



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년03월16일
(11) 등록번호 10-2375909
(24) 등록일자 2022년03월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 6/42 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G02B 6/4266 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0024799

(22) 출원일자 2020년02월28일

심사청구일자 2020년02월28일

(65) 공개번호 10-2021-0109779

(43) 공개일자 2021년09월07일

(56) 선행기술조사문헌

JP2009003454 A*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

최우영

서울특별시 마포구 토정로11길 39, 101호(상수동, 밤섬 리오판리스 아파트)

김민규

서울특별시 서대문구 가재울미래로 2, 106동 603호(남가좌동, DMC파크뷰자이)

김민형

서울특별시 서초구 남부순환로350길 67-3, 301호(양재동)

(74) 대리인

특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 송병준

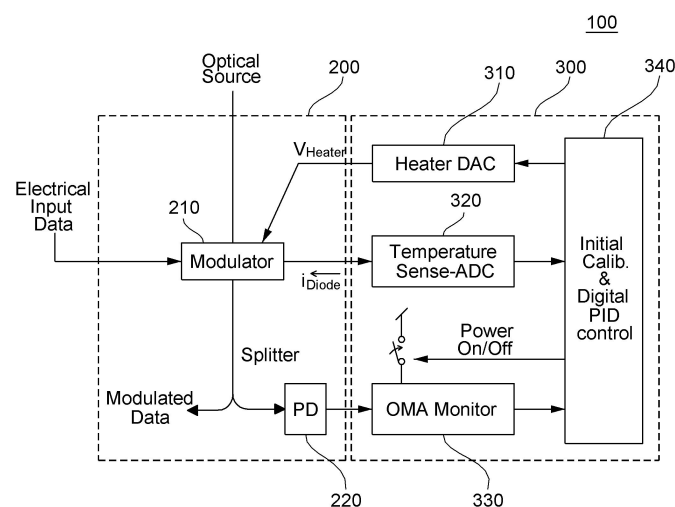
(54) 발명의 명칭 광 변조기의 온도 제어 방법 및 그를 위한 장치

(57) 요약

광 변조기의 온도 제어 방법 및 그를 위한 장치를 개시한다.

본 발명의 실시예에 따른 광 변조기의 온도 제어장치는, 히터 제어코드를 인가 받고, 상기 히터 제어코드에 근거하여 생성된 히터 제어전압을 출력하여 상기 히터의 동작을 제어하는 히터 제어부; 상기 센서로부터 온도 측정값을 획득하고, 상기 온도 측정값을 디지털 신호로 변환한 온도 측정코드를 출력하는 온도 측정값 변환부; 상기 광 변조기에서 변조된 광 신호에 대한 전기적 신호(전류)를 인가 받고, 상기 전기적 신호를 기반으로 광변조 진폭(OMA)을 검출하고, 상기 광변조 진폭의 검출결과에 대응하는 검출 신호를 출력하는 광변조 진폭 검출부; 및 상기 온도 측정코드 및 상기 검출 신호를 기반으로 상기 히터 제어코드를 생성하고, 상기 히터 제어코드를 상기 히터 제어부로 전송하여 상기 광 변조기의 온도를 제어하는 온도 제어부를 포함할 수 있다.

대표도



(56) 선행기술조사문헌

김민형 외 2명, ‘A Temperature Controller IC for Maximizing Si Micro-Ring Modulator Optical Modulation Amplitude’, Journal of lightwave tech. Vol.37, No.4, (2019.02.15.)*

JP09283830 A

KR1020080019462 A

JP11235844 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 G01201901010120

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 SW융합형부품기술개발사업

연구과제명 실리콘 포토닉스 기반 집적형 100Gbps급 저전력(3.5W) 광송수신 부품 및 모듈 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 전자부품연구원

연구기간 2017.01.01 ~ 2021.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

광 변조기에 포함된 히터 및 센서와 연동하여 광 변조기의 온도를 제어하는 장치에 있어서,

히터 제어코드를 인가 받고, 상기 히터 제어코드에 근거하여 생성된 히터 제어전압을 출력하여 상기 히터의 동작을 제어하는 히터 제어부;

상기 센서로부터 온도 측정값을 획득하고, 상기 온도 측정값을 디지털 신호로 변환한 온도 측정코드를 출력하는 온도 측정값 변환부;

상기 광 변조기에서 변조된 광 신호에 대한 전기적 신호(전류)를 인가 받고, 상기 전기적 신호를 기반으로 광변조 진폭(OMA: Optical Modulation Amplitude)을 검출하고, 상기 광변조 진폭의 검출결과에 대응하는 검출 신호를 출력하는 광변조 진폭 검출부; 및

상기 온도 측정코드 및 상기 검출 신호를 기반으로 상기 히터 제어코드를 생성하고, 상기 히터 제어코드를 상기 히터 제어부로 전송하여 상기 광 변조기의 온도를 제어하는 온도 제어부를 포함하되,

상기 온도 제어부는, 상기 온도 측정값 변환부로부터 기 설정된 주기 또는 실시간으로 온도 측정값 기반의 신규 온도 측정코드를 입력받고, 센서로부터 획득된 온도 측정값에 대응하는 기준 온도 측정코드를 기반으로 상기 신규 온도 측정코드를 조정하고, 조정된 온도 측정코드를 이용하여 광 변조 진폭(OMA)이 최대값이 유지되도록 생성된 히터 제어코드를 상기 히터 제어부로 전송하며,

상기 히터 제어부는, 상기 히터 제어코드를 기반으로 변경된 히터 제어전압을 통해 상기 히터의 구동을 제어하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어장치.

청구항 2

제1항에서,

상기 온도 제어부는,

광 변조기의 초기 동작 시 교정 모드(Calibration Mode)로 동작하며, 상기 교정 모드에서 상기 온도 제어부는, 상기 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 히터 제어전압을 선정하고, 선정된 히터 제어전압으로 상기 히터를 제어하기 위하여 생성된 히터 제어코드를 상기 히터 제어부로 전송하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어장치.

청구항 3

제2항에서,

상기 온도 제어부는,

상기 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 히터 제어전압을 선정된 이후 고정 모드(Lock Mode)로 동작하며, 상기 고정 모드에서 온도 측정값 변환부는 선정된 히터 제어전압으로 구동되는 광 변조기의 센서로부터 온도 측정값을 획득하고, 상기 온도 측정값에 대응하는 기준 온도 측정코드를 상기 온도 제어부로 출력하고,

상기 온도 제어부는, 상기 기준 온도 측정코드를 저장하고, 상기 광변조 진폭 검출부의 광변조 진폭 검출 동작을 중지시킨 후 상기 광 변조기의 온도를 제어하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 광변조 진폭 검출부는,

상기 광 변조기에서 변조된 광 신호에 대한 상기 전기적 신호를 인가 받고, 상기 전기적 신호의 실효값에 비례하는 실효값 전압을 검출하는 RMS 검출부; 및

상기 실효값 전압에 대한 검출결과를 기반으로 기울기를 검출하며, 상기 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 상기 검출 신호를 상기 온도 제어부로 전송하는 기울기 검출부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 온도 제어부는,

상기 히터 제어전압을 생성하기 위한 상기 히터 제어코드를 생성하는 히터 코드 제어부;

상기 검출 신호를 입력 받아 상기 광변조 진폭(OMA)의 최대값을 저장하고, 상기 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 히터 제어전압을 선정하고, 선정된 히터 제어전압에 대응하는 기준 온도 측정코드를 저장하는 신호 저장부; 및

기 설정된 주기 또는 실시간으로 상기 센서로부터 획득된 온도 측정값 기반의 신규 온도 측정코드를 획득하고, 상기 기준 온도 측정코드를 기반으로 상기 신규 온도 측정코드를 조정하여 상기 히터 제어전압이 변경되도록 하는 신호 제어부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 신호 제어부는,

상기 신규 온도 측정코드와 상기 기준 온도 측정코드를 결합하여 PID 제어를 수행하고, 상기 PID 제어 결과에 따라 조정된 온도 측정코드를 히터 코드 제어부로 전송하여 상기 히터 제어코드를 조정하여 상기 히터 제어전압이 변경되도록 하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 온도 제어부는,

상기 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 히터 제어전압이 선정되고, 선정된 상기 히터 제어전압에 의해 상기 히터가 구동된 상태에서, 상기 기준 온도 측정코드를 저장한 후, 상기 광변조 진폭 검출부의 광변조 진폭 검출 동작이 중지되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어장치.

청구항 9

온도 제어장치가 광 변조기에 포함된 히터 및 센서와 연동하여 온도를 제어하는 방법에 있어서,

광 변조기의 초기 동작 시 히터 제어전압을 기 설정된 전압 단위로 조정하여 광변조 진폭 검출 동작을 통해 광 변조 진폭(OMA)을 검출하여 히터 제어전압을 선정하는 교정 모드 수행 단계; 및

선정된 상기 히터 제어전압으로 상기 히터를 구동시키면서 상기 센서로부터 획득된 온도 측정값 기반으로 기준 온도 측정코드로 저장하고, 광변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작을 중지시킨 후 상기 광 변조기의 온도를 제어하는 교정 모드 수행 단계를 포함하되,

상기 교정 모드 수행 단계는, 기 설정된 주기 또는 실시간으로 온도 측정값 기반의 신규 온도 측정코드를 입력 받고, 상기 기준 온도 측정코드를 기반으로 상기 신규 온도 측정코드를 조정하며, 조정된 온도 측정코드를 이용하여 광 변조 진폭(OMA)이 최대값이 유지되도록 히터 제어전압을 변경하여 상기 히터의 구동을 제어하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 교정 모드 수행 단계는,

상기 광 변조기에서 변조된 광 신호에 대한 전기적 신호를 인가 받고, 상기 전기적 신호를 기반으로 광변조 진폭(OMA)을 검출하고, 상기 광변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 상기 히터 제어전압을 선정하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 교정 모드 수행 단계는,

상기 광 변조기에서 변조된 광 신호에 대한 상기 전기적 신호를 인가 받고, 상기 전기적 신호의 실효값에 비례하는 실효값 전압을 검출하고,

상기 실효값 전압에 대한 검출결과를 기반으로 기울기를 검출하여 상기 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 검출 신호에 근거하여 상기 히터 제어전압을 선정하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

광 소스신호와 고속 변조된 전기신호를 인가 받아 변조를 수행하는 변조부, 온도 측정을 위한 센서 및 온도 조절을 위한 히터를 포함하는 광 변조기와 상기 변조부에서 변조된 광 신호를 전기적 신호로 변환하여 출력하는 포토 다이오드를 포함하는 광 변조장치; 및

광 변조기의 초기 동작 시 히터 제어전압을 기 설정된 전압 단위로 조정하여 광변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 히터 제어전압을 선정하고, 선정된 상기 히터 제어전압으로 상기 히터를 구동시키면서 상기 센서로부터 획득된 온도 측정값 기반으로 기준 온도 측정코드로 저장하며, 광변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작을 중지시킨 후 상기 광 변조기의 온도를 제어하는 온도 제어장치를 포함하되,

상기 온도 제어장치는, 변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작을 중지시킨 후, 기 설정된 주기 또는 실시간으로 온도 측정값 기반의 신규 온도 측정코드를 입력받고, 상기 기준 온도 측정코드를 기반으로 상기 신규 온도 측정코드를 조정하며, 조정된 온도 측정코드를 이용하여 광 변조 진폭(OMA)이 최대값이 유지되도록 히터 제어전압을 변경하여 상기 히터의 구동을 제어하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 시스템.

청구항 14

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광 변조기의 온도를 제어하는 방법 및 그를 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 발명의 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 최근 AI(Artificial Intelligence), 5 세대 이동통신 기술 등에 맞추어 대용량 전송이 필요한 서비스들을 비롯한 각종 IT 시스템이 다루는 데이터의 양이 천문학적으로 증가하고 있다. 이에, 단기간에 대용량을 전송할 수

있는 기존의 장거리 광통신 인터커넥트(interconnect)를 점점 단거리 인터커넥트(interconnect)로 응용하려는 시도 및 수요가 증가하고 있다. 광통신 인터커넥트(interconnect)를 완성시키기 위하여 송신단에서는 전기 신호를 광 신호로 바꾸어 주는 광 변조기가 필요하다. 광 변조기 중 ring 타입 변조기는 크기가 작고, 파장분할다중화(WDM: Wavelength division multiplexing)에 적합하며 고속 통신에 매우 적합하다는 장점을 가지고 있어 현재 많은 연구 및 사용이 되고 있다.

[0004] 하지만, 이러한 광 변조기는 도 1과 같이, 온도에 의해 특성 곡선이 변화함에 따라 통신 데이터의 품질이 저하된다. 따라서, 광 변조기의 온도를 제어하기 위한 온도 컨트롤 회로는 광 변조기의 생산성을 갖추는 데 필수적이다.

[0005] 특히, Ring 타입의 광 변조기를 위한 온도 보정회로를 구현하기 위해 기존에 연구되어온 방식은 대부분 변조된 광 신호의 광변조 진폭(OMA: Optical Modulation Amplitude), 즉 변조 크기를 직접적으로 모니터링 하면서 최대의 광변조 진폭(OMA)를 찾는 방식을 사용한다. 하지만, 종래의 방식에서는 광변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 진폭값에 해당하는 레퍼런스를 외부에서 받아오거나, 광변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 진폭값을 찾는데 필요한 블록(block)의 전력소모가 매우 심하다는 단점이 존재한다. 이러한 전력소모는 특히 전송속도가 높아질수록 비례해서 증가하기 때문에 저전력 회로로 설계되기에는 어렵다. 이에, 외부에서 원하는 광변조 진폭(OMA)의 최대값에 대한 레퍼런스를 받지 않으면서 저전력으로 동작하는 온도 제어장치가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 광 변조기의 히터를 구동시키는 히터 제어전압을 조정하면서 광변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 히터 제어전압을 선정하는 교정 모드를 수행하고, 선정된 히터 제어전압으로 히터를 구동시키면서 광 변조기의 온도 측정값 기반의 기준 온도 측정코드를 저장하고, 광변조 진폭 검출 동작을 중지시킨 후 기준 온도 측정코드를 이용하여 히터 제어전압을 변경하여 광 변조기의 온도를 제어하는 고정 모드를 수행하는 광 변조기의 온도 제어 방법 및 그를 위한 장치를 제공하는 데 주된 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 측면에 의하면, 상기 목적을 달성하기 위한 광 변조기의 온도 제어장치는, 히터 제어코드를 인가 받고, 상기 히터 제어코드에 근거하여 생성된 히터 제어전압을 출력하여 상기 히터의 동작을 제어하는 히터 제어부; 상기 센서로부터 온도 측정값을 획득하고, 상기 온도 측정값을 디지털 신호로 변환한 온도 측정코드를 출력하는 온도 측정값 변환부; 상기 광 변조기에서 변조된 광 신호에 대한 전기적 신호(전류)를 인가 받고, 상기 전기적 신호를 기반으로 광변조 진폭(OMA)을 검출하고, 상기 광변조 진폭의 검출결과에 대응하는 검출 신호를 출력하는 광변조 진폭 검출부; 및 상기 온도 측정코드 및 상기 검출 신호를 기반으로 상기 히터 제어코드를 생성하고, 상기 히터 제어코드를 상기 히터 제어부로 전송하여 상기 광 변조기의 온도를 제어하는 온도 제어부를 포함할 수 있다.

[0008] 또한, 본 발명의 다른 측면에 의하면, 상기 목적을 달성하기 위한 광 변조기의 온도 제어 방법은, 광 변조기의 초기 동작 시 히터 제어전압을 기 설정된 전압 단위로 조정하여 광변조 진폭 검출 동작을 통해 광변조 진폭(OMA)을 검출하여 히터 제어전압을 선정하는 교정 모드 수행 단계; 및 선정된 상기 히터 제어전압으로 상기 히터를 구동시키면서 상기 센서로부터 획득된 온도 측정값 기반으로 기준 온도 측정코드로 저장하고, 광변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작을 중지시킨 후 상기 광 변조기의 온도를 제어하는 고정 모드 수행 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 다른 측면에 의하면, 상기 목적을 달성하기 위한 온도 제어 시스템은, 광 소스신호와 고속 변조된 전압을 인가 받아 변조를 수행하는 변조부, 온도 측정을 위한 센서 및 온도 조절을 위한 히터를 포함하는 광 변조기와 상기 변조부에서 변조된 광 신호를 전기적 신호로 변환하여 출력하는 포토 다이오드를 포함하는 광 변조장치; 및 광 변조기의 초기 동작 시 히터 제어전압을 기 설정된 전압 단위로 조정하여 광변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 히터 제어전압을 선정하고, 선정된 상기 히터 제어전압으로 상기 히터를 구동시키면서 상기 센서로부터 획득된 온도 측정값 기반으로 기준 온도 측정코드로 저장하며, 광변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작을 중지시킨 후 상기 광 변조기의 온도를 제어하는 온도 제어장치를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0010] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 외부에서 광변조 진폭(OMA) 검출결과를 받지 않고, 광변조 진폭(OMA)을 검출하면서 저전력으로 광 변조기의 온도를 제어할 수 있는 효과가 있다.
- [0011] 또한, 본 발명은 초기 광변조 진폭(OMA)의 최대값을 검출한 이후에는 광변조 진폭(OMA)을 모니터링하는 동작을 중지함으로써 온도 제어를 위한 전력 소모를 현저히 줄일 수 있는 효과가 있다.
- [0012] 또한, 본 발명은 광변조 진폭(OMA)을 지속적으로 모니터링하지 않으면서 광 변조기의 온도 제어를 수행할 수 있는 효과가 있다.
- [0013] 또한, 본 발명은 데이터 전송 속도와 무관하게 전력소모가 적은 광 변조기의 온도 제어를 수행할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 일반적인 광 변조기의 온도 변화에 따른 특성곡선을 나타낸 예시도이다.
- 도 2 및 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 광 변조기의 온도 제어 시스템 및 온도 제어 장치의 세부 구성을 나타낸 블록 구성도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 온도 제어부의 동작을 설명하기 위한 블록 구성도이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 광 변조기의 온도 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 실시예에 따른 고정 모드 및 고정 모드 각각에서 광 변조기의 온도 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 온도 제어 장치의 측정 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다. 또한, 이하에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명할 것이나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정하거나 제한되지 않고 당업자에 의해 변형되어 다양하게 실시될 수 있음은 물론이다. 이하에서는 도면들을 참조하여 본 발명에서 제안하는 광 변조기의 온도 제어 방법 및 그를 위한 장치에 대해 자세하게 설명하기로 한다.
- [0016] 도 2 및 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 광 변조기의 온도 제어 시스템 및 온도 제어 장치의 세부 구성을 나타낸 블록 구성도이다.
- [0017] 본 실시예에 따른 온도 제어 시스템(100)은 광 변조 장치(200) 및 온도 제어장치(300)를 포함한다. 도 2를 참조하면, 광 변조 장치(200)는 광 변조기(210) 및 포토 다이오드(220)를 포함하고, 온도 제어장치(300)는 히터 제어부(310), 온도 측정값 변환부(320), 광변조 진폭 검출부(330) 및 온도 제어부(340)를 포함한다. 또한, 도 3을 참조하면, 광 변조기(210)는 변조부(212), 히터(214) 및 센서(216)를 포함하고, 광변조 진폭 검출부(330)는 RMS 검출부(332) 및 기울기 검출부(334)를 포함하고, 온도 제어부(340)는 히터 코드 제어부(342), 신호 제어부(344) 및 신호 저장부(346)를 포함한다. 도 2 및 도 3의 온도 제어 시스템(100)은 일 실시예에 따른 것으로서, 도 2 및 도 3에 도시된 모든 블록이 필수 구성요소는 아니며, 다른 실시예에서 온도 제어 시스템(100)에 포함된 일부 블록이 추가, 변경 또는 삭제될 수 있다.
- [0018] 온도 제어 시스템(100)은 광 소스 신호(레이저 신호)를 변조하는 광 변조기(210)의 최적 성능을 유지하기 위하여 광 변조 진폭(OMA: Optical Modulation Amplitude)이 최대값을 유지하도록 광 변조기의 히터를 제어하며, 광 변조 진폭(OMA)의 최대값을 찾을 때까지만 광 변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작을 수행하여 온도 제어를 위한 전력 소모를 최소화한다.
- [0019] 광 변조 장치(200)는 광 변조기(210) 및 포토 다이오드(220)를 포함한다.
- [0020] 광 변조기(210)는 광 소스신호와 고속 변조된 전기신호(전압)를 인가 받으며, 전기적 신호를 광 신호로 변조하는 동작을 수행한다. 도 3을 참조하면, 광 변조기(210)는 광 소스신호와 고속 변조된 전기신호(전압)를 인가 받아 변조를 수행하는 변조부(212), 광 변조기(210)의 온도를 조절하기 위하여 저항으로 구성된 히터(214) 및 광

변조기(210)의 온도를 측정하기 위한 센서(216)를 포함한다.

- [0021] 변조부(212)에서 출력된 출력의 일부는 스플리터(splitter)에 의해 포토 다이오드(220)로 전송된다.
- [0022] 히터(214)는 온도 제어장치(300)의 히터 제어부(310)로부터 히터 제어전압을 인가 받고, 히터 제어전압에 따라 동작한다.
- [0023] 센서(216)는 광 변조기(210)의 온도를 측정하고, 측정된 온도에 대한 온도 측정값(i_{sensor})을 온도 제어장치(300)의 온도 측정값 변환부(320)로 전송한다. 여기서, 센서(216)는 기 설정된 주기 또는 실시간으로 측정된 온도에 대한 온도 측정값(i_{sensor})을 온도 측정값 변환부(320)로 전송할 수 있다.
- [0024] 포토 다이오드(220)는 광 변조기(210)에서 출력되는 광 신호를 전기적 신호로 변환하는 동작을 수행한다. 포토 다이오드(220)는 광 변조기(210)로부터의 출력 중에서 적어도 일부의 데이터를 전기적 신호로 변환할 수 있다.
- [0025] 온도 제어장치(300)는 광 변조기(210)의 히터(214) 및 센서(216)와 연동하여 광 변조기(210)의 온도를 제어하는 동작을 수행한다.
- [0026] 히터 제어부(310)는 온도 제어부(340)로부터 히터 제어코드를 인가 받고, 히터 제어코드에 근거하여 히터(214)를 동작을 제어하기 위한 히터 제어전압을 생성한다. 히터 제어부(310)는 생성된 히터 제어전압을 히터(214)로 전송하여 광 변조기(210)의 온도를 조정한다.
- [0027] 온도 측정값 변환부(320)는 센서(216)로부터 온도 측정값을 획득하고, 획득된 온도 측정값을 디지털 신호로 변환한다.
- [0028] 온도 측정값 변환부(320)는 온도 측정값을 디지털 신호로 변환한 온도 측정코드를 출력한다. 온도 측정값 변환부(320)는 온도 측정값을 변환한 온도 측정코드를 온도 제어부(340)로 전송한다.
- [0029] 광변조 진폭 검출부(330)는 광 변조기(210)에서 변조된 광 신호에 대한 전기적 신호(전류)를 인가 받고, 전기적 신호를 기반으로 광변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작을 수행한다. 여기서, 광변조 진폭 검출부(330)는 포토 다이오드(220)로부터 변조된 광 신호에 대한 전기적 신호를 인가 받는다.
- [0030] 광변조 진폭 검출부(330)는 광변조 진폭의 검출결과에 대응하는 검출 신호를 온도 제어부(340)로 출력한다. 광변조 진폭 검출부(330)는 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 검출결과에 대응하는 검출 신호를 온도 제어부(340)로 출력한다.
- [0031] 도 3을 참조하면, 광변조 진폭 검출부(330)는 RMS 검출부(332) 및 기울기 검출부(334)를 포함한다.
- [0032] RMS 검출부(332)는 광 변조기(210)에서 변조된 광 신호에 대한 전기적 신호(전류)를 인가 받고, 전기적 신호의 실효값에 비례하는 실효값 전압을 검출한다.
- [0033] 기울기 검출부(334)는 실효값 전압에 대한 검출결과를 기반으로 기울기를 검출하며, 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 검출 신호를 온도 제어부(340)로 전송한다. 온도 제어부(340)는 검출 신호에 근거하여 광변조 진폭(OMA)이 최대값일 때의 히터 제어전압 또는 히터 제어코드를 선정할 수 있다.
- [0034] 온도 제어부(340)는 온도 측정값 변환부(320)로부터 온도 측정코드를 획득하고, 광변조 진폭 검출부(330)로부터 검출 신호를 획득한다. 온도 제어부(340)는 온도 측정코드 및 검출 신호를 기반으로 히터 제어코드를 생성한다.
- [0035] 온도 제어부(340)는 히터 제어코드를 히터 제어부(310)로 전송하여 히터 제어코드에 대응하는 히터 제어전압이 생성되도록 하고, 이를 통해 히터(214)의 동작을 제어하여 광 변조기(210)의 온도를 제어한다.
- [0036] 온도 제어부(340)는 광 변조기(210)의 초기 동작시 교정 모드(Calibration Mode)로 동작한다. 교정 모드에서 온도 제어부(340)는 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 히터 제어전압을 선정하고, 선정된 히터 제어전압로 히터(214)를 제어하기 위하여 생성된 히터 제어코드를 히터 제어부(310)로 전송한다.
- [0037] 온도 제어부(340)는 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 히터 제어전압을 선정된 이후 고정 모드(Lock Mode)로 동작한다. 고정 모드에서 온도 측정값 변환부(320)는 선정된 히터 제어전압으로 구동되는 광 변조기(210)의 센서(216)로부터 온도 측정값을 획득하고, 온도 측정값에 대응하는 기준 온도 측정코드를 온도 제어부(340)로 출력한다. 온도 제어부(340)는 온도 측정값 변환부(320)로부터 기 설정된 주기 또는 실시간으로 온도 측정값 기반의 신규 온도 측정코드를 입력 받을 수 있다. 온도 제어부(340)는 기준 온도 측정코드를 저장하고, 광변조 진폭 검출부(330)의 광변조 진폭 검출 동작을 중지시킨 후 광 변조기(210)의 온도를 제어한다.

- [0038] 온도 제어부(340)는 기준 온도 측정코드를 기반으로 상기 신규 온도 측정코드를 조정하고, 조정된 온도 측정코드를 이용하여 광 변조 진폭(OMA)이 최대값이 유지되도록 생성된 히터 제어코드를 히터 제어부(310)로 전송한다. 여기서, 히터 제어부(310)는 온도 제어부(340)로부터 수신된 히터 제어코드에 의해 변경된 히터 제어전압을 통해 히터(214)의 구동을 제어한다.
- [0039] 온도 제어부(340)는 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 히터 제어전압이 선정되고, 선정된 히터 제어전압에 의해 히터(214)가 구동된 상태에서, 기준 온도 측정코드를 저장한 후, 광변조 진폭 검출부(330)의 광변조 진폭 검출 동작이 중지되도록 제어하여, 광 변조기(210)의 온도 제어를 위한 전력 소모를 최소화할 수 있다.
- [0040] 도 3을 참조하면, 온도 제어부(340)는 히터 코드 제어부(342), 신호 제어부(344) 및 신호 저장부(346)를 포함한다.
- [0041] 히터 코드 제어부(342)는 히터 제어전압을 생성하기 위한 히터 제어코드를 생성한다. 여기서, 히터 제어코드는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하기 위한 제어코드일 수 있다.
- [0042] 신호 제어부(344)는 기 설정된 주기 또는 실시간으로 센서(216)로부터 획득된 온도 측정값 기반의 신규 온도 측정코드를 획득하고, 기준 온도 측정코드를 기반으로 신규 온도 측정코드를 조정하여 히터 제어전압이 변경되도록 한다.
- [0043] 신호 제어부(344)는 신규 온도 측정코드와 기준 온도 측정코드를 결합하여 PID 제어를 수행하고, PID 제어 결과에 따라 조정된 온도 측정코드를 히터 코드 제어부(340)로 전송하여 히터 제어코드를 조정하여 히터 제어전압이 변경되도록 한다.
- [0044] 신호 저장부(346)는 광변조 진폭 검출부(330)로부터 검출 신호를 입력 받아 광변조 진폭(OMA)의 최대값을 저장하고, 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 히터 제어전압을 선정하고, 선정된 히터 제어전압에 대응하는 기준 온도 측정코드를 저장한다.
- [0045] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 온도 제어부의 동작을 설명하기 위한 블록 구성도이다.
- [0046] 온도 제어장치(300)의 온도 제어부(340)는 광변조 진폭(OMA)의 최대값일 때의 히터 제어전압으로 구동되는 기준 온도 측정코드(ref. code)를 이용하여 PID 제어를 수행한다.
- [0047] 온도 제어부(340)는 온도 측정값 변환부(320)로부터 기 설정된 주기 또는 실시간으로 온도 측정값 기반의 신규 온도 측정코드를 획득하고, 기준 온도 측정코드를 기반으로 신규 온도 측정코드를 조정하여 히터 제어전압이 변경되도록 한다.
- [0048] 온도 제어부(340)는 기준 온도 측정코드와 신규 온도 측정코드를 결합하고, 결합신호를 비례 제어를 기본으로 적분 제어와 미분 제어를 결합한 최종 온도 측정코드를 기반으로 히터 제어코드를 조정하여 히터 제어부(310)의 히터 제어전압이 변경되도록 한다.
- [0049] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 광 변조기의 온도 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0050] 온도 제어장치(300)는 광 변조기의 초기 동작 시 교정 모드(STEP 1)로 동작한다.
- [0051] 교정 모드(STEP 1)에서 온도 제어장치(300)는 히터 제어전압을 순차적으로 증가시키는 조정을 통해 테스트 히터 제어를 수행한다(S510). 여기서, 온도 제어장치(300)는 히터 제어전압의 초기값(0 V)에서 기 설정된 전압 단위로 히터 제어전압을 증가시키는 조정을 수행한다.
- [0052] 이후, 온도 제어장치(300)는 광 변조 진폭(OMA) 검출을 통해 광 변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 히터 제어전압을 선정한다(S520). 구체적으로, 온도 제어장치(300)는 히터 제어전압에 의해 히터(214)가 구동되는 상태에서 광 변조기(210)를 통해 인가되는 전기적 신호의 광 변조 진폭(OMA)을 검출한다. 여기서, 온도 제어장치(300)는 광 변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 즉, 피크값에 대응되는 히터 제어전압을 선정한다. 온도 제어장치(300)는 피크값에 대응되는 히터 제어전압이 복수 개 존재하는 경우, 피크값 중 최대값에 대응하는 히터 제어전압을 선정하는 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 마지막으로 검출된 피크값에 대응하는 히터 제어전압을 선정할 수도 있다.
- [0053] 온도 제어장치(300)는 광 변조기(210)의 초기 동작 시 교정 모드(STEP 1)가 완료되면, 교정 모드(STEP 2)로 동작한다.
- [0054] 교정 모드(STEP 2)에서 온도 제어장치(300)는 히터 제어전압을 선정된 이후 광 변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작

을 중지하는 동작을 수행한다(S530). 구체적으로, 온도 제어장치(300)는 교정 모드에서 선정된 히터 제어전압으로 히터(214)를 구동시킵니다. 동시에 광 변조기(210)의 센서(216)로부터 획득된 온도 측정값 기반의 온도 측정코드를 기준 온도 측정코드로 저장하고, 광 변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작을 중지한다.

- [0055] 이후, 온도 제어장치(300)는 광 변조기(210)의 센서(216)로부터 온도 측정값을 획득하고, PID 제어를 통해 히터 제어전압을 조정하여 광 변조기(210)의 온도를 제어한다(S540).
- [0056] 구체적으로, 온도 제어장치(300)는 광 변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작이 중지된 상태에서 광 변조기(210)의 센서(216)로부터 온도 측정값을 획득하고, 획득된 온도 측정값을 기반으로 생성된 신규 온도 측정코드를 생성한다. 여기서, 온도 제어장치(300)는 기 설정된 주기 또는 실시간으로 센서(216)로부터 온도 측정값을 획득할 수 있다.
- [0057] 온도 제어장치(300)는 기준 온도 측정코드를 기반으로 신규 온도 측정코드를 조정하고, 조정된 온도 측정코드를 이용하여 광 변조 진폭(OMA)이 최대값이 유지되도록 히터 제어전압을 변경한다. 온도 제어장치(300)는 변경된 히터 제어전압을 히터(214)로 전송하여 광 변조기(210)의 온도가 일정하게 유지되도록 한다.
- [0058] 도 5에서는 각 단계를 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 다시 말해, 도 5에 기재된 단계를 변경하여 실행하거나 하나 이상의 단계를 병렬적으로 실행하는 것으로 적용 가능할 것이므로, 도 5는 시계열적인 순서로 한정되는 것은 아니다.
- [0059] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 실시예에 따른 교정 모드 및 고정 모드 각각에서 광 변조기의 온도 제어 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0060] 도 6a는 온도 제어장치(300)의 교정 모드(STEP 1)의 온도 제어 순서도를 나타내고, 도 6b는 온도 제어장치(300)의 고정 모드(STEP 2)의 온도 제어 순서도를 나타낸다.
- [0061] 교정 모드(Calibration Mode)에서는 히터의 전압을 바꿔가면서 광 변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 히터 제어전압 값을 찾는 단계이다.
- [0062] 고정 모드(Lock Mode)에서는 교정 모드에서 찾은 히터 제어전압으로 히터를 구동시킵니다. 동시에 당시 광 변조기의 온도를 나타내는 온도 측정코드(TDC 값)을 기준값(reference)으로 저장하고 광 변조 진폭(OMA)의 동작을 중지시킨다.
- [0063] 그 이후부터 온도 제어장치(300)는 광 변조 진폭(OMA)을 최대값로 유지하기 위해 온도 측정코드(TDC 값)을 기준값(reference)을 기반으로 히터의 전압을 변경하기 위한 PID 제어를 수행한다.
- [0064] 온도 제어장치(300)는 광 변조 진폭(OMA)이 최대값을 가질 때의 광 변조기(210) 온도를 계속 유지시키기 때문에, 외부의 온도가 변화되더라도 해도 칩 내부의 온도를 일정하게 유지할 수 있고, 이를 통해 광 변조기(210)의 구동 성능은 최적의 동작점을 유지할 수 있다.
- [0065] 도 6a를 참조하면, 교정 모드(Calibration Mode)에서 온도 제어장치(300)는 히터 제어전압을 초기값(0 V)으로 설정하고(S610), 기 설정된 전압 단위로 히터 제어전압을 증가시킨다.
- [0066] 온도 제어장치(300)는 히터 제어전압과 공급전압을 비교한다(S620). 온도 제어장치(300)는 히터 제어전압이 공급전압 이상인 경우, 해당 히터 제어전압을 광 변조기의 온도 제어를 위한 히터 제어전압으로 선정하고 고정 모드(Lock Mode)를 수행한다.
- [0067] 한편, 온도 제어장치(300)는 히터 제어전압이 공급전압 미만인 경우, 해당 히터 제어전압으로 히터를 구동하고, 광 변조 진폭(OMA)을 검출한다(S630).
- [0068] 단계 S630에서 광 변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지지 않는 경우, 온도 제어장치(300)는 히터 제어전압을 기 설정된 전압 단위로 증가시키고(S650), 증가된 히터 제어전압으로 단계 S620의 동작을 수행한다. 여기서, 온도 제어장치(300)는 광 변조 진폭(OMA)이 최대값이 될 때까지 히터 제어전압을 증가시키는 동작을 반복하여 수행한다.
- [0069] 한편, 단계 S630에서 광 변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 경우, 온도 제어장치(300)는 해당 히터 제어전압을 광 변조기의 온도 제어를 위한 히터 제어전압의 후보로 선정하고, 히터 제어전압을 증가시켜(S650), 증가된 히터 제어전압으로 단계 S620의 동작을 수행한다.
- [0070] 온도 제어장치(300)는 후보로 선정된 히터 제어전압이 단계 S620에서 공급전압 이상인 경우, 해당 히터 제어전

압을 광 변조기의 온도 제어를 위한 히터 제어전압으로 선정하고 고정 모드(Lock Mode)를 수행한다. 한편, 온도 제어장치(300)는 후보로 선정된 히터 제어전압이 단계 S620에서 공급전압 미만인 경우, 단계 S620 내지 단계 S650의 동작을 반복하여 수행한다.

- [0071] 도 6b를 참조하면, 고정 모드(Lock Mode)에서 온도 제어장치(300)는 광 변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 히터 제어전압을 광 변조기의 온도 제어를 위한 히터 제어전압으로 선정하고, 선정된 히터 제어전압으로 광 변조기(210)의 히터(214)를 구동시킨다(S660).
- [0072] 온도 제어장치(300)는 광 변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작을 중지하고(S670), 광 변조기(210)의 센서(216)로부터 획득된 온도 측정값 기반의 온도 측정코드를 기준 온도 측정코드로 저장한다(S680).
- [0073] 온도 제어장치(300)는 광 변조기(210)의 센서(216)로부터 온도 측정값을 획득하고, PID 제어를 통해 히터 제어전압을 조정하여 광 변조기(210)의 온도를 제어한다(S690). 구체적으로, 온도 제어장치(300)는 광 변조 진폭(OMA)을 검출하는 동작이 중지된 상태에서 광 변조기(210)의 센서(216)로부터 온도 측정값을 획득하고, 획득된 온도 측정값을 기반으로 생성된 신규 온도 측정코드를 생성한다. 여기서, 온도 제어장치(300)는 기 설정된 주기 또는 실시간으로 센서(216)로부터 온도 측정값을 획득할 수 있다.
- [0074] 온도 제어장치(300)는 기준 온도 측정코드를 기반으로 신규 온도 측정코드를 조정하고, 조정된 온도 측정코드를 이용하여 광 변조 진폭(OMA)이 최대값이 유지되도록 히터 제어전압을 변경한다. 온도 제어장치(300)는 변경된 히터 제어전압을 히터(214)로 전송하여 광 변조기(210)의 온도가 일정하게 유지되도록 한다.
- [0075] 도 6a 및 도 6b에서는 각 단계를 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 다시 말해, 도 6a 및 도 6b에 기재된 단계를 변경하여 실행하거나 하나 이상의 단계를 병렬적으로 실행하는 것으로 적용 가능할 것이므로, 도 6a 및 도 6b는 시계열적인 순서로 한정되는 것은 아니다.
- [0076] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 온도 제어 장치의 측정 결과를 나타낸 도면이다.
- [0077] 도 7에서, 초기 스위프(initial sweep, 700)의 그래프 부분은 교정 모드(Calibration Mode)를 수행하는 구간을 의미하고, 이후 그래프 부분은 고정 모드(Lock Mode)를 수행하는 구간을 의미한다.
- [0078] 교정 모드에서는 히터의 전압을 바꿔가면서 광 변조 진폭(OMA)이 최대가 되는 히터 제어전압을 찾는다.
- [0079] 이후에는 고정 모드(Lock Mode)로 동작하며, 저장된 히터 제어전압을 계속 히터에 인가하면서 PID 제어를 통해 광 변조기(210)의 온도를 유지한다. 유지된 이후에 일부러 온도의 변화를 주어도 온도를 나타내는 온도 측정코드(TDC code)는 변화가 없으며 히터의 전압만 그에 맞추어 변화된다.
- [0080] 최근에는 고속의 데이터 전송이 필요한 곳이 많아짐에 따라서 광통신 인터페이스의 수요 또한 함께 증가하고 상황이다. 이에 따라, 광 변조기들을 비롯한 광 인터페이스 또한 실리콘-포토닉스 공정의 발달과 함께 시장성을 가지게 될 것이다.
- [0081] 하지만, 광 소자들의 생산과 현실적인 사용에 있어서 온도에 따른 제어가 필수적인 상황이다. 특히, 본 발명에 따른 온도 제어장치(300)를 실리콘 포토닉스 공정을 이용하여 하나의 칩 안에 광 변조기와 함께 집적할 수 있다면, 집적도가 높아지는 효과로 파장분할 다중화방식(WDM: Wavelength Division Multiplexing) 등을 통한 데이터 증가를 바라볼 수 있으며, 링 타입의 변조기 뿐만 아니라 온도에 민감한 모든 변조기에 다 적용할 수 있다.
- [0082] 이상의 설명은 본 발명의 실시예의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명의 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 본 발명의 실시예의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

- [0083] 100: 온도 제어 시스템
- 200: 광 변조 장치
- 210: 광 변조기
- 220: 포토 다이오드

300: 온도 제어장치

310: 히터 제어부

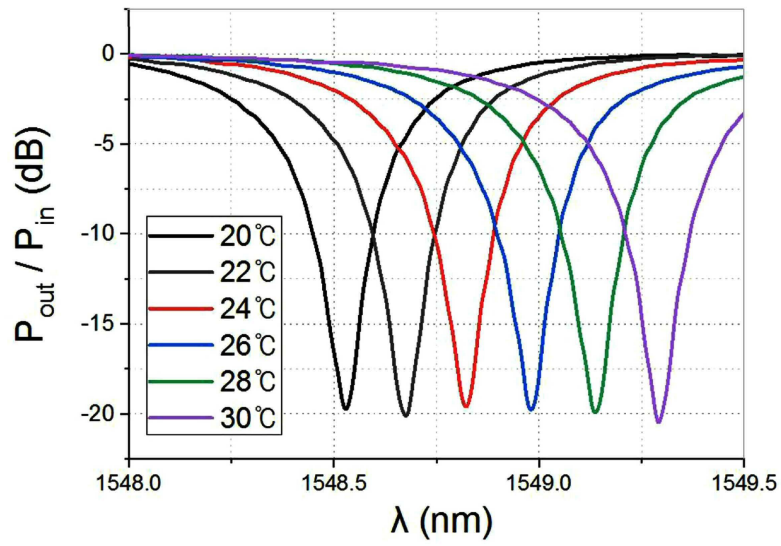
320: 온도 측정값 변환부

330: 광변조 진폭 검출부

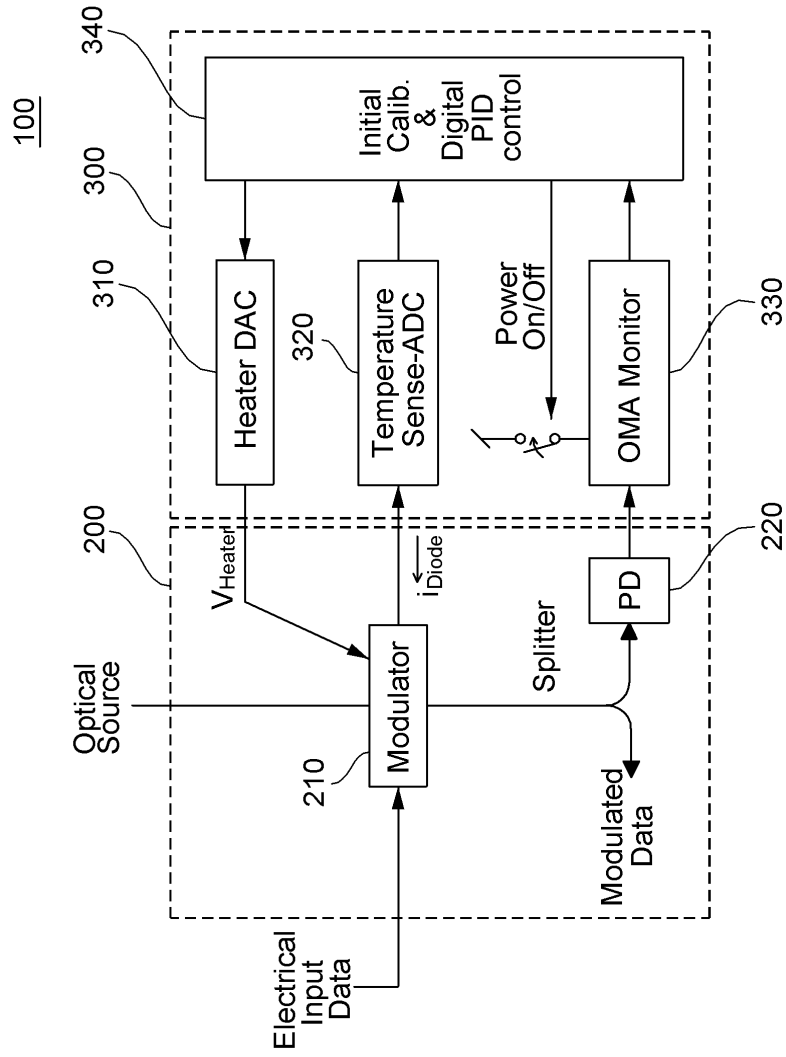
340: 온도 제어부

도면

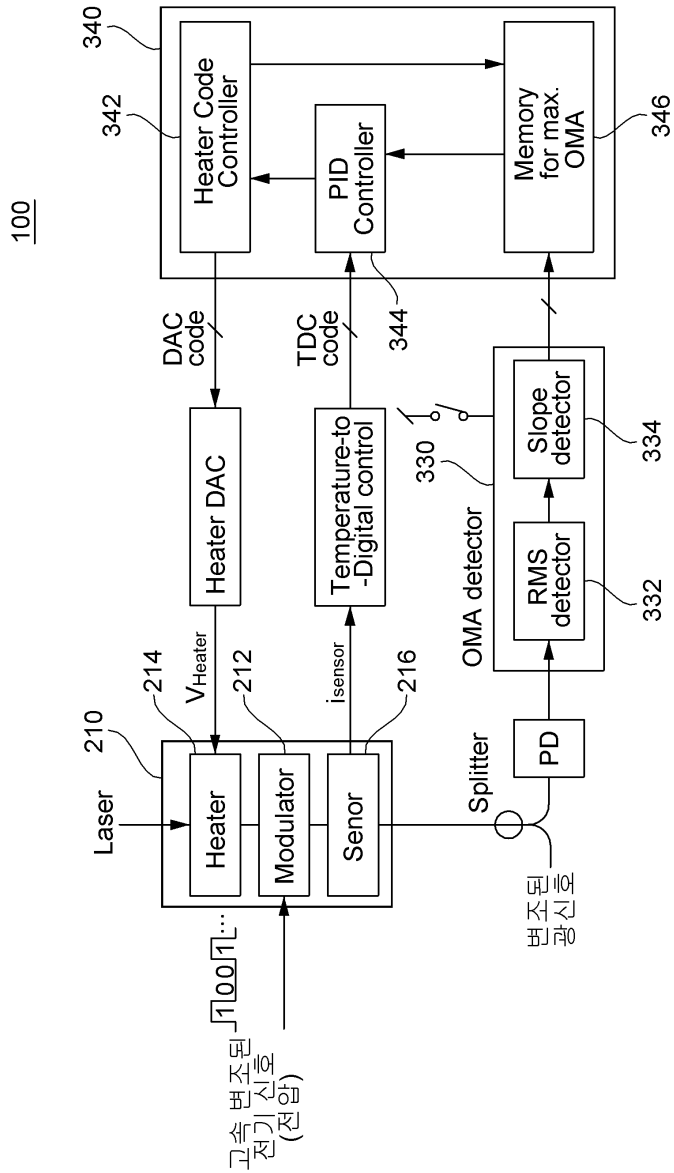
도면1



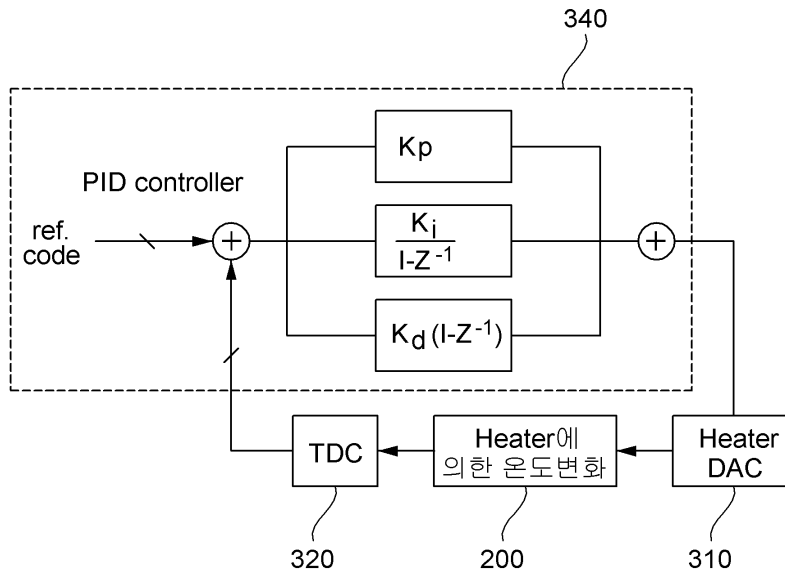
도면2



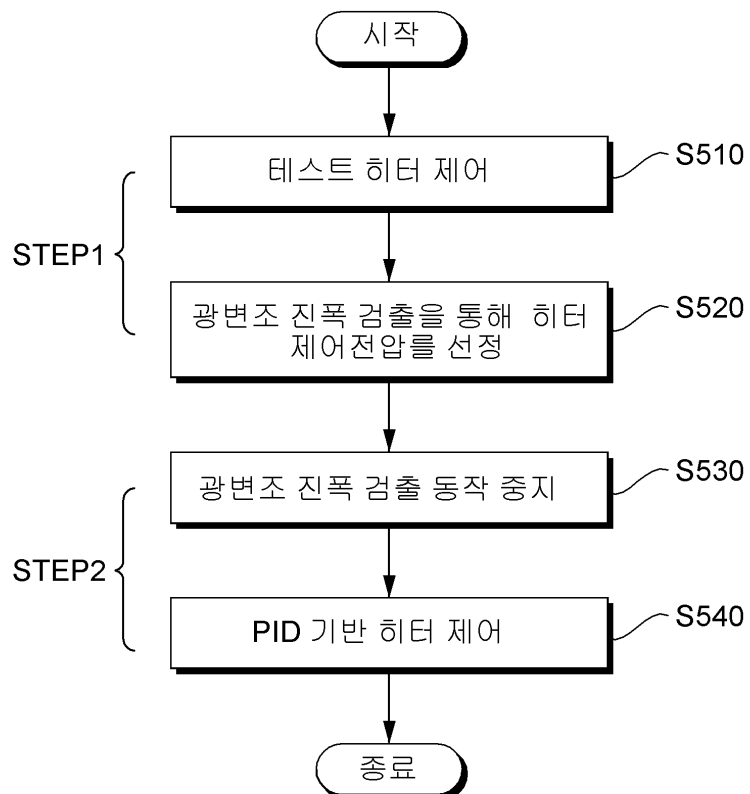
도면3



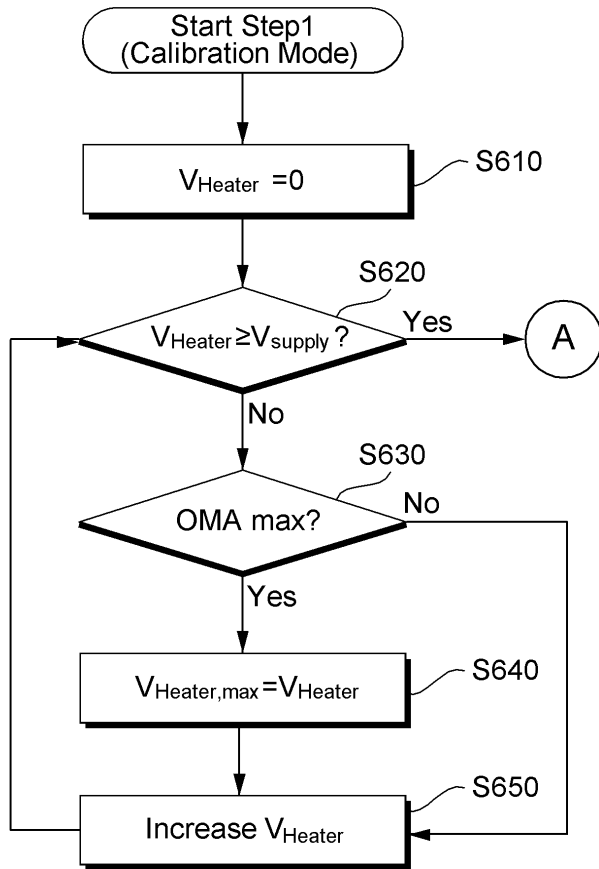
도면4



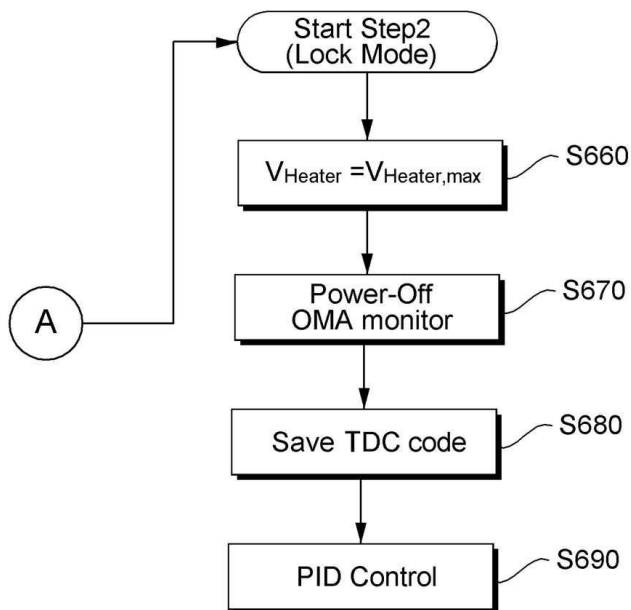
도면5



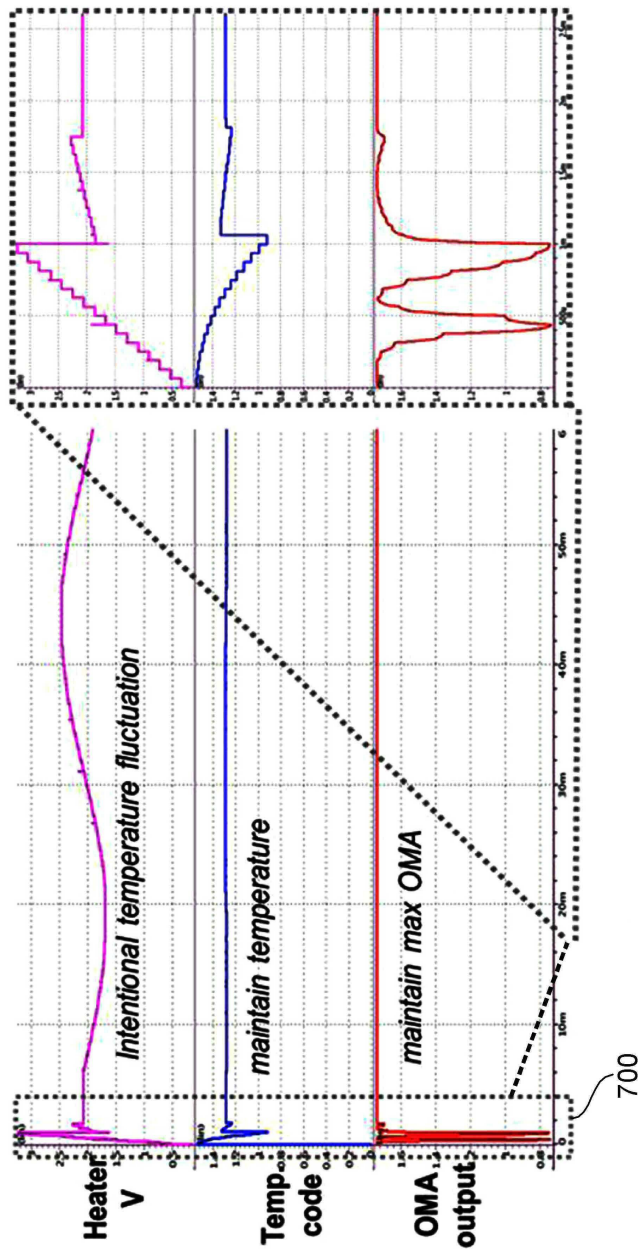
도면6a



도면6b



도면7



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 11

【변경전】

제10항에 있어서,

상기 교정 모드 수행 단계는,

상기 광 변조기에서 변조된 광 신호에 대한 상기 전기적 신호를 인가 받고, 상기 전기적 신호의 실효값에 비례하는 실효값 전압을 검출하고,

상기 실효값 전압에 대한 검출결과를 기반으로 기울기를 검출하여 상기 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 상기 검출 신호에 근거하여 상기 히터 제어전압을 선정하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어 방법.

【변경후】

제10항에 있어서,

상기 교정 모드 수행 단계는,

상기 광 변조기에서 변조된 광 신호에 대한 상기 전기적 신호를 인가 받고, 상기 전기적 신호의 실효값에 비례하는 실효값 전압을 검출하고,

상기 실효값 전압에 대한 검출결과를 기반으로 기울기를 검출하여 상기 광변조 진폭(OMA)이 최대값을 가지는 검출 신호에 근거하여 상기 히터 제어전압을 선정하는 것을 특징으로 하는 광 변조기의 온도 제어 방법.