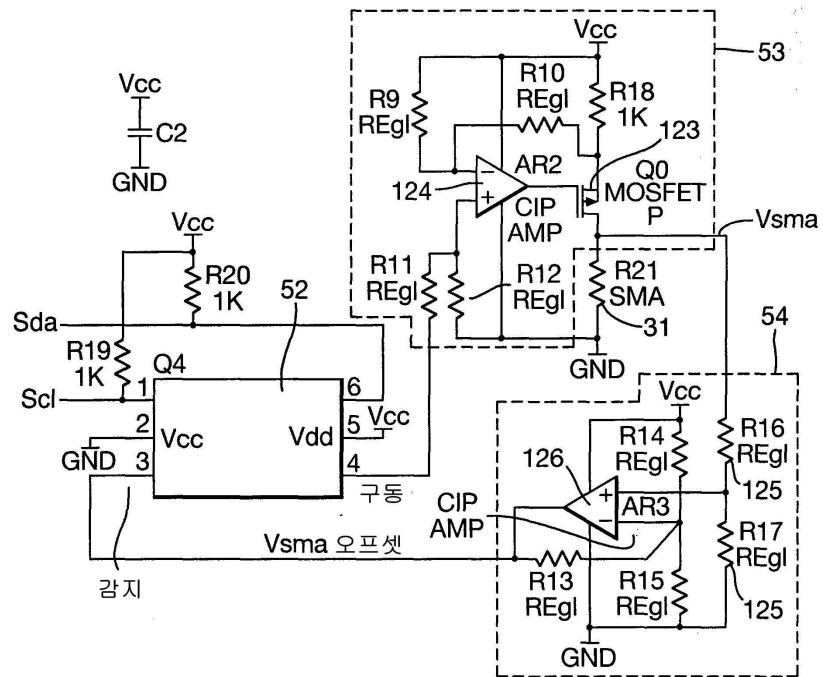


도면9

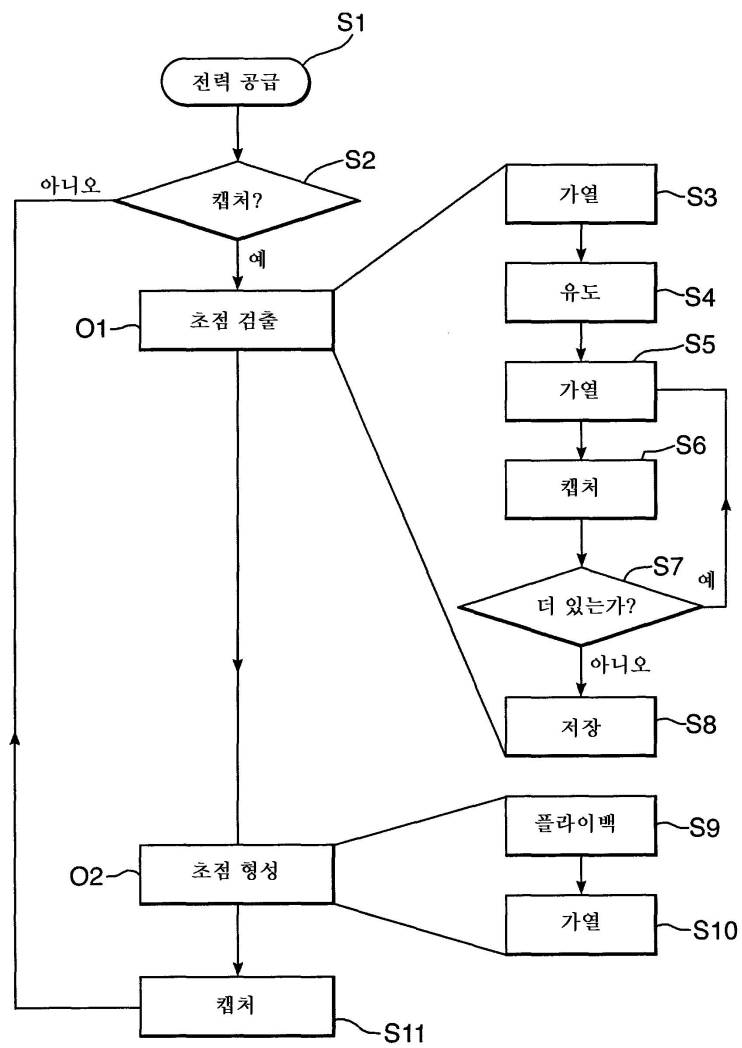




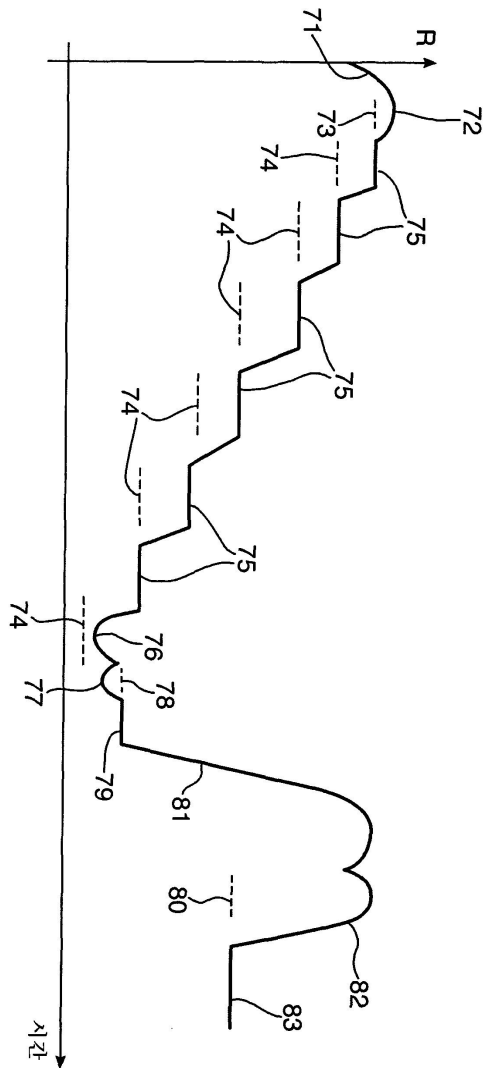
도면10



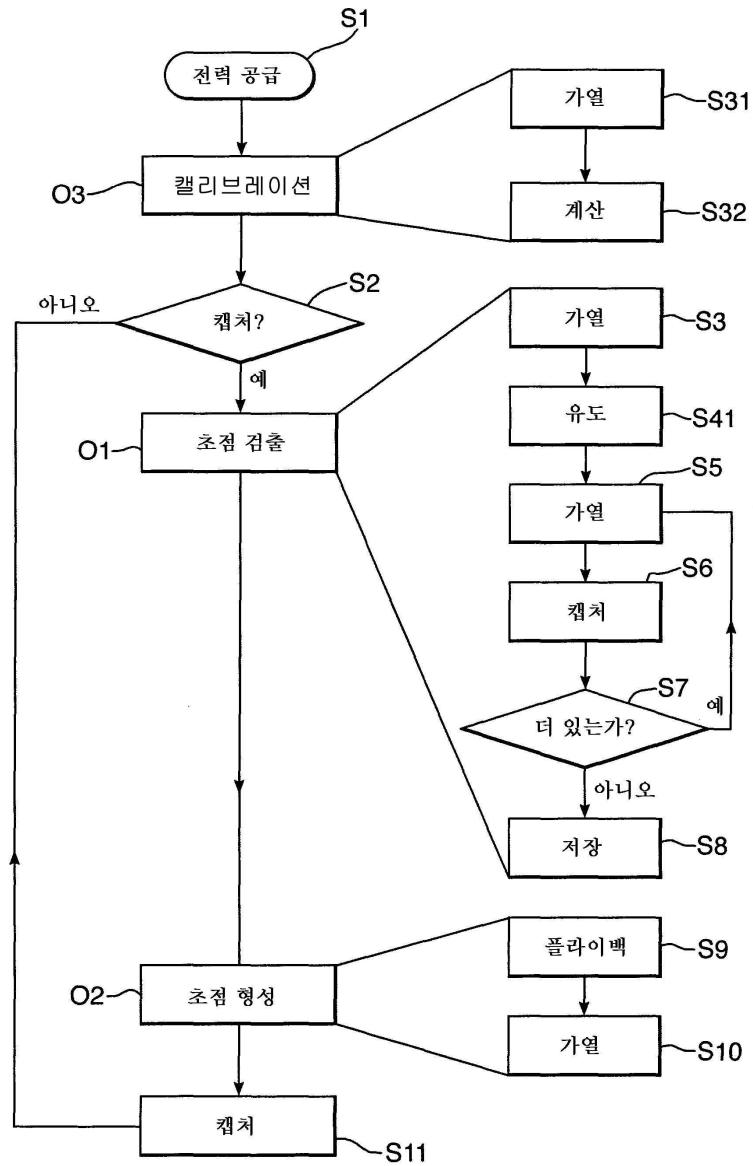
도면11



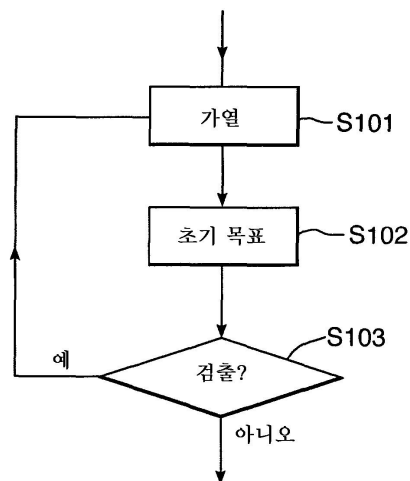
도면12



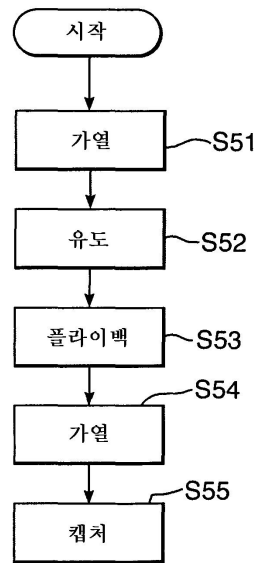
도면13



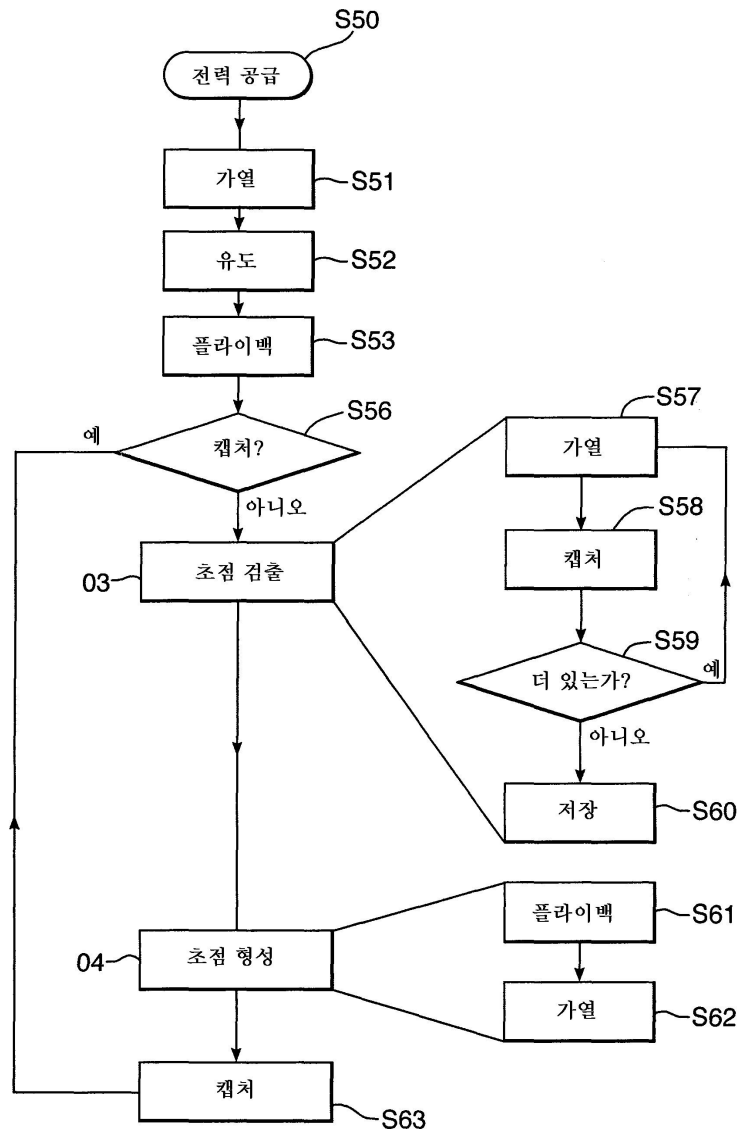
도면14



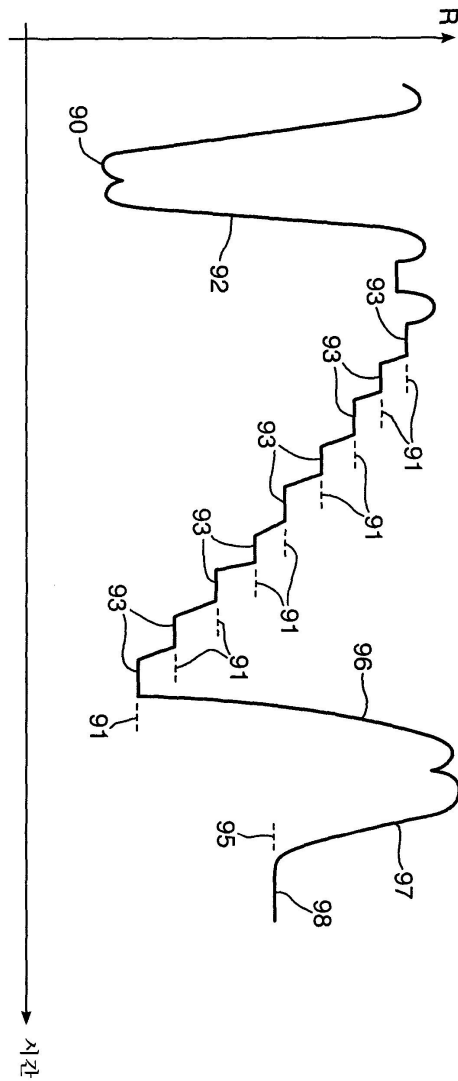
도면15



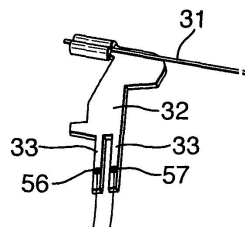
도면16



도면17



도면18





도면19

