(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0004436
(43) 공개일자 2011년01월13일

(51) Int. Cl.
H03C 1/34 (2006.01) *G02F 1/03* (2006.01)
H01L 31/08 (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7025141
(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년04월17일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2010년11월09일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/041046
(87) 국제공개번호 WO 2009/129512
국제공개일자 2009년10월22일
(30) 우선권주장
61/045,924 2008년04월17일 미국(US)

(71) 출원인
로렌스 리버모어 내쇼날 시큐리티, 엘엘시
미국 94550 캘리포니아 리버모어 이스트 애버뉴 7000
(72) 발명자
할리스, 존, 알.
미합중국 캘리포니아 95363 팻터슨 1436 칼리 크리크 드라이브
카포라소, 조우지, 제이.
미합중국 캘리포니아 94551 리버오어 542 레규러스 로드
삼파얀, 스테펜, 이.
미합중국 캘리포니아 95337 맨테카 1456 티트레이스트 웨이
(74) 대리인
손창규

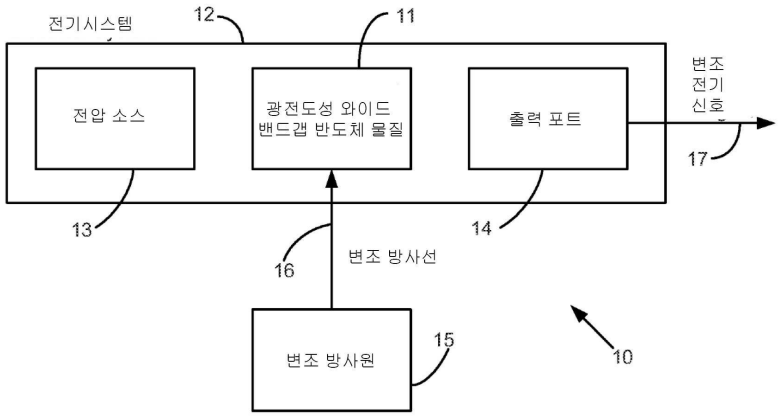
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 광전도성 와이드 밴드갭 반도체를 가변 저항기로 사용하여 전기 신호를 변조시키는 방법 및 시스템

(57) 요 약

본 발명은 비 애벌랜치(non-avalanche)모드에서 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질들의 전도 반응을 변조시킴으로써 변조 전기 신호를 출력시키는 방법 및 상기 반도체 물질들을 가변 저항기로 사용하는 시스템 및 장치에 대한 것이다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

변조 전기 신호(modulated electrical signals)를 생성하는 시스템으로서,

비 애벌랜치(non-avalanche) 모드에서 작동이 가능하도록 비포화 영역에 걸쳐 입사 방사선의 진폭의 변화에 대한 전도 반응(conduction response)이 실질적으로 선형인 광전도성 와이드 밴드갭(bandgap) 반도체 물질을 포함하는 가변 저항기(variable resistor);

상기 가변 저항기에 직접 입사하여 그것의 전도 반응을 변조시키는 진폭-변조 방사선의 생성을 위한 변조 방사원(modulated radiation source); 및

상기 진폭-변조 방사선과 실질적으로 유사한 파형을 가지기 위해, 상기 가변 저항기를 경유하여 출력 포트에서 생성되는 전기신호가 상기 가변 저항기에 의해 변조되도록, 상기 가변 저항기에 모두 작동가능하게 연결된 전압 소스(voltage source) 및 출력 포트(output port);

를 포함하는 것으로 구성된 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 변조 방사원에 의해 생성된 진폭-변조 방사선은 상기 비포화 영역 내에서 상기 가변 저항기의 전도 반응을 변조시키는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 변조 방사원는 변조 전자기 방사원(modulated electromagnetic radiation source) 및 변조 입자 방사원(modulated particle radiation source)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 유형인 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 변조 전자기 방사원는 변조 광원(modulated light source)이고, 상기 변조 광원은 가변 저항기에서 전도 반응을 생성할 수 있는 광선을 생성하기 위한 광원(light source)과, 상기 광선을 강도-변조시키기 위한 광학 변조기(optical modulator)를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 5

제 3 항에 있어서, 상기 변조 전자기 방사원은 변조 X선 광원(modulated x-ray source)이고, 상기 변조 X선 광원은, 캐소드(cathode); 애노드 변환 타겟(anode conversion target); 및 상기 가변 저항기에 직접 입사하여 그것의 전도 반응을 변조시키는 강도-변조 X선을 생성하기 위해 애노드 변환 타겟에 직접 입사하는 전자 생성을 캐소드에서 변조시키기 위한 그리드 전극(grid electrode);을 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 6

제 3 항에 있어서, 상기 변조된 입자 방사원는 방사선원(radioactive source)과, 상기 가변 저항기에 직접 입사하여 그것의 전도 반응을 변조시키는 방사선 입자들을 변조시키기 위한 입자 변조기(particle modulator)를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 7

제 3 항에 있어서, 상기 변조 입자 방사원는 변조 전자원이고, 상기 변조 전자원은 캐소드와, 상기 가변 저항기에 직접 입사하여 그것의 전도 반응을 변조시키는 전자 생성을 캐소드에서 변조시키기 위한 그리드 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 8

제 3 항에 있어서, 상기 변조 입자 방사원은 첨단(pointed tip), 및 상기 첨단으로부터 입자들의 방출을 변조시

키기 위한 입자 변조기를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 전압 소스, 가변 저항기 및 출력 포트들은, 상기 진폭-변조 방사선으로 가변 저항기의 전도 반응을 변조시켜 상기 출력 포트에서 변조 전기 신호를 발생시키도록, 작동가능하게 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 시스템은 가변 저항기에 직렬로 연결된 부하(load)를 포함하고 있고, 상기 출력 포트가 상기 부하 및 가변 저항기 중의 하나를 가로질러 전기적으로 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 시스템은 상기 부하 및 가변 저항기의 다른 하나를 가로질러 전기적으로 연결된 제 2 출력 포트가 더 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 12

제 9 항에 있어서, 상기 시스템은 3극 진공관(triode)을 더 포함하고 있고, 상기 3극 진공관은 연관 전압(asscociated voltage) Va를 갖는 애노드, 연관 전압 Vc를 갖는 캐소드, 및 연관 전압 Vg를 갖는 그리드 전극을 포함하고 있고, 출력 포트가 애노드, 캐소드 및 그리드 전극 중의 하나에 연결되어 전압 Va, Vc 또는 Vg 중의 대응되는 전압을 변조시키는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 13

제 9 항에 있어서, 상기 시스템은 펄스 형성 라인(pulse forming line)을 더 포함하고 있고, 상기 펄스 형성 라인은, 상기 전압 소스와 연결되고 그것에 의해 미리 하전된 제 1 전도체와, 상기 제 1 전도체에 병렬로 연결되어 있고 접지되어 있는 제 2 전도체를 포함하고 있으며, 상기 출력 포트는 제 1 및 제 2 전도체들의 인접한 출력 단부들로 구성되어 있고, 상기 가변 저항기는 상기 출력 단자들로부터 제거된 위치에서 상기 제 1 또는 제 2 전도체들을 브릿지(bridging)하고 있는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 펄스 형성 라인은 제 1 전도체에 병렬 연결되어 있고 제 2 전도체에 대향하는 제 3 전도체를 포함하고 있고, 상기 제 3 전도체는 출력 단부들로부터 제거된 위치에서 제 2 전도체에 전기적으로 연결되고 제 1 전도체의 출력 단부에 인접한 출력단자를 가지고 있는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 시스템은, 각각의 출력 포트들에서 생성된 변조 전기 신호들이 부가되도록 펄스 형성 라인과 함께 적층된 배열로 적어도 하나의 추가 펄스 형성 라인을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 16

제 1 항에 있어서, 상기 전압 소스는 펄스 발생기(pulse generator)이고, 상기 시스템은 펄스 발생기에 연결된 입력 단부를 가진 전송 라인(transmission line)과 출력 포트를 포함하는 출력단자 및 광전도성-변조 구획을 경유하여 상기 입력 단부에서 상기 출력 포트까지 입사 전압 펄스를 전파하기 위해 상기 입력 및 출력 단부들 사이에 위치된 가변 저항기를 포함하는 광전도성-변조 인라인 구획을 더 포함하고 있어서, 진폭-변조 방사선으로 가변 저항기의 전도 반응을 변조시키는 것이 입사 전압 펄스의 전파부 및 반사부에 진폭-변조 방사선의 파형을 남기는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서, 비활성화 시에 상기 전송 라인의 광전도 변조 구획은 반사없이 입사 전압 펄스를 통과시키기 위해 전송 라인의 인접부와 정합하는 임피던스를 가지고 있는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 18

제 16 항에 있어서, 상기 전송 라인은 또 다른 가변 저항기로 구성된 적어도 하나의 추가 광전도성 변조 인라인 구획(photoconductivity-modulated inline section)를 포함하고 있고, 변조 방사원은 모든 광전도성 변조 구획들에 대해 진폭-변조 방사선을 입사하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 19

제 16 항에 있어서, 상기 전송 라인은 또 다른 가변 저항기로 구성된 적어도 하나의 추가적인 광전도성-변조 인라인 구획을 포함하고 있고, 상기 시스템은 또한 추가적인 광전도성-변조 구획에 입사하는 나머지 변조 방사원의 진폭-변조 방사선을 독립적으로 생성하기 위한 적어도 하나의 추가적인 변조 방사원을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 20

제 16 항에 있어서, 상기 시스템은 입사된 전압 펄스의 반사부를 방사하기 위한 전송라인의 입력 단부에 제 2 출력포트를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 21

제 1 항에 있어서, 상기 시스템은 적어도 하나의 추가적인 가변 저항기 및 이와 관련된 출력 포트; 및 각각의 출력 포트들에서 변조 전기 신호들의 위상을 조절하기 위해 각각의 가변 저항기들로 입사하는 대응되는 진폭-변조 방사선의 위상을 조절하기 위한 위상 조절기(phase controller)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 22

제 1 항에 있어서, 상기 시스템은 변조 전기 신호를 전송하기 위해 상기 출력 포트에 연결되는 전송 장비를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 23

제 22 항에 있어서, 상기 전송 장비는 안테나인 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 변조 방사원은 마이크로파 신호가 안테나를 통해 전송되도록 마이크로 진동수로 진폭-변조 방사선을 생성하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 25

제 1 항에 있어서, 상기 시스템은 하전 입자들을 수령하기 위한 입력 단부를 가진 진공 유전성 벽 빔 튜브(evacuated dielectric wall beam tube)를 더 포함하고 있고, 출력 포트는 변조된 하전 입자 빔을 생성하기 위해 빔 튜브에 있는 하전 입자들이 출력 포트 상의 변조 전기 신호에 대응하는 에너지 변조를 수령하도록 빔 튜브를 따라 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 26

전압 소스와, 출력 포트, 및 비 애벌랜치(non-avalanche) 모드에서 작동이 가능하도록 비포화 영역에 걸쳐 입사 방사선의 진폭의 변화에 대한 전도 반응(conduction response)이 실질적으로 선형인 광전도성 와이드 밴드갭(bandgap) 반도체 물질을 포함하는 가변 저항기를 경유하여 출력 포트에서 전기 신호가 생성되도록 상기 전압소스와 출력 포트에 작동가능하게 연결되는 가변 저항기를 제공하는 단계; 및

상기 출력 포트에서 생성된 전기 신호는 진폭-변조 방사선과 실질적으로 유사한 파형을 갖기 위해 상기 가변 저항기에 의해 변조되도록, 상기 가변 저항기의 전도 반응을 변조하는 변조 방사원에 의해 생성된 진폭-변조 방사선을 상기 가변 저항기에 직접 입사하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 변조 전기 신호를 생성하는 방법

청구항 27

비포화 영역에 걸쳐 입사 방사선의 진폭의 변화에 대한 전도 반응(conduction response)이 실질적으로 선형으로

비 애벌랜치(non-avalanche) 모드에서 가변 저항기로 작동이 가능한 광전도성 와이드 밴드갭(bandgap) 반도체 물질(PWBSM); 및

전도 반응이 진폭-변조 방사선과 실질적으로 유사한 파형을 갖도록 PWBSM에 직접 입사되는 진폭-변조 방사선을 생성하기 위한 변조 방사원;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 광전도성 변조 가변 저항 디바이스.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 가출원의 우선권 주장

[0002] 본 출원은 존 R 해리스 등에 의해 "방사-변조 광전도성 디바이스 및 시스템" 의 명칭으로 2009년 4월 17일자로 출원되고, 본 출원에 참고문헌으로 포함된 미국 가출원 제61/045.924호의 이익을 주장한다.

[0003] 연방정부의 후원을 받은 연구 또는 개발

[0004] 미국 정부는 미국 에너지부와 로렌스 리버모아 국립 연구소를 운영하는 로렌스 리버모아 국가 안전보장 유한책임회사와의 사이에서 체결된 제 DE-AC52-07NA27344 호의 계약에 의거하여 본 발명에 대한 권리를 갖는다.

[0005] 발명의 기술분야

[0006] 본 발명은 고상 스위치(solid state switches)로 일반적으로 사용되는 광전도성 와이드 밴드갭(wide bandgap) 반도체 물질들에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 예를 들어, 마이크로파 전송과 같은 고 주파수 변조 어플리케이션들에 사용하거나 하전 입자 빔들을 변조시키는 변조 전기 신호를 생성시키는 상기 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질들을 비 애벌랜치(non-avalanche)모드에서 작동하는 가변 저항기로 사용하는 것에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0007] 와이드 밴드갭 반도체들은 높은 항복 전압(breakdown voltage)을 가지는 물질이므로, 큰 전기장을 수반하는 높은 온도 및 파워 스위칭 어플리케이션을 위한 고상 스위치로 종종 사용된다.

[0008] 어느 범위의 밴드갭이 "와이드(wide)" 에 해당하는지에 대한 정확한 경계는 어플리케이션에 따라 달라질 수 있다 하더라도, 와이드 밴드갭 반도체 물질들은 일반적으로 약 1.6 eV 또는 1.7 eV보다 큰 밴드갭들을 가지는 것으로 여겨진다. 더욱이, 그러한 와이드 밴드갭 물질들은 광전도성인 것으로 알려져 있다.

[0009] 이러한 광전도성은, 예를 들어, 조명(illumination)에 반응하여 증가된 전기 전도성에 의해 특징지어진다. 상기 와이드 밴드갭 물질들의 예시적 종류들은 실리콘 카바이드(silicon carbide), 알루미늄 나이트라이드(aluminum nitride), 갈륨 나이트라이드(gallium nitride), 보론 나이트라이드(boron nitride), 및 다이아몬드(diamond)를 포함한다. 특히, 갈륨 나이트라이드와 실리콘 카바이드는 스위칭 어플리케이션(switching application)들에 매우 적합한 견고한 물질들로 잘 알려져 있다.

[0010] 광전도성 고상 스위치(photoconductive solid state switche: PCS)로서 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질들("PWBSM") 등을 사용하는 다양한 펄스 파워 어플리케이션들이 알려져 있다. 일반적인 PCS용 물질들은 Si 또는 GaAs 이지만, 제한된 광전류(photocurrent) 전류 용량으로 인해, 사용가능한 에너지 수준을 발생시키기 위해 애벌랜치(avalanche) 모드 또는 소위 고-이득 모드(high-gain mode)에서의 작동을 요구한다. 애벌랜치 모드 작동에서, 디바이스는 쌍안정(bi-stable) (예를 들어, "온(on)" 또는 "오프(off)")하고, 광학적으로 "온(on)"에서 작동되며, 전류 중단(current cessation)까지 락-온(locked-on)을 유지한다.

[0011] 펄스 파워를 사용하는 하나의 예시적 어플리케이션은 고출력 마이크로파 발생 분야이며, 이 분야에서 광전도성 물질들은 또한 광전도성 고상 스위치들로 사용된다. 그러나, 상기 광전도성 고상 스위치들은 애벌랜치 모드에서 작동되기 때문에 광전도성 물질들은 광대역(broadband) 및 낮은 방사 에너지를 발생시키고, 실시간 적응(real-time-adaptive)이 아니며, 통신 단절(communication fratricide)을 일으킬 수 있다. 효율적인 에너지 방사는 주로 펄스 전이(pulse tansition) 동안 일어나므로, 스펙트럼 에너지량(spectral energy content)은 낮다.

[0012] 전통적으로, 고출력 마이크로파 광원들은 클라이스트론(klystron)과 같은 진공 전기 디바이스들이었다는 점은 주목할 만하다. 대체 방식은 비선형 전송 라인(nonlinear transmission line)을 포함한다. 이들 기술들은 모두 본질적인 문제들이 있다. 진공 전기 디바이스(Vacuum electronic device)들은 부피가 크고(bulky) 값비싼 경향이 있는 반면, 비선형 전송 라인들은 때때로 획득하기 어렵고 특성이 떨어지는 특수한 물질들에 의존한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 비 애벌랜치(avalanche) 모드에서 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질(wide bandgap semiconductor material)을 가변 저항기로 사용하여 상기 반도체 물질들의 전도 반응을 변조시킴으로써 전기 신호를 변조하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0014] 본 발명은 또한, 비 애벌랜치(avalanche)모드에서 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질(wide bandgap semiconductor material)을 가변 저항기로 사용하여 상기 반도체 물질들의 전도 반응을 변조시킴으로써 변조된 전기 신호를 출력시키는 시스템 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 하나의 측면은 변조 전기신호 생성 시스템을 포함하는 바, 상기 시스템은, 비 애벌랜치(non-avalanche) 모드에서 작동이 가능하도록 비포화 영역에 걸쳐 입사 방사선의 진폭의 변화에 대한 전도 반응(conduction response)이 실질적으로 선형인 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질로 구성된 가변 저항기(variable resistor); 상기 가변 저항기에 직접 입사하여 그것의 전도 반응을 변조시키는 진폭-변조 방사선의 생성을 위한 변조 방사원(modulated radiation source); 및 상기 진폭-변조 방사선과 실질적으로 유사한 파형을 가지기 위해, 상기 가변 저항기를 경유하여 출력 포트에서 생성되는 전기신호가 상기 가변 저항기에 의해 변조되도록, 상기 가변 저항기에 모두 작동가능하게 연결된 전압소스(voltage source) 및 출력 포트(output port);로 구성되어 있다.

[0016] 본 발명의 다른 측면은 변조 전기 신호 생성 방법을 포함하는 바, 상기 방법은, 전압 소스와, 출력 포트, 및 비 애벌랜치 모드에서 작동이 가능하도록 비포화 영역에 걸쳐 입사 방사선의 진폭의 변화에 대한 전도 반응이 실질적으로 선형인 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질을 포함하는 가변 저항기를 경유하여 출력 포트에서 전기 신호가 생성되도록 상기 전압소스와 출력 포트에 작동가능하게 연결되는 가변 저항기를 제공하는 단계; 상기 가변 저항기의 전도 반응을 변조하는 변조 방사원에 의해 생성된 진폭-변조 방사선을 상기 가변 저항기에 직접 입사하는 단계;를 포함하며, 그로 인해, 상기 출력 포트에서 생성된 전기 신호는 진폭-변조 방사선과 실질적으로 유사한 파형을 갖기 위해 상기 가변 저항기에 의해 변조된다.

[0017] 본 발명의 또 다른 측면은 광전도성-변조 가변 저항 디바이스를 포함하는 바, 상기 광전도성-변조 가변 저항 디바이스는, 비포화 영역에 걸쳐 입사 방사선의 진폭의 변화에 대한 전도 반응이 실질적으로 선형으로 비 애벌랜치 모드에서 가변 저항기로 작동이 가능한 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질(PWBSM); 및 전도 반응이 진폭-변조 방사선과 실질적으로 유사한 파형을 갖도록 PWBSM에 직접 입사되는 진폭-변조 방사선을 생성하기 위한 변조 방사원;을 포함한다.

[0018] 전반적으로, 본 발명은 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질들(PWBSM)의 전도 반응을 변조시켜 전기 신호를 변조시키기 위해 PWBSM을 이용하기 위한 기술들을 설명한다.

[0019] 이는 PWBSM 물질들의 입증된 트랜스콘덕턴스-유사 특성들(transconductance-like properties)에 의해 가능하게 되는데, 예를 들어, 콤팩트하고 적층된 전송 라인 구조에서와 같이, 빠른 상승속도(rise-time)(<1 ns), 고전압(>15 kV/mm), 고전류(>1 kA/cm2), 광트랜지스터(phototransitstor)-유사 변조성능(>300 MHz)을 보여주고 있다.

[0020] 이러한 성능은 고전압 전기신호들의 직접 조작을 위한 다양한 어플리케이션들을 가능하게 한다. 본 발명의 실례들은 예를 들어, 콤팩트한 고출력 마이크로파 또는 RF 발생 및 가속기와 다른 과학기기용 펄스 파워와 같은 직접 에너지 시스템(directed energy system)에서 하전된 입자 광선들의 에너지 변조(광전기 효과의 사용없이)를 포함한다. 또한, 실리콘 카바이드, 갈륨 나이트라이드, 알루미늄 나이트라이드, 보론 나이트라이드, 및 다이아몬드와 같은 다양한 유형의 PWBSM이 본 발명에 사용될 수 있다.

[0021] 최근 자료는, SiC가 가시 광학 에너지(visible optical energy)에 조사되었을 때 그것의 광학 에너지의 강도에 기반한 저항에서 변화됨을 보여주고 있다. 그렇기 때문에, SiC와 본 발명에 사용된 다른 PWBSM들은 방사(예를 들어, 빛)-제어 저항기로서 기능을 하고, 이들의 저항은 방사선이 직접 입사될 때 감소한다.

[0022] 도 2는 로렌스 리버모아 국립 연구소에서 본 출원인들에 의해 수행된 실험들로부터 도출된 결과와 가시 광학 에너지의 영향하에서의 SiC의 통상적인 거동을 보여준다. x축은 SiC 물질 상에 입사된 가시 광학 에너지의 강도를 나타낸다. 결과적인 전류 흐름은 상기 물질을 가로질러 인가된 다수의 전압들에 대해 y축 상에 보여진다. 도 2는 SiC 스위치에 대한 광학적 강도를 변화시킴으로써 초래된, 다양한 전압들에서 상기 스위치를 통한 전류들, 및 높은 구배(>27 MV/ m)의 스위칭 어플리케이션 하에서 와이드 밴드갭 물질들(SiC 및 GaN)의 고전류(>1 kA/cm) 성능을 보여준다. 광학 에너지에서 대략 0 내지 2 mj의 변화를 위해, 상기 디바이스는 약 1 nA의 암전류(dark current)로부터 피크 전류(peak current)까지 실질적인 선형 모드로 작동한다. 이러한 특정 데이터에서, 전류는 1 kV에서 약 20 A 였다. 2mj을 초과하는 더 높은 광학 에너지에서, 포화점(saturation point)은 상기 디바이스가 약 1 Ω의 최소 저항을 달성하는 지점에 도달된다. 도 2에 도시된 전도 반응 곡선은 포화 영역과 비포화 영역을 갖는 것으로 특징지어질 수 있다.

[0023] 상기 비포화 영역이 전형적인 트랜지스터 디바이스와 유사한 선형반응을 실질적으로 가진다는 것은 도 2로부터 명백하다. 이 데이터로부터, SiC 물질은 다음 식의 트랜스컨덕턴스-유사 특성을 가지고 작동되는 것을 알 수 있다:

[0024] $Gm = \Delta Iout/\Delta \xi in$, 여기서, ξin 은 입력량을 조절하는 변수이다. 간단한 트랜지스터의 경우에, ξin은 베이스 전류(base current)이고 진공관의 경우에 제어 그리드(control grid) 전압일 수 있다. SiC 물질의 경우, 이러한 변수는 전도 반응을 발생시키는 광학적 또는 기타 방사 에너지이다.

[0025] 명료하게 설명한 목적으로 매우 선형이고 낮은 전류 영역을 설명하였지만, SiC는 우리의 특별한 디바이스에서 1 kA/cm^2 이상의 최대 전류를 넘는 트랜스컨덕턴스 특성을 보여주고 있다. 또한, 트랜지스터와 진공관 기술들에서, 이들 물질은 0-2 mj에서부터 가파른 고 이득 선형 영역(gain linear regime)을 보이고, 30 mj을 초과할 때까지 감소된 경사 포화 영역을 보여주고 있다.

[0026] 따라서, 상기 물질이 실질적으로 선형인 비포화 영역에서 작동된 때, 광학적 펄스(optical pulse)에 대한 인가 변조의 증폭은 인가 신호의 증폭을 초래할 것이다. 적절히 구성된 때, 이들 스위치는 나노세컨드(nanosecond) 또는 더 빠른, 예를 들어, 고 주파수 변조의 시간 단위에서 닫힘 및 열림이 가능할 수 있다. 인가 전위가 제거된 후에 회복이 일어나는 것으로 광학 에너지가 완전 전도 상태로 디바이스를 오직 작동시키는 경우에, 제어되지 않은 쌍안정의 "고 이득" 모드가 결코 관찰되지 않았다는 점은 주목할 만하다.

[0027] 더욱이, 와이드 밴드갭 물질에서 전하 운반체(charge carrier)를 충분히 들뜨게 할 수 있는 어떠한 유형의 방사선도 PWBSM 가변 저항기의 전도 반응을 변조시키는데 사용될 수 있고, 이러한 유형의 방사선은 전자기 방사선(electromagnetic radiation)과, 예를 들어, 전자, 양성자, 중성자 등을 포함하는 입자 방사선(particle radiation)을 포함한다. 변조를 위해 가시 광학 에너지를 사용하는 배열의 하나의 어려움은 강력한 가시 광학 에너지를 발생시키는 것이 어려울 수 있다는 점은 주목할 만하다. 그러나, 다행히도, 이러한 물질들은 전자기 방사선과 입자 방사선 모두에 잘 반응한다.

[0028] 변조 방식(scheme)의 두 가지 기본 유형은, (1) PWBSM 가변 저항기의 전도 반응이 출력 포트에서 변조 전기 신호를 발생시키는 "직접 변조(direct modulation)" 와, (2) 변조 방사원으로부터 진폭-변조 방사선에 대한 전도 반응이 임피던스 부정합(impedance mismatching)으로부터 유발된 전송 라인에서 전파되는 입사 펄스에 변조 파형을 실질적으로 남기는 "반사율 변조(reflectance modulation)" 를 포함한다.

발명의 효과

[0029] 본 발명은 비 애벌랜치(non-avalanche) 모드에서 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질의 전도 반응을 변조시켜 변조 전기신호를 출력시키므로 비 광대역 및 높은 방사 에너지를 발생시키고, 실시간 적응이며, 통신 단절현상이 없는 효과가 있다.

[0030] 또한, 본 발명에 따른 시스템 및 장치는 부피가 크지 않고 상대적으로 저렴하며, 특수물질에 의존하지 않는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 본 명세서에 합체되고 그것의 일부분을 형성하는 첨부 도면들은 다음과 같다:

도 1은 본 발명의 변조 전기 신호들을 생성하기 위한 시스템의 일반적인 실시예의 모식도이다;

도 2는 다양한 전압 수준들에서 광학 에너지에 대한 SiC 물질의 전도 반응을 보여주고 비포화 영역에서의 실질적인 선형 반응을 설명하는 그래프이다;

도 3은 예를 들어 레이저와 같은 광원에 의해 발생된 빛을 광학적으로 변조시킴으로써 변조 광을 생성하기 위한 본 발명의 변조 방사원의 첫 번째 예시적인 실시예의 모식도이다;

도 4는 광전도성 가변 저항기의 전도 반응을 변조시키는 변조 X선을 생성시키는 전자들의 생성을 변조시키기 위한 본 발명의 변조 방사 소스의 두 번째 예시적인 실시예의 모식도이다;

도 5는 광전도성 가변 저항기의 전도 반응을 직접적으로 변조시키는 변조 전자 입자들을 생성하기 위한 본 발명의 변조 방사 소스의 세 번째 예시적인 실시예의 모식도이다;

도 6a는 본 발명의 직접 변조 배열의 첫 번째 예시적인 실시예의 모식도로, PWBSM의 전도 반응이 출력 포트에서 변조 전기 신호를 생성시킨다. 특히, 상기 실시예는 전압 분배기로서 배열된다;

도 6b는 도 6a에 유사한 두 번째 예시적인 실시예(전압 분배기 배열)의 모식도이지만, 부하와 PWBSM의 위치가 바뀌어 있다;

도 7은 출력 포트에서 변조 전기 신호를 생성하기 위해 펄스 형성 라인을 사용하는 본 발명의 직접 변조 배열의 세 번째 예시적인 실시예의 모식도이다;

도 8a는 진폭-변조 방사에 대한 전도 반응이 전송 라인에서 전파되는 입사 펄스 상에 변조 파형을 남기는, 본 발명의 반사율 변조 배열(reflectance modulation arrangement) 의 첫 번째 예시적인 실시예의 모식도이다;

도 8b는 본 발명의 반사율 변조 배열의 두 번째 예시적인 실시예의 모식도로서 도 8a와 유사하지만, 입력 단부와 출력 단부 사이의 라인에 추가적인 전도도 변조 구획들을 가지고 각 구획이 독립적인 변조 방사원에 의해 변조된다;

도 8c는 본 발명의 반사율 변조 배열의 세 번째 예시적인 실시예의 모식도로서 도 8b와 유사하지만, 전송 라인 상에서 모든 전도도 변조 구획들의 전도도를 변조하는 단일 변조 방사원을 가지고 있다;

도 9는 직접 변조 배열의 예시적인 적층 실시예의 모식도로, 변조 신호가 출력 포트에서 부가되도록 적층 펄스 형성 라인에 내장된 다중 PWBSM 가변 저항기들을 가지고 있다;

도 10은 본 발명의 예시적인 위상 배열 실시예의 모식도로, 별도의 펄스 형성 라인에 내장되고 각각의 위상들을 조절하는 위상 조절기를 갖는 각각의 변조 방사원에 의해 독립적으로 변조되는 다중 PWBSM 가변 저항기를 갖는다;

도 11은 고출력 마이크로파 어플리케이션용으로 구성되어 있고, 도 3의 변조 방사 소스, 도 6b의 전압 분배기 배열을 가지며, 출력 포트가 고출력 마이크로파의 전파를 위한 마이크로파 혼에 연결되어 있는, 본 발명의 첫 번째 예시적인 어플리케이션 기반 배열의 모식도이다;

도 12는 두 번째 예시적인 어플리케이션 기반 배열의 모식도로서 도 11과 유사하지만, 고출력 마이크로파를 전송하기 위해, 도 7의 펄스 형성라인의 출력 포트에 연결된 마이크로파 호른을 가지고 있다.

도 13은 유전성 벽 가속기(dielectric wall accelerator(DWA)) 배열에서 하전 입자들을 변조시키기 위해 구성된 본 발명의 세 번째 예시적인 어플리케이션 기반 배열의 모식도이다;

도 14는 도 10의 다른 실시예로, 다른 가변 저항기들에 입사된 위상-조절 진폭 변조 방사선을 발생시키기 위해 단일 변조 방사원을 사용한 위상 배열 실시예의 모식도이다;

도 15는 3극 진공관(triode) 배열에서 애노드 전압을 변조시키는 것으로 구성된 본 발명의 네 번째 예시적인 어플리케이션 기반 배열의 모식도이다;

도 16은 도 15에 유사한 다섯 번째 예시적인 어플리케이션 기반 배열의 모식도로서, 3극 진공관 배열에서 그리드 전압을 변조시키는 것으로 구성되어 있다;

도 17은 도 15에 유사한 여섯 번째 예시적인 어플리케이션 기반 배열의 모식도로서, 3극 진공관 배열에서 캐소

드 전압을 변조시키는 것으로 구성되어 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 도면을 참조하면, 도 1은 본 발명의 변조 전기 신호들을 생성하기 위한 시스템(10)의 전반적인 실시예의 모식도를 보여주고 있다. 상기 시스템은 전기 시스템(12)내에 가변 저항기(11)로서 내장된 광전도성 와이드 밴드갭 반도체 물질("PWBSM")을 포함하고 있다. 전기 시스템에서의 배치(deployment) 방식은 (이후에 하기에서 더 자세히 논의될) 전압 분배기, 전송 라인, 펄스 형성 라인 등과 같은 시스템의 전기적 배열에 따라 달라질 수 있고, 또한 특정한 어플리케이션일 수 있음을 이해하여야 한다.

[0033] 그러나, 일반적으로 PWBSM 기반 가변 저항기(11)는 전기 신호(17)가 가변 저항기(11)를 경유하여 출력 포트에서 생성되도록 전압 소스(13)와 출력 포트(14)에 작동가능하게 연결된다. 즉, 전기 신호는 가변 저항기의 활성화/변조에 의해 생성되거나, 가변 저항기를 경유하여 단순히 통과하기 위해 전파된다. 또한, 상기 출력 포트는 적어도 두개의 출력 단자들/전극들로 구성될 수 있다. 본 발명의 또 다른 일반적인 실시예는, 광전도성 가변 저항기(11)와 변조 방사원(15)를 포함할 뿐만 아니라, 전기적 출력 신호를 변조하기 위해 PWBSM 기반 가변 저항기의 전도도 변조를 수행하는, 가변 저항기 디바이스를 포함하는 것으로 이해된다.

[0034] 변조 방사원(Modulated Radiation Source)

[0035] 도 1에서 보는 바와 같이, 시스템(10)은 또한 변조 방사원(15)를 포함하고, 이 변조 방사원(15)는 변조 방사선(16)을 생성시키며 이 변조 방사선(16)은 가변 저항기의 전도 반응을 변조하기 위해 가변 저항기(11)에 입사한다. 앞서 논의된 바와 같이, PWBSM 가변 저항기는 포화 영역과 비포화 영역에 의해 특징지어진 지속적인 전도 반응을 갖는다. 또한, 작동/ 활성화의 비포화 영역에서 전도 반응은 실질적으로 선형이다. 그렇기 때문에, 변조 방사원(15)에 의해 생성된 변조 방사선(16)은 바람직하게는 실질적인 선형 영역에서 가변 저항기의 전도 반응을 변조시키기 위해 작동되며, 그로 인해 증폭기/트랜지스터와 유사한 방식으로 작동된다. 가변 저항기는 쌍안정(bi-stable)의 "온(on)" 및 "오프(off)" 작동을 의미하는 스위치로 사용되지 않는다.

[0036] 도 1의 변조 방사원(15)는 일반적으로 진폭-변조 방사선을 생성시키는 기능을 하고, 상기 진폭-변조 방사선은 예를 들어, 가시광선 또는 X선과 같은 전자기 방사선이나 예를 들어, 전자, 양자, 또는 중성자 같은 입자 방사선일 수 있다. 따라서, 변조 방사원는, 예를 들어, 고전압 출력 펄스 트레인을 생성시키기 위해 단일 PWBSM 가변 저항기에 직접 입사되는 광학 펄스 트레인을 (레이저로부터) 생성시킬 수 있고, 또는 단일 PWBSM 가변 저항기에 직접 입사되는 지속적으로 변화하는 아날로그 광신호를 생성시킬 수도 있다.

[0037] 도 3은 변조 전자기적 방사원으로 보여지는 변조 방사원의 첫 번째 예시적인 실시예의 모식도를 보여주고 있다. 특히, 변조 전자기 소스는 예를 들어 레이저(20) 같은 광원에 의해 생성된 빛을 광학적으로 변조시키기 위해 광학 변조기(21)를 사용하여 변조 광(28)을 생성시킨다.

[0038] 광학 변조기(21)는 다양한 변조 기술을 적용할 수 있는 반면에, 도 2는 들어오는 빛을 가변성 시간 지연 경로(variable time delay path: 24)와 고정 시간 지연 경로(fixed time delay path: 23)로 분산시키는 스플리터(22)를 사용하는 하나의 특별한 방법을 보여주고 있다.

[0039] 가변 시간 지연 경로를 통과한 빛은 낮은 수준의 전압 입력 신호에 기반한 광학 신호의 지연을 제어하는 리튬 니오베이트 결정(lithium niobate crystal: 25)를 통과한다. 변조 광(28)을 생성시키기 위해 두 가지 경로는 결합기(27)에서 재결합된다. 변조기의 다른 실시예들은 예를 들어, 음향-광학 변조기(acousto-optic modulator, AO), 커 셀(Kerr cell), 포켈 셀(Pochel cell) 및 폴라라이저(polarizer)가 구비된 페러데이 로테이터(Faraday rotator)를 포함할 수 있다.

[0040] 도 4와 도 5는 도 1의 변조 방사원(15)의 두 가지 다른 실시예들을 보여주고 있다. 특히, 도 4는 광전도성 가변 저항기(36)의 전도 반응을 변조하도록 변조 X선(35)를 생성시키는 전자들(34)의 생성을 변조하기 위한 변조 방사 소스(30)의 두 번째 예시적인 실시예의 모식도를 보여주고 있다.

[0041] 캐소드(32), 애노드 전환 타겟(anode conversion target: 33) 및 전자 생성을 제어하기 위한 그리드 전극이 제공되어 있다. 전자 생성을 변조하는 것은 또한 X선 발생(즉, X선 강도)를 변조시킨다. 변조된 X선들은 전도 반응을 변조하기 위해 PWBSM(36)에 차례로 입사된다.

[0042] 도 5는 변조 방사원의 세 번째 예시적인 실시예(40)의 모식도를 보여주고 있다. 도 5는 도 4와 유사하지만, 광전도성 가변 저항기(46)의 전도 반응을 직접적으로 변조시키도록 변조 전자 입자(43)를 캐소드(42)로부터 생성

시키는 전자들의 생성을 변조하기 위해 그리드 전극(41)을 사용한다.

[0043] 도면에는 도시되어 있지 않지만, 방사선 입자들(radioactive particles), 양자들, 중성자들 등(원자 구성 입자들(subatomic particles) 등과 같은 일부 유형의 입자 방사선은 그러한 유형의 입자를 변조시킬 수 있는 입자 변조기에 의해 변조될 수도 있다. 따라서, 바람직한 실시예에서, 입자 방사원은 첨단(point tip)을 가지고, 상기 첨단으로부터 입자들의 방출을 변조시키기 위해 입자변조기를 작동시킨다.

[0044] 직접 변조(Direct Modulation)

[0045] 도 6a, 6b 및 도 7은 본 발명의 직접 변조 배열의 다양한 예시적인 실시예들을 보여주고 있고, 직접 변조 배열에 의해 PWBSM 가변 저항기의 전도 반응은 변조 전기 신호를 출력 포트에서 생성시킨다. 이러한 배열은 트랜지스터의 작동과 유사한 방식으로 높은 임피던스에서 낮은 임피던스로 빠르게 전환하는 PWBSM 가변 저항기의 능력을 이용한다.

[0046] 일반적으로, 이러한 접근 방법에서, 레이저 또는 다른 적당한 방사원은 스위치를 활성화시키기에 충분한 유형 및 진폭(예를 들어. 강도)을 가진 방사선을 생성시키는데 사용되고 있다. 변조기(예를 들어, 광학 변조기)는 레이저 빛을 정확한 펄스 형태로 변환하는데 사용된다. 이는, 예를 들어, 음향-광학 변조기(acoustic optical modulator), 다수의 거울들과 광학적 지연 라인(optical delay line)들, 포켈스 셀(Pockels cells) 또는 다른 기술에 의해 달성될 수 있다.

[0047] 특히, 도 6a는 전압 분배기로 배열된 직접 변조 배열의 첫 번째 예시적인 실시예(50)의 모식도이다. 도 6a에서 보듯이, PWBSM 가변 저항기(55)는 (고전압 소스로서 개시된) 전압 소스와, 부하 저항일 수도 있는 부하(56) 사이에 직렬로 배열된다. 레이저(51)는 비변조 광학 신호(un-modulated optical signal: 52)를 생성시키고 이것은 변조 광학 신호(modulated optical signal: 54)를 생성시키기 위해 광학 변조기(53)에 의해 변조되며, 차례로 저항기(55)에 입사된다. 이러한 방식에서, 변조 전기 신호는 출력 포트 A의 저항기 상에서 뿐만 아니라, 출력 포트 B의 부하(56) 상에서 생성된다.

[0048] 유사하게, 도 6b는 두 번째 예시적인 실시예(전압 분배기 배열)의 모식도이지만, 부하(55)와 PWBSM 가변기(56)의 위치는 바뀌어 있다. 여기서도 역시 변조 전기 신호는 출력 포트 A 및 출력 포트 B에서 모두 생성된다. 비노광(not illuminated)시, PWBSM은 필수적으로 오픈 회로(open circuit)이기 때문에, 모든 전압은 부하 상에서 보다는 PWBSM 가변기 상에서 나타난다. 스위치가 닫혔을 때, 전압 강하의 대부분은 부하 상에서 일어난다. 스위치는 빠른 스위칭이 가능하기 때문에, 빠른 광학 펄스 트레인(optical pulse train)이 A 및 B에서 나타나는 고전압 펄스 트레인에서 복제된다. 마이크로파의 생성을 위해, 안테나 또는 출력 포트 A 또는 출력 포트 B에 연결된 전송 라인으로, 마이크로파-주파수의 광학 변조가 요구되게 된다. 도 7은 본 발명의 직접 변조 배열(60)의 세 번째 예시적인 실시예를 설명한다. 여기서, 펄스 형성 라인은 출력 포트(68)에서 변조 전기 신호를 발생시키는데 사용된다. 도 7에는 세 가지 전극들이 보이지만, 적어도 두 가지 전극들이 펄스를 발생시킬 수도 있음을 이해하여야 한다. 어느 경우이든, 도 7에 보여진 펄스 형성 라인은 전압 소스(도시하지 않음)와의 연결에 의해 전압에 대해 미리-하전되는 중심 전극(61)을 가지고 있다. 미리 하전된 전극(61)의 반대쪽에 있는 다른 두 전극들(62, 63)은 대지 전위(ground potential)에 접지되어 있고, 미리 하전된 전극(61) 및 다른 전극(62)는 백쇼트(64)에 의해 전기적으로 연결되어 있다. 이러한 배열로, 변조 방사원(66)에 의해 발생된 진폭-변조 방사선(67)이 PWBSM에 직접 입사될 때, 변조 펄스가 출력 포트(68)에서 생성된다.

[0049] 반사율 변조(Reflectance Modulation)

[0050] 앞서 설명한 직접 변조 배열들과 다르게, 도 8a 내지 8c는 "반사율 변조 배열(reflectance modulation)" 의 다양한 예시적인 실시예들을 설명한다. 특히, 도 8a는 본 발명의 반사율 변조 배열(70)의 첫 번째 예시적인 실시예의 모식도를 보여주고 있는 바, 여기서 변조 방사 소스(77)로부터 진폭-변조 방사(78)에 대한 전도 반응은 (입력 단부(74)와 출력 단부(75) 사이에서 연장되어 있는 전극들(72, 73)을 포함하는 것으로 개시되어 있음) 전송 라인에서 전파되는 입사 펄스 상에 변조 파형을 남긴다.

[0051] 이러한 파형은 정확하게 동일한 파형을 거의 남기는 것이 아니라, 다소 실질적으로 동일한 파형을 남기는 것으로 이해된다. 더욱이, 실질적으로 남기는 것은 파형 역산(waveform inversion)뿐만 아니라, 파형의 기본적인 형상을 유지하면서 진폭 및/또는 위상에서의 균일한 변화들을 포함한다.

[0052] 이 경우, 전압 소스는 주로 펄스 전력원(pulse power source)이다. 전송 라인에서 PWBSM의 전도도 변조는, 전송 라인을 통해 전파된 입사 펄스(다른 곳에서 발생된 펄스)가 부분적으로 반사되고 부분적으로 전송되고, 광변조(즉, 광학 펄스 트레인)의 펄스 형상이 반사 및 전파된 펄스들에 모두 남겨지도록, PWBSM과 전송 라인 사이의

임피던스 부정합(impedance mismatch)를 조절한다. 따라서, 스위치가 노광되지 않은 때 임피던스 부정합에 기인한 어떠한 반사도 일어나지 않도록, PWBSM 가변기의 특성들과 전송 라인의 특성들은 임피던스 정합이다. 이는, 물질적 특성과 스위치 및/또는 라인의 기하학적 구조를 변화시키는 것을 포함한 다양한 방법으로 달성될 수 있다.

[0053] PWBSM가 노광된 때, 그것의 임피던스는 강하하고, 전송 라인을 따라 전파하는 고전압 펄스는 부분적으로 반사되고 부분적으로 전파될 것이다. PWBSM은 즉시 노광의 변화에 반응하기 때문에, 변조 광학 펄스 트레인은 가변 저항기에서 임피던스 부정합을 변화시키는 결과를 가져온다. 이것은 광학 펄스 트레인 구조가 전송 전압 펄스와 반사 전압 펄스 모두에서 복제되도록 유발할 것이다.

[0054] 마이크로파의 생성을 위해, 상기 전송 펄스, 반사 펄스, 또는 둘 모두는 전송 라인을 경유하여 안테나로 이동되게 된다. 더 복잡한 변조들은 다음에 설명하는 추가적인 인라인 광전도성 구획들을 사용함으로써 발생될 수도 있다.

[0055] 도 8b는 본 발명의 반사율 변조 배열의 두 번째 예시적인 실시예의 모식도로서, 도 8a와 유사하다. 그러나, 이 경우에는, 추가적인 전도도 변조 구획들(76', 76")이 제공되어 입력 단부와 출력 단부의 사이의 라인 상에 위치되어 있고, 각각의 구획은 독립적인 변조 방사원(77', 77")에 의해 변조된다.

[0056] 도 8c는 본 발명의 반사율 변조 배열의 세 번째 예시적인 실시예의 모식도로서, 도 8b와 유사하다. 그러나, 이 경우에는, 단일 변조 방사원(77)이 스플리터(79)와 같은 것에 의해 전송 라인 상에서 모든 전도도 변조 구획들의 전도도 반응을 변조시킨다.

[0057] 펄스 형성 라인의 적층 배열(Stacked Arrangement of Pulse Forming Lines)

[0058] 도 9는 직접 변조 배열의 예시적인 적층 실시예의 모식도로서, 출력 포트에서 변조 신호들이 부가되도록 적층된 펄스 형성 라인 상에 내장된 다중 PWBSM 가변 저항기들을 가지고 있다. 이러한 배열은, 예를 들어, 다수의 단계들에는 모두 합쳐진 신호들이 사용되도록 단일 펄스 형성 라인 또는 단일 전압 분배기에 의해 제공되는 것 이상의 전압과 전류가 필요할 때 바람직하다. 특히, 도 9에서 보는 것과 같이 "유전성 벽 가속기(dielectric wall accelerator)" 의 기하학적 구조가 사용될 수 있거나 또는 당업계에 알려진 기술인 유도성 전압 가산 구조(inductive voltage adder configuration)가 사용될 수도 있다. 이러한 기하학적 구조들은 중심 전도체(또는 하전 입자 빔)에 전압을 인가하기 위해 전송 라인을 적층하여 사용한다.

[0059] 도 10은 본 발명의 예시적인 위상 배열 실시예의 모식도로서, 별개의 펄스 형성 라인들에 내장되어 있고 위상 조절된 진폭-변조 방사선으로 독립적으로 변조되는 다중 PWBSM 가변 저항기들을 가지고 있다. 도 10은 진폭-변조 방사선들의 상대적인 위상들을 조절하기 위해 다중 변조 방사원들(94, 95, 96)을 조절하는 위상 조절기(100)를 보여주고 있다. 그러나, 위상 조절기가 다중 가변 저항기들에 입사될 다중 위상-조절 진폭 변조 방사선들을 발생시키는 단일 변조 방사원을 위상 조절하는데 사용될 수도 있는 것으로 이해된다. 또한, 도 14는 도 10의 다른 실시예를 보여주고 있는 바, 다른 가변 저항기들에 입사되는 위상-조절 진폭 변조 방사선을 발생시키기 위해 단일 변조 방사원을 사용하는 위상 배열 실시예의 모식도이다.

[0060] 예시적 적용: 고출력 마이크로파 발생 (High Power Microwave Generation)

[0061] 현재 고출력 진폭기 또는 고출력 마이크로파 발생은 일반적으로 다루기 힘든 진공 전자 기술 (즉, 진공 파워 튜브, 마그네트론들, 클리스트론, 기래트론 등) 또는 큰 펄스 파워 시스템의 사용을 요구한다. 레이저로 작동되는 광전도성 스위치들은 고전압 펄스에서 신속한 전환이 HPM을 발생시키는 콤팩트한 펄스 파워 시스템에 사용되고 있다. 그러나, 고출력 마이크로파(HPM) 시스템으로부터 유도된 대부분의 펄스 파워는 매우 광대역이다. 전체 결과는, 비록 중성화 효과(neutralization effectiveness)의 일정량이 실현될 수 있다 하더라도, 과도한 전자기 에너지가 친화적 통신 주파수들로 방사되어 단절(frequencie)를 가져올 수 있다는 것이다. 결과적으로, 워 파이터(war fighter)는 통신 손실 또는 효과적인 중성화에서 선택하여야 한다.

[0062] 이에 대해, 도 11과 도 12는 고출력 마이크로파 발생과 전송을 위한 본 발명의 구성들의 두 가지 모식도를 보여준다. 특히, 도 11은 고출력 마이크로파 어플리케이션용으로 구성된 본 발명의 첫 번째 예시적인 어플리케이션 기반 배열의 모식도로서, 도 3의 변조 방사원, 도 6b의 전압 분배기 배열을 가지고 있고, 출력 포트가 고출력 마이크로파들을 전송하기 위한 마이크로파 혼에 연결되어 있다. 마이크로파 혼(102)은 전압 분배기의 출력 포트에 연결되어 있어서, 변조 가변 저항기에 의해 발생된 변조 전기 신호가, 도면에 개시되어 있는 바와 같이, 니오베이트 결정(25)에 인가된 낮은 수준의 전압 입력을 증폭시키는 높은 피크 파워 출력을 생성시키도록 마이크로파 혼을 구동한다. 또한, 도 12는 (블룸레인(blumlein) 타입과 같은) 펄스 형성 라인이 사용된 것을 제외

하고는 도 11과 유사한 배열을 보이고, 마이크로파 혼은 펄스 형성 라인의 출력 단부에 연결되어 있다. 이러한 방식으로, 활성-반응 전파방해(jamming) 장치에 의해 발생된 낮은 수준의 전기 신호는 광대역용의 높은 파워 트랜스미터에 적용될 수 있다. 이러한 시스템의 낮은 수준 부분만을 사용하는 것은 이 기술이 직접 에너지 중성화 영역에서 사용되는 것을 가능하게 할 것이다. 또한, 직접 에너지 HPM에 대한 그러한 전기 신호의 전환은 전기 광학 변조기(electro-optic modulator)의 사용으로 실현될 수 있다. 이러한 디바이스는 도 4에 개시되어 있다.

[0063] 예시적인 적용: 하전 입자들의 변조(Modulation of Charged Particles)

[0064] 하전 입자 빔들의 변조는 역사적으로 주목 받아온 중요한 영역이었다. 전자 빔들의 경우, 고출력 간섭 전자기 방사선(high-power coherent electromagnetic radiation)을 생성시키는 변조 전기 빔들의 능력 때문에 특히 더 그러하다. 빔의 변조는, 빔의 밀도가 그것의 길이에 따라 달라질 수 있는 밀도 변조와, 빔의 에너지(및 비상대론적 빔의 경우, 그것의 속도)가 그것의 길이에 따라 달라질 수 있는 속도 또는 에너지 변조로 나뉠 수 있다. (3극 진공관들에서와 같이)그리드에 변조 전압의 사용, 또는 (클라이스트론에서와 같은) 공진공동(resonant cavity)에서 전자기장과의 상호 작용, 또는 (진행 파관(traveling wave tube)에서와 같은) 느린 파동 구조와 같은 수많은 기술들이 변조 빔들을 발생시키는데 사용되어 왔다. 일반적으로, 변조 레이저들은 변조 입자 빔들을 발생시키는데 사용되지 않았다. 이에 대한 하나의 예외는 본원 명세서의 종래기술에서 설명되는 것처럼 광방출을 통한 변조 전자빔들을 발생시키기 위한 변조 레이저의 사용이다. 이러한 기술은, 비록 밀도 변조가 특정 환경하에서 속도 변조로 전환될 수 있다 할지라도, 직접적으로 속도-변조 빔들을 생성시키는 능력을 가지는 것은 아니다. 추가적으로, 이러한 기술은 전자들의 발생에 있어 한계가 있으므로, 예를 들어, 양성자 빔들의 변조에 있어서 유용하지 않다.

[0065] 또한, 도 13은 유전성 벽 가속기(dielectric wall accelerator: DWA) 배열에서 하전 입자들을 변조시키기 위해 구성된 본 발명의 세 번째 예시적인 어플리케이션 기반 배열의 모식도이다. 특히, 펄스 형성 라인들의 적층이 (최외각의 전극들에서) 빔 축(121)을 가진 유전성 벽 빔 튜브(120)에 연결되어 있는 것이 개시되어 있다. 추가적으로, PWBSM 가변 저항기들의 활성화가 그것들로부터 발생된 하전 입자들을 변조시키도록, 하전 입자 소스(122)가 빔 튜브에 개시되어 있다. 일반적으로, 이러한 구성으로, 변조가 하전 입자들을 가속시키기 위해 수행되거나, 하전 입자들의 에너지/속도를 변조시키기 위해 수행되거나, 또는 하전 입자들을 번치/디번치(bunch/debunch)(예를 들어, 길이방향의 초점화/비초점화)하기 위해 수행될 수 있다. 그리드(도시하지 않음)는 유전성 벽 빔 튜브(120)의 하나 단부 또는 양 단부들에 광학적으로 제공될 수도 있다. 더욱이, 빔 튜브는, 효율을 증가시키거나 크기를 감소시키기 위해, 클라이스트론과 같은 마이크로파 튜브 상의 입력 정공(input cavity)를 교체시키는 시스템과 같은 다양한 시스템에서 서브 시스템으로 위치될 수 있고, 또는, 느린 파 구조 또는 주기적 자석(magnet) 배열과 같은 전자기적 방사 소스의 상류에 위치될 수도 있다. 또한, 도 8에서 보는 바와 같이, 하전 입자 밀도에서 변조된 하전 입자들을 추출하기 위하여, 하전 입자 소스는 빔 튜브 내부에 위치될 수도 있다.

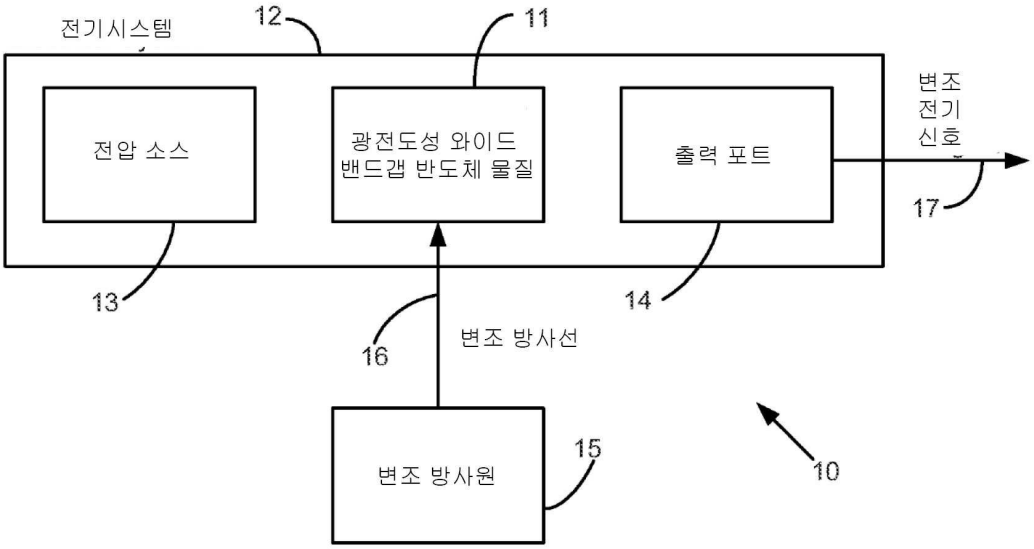
[0066] 하전 입자 변조의 또 다른 어플리케이션은 도 15 내지 도 17에 나타난 것처럼 3극 진공관 구성을 제공하는 것이다. 이러한 구성들에서, 도 6a에 보여진 것과 유사한 전압 분배기 배열은 3극 진공관 배열에서 애노드, 캐소드 및 그리드 중의 하나에 변조 전압을 제공하는데 사용된다. 특히, 도 15는 3극 진공관 배열에서 애노드 전압을 변조시키는 것으로 구성되어 있고, 도 16은 진공관 배열에서 그리드 전압을 변조시키는 것으로 구성되어 있으며, 도 17은 진공관 배열에서 캐소드 전압을 변조시키는 것으로 구성되어 있다. 3극 진공관은 바람직하게는 진공 또는 가스로 충전되어 있는 (원으로 표시된 봉입부와 같은) 영역으로 연장되어 있는 것으로 이해된다. 진공 또는 가스상의 전기 디바이스들을 구동하는데 사용된 때, 상기 연결은 진공 또는 가스 영역에서 (그리드와 같은) 구성요소에 결합될 수 있도록 봉입부를 관통하는 전기 전도체들에 의해 만들어질 것이다. 이러한 방식으로, (변조 전기 신호용) 출력 포트에 연결된 3개의 전극들 중의 어느 하나를 선택함으로써, 3극 진공관은 봉입부 안에 있는 하전 입자들을 제거(repel)하거나 편향(deflect)시키거나 가속시키는데 사용될 수도 있다. 그것의 작동 원리는 (필라멘트 수단에 의해 직접 또는 간접으로) 가열된 캐소드가 양성으로 하전된 플레이트(애노드)에 결합되어 전류를 발생시키는 전자의 공간 전하를 유발한다. 음전하를 제어 그리드(control grid)에 인가하는 것은 (음으로 하전된) 전자들의 일부를 캐소드 쪽으로 반발(repel)시키는 경향이 있다: 그리드 상의 전하가 크면 클수록, 플레이트에는 더 작은 전류가 흐른다. 만약, AC 신호가 그리드의 DC 성향에 겹쳐진다면, AC 신호의 증폭된 버전이 플레이트 회로에 나타난다.

[0067] 순서, 물질, 온도, 파라미터 등과 같은 특정 작동 변수들과 특정 실시예들을 설명한 반면에, 그러한 것들은 한정적인 것으로 의도되지는 않는다. 변경과 변화들이 당업자에게 자명할 것이고, 본 발명은 첨부된 청구항들의

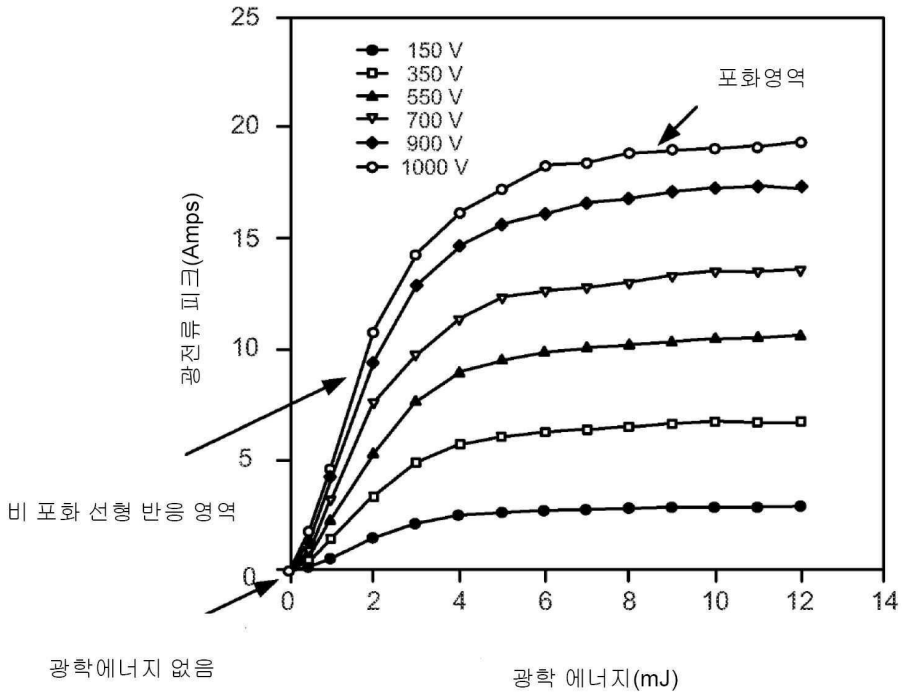
범위에 의해서만 한정되는 것으로 의도된다.

도면

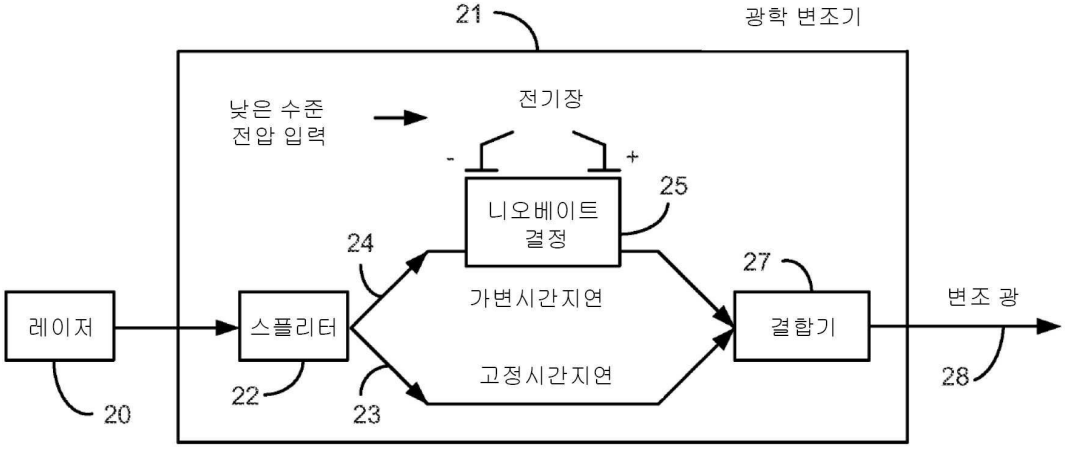
도면1



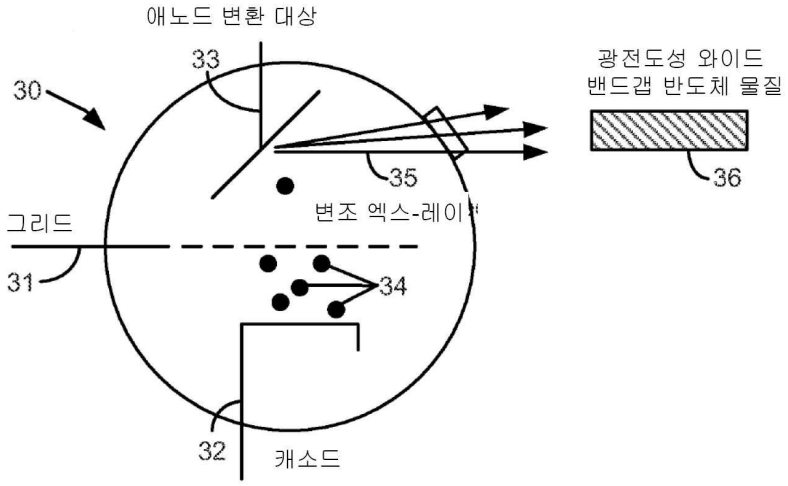
도면2



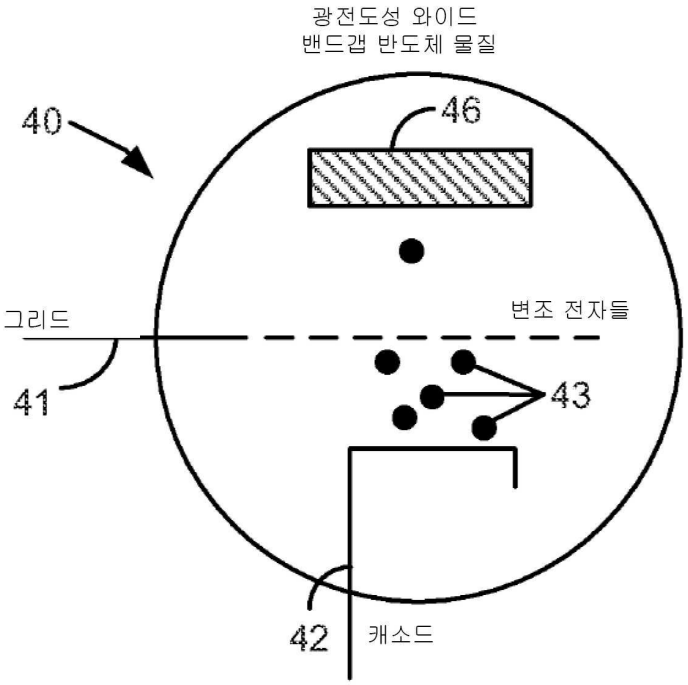
도면3


21
광학 변조기
낮은 수준
전압 입력
전기장
-
+
25
니오베이트
결정
24
27
가변시간지연
레이저
스플리터
결합기
변조 광
고정시간지연
22
23
20
28

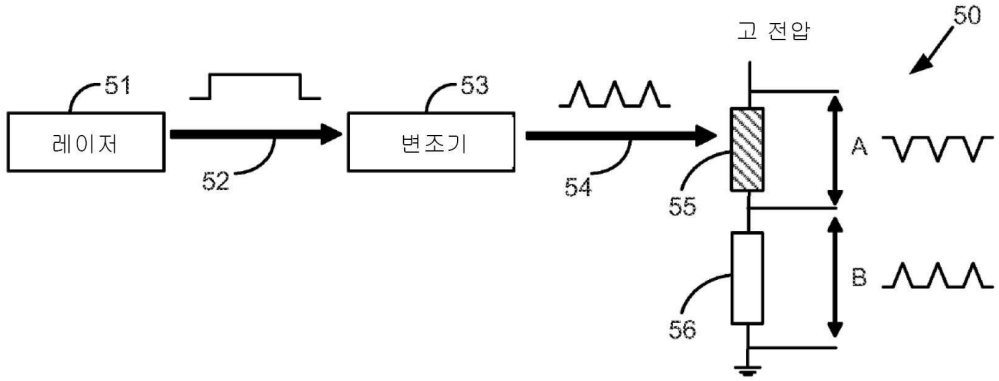
도면4


애노드 변환 대상
33
30
광전도성 와이드
밴드갭 반도체 물질
35
36
그리드
변조 엑스-레이
31
34
32
캐소드

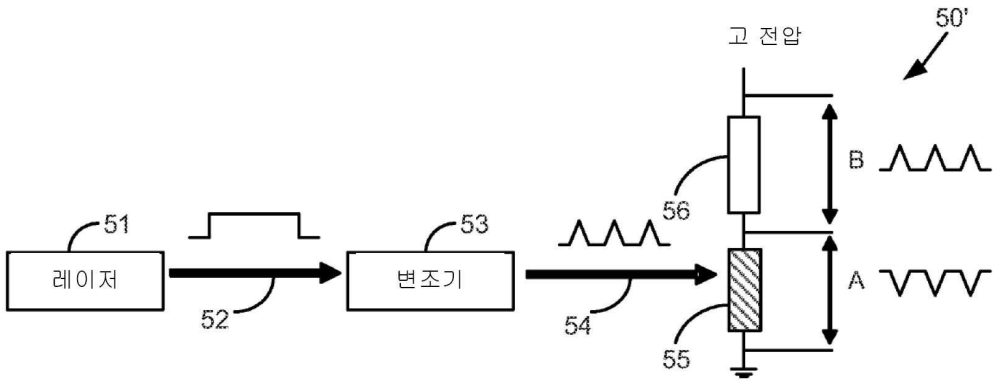
도면5



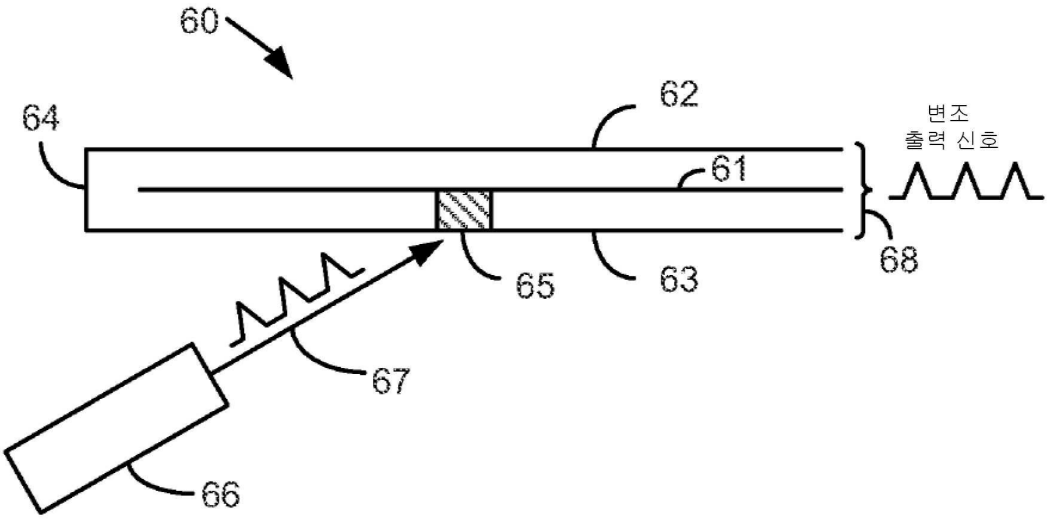
도면6a



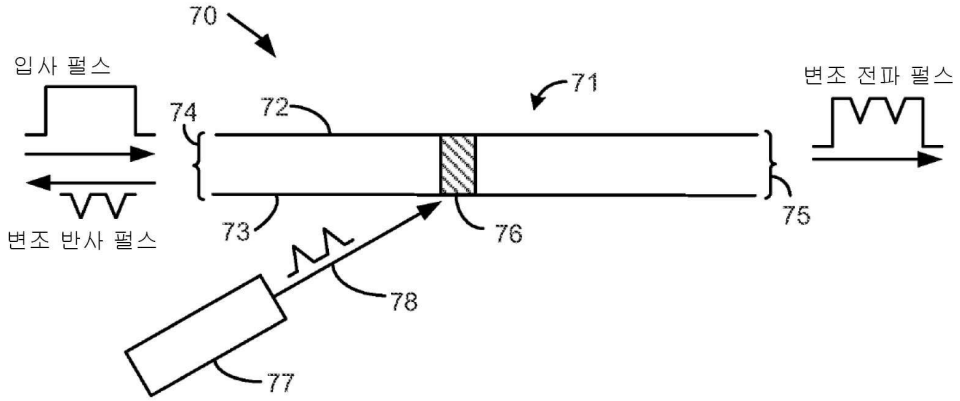
도면6b



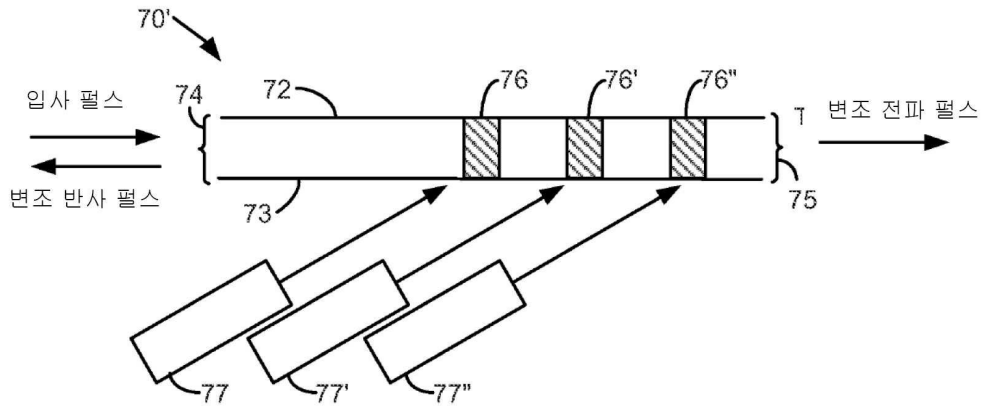
도면7



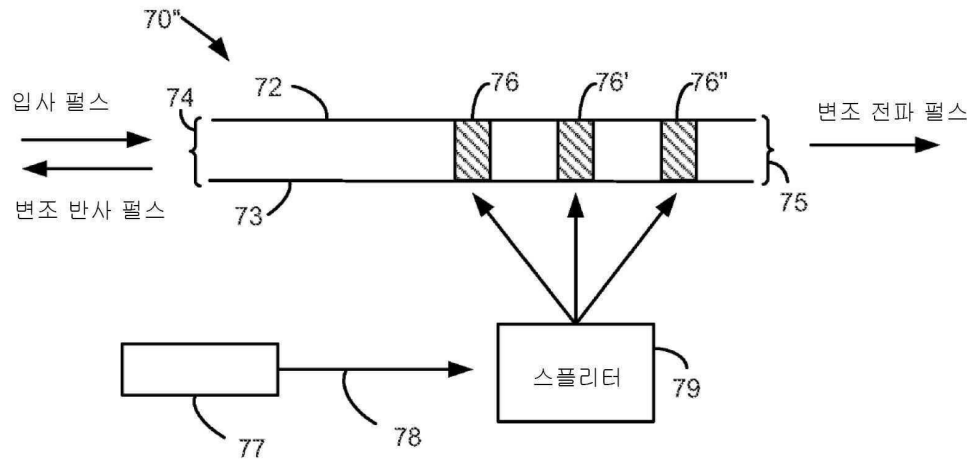
도면8a



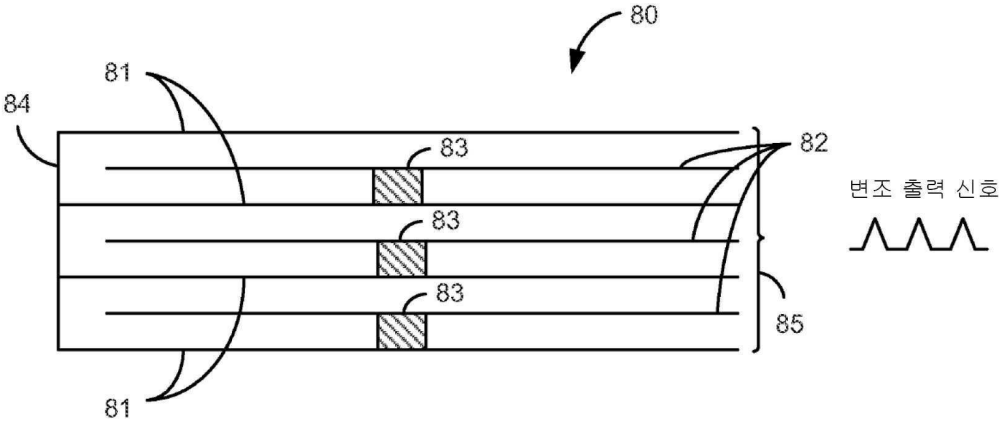
도면8b



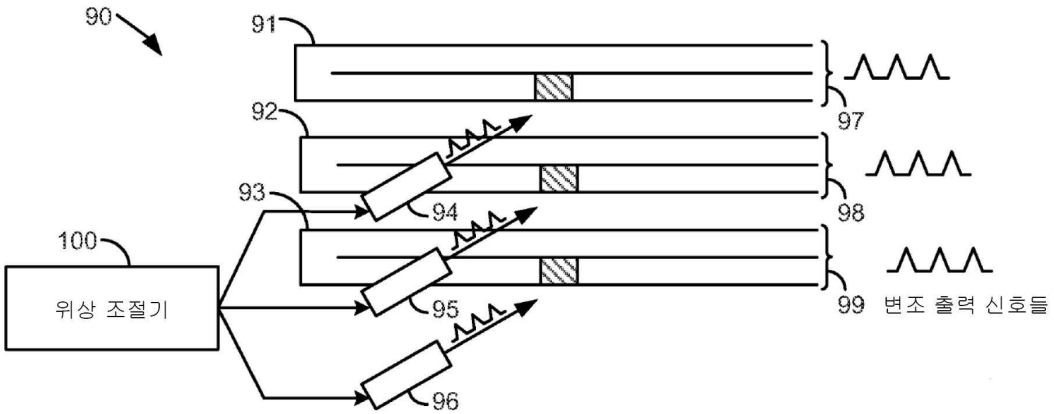
도면8c



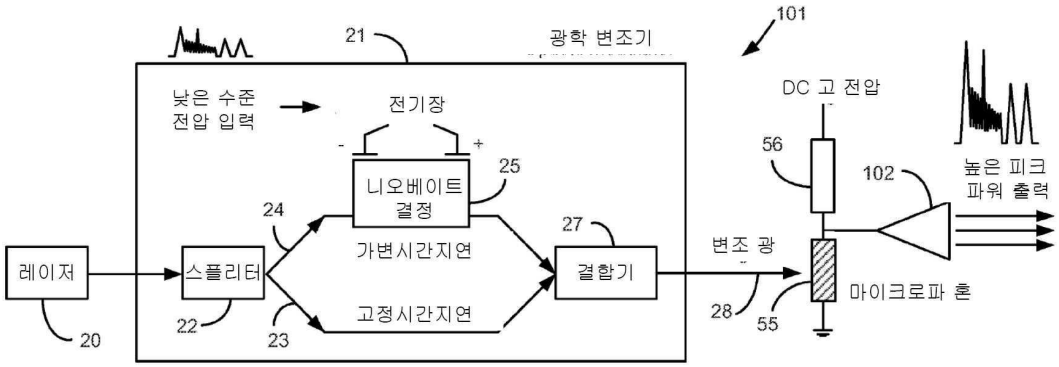
도면9



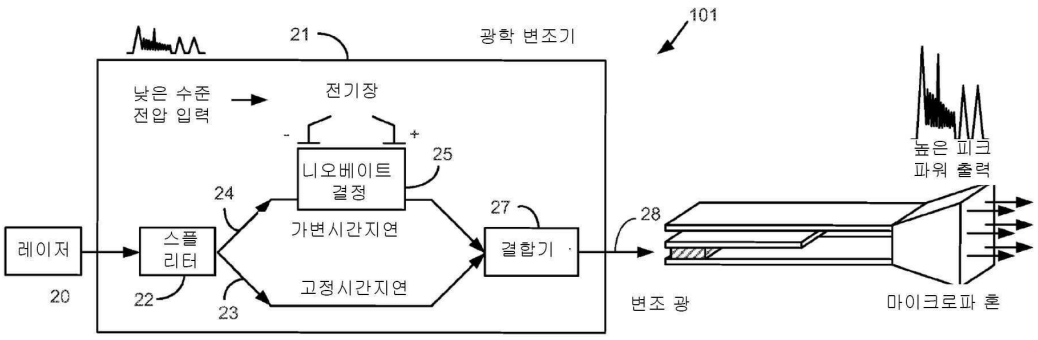
도면10



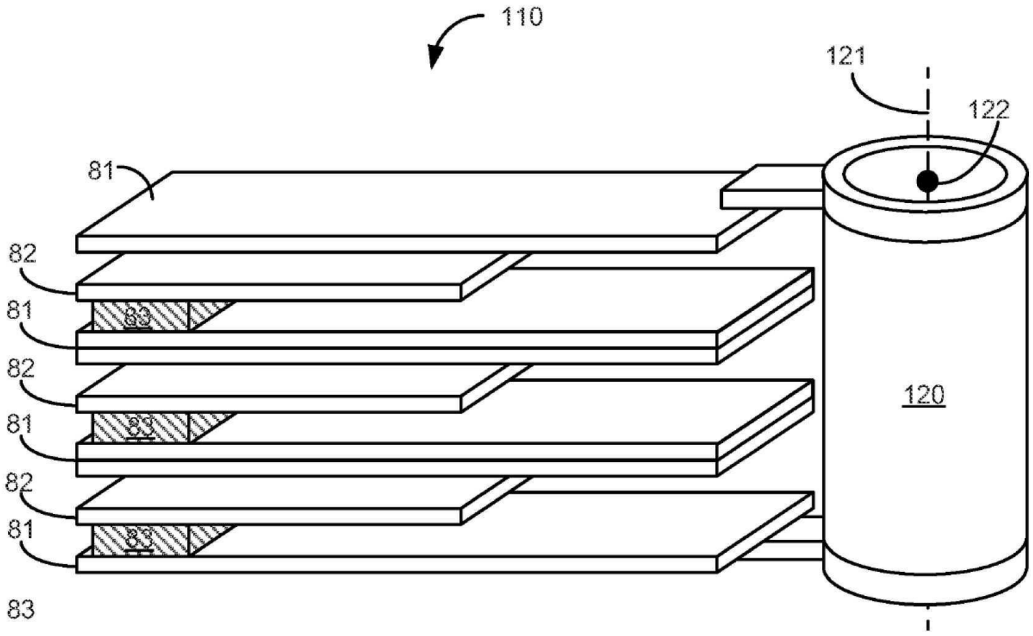
도면11



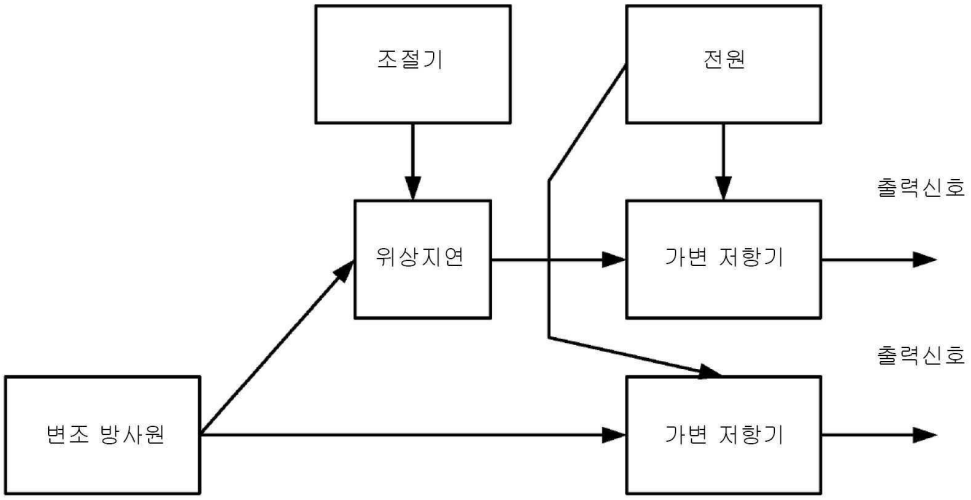
도면12



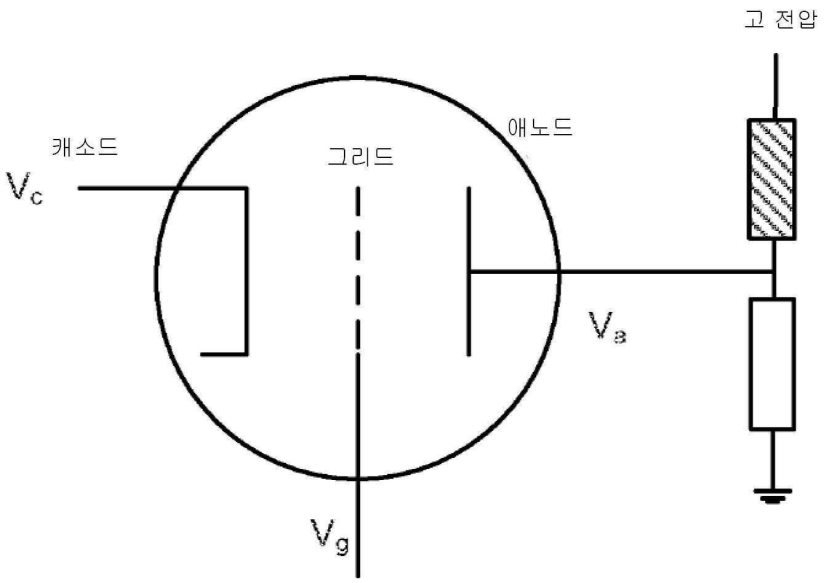
도면13



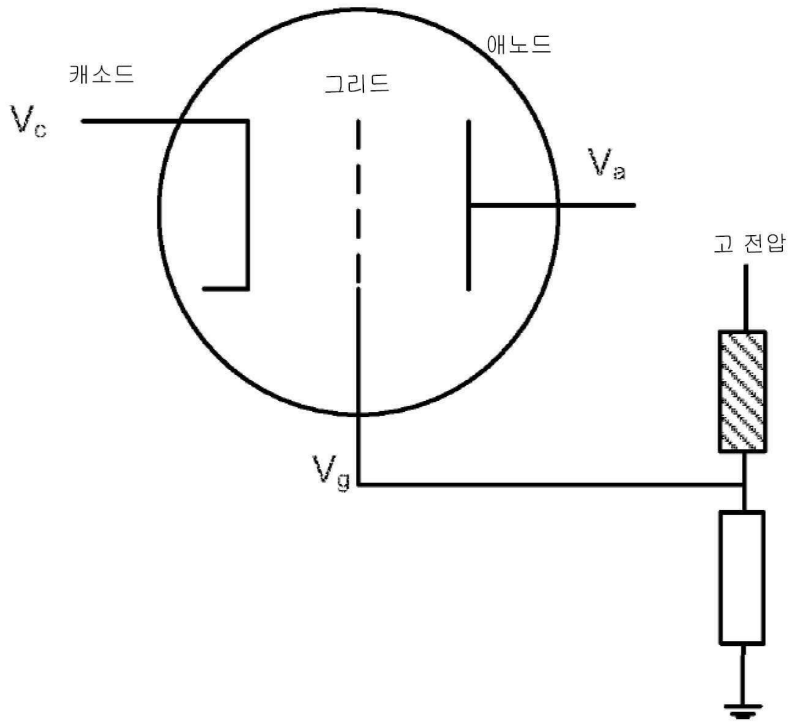
도면14


조절기
전원
출력신호
위상지연
가변 저항기
출력신호
변조 방사원
가변 저항기

도면15


고 전압
캐소드
그리드
애노드
Vc
Vg
Va

도면16



도면17

