



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0134305
(43) 공개일자 2016년11월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 45/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 45/1213 (2013.01)

H01L 45/145 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0068155

(22) 출원일자 2015년05월15일

심사청구일자 2015년05월15일

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)

(72) 발명자

이용욱

부산광역시 남구 분포로 111. 231동 2302호(용호
동, 엘지메트로시티아파트)

김지훈

경상남도 김해시 인제로 167, 101동 505호(
어방동, 대우유토피아아파트)

(74) 대리인

유성원, 배경용, 전소정

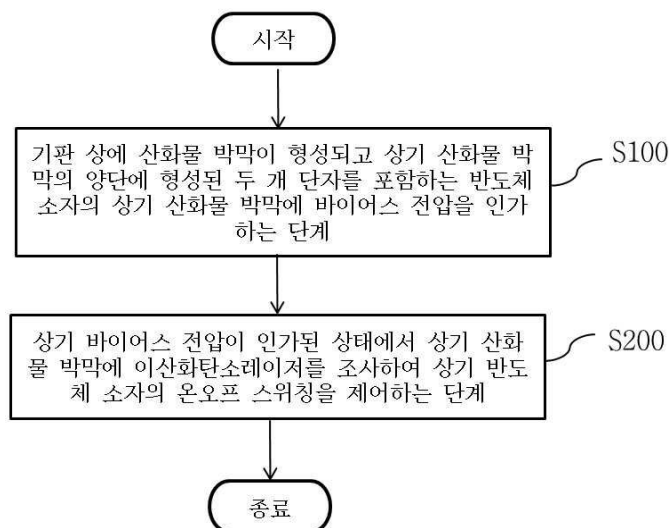
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법

(57) 요약

본 발명은 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법에 관한 것으로서, 상기 방법은 기판 상에 산화물 박막이 형성되고 상기 산화물 박막의 양단에 형성된 두 개 단자를 포함하는 반도체 소자의 상기 산화물 박막에 바이어스 전압을 인가하는 단계, 및 상기 바이어스 전압이 인가된 상태에서 상기 산화물 박막에 이산화탄소레이저를 조사하여 상기 반도체 소자의 온오프 스위칭을 제어하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415137605

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 전력산업융합핵심기술개발

연구과제명 광 트리거링 전력 반도체의 국산화를 위한 산화물 반도체에서의 펄스형 광섬유 레이저 기반 고속($50\text{ }\mu\text{s}$) 대전류($0.5\text{MA}/\text{cm}^2$) 광 게이팅 원천 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)테라리더

연구기간 2014.08.01 ~ 2015.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

기관 상에 산화물 박막이 형성되고 상기 산화물 박막의 양단에 형성된 두 개 단자를 포함하는 반도체 소자의 상기 산화물 박막에 바이어스 전압을 인가하는 단계; 및

상기 바이어스 전압이 인가된 상태에서 상기 산화물 박막에 이산화탄소레이저를 조사하여 상기 반도체 소자의 온오프 스위칭을 제어하는 단계를 포함하는

산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 산화물 박막은 바나듐 이산화물(VO_2) 박막인

산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 이산화탄소레이저의 파장은 $10.57 \mu\text{m}$ 이상 및 $10.63 \mu\text{m}$ 이하인

산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 산화물 박막에 상기 이산화탄소레이저가 조사되는 동안 상기 산화물 반도체 소자가 온(on)되고, 상기 산화물 박막에 상기 이산화탄소레이저가 조사되지 않는 동안 상기 산화물 반도체 소자가(off)되어 양방향(bidirectional) 스위칭이 제어되는,

산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 바나듐 이산화물 박막부에 이산화탄소 레이저를 조사하여 산화물 반도체 소자의 전기적인 스위칭을 수행하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 주목받고 있는 고전압 직류 송전 시스템(high voltage DC transmission system) 및 유연 교류 송전 시스템(flexible AC transmission systems)과 같은 대전력 계통의 인버터에 사용되고 있는 핵심 소자인 전기적 게이팅(gating) 방식의 전력용 스위칭 반도체는, 모니터링(monitors) 및 트리거링(triggering)을 위해 다수의 부차적인 회로 및 보조전원이 필요하다. 그 결과, 오작동의 발생 가능성이 항상 존재한다.

[0003] 그러나, 광 게이팅 방식의 스위칭 반도체는 재료적 절연성으로 상기 부가 회로가 필요 없고, 단락사고의 위험을 원천적으로 제거할 수 있다. 따라서, 광 게이팅 방식은 차세대 전력 스위칭 기법으로 큰 주목을 받고 있다.

[0004] 고정된 대전력 계통 이외에 철도 차량이나 전기 자동차와 같은 수많은 중·저전력 계통에서도 스위칭 소자가 요구되고 있으며, 높은 효율과 빠른 스위칭 속도를 가지면서도 오작동의 위험이 적은 소자가 필요하다. 특히 전기 자동차의 경우 전지 기술의 한계로 인하여 전지 용량을 무한정 증가시킬 수는 없기 때문에 고효율 전력 소자가 필요하고, 이때 사용되는 전력 소자의 오작동은 사고의 위험으로 이어질 수 있기 때문에 전기적 스위칭의 신뢰도가 높은 소자의 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법은 부차적 회로를 필요로 하지 않고, 단락과 같은 사고의 발생 원인을 차단할 수 있으며, 신속한 스위칭이 가능한 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법은 기판 상에 산화물 박막이 형성되고 상기 산화물 박막의 양단에 형성된 두 개 단자를 포함하는 반도체 소자의 상기 산화물 박막에 바이어스 전압을 인가하는 단계, 및 상기 바이어스 전압이 인가된 상태에서 상기 산화물 박막에 이산화탄소레이저를 조사하여 상기 반도체 소자의 온오프 스위칭을 제어하는 단계를 포함한다.

[0007] 상기 산화물 박막은 바나듐 이산화물(VO_2) 박막일 수 있다.

[0008] 상기 이산화탄소레이저의 파장은 $10.57 \mu\text{m}$ 이상 및 $10.63 \mu\text{m}$ 이하일 수 있다.

[0009] 상기 산화물박막에 상기 이산화탄소레이저가 조사되는 동안 상기 산화물 반도체 소자가 온(on)되고, 상기 산화물박막에 상기 이산화탄소레이저가 조사되지 않는 동안 상기 산화물 반도체 소자가(off)되어 양방향(bidirectional) 스위칭이 제어될 수 있다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법에 의하면, 소자의 활성 영역에 광을 조사하여 트리거링을 수행하므로 부차적 회로가 필요 없어 반도체 소자의 구조를 보다 단순화할 수 있다.

[0011] 또한, 전원부와 게이팅 회로가 완전히 분리되기 때문에 단락과 같은 사고 발생 원인이 원천적으로 제거되므로 오작동의 발생을 낮추어 시스템의 신뢰도를 증가시킬 수 있다.

[0012] 또한, 순간적으로 높은 열을 소자에 발생시켜 반도체 소자의 신속한 스위칭이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 순서도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법을 테스트하기 위한 시스템도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법과 관련하여 전류-전압 특성을 나타내는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제1 실험결과를 도시한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제2 실험결과를 도시한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제3 실험결과를 도시한 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제4 실험결과를 도시한 그래프이다.

도 8는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제5 실험결과를 도시한 그래프이다.

다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제6 실험결과를 도시한 그래프이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제7 실험결과를 도시한 그래프이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제8 실험결과를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 발명의 목적 및 효과, 그리고 그것들을 달성하기 위한 기술적 구성들은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 뒤에 설명이 되는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 뒤에 설명되는 용어들은 본 발명에서의 구조, 역할 및 기능 등을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다.
- [0015] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 오로지 특허청구범위에 기재된 청구항의 범주에 의하여 정의될 뿐이다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0016] 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.
- [0017] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하며, 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 순서도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법을 테스트하기 위한 시스템도이다.
- [0019] 산화물 반도체 소자(110)는 기판(111) 상에 산화물 박막(112)이 형성되고, 상기 산화물 박막(112)의 양단에 형성된 두 개의 단자(113, 114)를 포함하여 형성된다. 상기 산화물 박막(112)의 양단에는 두 개의 단자(113, 114)가 연결되며, 상기 두 개의 단자(113, 114)는 티타늄-금 전극으로 이루어질 수 있다.
- [0020] 상기 산화물 박막(112)은 산화물 반도체 물질로서 전기적 스위칭이 가능한 소재라면 모두 적용이 가능하며, 바람직하게는 바나듐 이산화물(VO_2) 박막일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법에 따르면, 우선 산화물 반도체 소자(110)의 상기 산화물 박막(112)의 양단의 두 개의 단자(113, 114)에 바이어스 전압을 인가한다(S100). 그리고 나서, 상기 바이어스 전압이 인가된 상태에서 상기 산화물 박막(112)에 이산화탄소레이저(117)를 조사하여 상기 산화물 반도체 소자(110)의 온오프 스위칭을 제어한다(S200).
- [0022] 상기 시스템(110)을 이용하여 상기 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법을 테스트하는 과정을 설명하면 다음과 같다.
- [0023] 탑재대(115) 상에 상기 산화물 반도체 소자(110)를 정렬하여 배치하고, 상기 산화물 박막(112)의 양단에 형성된 두 개의 단자(113, 114)와 저항(R_E) 및 소스미터(116)가 직렬로 연결되고, 소스미터(116)는 DC 바이어스 전압(V_s)을 인가하기 위한 전압원으로 사용된다.
- [0024] 상기 바이어스 전압(V_s)이 인가된 상태에서 이산화탄소레이저(117)를 이용하여 레이저를 조사하는데 이때, 금으로 코팅된 미러(118)를 통해 레이저광의 광경로를 전환하고, 상기 광경로가 전환된 레이저광을 평 볼록 렌즈(plano-convex lens)(119)를 통해 상기 산화물 박막(112)에 집광시킨다.
- [0025] 상기 두 개의 단자(113, 114)에는 금속팁(121, 122)이 각각 전기적으로 접촉하며, 상기 저항(R_E)의 양단과 이산화탄소레이저(117)에는 오실로스코프(120)가 전기적으로 연결되며, 오실로스코프(120)를 통해 전기신호의 파형을

관측하게 된다.

- [0026] 이산화탄소레이저(117)에는 함수발생기(123)가 전기적으로 연결되며, 펄스파형을 생성하여 이산화탄소레이저(117)에 입력한다.
- [0027] 상기 이산화탄소레이저(117)는 상기 함수발생기(123)로부터 입력되는 펄스파형에 따라 작동하며 해당 펄스파형에 따라 레이저광을 산화물 박막(112)에 조사한다.
- [0028] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법과 관련하여 전류-전압 특성을 나타내는 그래프이다. 상기 도 3은 바나듐 이산화물(VO_2) 박막의 전류-전압 특성 그래프이며, 전류(I) 모드에서 측정된 결과를 나타낸다. 전류 모드(I)는 전류 제어 모드로서 상기 도 3의 특성곡선은 바나듐 이산화물(VO_2) 박막에 인가되는 전류를 제어하면서 측정한 전류-전압을 나타낸다.
- [0029] 상기 도 3에서 붉은색 실선과 삼각형으로 표시된 것은 이산화탄소레이저(117)를 온시켰을 때의 바나듐 이산화물(VO_2) 박막의 전류-전압 특성곡선을 나타내며, 검은색 실선과 원으로 표시된 것은 이산화탄소레이저(117)를 오프시켰을 때의 바나듐 이산화물(VO_2) 박막의 전류-전압 특성곡선을 나타낸다. 또한, 상기 도 3에 삽입된 그래프는 이산화탄소레이저(117)의 레이저광의 조사가 없는 경우의 바나듐 이산화물(VO_2) 박막의 전류-전압 특성 곡선을 나타낸다.
- [0030] 또한, 상기 도 3에서 파란색 점선으로 표시된 것은 단자 양단에 인가되는 전류를 10mA로 하고, 바이어스 전압(V_s)을 3.9 V에서 10.V까지 증가시키면서 임의로 9번을 이산화탄소레이저(117)를 온오프 하면서 양방향(bidirectional) 스위칭을 수행한 결과를 도시한 도면이다. 이때, 양방향 스위칭이란 이산화탄소레이저(117)를 조사하는 동안에는 온 스위칭이 되고, 이산화탄소레이저(117)를 조사하지 않는 동안에는 오프 스위칭이 되도록 이산화탄소레이저(117)의 트리거링을 통해 산화물 반도체 소자(110)의 스위칭을 온오프하는 것을 의미한다.
- [0031] 상기 도 3에 도시된 바와 같이, 임의의 9번의 이산화탄소레이저(117)의 온오프하는 동안에 바이어스 전압(V_s) 3.9V에서 9.2V 사이에서 인가전류 10mA가 측정되었으며, 이는 바이어스 전압(V_s)이 3.9V에서 9.2V 사이에서 안정적인 이산화탄소레이저(117)에 의한 양방향 스위칭이 이루어짐을 나타낸다.
- [0032] 상기 도 3에 의하면, 조사되는 이산화탄소레이저(117)의 레이저광의 광열(photo-thermal) 효과에 의해 산화물 반도체 소자의 양방향 온오프 스위칭이 신속하게 이루어짐을 확인할 수 있다.
- [0033] 한편, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제1 실험결과를 도시한 그래프이고, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제2 실험결과를 도시한 그래프이고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제3 실험결과를 도시한 그래프이며, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제4 실험결과를 도시한 그래프이다.
- [0034] 구체적으로 상기 도 4 내지 도 7은 바이어스 전압(V_s)을 4.6V로 하고, 저항 (R_E) 값을 100 Ω 으로 하고, 체크전류를 10mA로 하고, 펄스파형의 펄스폭을 각각 50ms, 70ms, 100ms 및 200ms일 때의 시간에 따른 이산화탄소레이저 트리거링 신호와 산화물 반도체 소자의 전류의 응답을 나타낸 그래프이다.
- [0035] 상기 도 4내지 도 7에 도시된 바와 같이, 위와 같은 조건에서 펄스파형의 펄스 폭이 100ms 미만인 경우에 양방향 스위칭이 안정적이지 않은 것을 확인할 수 있다. 따라서, 안정적인 양방향 스위칭을 얻기 위하여 이산화탄소레이저의 트리거링 신호의 펄스폭을 조정할 필요성이 있다.
- [0036] 한편, 도 8는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제5 실험결과를 도시한 그래프이고, 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제6 실험결과를 도시한 그래프이고, 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제7 실험결과를 도시한 그래프이며, 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 산화물 반도체 소자의 전기적 스위칭 방법의 제8 실험결과를 도시한 그래프이다.
- [0037] 구체적으로 상기 도 8 내지 도 11은 바이어스 전압(V_s)을 4.6V로 하고, 저항 (R_E) 값을 100 Ω 으로 하고, 체크전류를 10mA로 인가하고, 펄스파형의 펄스폭을 100ms로 하고, 이산화탄소레이저의 트리거링 신호의 반복 주기를 0.1, 0.5, 1 및 2Hz로 설정했을 때의 시간에 따른 이산화탄소레이저 트리거링 신호와 산화물 반도체 소자의 전

류의 응답을 나타낸 그래프이다.

[0038] 상기 도 8내지 도 11에 도시된 바와 같이, 펄스 폭을 100ms로 설정한 경우에 안정적인 양방향 스위칭이 가능한 것을 확인할 수 있다. 또한, 이때, 체크 전류의 상승 및 하강 시간이 각각 39ms 및 21ms로 측정되었으며, 굉장히 신속하게 온오프 스위칭이 진행됨을 알 수 있다.

[0039] 상기에서 설명한 바와 같이, 이산화탄소레이저를 산화물 박막에 조사하여 산화물반도체 소자의 전기적 스위칭을 제어함으로써, 부차적 회로가 필요 없어 반도체 소자의 구조를 보다 단순화할 수 있는 효과가 있다. 또한, 전원부와 게이팅 회로가 완전히 분리되기 때문에 단락과 같은 사고 발생 원인이 원천적으로 제거되므로 오작동의 발생을 낮추어 시스템의 신뢰도를 증가시킬 수 있다. 또한, 순간적으로 높은 열을 소자에 발생시켜 산화물 반도체 소자의 신속한 전기적 스위칭이 가능하다.

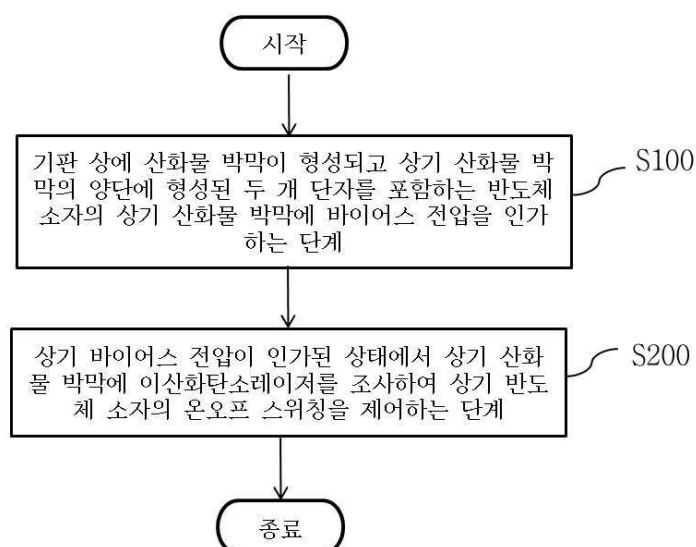
[0040] 이상, 본 발명의 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

부호의 설명

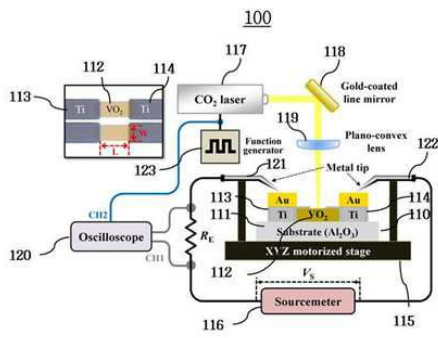
[0041] 100:시스템 110:산화물 반도체 소자
111:기관 112:산화물 박막
113:전극 114:전극
115:탑재대 116:소스미터
117:이산화탄소레이저 118:미러
119:렌즈 120:오실로스코프
121:금속팁 122:금속팁
123:함수발생기

도면

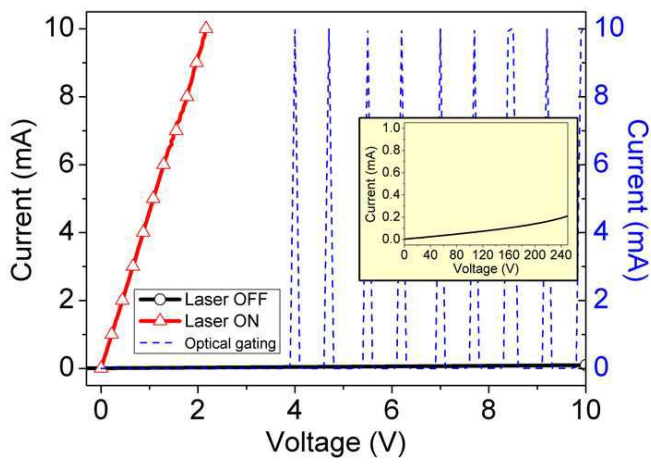
도면1



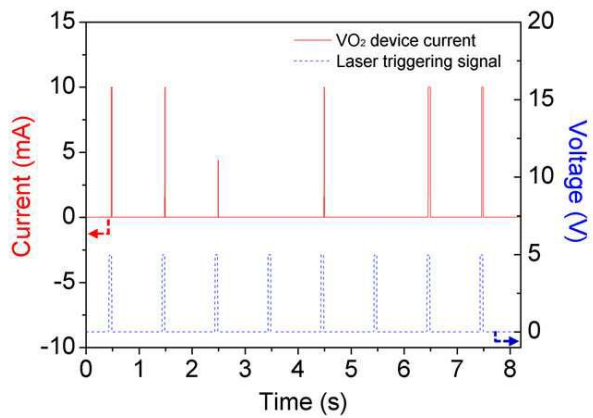
도면2



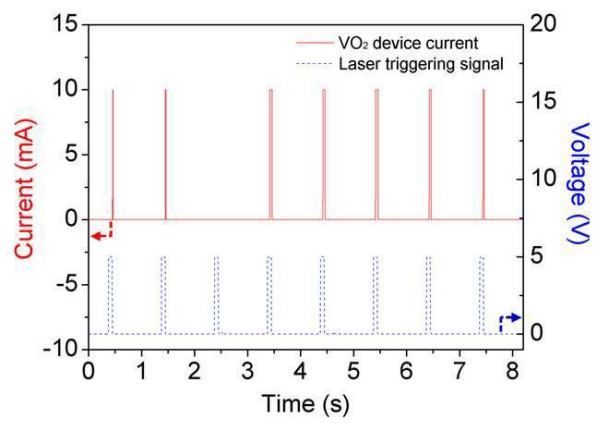
도면3



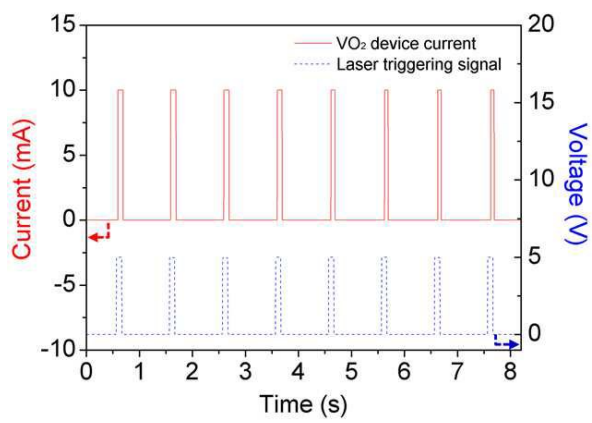
도면4



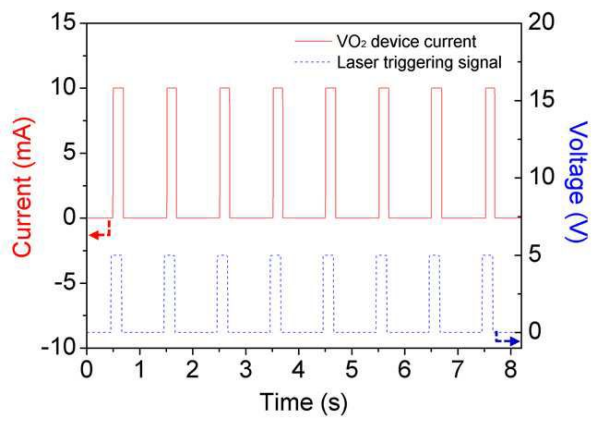
도면5



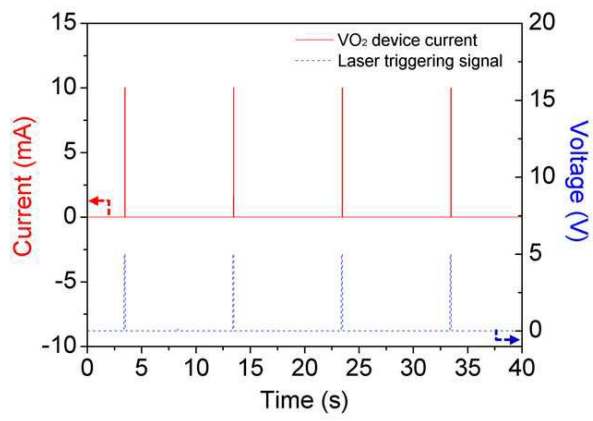
도면6



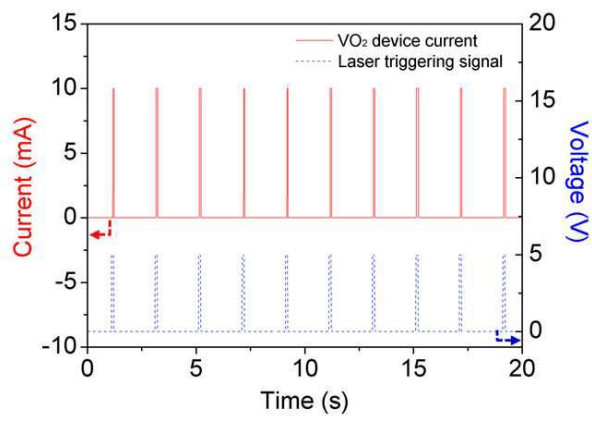
도면7



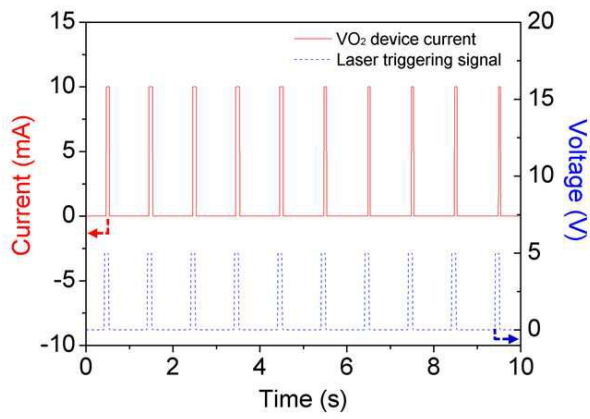
도면8



도면9



도면10



도면11

