



등록특허 10-2560255



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년07월28일

(11) 등록번호 10-2560255

(24) 등록일자 2023년07월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H03K 17/96 (2006.01) G02F 1/00 (2006.01)

H01L 31/08 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H03K 17/9636 (2013.01)

G02F 1/0054 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0025942

(22) 출원일자 2022년02월28일

심사청구일자 2022년02월28일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020160134305 A

KR1020180012409 A

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

광주과학기술원

광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)

(72) 발명자

주홍렬

서울특별시 서대문구 독립문공원길 17, 112동 404호(현저동, 독립문극동아파트)

이기용

경기도 용인시 기흥구 신구로42번길 3-3, 101호(구갈동, 성지빌라)

문봉진

대한민국 61005 광주광역시 북구 첨단과기로 123, 교수APT C/202

(74) 대리인

민영준

전체 청구항 수 : 총 20 항

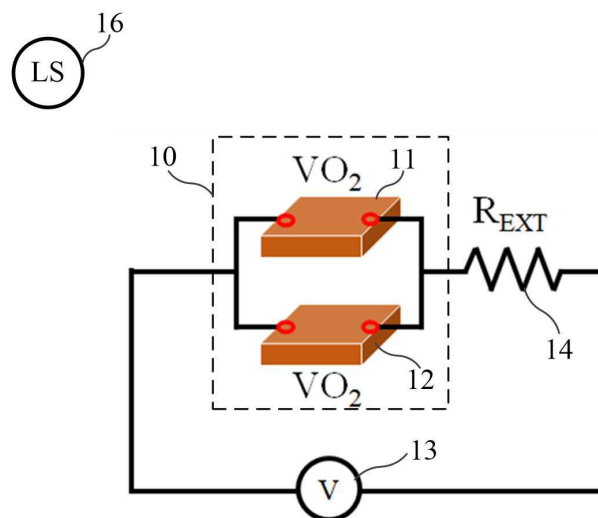
심사관 : 최규돈

(54) 발명의 명칭 고속 스위치 회로

## (57) 요약

본 발명은 부도체-도체 전이(Insulator Metal Transition: 이하 IMT) 물질을 포함하여, 광이 인가되면 도체로 상전이 되어 스위치 회로를 턴온시키는 제1 IMT 소자, 및 제1 IMT 소자와 전기적으로 병렬로 연결되고, IMT 물질을 포함하여, 광이 인가되면 도체로 상전이되어 제1 IMT 소자를 통해 흐르는 전류를 분산시키고, 분산된 전류에 의해 제1 IMT 소자와 함께 부도체로 상전이 되어 스위치 회로를 턴오프시키는 제2 IMT 소자를 포함하여, IMT 소자의 초고속 상전이 특성에 따라 고속 스위칭이 가능하고, 광이 인가되어 턴온되면, 거대 지속 광전도도 특성을 이용하여 인가되는 광이 지속되지 않더라도 온 상태를 계속적으로 유지할 수 있으며, 레이저 광을 이용하여 원격지에서 거리 제한없이 스위칭 제어를 수행할 수 있는 고속 스위치 회로를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01L 31/08* (2013.01)

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

스위치 회로에 있어서,

부도체-도체 전이(Insulator Metal Transition: 이하 IMT) 물질을 포함하여, 광이 인가되면 도체로 상전이 되어 상기 스위치 회로를 턴온시키는 제1 IMT 소자; 및

상기 제1 IMT 소자와 전기적으로 병렬로 연결되고, 상기 IMT 물질을 포함하여, 광이 인가되면 도체로 상전이어 상기 제1 IMT 소자를 통해 흐르는 전류를 분산시키고, 분산된 전류에 의해 상기 제1 IMT 소자와 함께 부도체로 상전이 되어 상기 스위치 회로를 턴오프시키는 제2 IMT 소자를 포함하는 스위치 회로.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 스위치 회로는

상기 제1 및 제2 IMT 소자를 부도체에서 도체로 상전يسي키는 도체 전이 전압과 상기 제1 및 제2 IMT 소자를 도체에서 부도체로 상전يسي키는 부도체 전이 전압 사이의 전압이 소자 전압으로 인가되도록 액티브 전압을 공급하는 전원을 더 포함하는 스위치 회로.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 스위치 회로는

턴온 시에 상기 제1 IMT 소자에 광을 조사하고, 턴 오프시에 상기 제2 IMT 소자로 광을 조사하는 광원을 더 포함하는 스위치 회로.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 광원은

상기 제1 IMT 소자 또는 상기 제2 IMT 소자에 거대 지속 광전도도(Giant Persistent Photoconductivity: 이하 GPPC) 현상이 발생하는 세기의 펄스 광을 조사하는 스위치 회로.

#### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제1 및 제2 IMT 소자는

상기 제2 IMT 소자에 광이 조사되어 상기 제2 IMT 소자가 도체로 상전이되면, 상기 제1 및 제2 IMT 소자를 통해 흐르는 전류가 상기 제1 및 제2 IMT 소자를 부도체로 상전이 시키는 부도체 전이 전류 미만으로 되어 분산되어 부도체로 상전이 되는 스위치 회로.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제1 및 제2 IMT 소자 각각은

기판;

상기 기판 상에 상기 IMT 물질로 형성되는 상전이층; 및

상기 상전이층의 양단에 형성되는 전극을 포함하는 스위치 회로.

#### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 상전이층은

요구되는 상전이 발생 전압 및 광의 세기에 따라 크기가 결정되는 스위치 회로.

#### 청구항 8

제6항에 있어서, 상기 상전이층은  
IMT 물질로서 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )을 포함하여 구현되는 스위치 회로.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 IMT 물질은  
상기 IMT 소자의 상전이 온도를 조절하기 위해, 상기 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )에 불순물이 첨가되는 스위치 회로.

#### 청구항 10

제6항에 있어서, 상기 기판은  
기 지정된 문턱값 이하의 열전도도를 갖는 소재로 구현되는 스위치 회로.

#### 청구항 11

제9항에 있어서, 상기 기판은  
코닝 글래스로 구현되는 스위치 회로.

#### 청구항 12

제3항에 있어서, 상기 광원은  
상기 제1 및 제2 IMT 소자로부터 이격 배치되어, 상기 제1 및 제2 IMT 소자로 레이저 펄스 광을 방출하는 스위치 회로.

#### 청구항 13

제4항에 있어서, 상기 광원은  
상기 스위치 회로가 상기 GPPC 현상의 지속 시간 이상 온 상태로 유지되는 경우, 상기 GPPC 현상의 지속 시간보다 짧은 주기로 반복적으로 상기 제1 IMT 소자에 광을 조사하는 스위치 회로.

#### 청구항 14

스위치 회로에 있어서,  
기판;  
상기 기판 상에 부도체-도체 전이(Insulator Metal Transition: 이하 IMT) 물질로 형성되는 상전이층; 및  
상기 상전이층의 양단에 형성되는 전극을 포함하여 구성되는 IMT 소자를 포함하고,  
상기 IMT 소자는  
상기 상전이층에 광이 인가되면 일부 영역에 도체로 상전이된 도전체 채널이 형성되어 상기 스위치 회로를 턴온시키고,  
상기 상전이층에서 상기 도전체 채널과 이격된 영역에 광이 인가되면, 광이 인가된 영역에 상기 도전체 채널과 이격된 추가 도전체 채널이 형성되어, 상기 도전체 채널을 통해 흐르는 전류가 분산됨으로서 부도체로 상전이가 되어 상기 스위치 회로를 턴오프 시키는 스위치 회로.

#### 청구항 15

제14항에 있어서, 상기 스위치 회로는  
상기 IMT 소자를 부도체에서 도체로 상전이지키는 도체 전이 전압과 상기 IMT 소자를 도체에서 부도체로 상전이지키는 부도체 전이 전압 사이의 전압이 소자 전압으로 인가되도록 액티브 전압을 공급하는 전원을 더 포함하는 스위치 회로.

## 청구항 16

제14항에 있어서, 상기 스위치 회로는

턴온 시에 상기 상전이층의 전체 영역에 광을 조사하고, 턴 오프시에 상기 상전이층에서 상기 도전체 채널과 이격된 영역에 광을 조사하는 광원을 더 포함하는 스위치 회로.

## 청구항 17

제16항에 있어서, 상기 광원은

상기 IMT 소자에 거대 지속 광전도도(Giant Persistent Photoconductivity: 이하 GPPC) 현상이 발생하는 세기의 펄스 광을 조사하는 스위치 회로.

## 청구항 18

제14항에 있어서, 상기 상전이층은

IMT 물질로서 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )을 포함하여 구현되는 스위치 회로.

## 청구항 19

제14항에 있어서, 상기 기판은

기지정된 문턱값 이하의 열전도도를 갖는 소재로 구현되는 스위치 회로.

## 청구항 20

제16항에 있어서, 상기 광원은

상기 소자로부터 이격 배치되어, 상기 소자로 레이저 펄스 광을 방출하는 스위치 회로.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 스위치 회로에 관한 것으로, 펄스 광에 응답하여 빠르게 온/오프되는 고속 스위치 회로에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 부도체-도체 전이(Insulator Metal Transition: 이하 IMT) 물질은 주어진 조건 또는 환경에 따라 부도체에서 도체로, 또는 도체에서 부도체로 상전이를 일으키는 물질을 의미한다. 이와 같은 IMT 물질 중 현재 가장 활발하게 연구가 되고 있는 물질은 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )이다. 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )은 IMT 물질 중에서 전이 온도가 상온에 가까운 유일한 물질로서, 센서, 반도체 소자, 광 소자 등과 같은 대부분의 응용 소자는 상온 근처 온도에서 동작하므로 다양한 전기 전자 소자에 활용될 것으로 기대되고 있다. 특히 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )은 온도뿐만 아니라, 전기, 빛 또는 스트레스 등과 같은 다양한 외부 자극에 의해서도 저항 변화가 발생하여 부도체-도체 사이의 상전이가 발생하게 되므로, 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )을 이용한 각종 소자를 개발하기 위한 연구가 활발하게 수행되고 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-2264249호 (2021.06.07 등록)

## 발명의 내용

## 해결하려는 과제

- [0004] 본 발명의 목적은 고속 스위칭 동작이 가능한 고속 스위치 회로를 제공하는데 있다.
- [0005] 본 발명의 목적은 이산화바나듐의 거대 지속 광전도도 특성을 이용하여, 인가되는 광이 지속되지 않더라도 온 상태를 계속적으로 유지할 수 있는 고속 스위치 회로를 제공하는데 있다.
- [0006] 본 발명의 또 다른 목적은 광을 이용하여 원격 스위칭이 가능한 고속 스위치 회로를 제공하는데 있다.

## 과제의 해결 수단

- [0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 스위치 회로는 부도체-도체 전이(Insulator Metal Transition: 이하 IMT) 물질을 포함하여, 광이 인가되면 도체로 상전이 되어 상기 스위치 회로를 턴온시키는 제1 IMT 소자; 및 상기 제1 IMT 소자와 전기적으로 병렬로 연결되고, 상기 IMT 물질을 포함하여, 광이 인가되면 도체로 상전이되어 상기 제1 IMT 소자를 통해 흐르는 전류를 분산시키고, 분산된 전류에 의해 상기 제1 IMT 소자와 함께 부도체로 상전이 되어 상기 스위치 회로를 턴오프시키는 제2 IMT 소자를 포함한다.
- [0008] 상기 스위치 회로는 상기 제1 및 제2 IMT 소자를 부도체에서 도체로 상전이는시키는 도체 전이 전압과 상기 제1 및 제2 IMT 소자를 도체에서 부도체로 상전이는시키는 부도체 전이 전압 사이의 전압이 소자 전압으로 인가되도록 액티브 전압을 공급하는 전원을 더 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 스위치 회로는 턴온 시에 상기 제1 IMT 소자에 광을 조사하고, 턴 오프시에 상기 제2 IMT 소자로 광을 조사하는 광원을 더 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 광원은 상기 제1 IMT 소자 또는 상기 제2 IMT 소자에 거대 지속 광전도도(Giant Persistent Photoconductivity: 이하 GPPC) 현상이 발생하는 세기의 펄스 광을 조사할 수 있다.
- [0011] 상기 제1 및 제2 IMT 소자는 상기 제2 IMT 소자에 광이 조사되어 상기 제2 IMT 소자가 도체로 상전이되면, 상기 제1 및 제2 IMT 소자를 통해 흐르는 전류가 상기 제1 및 제2 IMT 소자를 부도체로 상전이시키는 부도체 전이 전류 미만으로 되어 분산되어 부도체로 상전이될 수 있다.
- [0012] 상기 제1 및 제2 IMT 소자 각각은 기관; 상기 기관 상에 상기 IMT 물질로 형성되는 상전이층; 및 상기 상전이층의 양단에 형성되는 전극을 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 상전이층은 요구되는 상전이 발생 전압 및 광의 세기에 따라 크기가 결정될 수 있다.
- [0014] 상기 IMT 물질은 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )을 포함하여 구현될 수 있다.
- [0015] 상기 IMT 물질은 상기 IMT 소자의 상전이 온도를 조절하기 위해, 상기 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )에 불순물이 첨가될 수 있다.
- [0016] 상기 기관은 기지정된 문턱값 이하의 열전도도를 갖는 소재로 구현될 수 으며, 코닝 글래스로 구현될 수 있다.
- [0017] 상기 광원은 상기 제1 및 제2 IMT 소자로부터 이격 배치되어, 상기 제1 및 제2 IMT 소자로 레이저 펄스 광을 방출할 수 있다.
- [0018] 상기 광원은 상기 스위치 회로가 상기 GPPC 현상의 지속 시간 이상 온 상태로 유지되는 경우, 상기 GPPC 현상의 지속 시간보다 짧은 주기로 반복적으로 상기 제1 IMT 소자에 광을 조사할 수 있다.
- [0019] 상기 목적을 달성하기 위한 다른 실시예에 따른 스위치 회로는 기관; 상기 기관 상에 부도체-도체 전이(Insulator Metal Transition: 이하 IMT) 물질로 형성되는 상전이층; 및 상기 상전이층의 양단에 형성되는 전극을 포함하여 구성되는 IMT 소자를 포함하고, 상기 IMT 소자는 상기 상전이층에 광이 인가되면 일부 영역에 도체로 상전이된 도전체 채널이 형성되어 상기 스위치 회로를 턴온시키고, 상기 상전이층에서 상기 도전체 채널과 이격된 영역에 광이 인가되면, 광이 인가된 영역에 상기 도전체 채널과 이격된 추가 도전체 채널이 형성되어, 상기 도전체 채널을 통해 흐르는 전류가 분산됨으로서 부도체로 상전이되어 상기 스위치 회로를 턴오프시킨다.

## 발명의 효과

- [0020] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 고속 스위치 회로는 이산화바나듐으로 구현되는 IMT 소자의 초고속 상전이 특성에 따라 고속 스위칭이 가능하고, 광이 인가되어 턴온되면, 거대 지속 광전도도 특성을 이용하여 인가되는 광

이 지속되지 않더라도 온 상태를 계속적으로 유지할 수 있으며, 레이저 광을 이용하여 원격지에서 거리 제한없이 스위칭 제어를 수행할 수 있다. 따라서 고속 스위칭 동작이 요구되는 각종 디스플레이 장치나 메모리 장치 등에서 소자 제어용 스위치로 이용될 수 있으며, 원거리에서의 제어가 요구되는 의료용 및 군사용 장치에 활용될 수도 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 일 실시예에 따른 스위치 회로의 구성을 나타낸다.
- 도 2는 도 1의 스위치 회로와 IMT 소자의 전압-전류 특성 그래프를 나타낸다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 IMT 소자의 구성의 일 예를 나타낸다.
- 도 4는 인가된 광에 따른 IMT 소자의 IMT 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 전압에 따른 IMT 소자의 거대 지속 광전도도 변화를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6 및 도 7은 일 실시예에 따른 스위치 회로의 스위칭 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 다른 실시예에 따른 스위치 회로의 구성을 나타낸다.
- 도 9는 도 8의 스위치 회로에서 IMT 소자에 따른 스위치 회로의 스위칭 동작을 설명하기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- [0023] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.
- [0024] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0025] 도 1은 일 실시예에 따른 스위치 회로의 구성을 나타낸다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 스위치 회로는 스위치(10)와 전원(13) 및 광원(16)을 포함할 수 있다. 스위치(10)는 서로 병렬로 연결되는 제1 및 제2 IMT 소자(11, 12)를 포함한다. 제1 및 제2 IMT 소자(11, 12)는 각각 IMT 물질을 기반으로 구현되며, 여기서는 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )을 기반으로 구현된다. 상기한 바와 같이, 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )은 온도뿐만 아니라, 전기, 빛 또는 스트레스 등과 같은 다양한 외부 자극에 의해서도 저항 변화가 발생하여 부도체-도체 사이의 상전이가 발생하는 물질이다. 그리고 본 명세서에서는 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )을 기반으로 구현되는 제1 및 제2 IMT 소자(11, 12)가 인가되는 전압과 함께 광에 응답하여 상전이가 발생되도록 한다.
- [0027] 이에 스위치(10)에서 서로 병렬로 연결되는 제1 및 제2 IMT 소자(11, 12)는 광이 용이하게 조사될 수 있도록 서로 이격되어 나란하게 위치할 수 있다.
- [0028] 그리고 전원(13)은 지정된 레벨의 전압을 출력하여 스위치(10)의 양단으로 인가한다. 전원(13)은 외부 저항(14)을 통해 스위치(10)에 병렬로 연결된 제1 및 제2 IMT 소자(11, 12)에 소자 전압( $V_0$ )을 인가한다. 제1 및 제2 IMT 소자(11, 12)가 서로 병렬로 연결되어 있으므로, 제1 및 제2 IMT 소자(11, 12)가 모두 부도체 상태인 경우 2개의 IMT 소자(11, 12)에는 동일한 소자 전압( $V_0$ )이 인가될 수 있다.
- [0029] 여기서 전원(13)은 스위치(10)의 제1 및 제2 IMT 소자(11, 12)가 입사되는 광에 응답하여 부도체에서 도체로 또는 부도체에서 도체로의 상전이를 용이하게 일으킬 수 있는 환경을 제공할 뿐만 아니라, 스위치(10)의 2개의 IMT 소자(11, 12) 중 적어도 하나가 도체로 상전이 상태인 경우, 도체 상태의 IMT 소자를 통해 부하(미도시)로

흐르는 전류를 공급한다.

- [0030] 광원(16)은 스위치(10)의 제1 및 제2 IMT 소자(11, 12) 각각에 광을 인가한다. 여기서 광원(16)은 펄스 광을 생성하여 제1 IMT 소자(11) 또는 제2 IMT 소자(12) 중 하나를 선택하여 광을 인가할 수 있다. 광원(16)은 스위치(10)를 턴온시키고자 하는 경우, 2개의 IMT 소자(11, 12) 중 하나의 IMT 소자에 펄스 광을 인가한다. 그리고 스위치(10)를 턴오프시키고자 하는 경우에는 나머지 IMT 소자에 펄스 광을 인가한다. 즉 일 실시예에서 스위치(10)는 광원(16)이 IMT 소자(11, 12)에 대해 선택적으로 광을 인가함으로써 턴온 또는 턴오프될 수 있다.
- [0031] 여기서 광원(16)은 높은 에너지 집적도를 가지고 직진성 및 지향성이 우수한 레이저 펄스 광을 생성하여 IMT 소자(11, 12) 중 선택된 IMT 소자로 인가할 수 있다. 따라서 광원(16)은 스위치(10)로부터 이격된 원격에 위치할 수 있다. 즉 스위치(10)는 원격 스위치로도 이용될 수 있다.
- [0032] 외부 저항(14)은 스위치(10)가 턴온될 때, 급격하게 큰 전류가 회로에 흐르는 것을 방지하기 위한 회로 보호용으로 구비되었으며, 경우에 따라서 생략될 수 있다.
- [0033] 도 2는 도 1의 스위치 회로와 IMT 소자의 전압-전류 특성 그래프를 나타낸다.
- [0034] 도 2에서 (a)는 도 1의 스위치 회로에서 전원(13)에서 공급되는 전압(V)에 따른 전압-전류 특성 그래프를 나타내고, (b)는 IMT 소자(11, 12)에 인가되는 소자 전압( $V_D$ )에 따른 전압-전류 특성 그래프를 나타낸다. 즉 도 2에서는 광원(16)이 IMT 소자(11, 12)로 광을 조사하지 않는 경우의 특성을 나타낸다.
- [0035] 도 2를 살펴보면, 전원(13)에서 공급되는 전압(V)이 (a)의 ①과 같이 증가할지라도, (b)의 ①에 도시된 바와 같이, IMT 소자(11, 12)의 양단에 인가되는 소자 전압( $V_D$ , 여기서는  $V_D = V - I \cdot R_{EXT}$ )이 IMT 소자(11, 12)를 부도체에서 도체로 상전이시키는 도체 전이 전압( $V_{IMT}$ )에 도달하지 않는다면, IMT 소자(11, 12)가 부도체 상태를 유지하므로 스위치 회로에는 전류(I)가 거의 흐르지 않는다.
- [0036] 그리고 전원(13)에서 공급되는 전압(V)이 증가하여 제2 전압( $V_2$ )에 도달하면, IMT 소자(11, 12)에 인가되는 소자 전압( $V_D$ )이 도체 전이 전압( $V_{IMT}$ )에 도달하게 되어 IMT 소자(11, 12)는 부도체에서 도체로 상전이된다. 이에 (b)의 ②와 같이 도체로 상전이된 IMT 소자(11, 12)를 통해 전류(I)가 흐르게 된다. 일 실시예에서 IMT 소자(11, 12)는 이산화 바나듐( $VO_2$ )을 기반으로 구현되며, 이산화 바나듐( $VO_2$ )은 IMT 물질 중에서도 급속한 상전이 특성을 나타내는 물질이다. 따라서 전압(V)이 제2 전압( $V_2$ )에 도달하면, (a)의 ②와 같이 도체로 상전이된 IMT 소자(11, 12)를 통해 전류(I)가 급격하게 흐르게 된다. 전압(V)이 제2 전압( $V_2$ )에 도달한 이후 추가적으로 상승되면, (a)의 ③과 같이, 전류(I)는 상승되는 전압(V)에 비례하여 증가하게 된다. 이때 도체로 상전이된 IMT 소자(11, 12)의 양단에는 (b)의 ③과 같이, 균일한 전압( $V_{MIT}$ )이 인가되고, 흐르는 전류(I)만 변화된다.
- [0037] 한편, 2개의 IMT 소자(11, 12) 중 하나가 도체로 상전이된 상태에서 전원(13)에서 공급되는 전압(V)이 하강하게 되면, 전류(I) 또한 하강하는 전압(V)에 비례하여 (a)의 ④ 및 ⑤에서와 같이 점차로 하강하게 된다. 이때도, IMT 소자(11, 12)의 양단에는 (b)의 ④ 및 ⑤와 같이, 균일한 전압이 인가되고, 흐르는 전류(I)만 감소하게 된다.
- [0038] 그리고 전원(13)에서 공급되는 전압(V)이 제2 전압( $V_2$ )보다 낮은 전압 레벨의 제1 전압( $V_1$ )까지 하강하게 되면, 도체 상태의 IMT 소자(11, 12)에 흐르는 전류(I)가 감소하여 부도체 전이 전류( $I_{IMT}$ )에 도달하게 되고, IMT 소자(11, 12)는 도체에서 다시 부도체로 상전이된다. 이로 인해 전류(I)가 흐르지 않게 된다.
- [0039] 그리고 (b)를 살펴보면, 전압(V)이 제2 전압( $V_2$ )보다 낮은 상태에서 증가하게 되면, IMT 소자(11, 12)에 인가되는 소자 전압( $V_D$ ) 또한 증가한다. 그러나 IMT 소자(11, 12)에 인가되는 소자 전압( $V_D$ )이 부도체 상태에서 도체 상태로 상전이 시키는 도체 전이 전압( $V_{IMT}$ )에 도달하지 않으면, IMT 소자(11, 12)는 부도체 상태를 유지한다. 따라서 (1)과 같이 전류(I)가 IMT 소자(11, 12)를 통해 흐르지 않는다. 그리고 전압(V)이 제2 전압( $V_2$ )에 도달하여 IMT 소자(11, 12)에 인가되는 소자 전압( $V_D$ )이 도체 전이 전압( $V_{IMT}$ )에 도달하면, (2)와 같이 IMT 소자(11, 12)를 통해 전류가 흐르게 된다. IMT 소자(11, 12)가 도체로 상전이되어 전류가 흐르게 됨에 따라 IMT 소자(11, 12)의 저항 성분이 낮아져, IMT 소자(11, 12)의 양단에 인가되는 소자 전압( $V_D$ )은 강해진다.
- [0040] 따라서 도 1에 도시된 스위치 회로에서 스위치(10)의 2개의 IMT 소자(11, 12)는 도 2에 도시된 바와 같이 전원



(13)에서 공급되는 전압에 따라 도체 또는 부도체로 상전이하여 전류를 흐르게 하거나 차단하는 스위치로 동작할 수 있다.

[0041] 다만 도 1은 스위치(10)에 구비된 2개의 IMT 소자(11, 12)의 전압에 대한 IMT 특성을 설명하기 위한 것으로, 전원(13)에서 공급되어야 하는 전압의 변화가 요구되므로 일반적인 스위치로 사용되기는 어렵다. 이에 본 실시예에서는 전원(13)이 제1 전압( $V_1$ )과 제2 전압( $V_2$ ) 사이의 레벨을 갖는 액티브 전압( $V_A$ )을 인가하고, 스위치 회로는 2개의 IMT 소자(11, 12)에 인가되는 광원(16)에서 방출되는 광에 응답하여 스위칭되도록 한다. 이하에서는 광원(16)에서 방출되는 광에 응답하여 스위치 회로가 스위칭되도록 하는 IMT 소자(11, 12)의 IMT 특성을 설명한다.

[0042] 도 3은 일 실시예에 따른 IMT 소자의 구성의 일 예를 나타내고, 도 4는 인가된 광에 따른 IMT 소자의 IMT 특성을 설명하기 위한 도면이며, 도 5는 전압에 따른 IMT 소자의 거대 지속 광전도도 변화를 설명하기 위한 도면이다.

[0043] 도 1에 도시된 서로 병렬로 연결된 2개의 IMT 소자(11, 12)는 도 3에 도시된 바와 같이 구현될 수 있다. 도 3을 참조하면, IMT 소자(11, 12)는 기판(34) 상에 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )이 상전이층(31)로서 형성되어 구현될 수 있다. 이때, 상전이층(31)은 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )으로만 구성될 수도 있으나, 상전이 온도를 조절하기 위해 산화가가 +3가인 알루미늄( $\text{Al}^{3+}$ )이나 갈륨( $\text{Ga}^{3+}$ )과 같은 다양한 불순물이 첨가될 수도 있다. 그리고 상전이층(31)은 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )이 기판(34) 상에 증착되어 박막으로 형성될 수 있다.

[0044] 한편 상전이층(31)의 양측단에는 스위치 회로의 선로와 상전이층(31)을 전기적으로 연결하는 금속 전극(32, 33)이 형성될 수 있다. 금속 전극(32, 33)은 일 예로 금(Au) 또는 크롬(Cr) 등으로 형성될 수 있다. 여기서 상전이층(31)의 길이(L)와 폭(W)은 스위치 회로를 동작시키고자 하는 환경, 특히 전원(13)에서 공급되는 전압(V)과 인가되는 광원(36)에서 조사되는 광의 세기에 따라 다양하게 조절될 수 있다.

[0045] 그리고 상전이층(31)에는 광원(36)에서 방사된 광이 조사된다. 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 전원(13)이 액티브 전압( $V_A$ )을 공급하는 상태에서 상전이층(31)에 일정 수준 이상의 세기를 갖는 광이 조사되면, 상전이층(31)을 구성하는 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )은 광원(36)에서 인가된 광에 응답하여 상전이를 일으킨다. 즉 소자 전압( $V_D$ )이 도체 전이 전압( $V_{\text{IMT}}$ )에 도달하지 않더라도, 상전이층(31)이 인가된 광에 의해 상전이를 일으키며, 이로 인해 부도체에서 도체로 전이된다.

[0046] 다만 기존에는 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )에 광이 인가되어 도체로 전이된 상태에서 광이 인가되지 않으면, 다시 부도체로 상전이하는 것으로 알려져 있다. 즉 상전이층(31)이 인가되는 소자 전압( $V_D$ )과 함께 광에 의해 도체로 상전이 되었으므로, 광이 인가되지 않으면 상전이층(31)은 다시 부도체로 상전이 된다. 따라서 상전이층(31)이 도체 상태를 유지하기 위해서는 광원(36)은 광을 계속적으로 인가되어야 하며, 이는 기존에 상전이층(31)을 스위치로 활용하기에 부적합하도록 하는 요인으로 작용하였다.

[0047] 그에 반해 본 실시예의 고안자는 실험을 통해, 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, 환경 조건에 따라 상전이층(31)에 광을 인가한 후, 광이 인가되지 않더라도, 오랜 시간동안 전도도가 향상된 도체 상태가 유지되는 거대 지속 광전도도(Giant Persistent Photoconductivity: 이하 GPPC) 현상이 발생하는 것을 확인하였다. 이러한 GPPC 현상은 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )이 아닌 다른 물질에서는 발견된 바 있으나, 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )의 경우에는 현재까지 GPPC 현상이 나타나지 않는 것으로 알려져 왔다.

[0048] 그러나 본 실시예의 고안자는 광원(36)이 광을 지속적으로 인가하지 않고, 짧은 문턱 시간 동안의 문턱 세기 이상의 펄스 광을 인가할지라도, 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )에서 GPPC 현상이 발생할 수 있다는 것을 확인하였다. 즉 짧은 시간동안 고에너지의 광이 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )에 인가되면, 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )은 이후 광원(36)으로부터 광이 인가되지 않더라도 도 4의 (b)와 같이 장시간(여기서는 30시간 이상)동안 도체 상태를 유지할 수 있음을 확인하였다. 이때 광은 펄스 광으로서, 광원(36)은 레이저 다이오드 등으로 구현되어 고에너지의 레이저 펄스 광을 생성하여 상전이층(31)에 인가할 수 있다.

[0049] 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )으로 구현되는 상전이층(31)의 GPPC 현상은 도 4의 (b)에서 I 및 II에 도시된 바와 같이, 전원(13)이 제1 전압( $V_1$ )과 제2 전압( $V_2$ ) 사이의 레벨을 갖는 액티브 전압( $V_A$ )을 공급하는 상태에서 매우 강한 세

기의 광이 인가되면, 상온 부근에서 매우 빠르게 발생한다. 상전이층(31)은 전원(13)이 공급하는 액티브 전압( $V_A$ )에 의한 줄열과 함께 인가된 레이저 펄스광의 광열로 온도가 상전이 온도(예를 들면,  $67^{\circ}\text{C}$ ) 이상으로 빠르게 상승함으로써, 부도체에서 도체로 상전이 하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 광의 세기가 강할수록 짧은 시간 동안 광이 조사되어도 상전이층(31)에는 GPPC 현상이 발생할 수 있다.

[0050] 이때, 상전이층(31)은 도 4의 (c)의 I와 같이 전체가 부도체 상태에서 및 도 4의 (c)의 II에 나타난 바와 같이, 일부 영역이 도체로 상전이 된다.

[0051] 다만 기존에 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )에 광이 인가되어도 GPPC 현상이 발견되지 않은 이유는, 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )의 줄열과 광열이 빠르게 외부로 방출되어 다시 부도체로 상전이한 결과로 볼 수 있다. 따라서 상전이층(31)의 내부의 열이 유지된다면, 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )으로 구현되는 상전이층(31)은 광이 지속적으로 인가되지 않더라도 도 4의 (c)의 III에 나타난 바와 같이, 도체로 상전이된 d영역이 도체 상태를 계속적으로 유지하여 GPPC 현상을 발생시키게 된다. 즉 GPPC 현상이 발생하는 시간을 증가시키기 위해서는 인가된 광의 세기가 강하거나, 전원(13)이 공급하는 액티브 전압( $V_A$ )에 의해 발생하는 줄열이 커야 한다. 또는 외부로 방출되는 열량이 저감되어야 한다.

[0052] 특히 상기한 바와 같이 상전이층(31)은 주로 기판(34) 상에 박막으로 형성되므로, 기판(34)의 열전도도에 따라 매우 급속하게 냉각되어 부도체로 상전이 된 것으로 볼 수 있다.

[0053] 이에 IMT 소자(11, 12)의 상전이층(31)은 가급적 열전도율이 낮은 기판(34) 상에 형성되는 것이 효과적이며, 본 실시예에서는 일 예로 코닝 글래스(corning glass)를 이용하여 기판(34)을 구현하는 것으로 가정한다. 그리고 도 5에 도시된 바와 같이, 전원(13)이 공급하는 액티브 전압( $V_A$ )에 의해 GPPC 현상의 지속 시간은 가변된다.

[0054] 도 5는 상전이층(31)이 코닝 글래스 기판(34) 상에 길이(L)가  $20\mu\text{m}$ , 폭(W)이  $50\mu\text{m}$ , 두께가  $120\text{nm}$  로 구현되고,  $30^{\circ}\text{C}$  온도에서  $230\text{W}/\text{cm}^2$  세기로  $20\text{ms}$  펄스 폭을 갖는 펄스 레이저 광을 상전이층(31)에 인가한 경우에 발생하는 GPPC 현상을 나타낸다. 이때 외부 저항(REXT)의 저항값은  $3\text{k}\Omega$ 이다.

[0055] 도 5에서 (a)는 전원(13)이 공급하는 액티브 전압( $V_A$ )이 7V 및 8V 인 경우에 IMT 소자(11)를 통해 흐르는 전류를 나타내고, (b)는 액티브 전압( $V_A$ )이 6V인 경우에 IMT 소자(11)를 통해 흐르는 전류를 나타낸다.

[0056] 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이, 액티브 전압( $V_A$ )이 7V 및 8V로 높은 전압인 경우, 펄스 레이저 광에 의해 도체로 상전이된 상전이층(31)은 형성된 도전성 채널의 상태가 24시간 이상 거의 그대로 유지된다. 즉 계속적으로 도체 상태를 유지한다.

[0057] 그러나 (b)를 살펴보면, 액티브 전압( $V_A$ )이 6V로 인가되면, 상전이층(31)은 시간이 지나면서 형성된 도전성 채널 영역은 점차 감소하며, 이로 인해, 대략 6시간 동안은 도체 상태를 유지하지만, 6시간 이후에는 급격하게 부도체로 전이된다.

[0058] 도 5에서 확인된 바와 같이, 상전이층(31)은 동일한 조건에서도 액티브 전압( $V_A$ )의 변화에 따라 GPPC 현상이 유지되는 시간의 차이가 발생함을 알 수 있다. 이는 도체로 전이된 이후 액티브 전압( $V_A$ )에 의해 공급되는 전류량의 차이에 의해 발생하는 줄열이 상이하어, 도체 유지 시간 또한 상이해지는 것으로 볼 수 있다.

[0059] 여기서는 동일한 세기와 펄스 폭을 갖는 펄스 레이저 광을 인가하는 경우를 도시한 것으로, 만일 펄스 레이저 광의 광 세기가 상승하게 되면, 펄스 폭을 줄이거나, 액티브 전압( $V_A$ )이 낮은 경우에도 GPPC 현상이 유지되는 시간이 증가될 수 있다. 그리고 상전이층(31)의 크기나 기판(34)의 열전도도에 따라서도 GPPC 현상이 유지되는 시간은 증가하거나 감소할 수 있다.

[0060] 결과적으로 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )을 기반으로 구현되는 IMT 소자(11, 12)는 전원(13)이 제1 전압( $V_1$ )과 제2 전압( $V_2$ ) 사이 레벨의 액티브 전압( $V_A$ )을 인가하고 있는 동안, GPPC 현상이 발생할 수 있는 수준으로 강한 세기의 펄스 광을 인가하면, 빠르게 부도체에서 도체로 상전이 되고, 도체로 상전이된 상태를 장시간 유지할 수 있다. 레이저 펄스 광의 세기가 매우 강하다면, 펄스 폭이 ns 수준인 경우에도 IMT 소자(11, 12)에는 GPPC 현상이 발생할 수 있는 것으로 예측되고 있다. 따라서 IMT 소자(11, 12)는 이산화 바나듐( $\text{VO}_2$ )을 기반으로 구현되는 상전이층(31) 자체의 빠른 상전이 속도와 함께 짧은 펄스 폭을 갖는 광이 인가됨으로써 고속으로 도체화될 수 있

다.

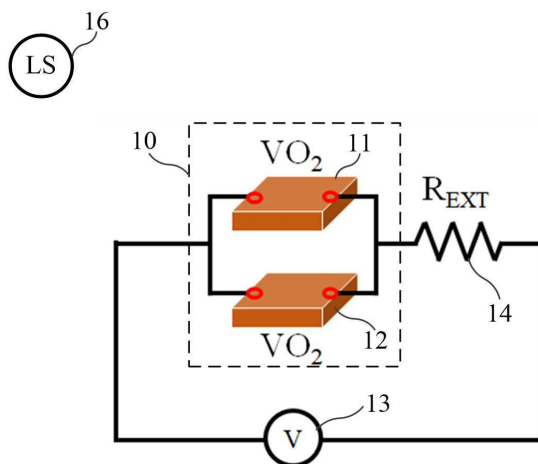
- [0061] 도 6 및 도 7은 일 실시예에 따른 스위치 회로의 스위칭 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0062] 도 6에서 (a)는 실시예의 스위치 회로의 턴온 동작을 나타내고, (b)는 턴오프 동작을 나타낸다. 도 6에서 스위치(50)의 2개의 IMT 소자(51, 52)와 전원(53), 외부 저항(54) 및 광원(56)은 도 1의 IMT 소자(11, 12)와 전원(13), 외부 저항(14) 및 광원(16)과 동일하다. 다만 도 6에서는 스위치 회로에 의해 제어되는 부하(55)의 일 예로서 LED가 추가로 구비되었다.
- [0063] 우선 도 6의 (a)를 살펴보면, 스위치 회로를 턴온시키기 위해 광원(56)이 2개의 IMT 소자(51, 52) 중 하나(여기서는 제1 IMT 소자(51))에 GPPC 현상이 발생할 수 있는 수준으로 강한 세기의 펄스 광을 인가한다. 펄스 광이 인가된 제1 IMT 소자(51)는 부도체에서 도체로 상전이를 일으키게 되고, 도체로 상전이된 제1 IMT 소자(51)를 통해 전류가 부하(55)로 흐르게 된다. 즉 스위치(50)는 서로 병렬로 연결된 위해 2개의 IMT 소자(51, 52) 중 광이 인가된 하나의 IMT 소자(51)가 도체로 상전이되어 도 7에 나타난 바와 같이 고속으로 턴온되어, 부하(55)로 전류가 흐르도록 한다.
- [0064] 그리고 턴온된 IMT 소자(51)는 GPPC 현상에 의해 광원(56)이 광을 지속적으로 인가되지 않더라도 장시간(예를 들면 30시간 이상) 동안 도체 상태를 유지하게 된다. 따라서 IMT 소자(51)에 인가되는 광을 지속할 필요가 없어 효율적으로 스위치 회로의 턴온 상태를 유지할 수 있다. 다만 스위치 회로가 GPPC 현상에 의해 도체 상태로 지속되는 시간 이상으로 온 상태로 유지되어야 하는 경우, 광원(56)은 GPPC 현상의 지속 시간보다 짧은 주기로 펄스 광을 반복적으로 인가할 수 있다.
- [0065] 한편, 도체화된 IMT 소자(51)는 도 7에 나타난 바와 같이 GPPC 현상에 의해 도체 상태를 지속적으로 유지하므로, 턴온된 스위치 회로를 턴오프시키기 위해서는 도체화된 IMT 소자(51)를 다시 부도체로 상전이시킬 수 있는 수단이 요구된다.
- [0066] 이에 본 실시예에서는 제1 IMT 소자(51)와 병렬로 연결된 제2 IMT 소자(52)가 더 구비되어 있으며, 스위치 회로를 턴오프시키고자 하는 경우에는 광원(56)이 제2 IMT 소자(52)에 펄스 광을 인가하여 제2 IMT 소자(52)를 도체로 상전이 시킨다. 여기서는 하나의 광원(56)이 제1 IMT 소자(51)와 제2 IMT 소자(52) 각각으로 펄스 광을 인가하는 것으로 설명하였으나, 제1 IMT 소자(51)와 제2 IMT 소자(52) 각각에 펄스 광을 별도로 인가할 수 있도록 광원(56)은 다수개로 구비될 수 있다.
- [0067] 제2 IMT 소자(52)가 도체로 상전이 되면, 이전 도체 상태를 유지하고 있는 제1 IMT 소자(51)로 흐르고 있는 전류가 병렬로 연결된 제2 IMT 소자(52)로도 분산되어 흐르게 된다. 따라서 제1 및 제2 IMT 소자(51, 52) 각각을 통해 흐르는 전류의 크기는 제1 IMT 소자(51)로만 흐르는 경우에 비해 크게 줄어들게 된다. 이에 제1 및 제2 IMT 소자(51, 52)를 통해 흐르는 전류는 부도체 전이 전류( $I_{IMT}$ ) 미만으로 감소하게 되며, 따라서 도체로 상전이된 제1 및 제2 IMT 소자(51, 52)는 모두 부도체로 상전이하게 된다.
- [0068] 즉 스위치(50)에서 병렬로 연결된 2개의 IMT 소자(51, 52)는 매우 짧은 순간 도체 상태가 된 이후, 2개의 IMT 소자(51, 52) 모두 부도체로 상전이되며, 이에 도 7에 나타난 바와 같이 부도체로 상전이된 2개의 IMT 소자(51, 52)에 의해 스위치 회로는 고속으로 턴오프되어 부하로 흐르는 전류가 차단된다.
- [0069] 결과적으로 일 실시예에 따른 스위치 회로는 IMT 물질인 이산화 바나듐을 기반으로 구현되는 2개의 IMT 소자(51, 52)를 서로 병렬로 연결하고, 병렬 연결된 2개의 IMT 소자(51, 52) 중 하나에 GPPC 현상을 유발할 수 있는 세기의 펄스 광을 인가하여 고속으로 턴온되고, 나머지 IMT 소자에 다시 펄스 광을 인가하여 고속으로 턴오프된다. 또한 광원(56)이 직진성이 강한 레이저 펄스 광을 방사하도록 함으로써, 스위치(10)를 거리 제한 없이 원격지에서 턴온 또는 턴오프시킬 수도 있다.
- [0070] 상기에서는 실시예로서 스위치(50)에 2개의 IMT 소자(51, 52)가 구비되는 것으로 설명하였으나, 분산되어 흐르는 전류가 도체-부도체 전이 전류( $I_{IMT}$ ) 미만으로 감소하도록 스위치(50)는 병렬로 연결된 다수의 IMT 소자를 구비할 수도 있다.
- [0071] 도 8은 다른 실시예에 따른 스위치 회로의 구성을 나타내고, 도 9는 도 8의 스위치 회로에서 IMT 소자에 따른 스위치 회로의 스위칭 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0072] 도 1 내지 도 7에서는 스위치(10, 50)가 병렬로 연결된 2개 이상의 IMT 소자(51, 52)를 구비하여, 턴온 또는 턴오프 되는 것으로 설명하였다. 그러나 경우에 따라서는 하나의 IMT 소자만을 구비하여도 턴온 및 턴오프되어

스위치 회로로 동작할 수 있다.

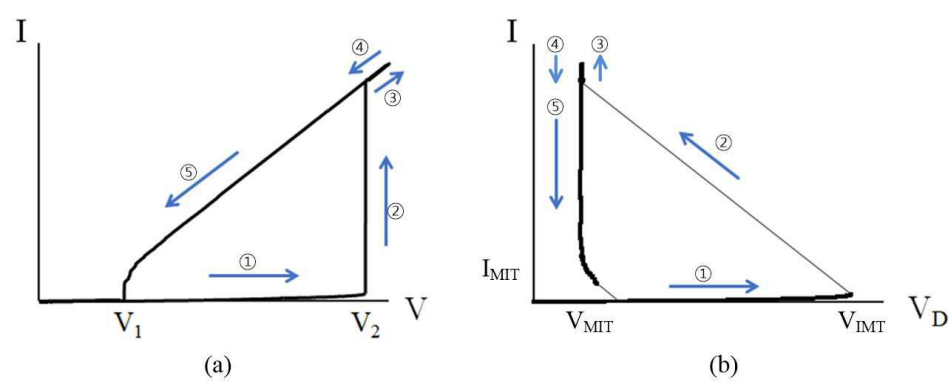
- [0073] 도 8을 참조하면, 스위치 회로는 하나의 IMT 소자(30)와 전원(63), 외부 저항(64) 및 광원(66)을 구비하며, 도 1의 스위치 회로와 비교할 때 스위치가 하나의 IMT 소자를 포함하는 것 이외에는 동일하다.
- [0074] 도 9를 참조하면, 도 8의 스위치 회로를 턴온시키는 경우에는 도 1의 스위치 회로와 마찬가지로 전원(63)이 액티브 전압( $V_A$ )을 공급하면서, 광원(76)은 하나의 IMT 소자(60)의 상전이층(71) 전체 영역에 광을 조사한다. 이에 하나의 IMT 소자(60)의 상전이층(71)은 도체로 상전이 된다. 이때, 상전이층(71)은 도 4의 (c)의 II 및 III 및 도 9의 (b)에 도시된 바와 같이, 일부 영역에만 도전성 채널 영역(75)이 형성되어 도체로 전이되고, 상전이층(71)의 나머지 영역은 도전성 채널 영역이 형성되지 않아 부도체로 유지된다.
- [0075] 이는 도 6의 (a)에서 나타난 스위치(50)에서 2개의 IMT 소자(51, 52) 중 하나의 IMT 소자(51)는 도체로 상전이된 반면, 나머지 IMT 소자(52)는 부도체로 유지되는 상태와 유사한 것으로 볼 수 있다. 따라서 도 8의 실시예에서는 스위치 회로를 턴오프 시키고자 하는 경우, 도 9의 (b)에 도시된 바와 같이, 광원(76)이 상전이층(71)에서 도전성 채널 영역(75)이 형성되지 않고 부도체로 유지되는 영역에만 광을 조사한다. 이때 광원(76)은 부도체로 유지되는 영역에서 도전성 채널 영역(75)과 이격되도록 광을 조사한다.
- [0076] 따라서 상전이층(71)에서 부도체로 유지되는 영역에 도전성 채널 영역이 추가로 형성될 수 있으며, 추가로 형성되는 도전성 채널 영역은 턴온시에 형성된 도전성 채널 영역(75)과 이격되어 형성되므로, 전극(72, 73)에 의해 형성된 2개의 도전성 채널은 서로 병렬로 연결된 것으로 볼 수 있다. 따라서 도 6의 (b)에서 2개의 IMT 소자(51, 52)가 도체로 상전이됨으로써 전류가 분산되어 턴오프되는 것과 동일한 원리로 IMT 소자(60)는 형성된 2개의 도전성 채널이 소실되어 부도체로 상전인다.
- [0077] 즉 단일 IMT 소자(60)만으로 스위치를 구성하여도 광을 이용하여 턴온 및 턴오프 시킬 수 있다. 다만 상전이층 내에서 도전성 채널이 형성되는 영역을 조절할 수 있어야 하므로 광원(76)은 광을 정밀하게 제어할 수 있어야 한다.
- [0078] 그러나 하나의 IMT 소자(60)만으로 광에 의해 용이하게 턴온 및 턴오프되는 스위치 회로를 제공할 수 있으며, 이는 고집적도를 요구하는 각종 회로에 다양하게 활용될 수 있다.
- [0079] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.
- [0080] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

## 도면

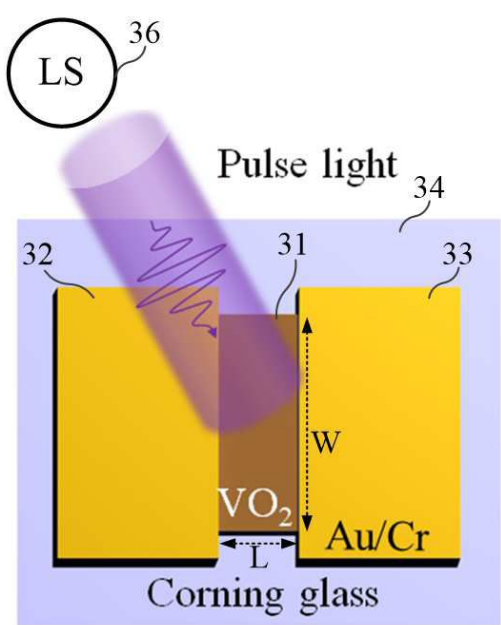
### 도면1



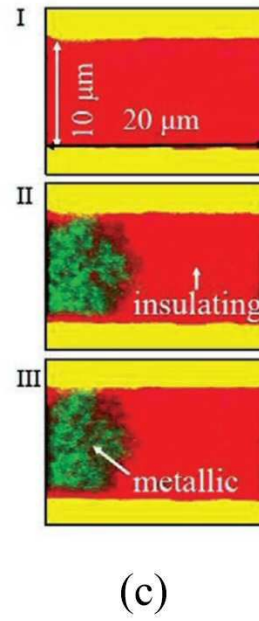
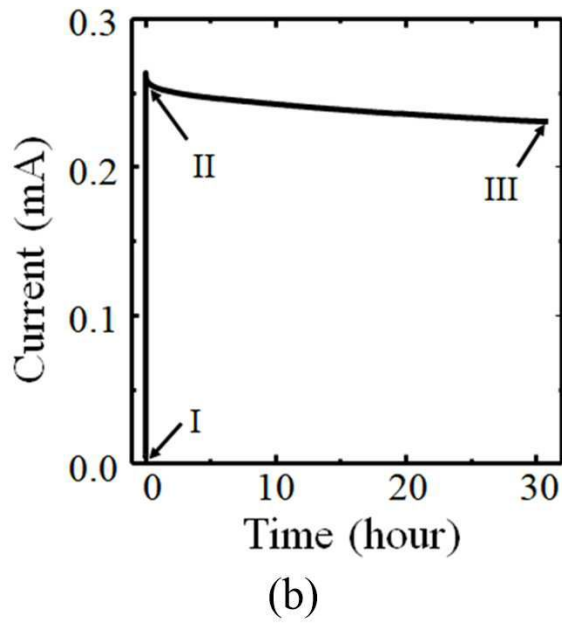
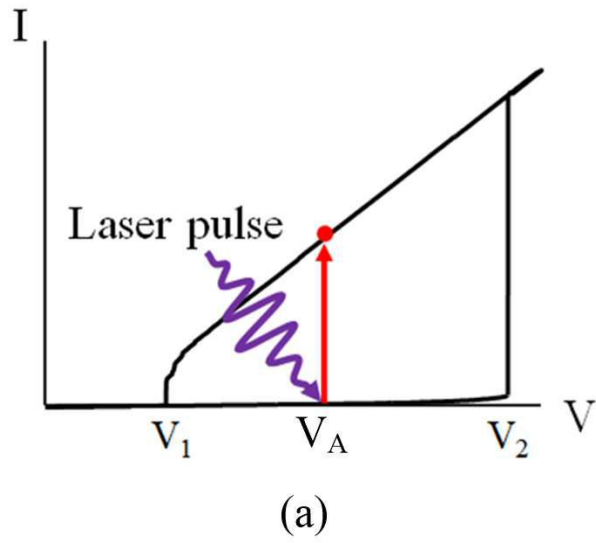
도면2



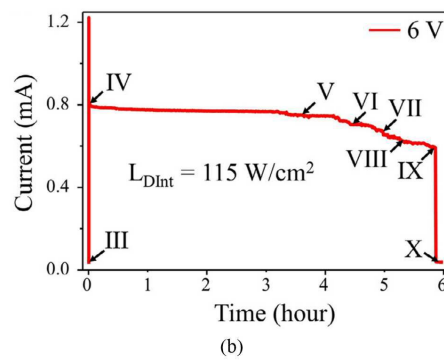
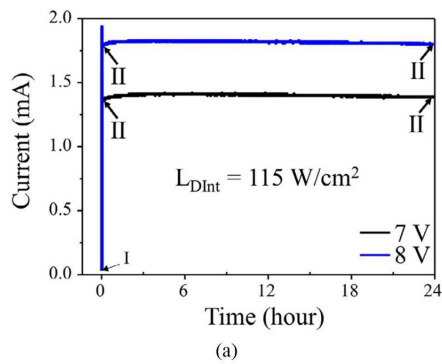
도면3



도면4

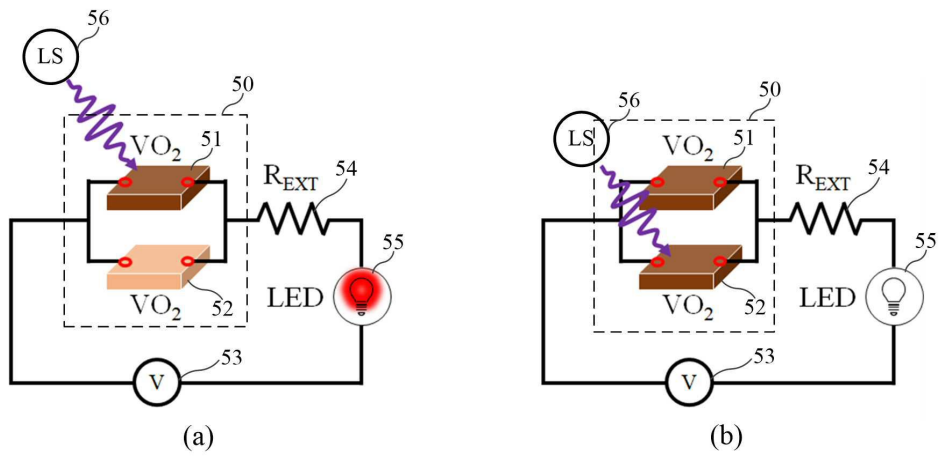


도면5

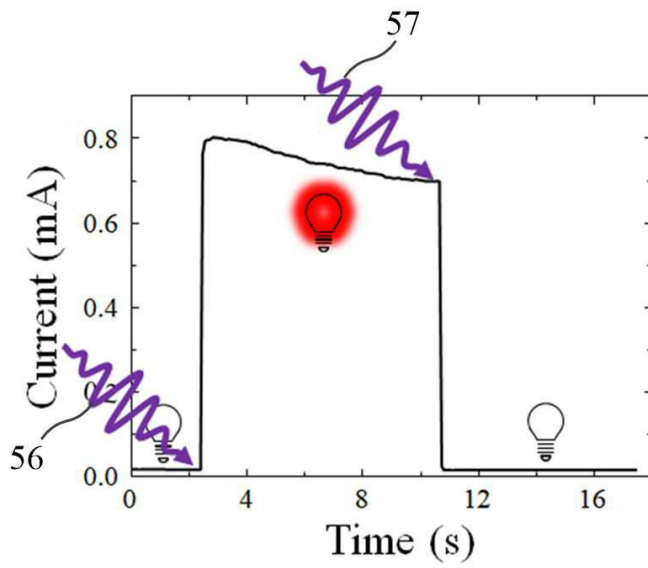




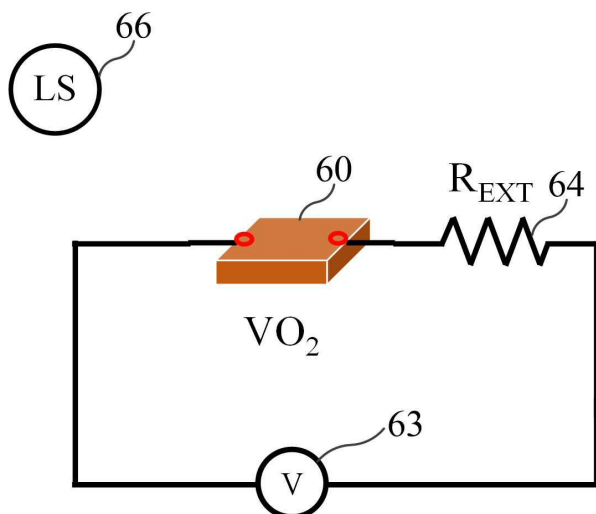
도면6



도면7



도면8



도면9

