



특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-0759944 호
(PATENT NUMBER)

출원번호
(APPLICATION NUMBER)

제 2006-0022706 호

출원일
(FILING DATE:YY/MM/DD)

2006년 03월 10일

등록일
(REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)

2007년 09월 12일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)

밀리미터파 생성장치 및 그 생성방법

특허권자 (PATENTEE)

등록사항란에 기재

발명자 (INVENTOR)

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록
되었음을 증명합니다.

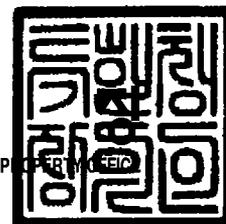
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN
INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2007년 09월 12일



특 허 청

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



등록사항

특허 등록 제 10-0759944 호
(PATENT NUMBER)

특허권자 (PATENTEE)
한국전자통신연구원(160122-0*****)
대전 유성구 가정동 161번지

연세대학교 산학협력단(274171-0*****)
서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

발명자 (INVENTOR)
박경현

임영안

이광현

최우영



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년09월18일
 (11) 등록번호 10-0759944
 (24) 등록일자 2007년09월12일

(51) Int. Cl.

G02B 6/00 (2006.01) G02B 6/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0022706

(22) 출원일자 2006년03월10일

심사청구일자 2006년03월10일

(65) 공개번호 10-2007-0092491

공개일자 2007년09월13일

(56) 선행기술조사문헌

JP2000196187 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

한국전자통신연구원

대전 유성구 가정동 161번지

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

박경현

-

임영안

-

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

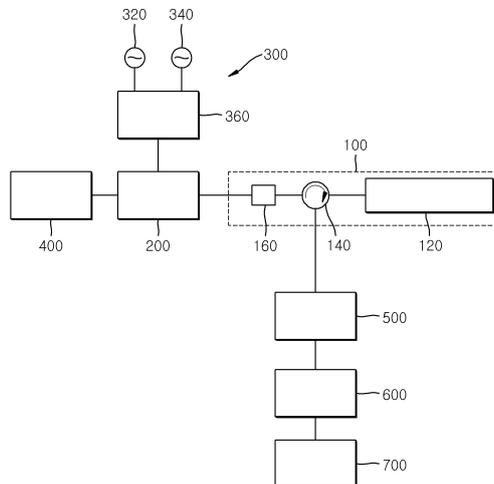
심사관 : 민병준

(54) 밀리미터파 생성장치 및 그 생성방법

(57) 요약

단일 소자를 이용하여 밀리미터파 생성과 주파수 상향변환을 동시에 이룩할 수 밀리미터파 생성장치 및 그 생성 방법을 제공한다. 그 밀리미터파 생성장치는 DFB(distributed feedback) 영역 및 이득(gain) 영역을 구비하고 패시브 모드 락킹(passive mode-locking)을 통해 고주파의 광 펄스를 발생시키는 모드 락킹 레이저 다이오드(laser diode:LD); 광 펄스를 동기(locking) 시키기 위해서 전기적 신호에 의해 외부 광신호를 변조하여 모드 락킹 LD에 주입하는 변조기; 및 전기적 신호를 상기 변조기로 주입하는 RF 동기 신호기;를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이광현

서울 관악구 봉천5동 관악드림타운 114-1101

최우영

서울 마포구 상수동 353-4 밤섬리오펠리스 101호

(56) 선행기술조사문헌

US20060227825 A1

US5631916 A

US6111678 A

특허청구의 범위

청구항 1

DFB(distributed feedback) 영역 및 이득(gain) 영역을 구비하고 패시브 모드 락킹(passive mode-locking)을 통해 고주파의 광 펄스를 발생시키는 모드 락킹 레이저 다이오드(laser diode:LD);

상기 광 펄스를 동기(locking) 시키기 위해서 전기적 신호에 의해 외부 광신호를 변조하여 상기 모드 락킹 LD에 주입하는 변조기; 및

상기 전기적 신호를 상기 변조기로 주입하는 RF 동기 신호기;를 포함하는 밀리미터파(millimeter wave) 생성장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 패시브 모드 락킹은 상기 DFB 영역에 한계 전류 이하가 인가되어 형성되는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 모드 락킹 LD에 발생하는 펄스 중 고차 하모닉 펄스를 이용하여 밀리미터파를 생성하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 고차 하모닉 펄스를 이용한 밀리미터파를 추출하기 위한 밴드 패스 필터(band pass filter)를 포함하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 5

제3 항에 있어서,

상기 고차 하모닉 펄스는 4차 하모닉 펄스인 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 밀리미터파 생성장치는 상기 외부 광신호 발생을 위한 가변 파장 레이저 장치(tunable laser source:TLS)를 포함하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 밀리미터파 생성장치는,

데이터 신호 전송을 위한 데이터 신호기; 및

상기 데이터 신호 및 전기적 신호를 합쳐서 상기 변조기로 주입하는 신호 복합기;를 포함하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 데이터 신호기에 의한 데이터 신호는 QPSK(quadrature phase shift keying)변조 방식을 이용한 QPSK 신호

인 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 9

제7 항에 있어서,

상기 모드 락킹 LD에 발생하는 펄스 중 고차 하모닉 펄스가 상기 밀리미터파 생성을 위해 이용되며,

상기 데이터 신호가 상기 고차 하모닉 펄스 주변에 실려 주파수 상향변환이 되는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 밀리미터파 생성장치는 상기 변조기로부터 변조된 외부 광신호의 편광상태를 조절하는 편광 조절기(polarizer)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 11

제1 항에 있어서,

상기 모드 락킹 LD는 상기 DFB 영역과 상기 이득 영역 사이에 위상조절 영역을 포함하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 모드 락킹 LD의 이득 영역은 균일한 전류 인가를 위하여 적어도 2개 부분으로 나누어진 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 이득 영역은 제1 이득 영역 및 제2 이득 영역으로 나뉘고,

상기 모드 락킹 LD의 DFB, 위상조절, 제1 이득 및 제2 이득 영역은 각각 0.5, 0.5, 1 및 1 mm의 길이를 가지는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 모드 락킹 LD의 한계 전류는 40 mA 이고,

상기 모드 락킹 LD의 DFB, 위상조절, 제1 이득 및 제2 이득 영역에 각각 30, 10, 100 및 77 mA의 전류가 인가된 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 15

DFB(distributed feedback) 영역 및 이득(gain) 영역을 구비하고 패시브 모드 락킹(passive mode-locking)을 통해 고주파의 광 펄스를 발생시키는 모드 락킹 레이저 다이오드(laser diode:LD);

상기 광 펄스를 동기(locking) 시키고 상기 광 펄스에 데이터 신호를 실기 위해서 상기 데이터 신호를 포함한 전기적 신호에 의해 외부 광신호를 변조하여 상기 모드 락킹 LD에 주입하는 변조기;

상기 변조기로 외부 광신호를 주입하는 가변 파장 레이저 장치; 및

상기 전기적 신호를 상기 변조기로 주입하는 신호기부;를 포함하는 밀리미터파(millimeter wave) 생성장치.

청구항 16

제15 항에 있어서,

상기 패시브 모드 락킹은 상기 DFB 영역에 한계 전류 이하가 인가되어 형성되는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 17

제15 항에 있어서,

상기 신호기부는,

상기 광 펄스를 동기(locking) 시키기 위한 RF 동기신호를 발생시키는 RF 동기 신호기;

상기 데이터 신호를 발생시키는 데이터 신호기; 및

상기 RF 동기신호 및 데이터 신호를 합쳐서 상기 변조기로 주입하는 신호 복합기;를 포함하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 18

제17 항에 있어서,

상기 모드 락킹 LD는 상기 DFB 영역과 상기 이득 영역 사이에 위상조절 영역을 포함하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 19

제18 항에 있어서,

밀리미터파 생성장치는 상기 모드 락킹 LD에서 발생하는 펄스 중 고차 하모닉 펄스를 이용하여 밀리미터파를 생성하고,

상기 데이터 신호가 상기 고차 하모닉 펄스 주변에 실려 주파수 상향변환이 되는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 20

제19 항에 있어서,

상기 RF 동기신호의 주파수는 14.835 GHz이고,

상기 데이터 신호의 반송파 주파수는 150 MHz 이며,

상기 고차 하모닉 펄스는 4차 하모닉 펄스인 것을 특징으로 하는 밀리미터파 생성장치.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <15> 본 발명은 수십 GHz 대의 유-무선 통합망 특히 RoF(radio-over-fiber) 시스템에 관한 발명으로써, 특히 RoF 시스템에 반드시 필요한 밀리미터파 생성장치 및 그 생성 방법에 관한 것이다.
- <16> 통신 서비스 종류의 증가 및 품질 향상을 둘 다 만족시켜야만 하는 차세대 무선통신 네트워크에서는 기존에 사용되는 주파수 영역이 아닌 높은 반송(carrier) 주파수, 예컨대 밀리미터파(millimeter-wave)를 사용해야 하고, 이는 곧 작은 셀 사이즈(cell size)를 갖는 네트워크 구축이 필요함을 의미한다. 이 경우, 시스템의 효율적인 구축 및 관리 면에서 광통신망과의 연계가 필수적으로 요구된다. 이렇게 광통신망과 무선망을 연결하여 구현한 시스템을 RoF(radio-over-fiber) 시스템이라 부른다.
- <17> RoF 시스템에서 가장 핵심적인 부분은 바로 밀리미터파를 생성하는 부분과 저주파 대역의 디지털 데이터 신호를 밀리미터파 대역으로 올리는 주파수 상향 변환기 부분이다. 특히, 최근 들어 저가의 시스템 구축을 위해 광학적인 방법으로 밀리미터파 생성장치와 주파수 상향 변환기를 구현하는 여러 가지 연구가 진행되고 있다. 밀리미터파를 생성하는 방법으로는 주로 여러 개의 LD를 락킹(locking)시켜 구현하는 방법, 고속의 외부 변조기를 이용하는 방법 등이 있다.
- <18> 그러나 여러 개의 LD를 locking 시키는 방법은 서로 다른 LD 간의 까다로운 동작 조건, 예컨대 온도, 주입전류, 편광상태 등을 만족시켜야만 하는 어려운 점이 있다. 또한, 외부 변조기를 사용하는 방법도 밀리미터파를 생성하기 위해서는 고가의 소자를 사용해야 하는 단점이 있다.
- <19> 주파수 상향 변환기 역시 많은 연구가 이루어져 왔는데, 마흐-젠더 광변조기(MZM), 다이오드 광검출기(photo-diode:PD) 및 반도체 광증폭기(semiconductor optical amplifier;SOA)의 비선형성을 이용하는 방법들이 제시되고 있다. 특히, SOA를 이용한 전광 원격 주파수 상향변환 방식은 SOA에 의한 이득을 통하여 변환효율이 높으며 티이(Transverse Electric:TE) 및 티엠(Transver Magnetic:TM) 모드의 편광에 의존성이 없는 SOA를 사용하여 신호의 편광성에 대한 차이가 적고, 데이터 신호 대역폭에서 동작하여도 상향 변환기 가능하다는 장점을 가진다. 그러나 이러한 주파수 상향 변환기는 밀리미터파 생성장치와는 별도의 독립적인 소자로 구현되고 있다.
- <20> 그러나 밀리미터파 생성과 주파수 상향변환을 독립적인 두 개의 소자로 구현하는 기존의 방법으로는 가격 경쟁력 있는 시스템 구축이 힘들다. 그에 따라, 저가의 RoF 시스템 구축을 위해서 두 기능을 하나의 소자로 구현하고자 하는 연구가 되고 있으나, 비용 및 기술적인 면에서 많은 어려움을 낳고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <21> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 단일 소자를 이용하여 밀리미터파 생성과 주파수 상향변환을 동시에 이룩할 수 밀리미터파 생성장치 및 그 생성방법을 제공하는 데 있다. 특히, 수십GHz 신호의 밀리미터파 생성을 위해 광학적인 방법이 사용되어야 하며, 또한 저가의 밀리미터파 생성을 위해 낮은 주파수로 높은 주파

수를 생성하는 harmonic locking 방법이 이용되어야 한다.

발명의 구성 및 작용

- <22> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 DFB(distributed feedback) 영역 및 이득(gain) 영역을 구비하고 패시브 모드 락킹(passive mode-locking)을 통해 고주파의 광 펄스를 발생시키는 모드 락킹 레이저 다이오드(laser diode:LD); 상기 광 펄스를 동기(locking) 시키기 위해서 전기적 신호에 의해 외부 광신호를 변조하여 상기 모드 락킹 LD에 주입하는 변조기; 및 상기 전기적 신호를 상기 변조기로 주입하는 RF 동기 신호기;를 포함하는 밀리미터파(millimeter wave) 생성장치를 제공한다.
- <23> 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 패시브 모드 락킹은 상기 DFB 영역에 한계 전류 이하가 인가되어 형성되며, 상기 모드 락킹 LD에 발생하는 펄스 중 고차 하모닉 펄스를 이용하여 밀리미터파를 생성한다. 또한, 상기 밀리미터파 생성장치는 데이터 신호 전송을 위한 데이터 신호기 및 상기 데이터 신호 및 RF 동기신호를 합쳐서 상기 변조기로 주입하는 신호 복합기를 포함하고, 상기 데이터 신호가 상기 고차 하모닉 펄스 주변에 실림으로써 주파수 상향변환이 되게 된다.
- <24> 본 발명은 또한 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, DFB(distributed feedback) 영역 및 이득(gain) 영역을 구비하고 패시브 모드 락킹(passive mode-locking)을 통해 고주파의 광 펄스를 발생시키는 모드 락킹 레이저 다이오드(laser diode:LD); 상기 광 펄스를 동기(locking) 시키고 상기 광 펄스에 데이터 신호를 실기 위해서 상기 데이터 신호를 포함한 전기적 신호에 의해 외부 광신호를 변조하여 상기 모드 락킹 LD에 주입하는 변조기; 상기 변조기로 외부 광신호를 주입하는 가변 파장 레이저 장치; 및 상기 전기적 신호를 상기 변조기로 주입하는 신호기부;를 포함하는 밀리미터파(millimeter wave) 생성장치를 제공한다.
- <25> 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 전기적 신호는 광 펄스를 동기화시키는 RF 동기신호와 데이터 전송을 위한 데이터 신호를 포함한다.
- <26> 한편, 본 발명은 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, DFB(distributed feedback) 영역 및 이득(gain) 영역을 구비한 모드 락킹 레이저 다이오드(laser diode:LD)에 한계 전류 이하를 인가하여 패시브 모드 락킹을 통해 고주파수의 광 펄스를 발생시키는 단계; 상기 광 펄스를 동기화시키기 위해 변조기(modulator)를 이용하여 전기적 신호에 의해 외부 광신호를 변조하여 상기 모드 락킹 LD에 주입하는 단계; 및 상기 변조된 외부 광신호의 주입에 의해 동기화된 광 펄스를 이용하여 밀리미터파를 생성하는 단계;를 포함하는 밀리미터파 생성방법을 제공한다.
- <27> 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 모드 락킹 LD는 상기 DFB(distributed feedback) 영역 및 이득(gain) 영역 사이에 위상조절 영역을 더 구비하고, 상기 이득 영역은 제1 및 제2 이득 영역으로 나누어지며, 상기 DFB, 위상조절, 제1 이득 및 제2 이득 영역 각각에 30, 10, 100 및 77 mA의 전류를 인가함으로써, 약 60 GHz 대의 밀리미터파를 생성한다.
- <28> 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 도면에서 각 구성요소들의 크기나 형태는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 개략적으로 표현되거나 과장되었고, 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 한편, 여기서 사용되는 용어들은 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다.
- <29> 도 1은 본 발명에서 일 실시예에 따른 밀리미터파 생성장치를 개략적으로 보여주는 블럭도이다.
- <30> 도 1을 참조하면, 본 발명의 밀리미터파 생성장치는 하모닉 업 컨버터부(100), 변조기(200), 신호기부(300) 및 가변 파장 레이저 장치(400,tunable laser source:TLS)를 포함한다.
- <31> 하모닉 업 컨버터부(100)는 모드 락킹 레이저 다이오드(120,laser diode:LD), 서큘레이터(140,circulator) 및 편광 조절기(160,polarizer)를 포함하는데, 모드 락킹 LD(120)을 이용하여 고주파수 펄스 발생 및 주파수 상향 변환을 수행하게 된다. 모드 락킹 LD(120)의 구조와 작용 등은 도 2의 설명에서 좀더 상세히 설명한다. 서큘레이터(140)는 변조기(200)로부터 광학적 신호를 받아 모드 락킹 LD(120)에 주입하고 모드 락킹 LD(120)에서 나온 고주파 펄스 신호를 외부 장치로 전달하는 역할을 한다. 한편, 모드 락킹 LD(120)의 펄스를 최적으로 동기(locking) 시키기 위하여 변조기(200)의 광신호의 편광상태를 조절하는 편광 조절기(160)가 서큘레이터(140) 앞쪽에 설치될 수 있다.
- <32> 변조기(200,modulator)는 모드 락킹 LD(120)의 프리 런팅(free-running)하는 발진 주파수를 특정 주파수로 동

기화하기 위해, 신호기부(300)의 전기적 신호를 받아 외부 광신호를 변조하여 모드 락킹 LD(120)에 주입하는 역할을 한다. 이때 모드 락킹 LD(120)로 주입되는 광신호는 전기적 신호의 주파수와 동일하게 변조되고 모드 락킹 LD(120)의 발진 주파수를 동일 주파수로 동기화한다.

- <33> 신호기부(300)는 RF 동기 신호기(320), 데이터 신호기(340) 및 신호 복합기(360,combiner)를 포함한다. RF 동기 신호기(320)는 모드 락킹 LD(120)의 펄스를 동기화하기 위한 RF 동기신호를 발생시키고 데이터 신호기(340)는 전송하고자 하는 데이터 신호를 발생시킨다. RF 동기 신호기(320) 및 데이터 신호기(340)에 의한 신호들은 변조기(200)로 주입되는데, 각각 주입되는 것이 아니라 RF 동기신호에 데이터 신호를 실어 동시에 변조기로 주입된다. 이러한 RF 동기신호와 데이터 신호를 합치는 역할을 하는 것이 신호 복합기(360)이다.
- <34> 가변 파장 레이저 장치(400)는 변조기(200)로 외부 광신호를 주입하는 기능을 한다. 가변 파장 레이저 장치(400)의 광신호는 변조기(200)로 주입되는 RF 동기신호 및 데이터 신호에 의해 특정 주파수의 펄스 신호로 변조된다.
- <35> 한편, 밀리미터파 생성장치는 모드 락킹 LD에서 발생한 펄스들 중 특정 고차 하모닉 펄스를 이용한 밀리미터파를 추출하기 위한 패스 밴드 필터(500)를 포함할 수 있다. 또한, 패스 밴드 필터(500)를 통과한 펄스의 RF 파워 등의 특성을 분석하기 위해 광학적 신호를 전기적 신호로 바꾸는 포토 다이오드(600,photo-diode:PD) 및 RF 스펙트럼 분석기(700, RF spectrum analyzer)가 추가적으로 구비될 수 있다.
- <36> 밀리미터파 생성장치의 전체적인 작동 원리를 설명하면, 모드 락킹 LD(120)에 적당한 전류를 가하여 free-running하는 발진 주파수의 펄스를 생성하고, 이러한 발진 주파수를 변조기(200)에 의해 변조된 외부 광신호를 이용하여 특정 주파수로 동기화시킨다. 이때 모드 락킹 LD(120)에는 변조기(200)에서 주입하는 외부 광신호의 주파수에 해당하는 기본 주파수(fundamental frequency)뿐만 아니라 고차 하모닉 주파수에 해당하는 펄스들도 함께 발생한다. 이러한 고차 하모닉 주파수 펄스들 중 필요한 주파수대의 펄스를 이용하여 밀리미터파를 생성하게 된다. 특정 주파수대의 펄스를 이용한 밀리미터파의 추출은 앞서 언급한 밴드 패스 필터(500) 등을 이용할 수 있다. 한편, 그러한 밀리미터파에 데이터 신호를 실어 전송함으로써, 저주파의 데이터 신호를 용이하게 주파수 상향변환을 할 수 있다.
- <37> 도 2는 도 1의 모드 락킹 LD(120)를 좀더 상세하게 보여주는 레이저 다이오드에 대한 단면도이다.
- <38> 도 2를 참조하면, 모드 락킹 LD(120)는 리플렉터(reflector)로 이용되는 DFB 영역(122), 위상조절 영역(124) 및 이득 영역(126,gain sector)을 포함한다. DFB 영역(122)의 왼쪽 끝단에는 무반사(anti-reflection) 코팅층이 형성되어 있고, 이득 영역 오른쪽 끝단에는 절단면(as-cleaved facet:AC)이 형성되어 있다. 또한, 전체 소자를 거쳐 도파로(128)가 형성되어 있다. 여기서 위상조절 영역(124) 및 이득 영역(126)은 발생한 레이저의 위상 및 크기는 조절하는 영역이다.
- <39> 본 실시예에서는 DFB 영역(122)에 문턱 전류(threshold current) 이하의 전류를 인가하여, DFB 영역을 단순히 하나의 리플렉터로 사용한다. 즉, 문턱 전류 이상을 인가하면, DFB 영역에서 발생한 레이저가 위상조절 영역 및 이득 영역으로 발진하나, 문턱 전류 이하를 인가하면, 모드가 발생하지 못하고 이득 영역에서 발진한 모드에 대한 리플렉터 역할만 하게 된다. 여기서 DFB 영역에서의 반사는 DFB 영역 내에 형성된 격자 들을 통한 확률적 반사이다. 따라서, 본 실시예에 의한 모드 락킹 LD(120)는 절단면 반사와 DFB 영역의 리플렉터를 이용하여 전체로 공진기(cavity)를 구성한다. 한편, 위상조절 영역은 인가되는 전류의 양을 조절하여 펄스 발생을 원활하게 하고 동시에 주파수 조절을 가능하게 한다.
- <40> 한편, 이득 영역(126)에 균일한 전류 인가를 위하여 이득영역(126)을 두 부분(126a,126b)으로 나누었다. 본 실시예에는 60 GHz 대의 밀리미터파 생성을 위해, 모드 락킹 LD(120)의 각 영역의 길이는 DFB 영역(122)이 0.5mm(d1)이고 위상조절영역(124)이 0.5mm(d2)이며 나누어진 두 이득 영역(126a,126b)은 각각 1mm(d3) 및 1mm(d4)이다. 따라서, 전체 소자 길이는 3mm 정도이다. 각각의 영역에 가해진 전류는 DFB 영역(122)으로 30mA, 위상조절영역(124)으로 10mA, 제1 이득영역(126a)으로 100mA 및 제2 이득영역(126b)으로는 77mA 정도이다. DFB 영역(122)의 문턱 전류는 약 40mA로 본 실시예에서는 그 이하인 30mA가 인가되고 있음을 알 수 있다.
- <41> 이와 같은 조건하에서 모드 락킹 LD는 수십 GHz 대의 고주파 펄스를 발생하게 되는데, 특히 14.65 GHz 정도의 free-running 기본 주파수의 펄스를 발생한다. 물론 고차 하모닉 주파수의 펄스들도 함께 발생된다. 이하에서는 RF 스펙트럼 분석기를 이용하여 모드 락킹 LD에서 발생한 펄스에 대한 특성을 상세히 설명한다.
- <42> 도 3a 및 3b는 모드 락킹 LD에서 발생한 free-running하는 펄스의 RF 스펙트럼 및 광학적(optical) 스펙트럼을

보여주는 그래프들이다.

- <43> 도 3a는 주파수에 대한 펄스의 RF 파워를 보여주는 그래프로서, free-running하는 펄스의 기본 주파수 영역만을 도시하고 있다. free-running 하는 펄스의 기본 주파수는 약 14.65 GHz 정도이며, 도시된 바와 같이 많은 잡음 성분들이 섞여 있음을 확인할 수 있다. 따라서, free-running 펄스를 바로 사용할 수는 없고, 위상 잡음이 좋은 펄스로 동기화하여 사용하여야 한다.
- <44> 도 3b는 파장에 따른 펄스의 RF 파워를 보여주고 있는데, 기본 주파수의 펄스의 파장이 약 1559.76nm 정도임을 알 수 있고, 또한 그 주변으로 많은 사이드 모드, 즉 하모닉 성분들에 대한 펄스들의 파장이 섞여 있음을 볼 수 있다. 이를 통해 모드 락킹 LD에서 발생한 펄스가 많은 하모닉 성분을 가짐을 알 수 있다.
- <45> 도 4a 및 4b는 외부 광신호에 의해 동기화된 기본 펄스 신호 및 4차 하모닉 펄스 신호에 대한 RF 스펙트럼 관한 그래프들이다. 이때, 모드 락킹 LD(120)의 펄스를 동기화시키기 위하여 변조기(200)로 주입되는 외부 광신호는 파장 폭 및 파워가 각각 1570 nm와 6.2 dBm 이고, 14.835 GHz의 RF 동기신호에 의해 변조되었다. 또한, 최적의 동기화를 위해 광신호의 편광상태를 편광 조절기(160)를 통해 조절하였다.
- <46> 도 4a를 참조하면, 기본 주파수의 free-running 펄스가 외부 광신호에 의해 동기되어 좁은 선폭을 가짐을 가지고 나타남을 확인할 수 있다. 여기서, 동기된 기본 주파수 펄스 신호는 RF 동기신호와 동일한 주파수인 14.835 GHz를 가지게 된다.
- <47> 도 4b를 참조하면, 동기화된 4차 하모닉 펄스 신호를 보여주는데, 역시 좁은 선폭을 가지며, 주파수는 기본 주파수의 4배인 59.34 GHz를 가진다. 한편, 기본 주파수 펄스 신호에 비해 RF 파워가 떨어짐을 볼 수 있다.
- <48> 그래프 상으로 펄스 신호들이 좁은 선폭을 가짐을 알 수 있으나, 펄스 신호의 품질을 정확히 알기 위해서 위상 잡음을 정확히 측정해보는 것이 중요하다.
- <49> 도 5는 기본 주파수 펄스 신호와 4차 하모닉 펄스 신호의 위상 잡음을 보여주는 그래프로서, 약 30dB 이득을 가진 증폭기를 통과한 후의 결과를 보여준다.
- <50> 광주입 락킹의 경우 위상잡음이 고차 성분으로 갈수록 증가하기 때문에 고차 하모닉 성분의 위상잡음의 크기가 중요하다. 도 5를 참조하면, 1차 하모닉 성분과 4차 하모닉 성분의 위상 잡음의 차는 12dB 정도이고, 4차 하모닉 성분의 위상 잡음이 -82 dBc/Hz @10MHz 정도이므로 4차 하모닉 성분을 밀리미터파로 안정적으로 이용할 수 있음을 알 수 있다. 여기서 @10MHz는 주파수 10MHz 지점에서의 위상잡음을 측정했다는 것을 의미한다.
- <51> 도 6은 본 발명에 의해 생성된 밀리미터파에 QPSK(quadrature phase shift keying)방식의 디지털 신호가 상향 변환된 것을 보여주는 그래프이다.
- <52> 앞서서 언급했듯이 신호 복합기(360)를 통해 RF 동기신호에 전송하고자 하는 데이터 신호를 실을 수 있고, 그러한 데이터 신호는 RF 동기신호 함께 외부 광신호를 변조하고, 변조된 외부 광신호가 모드 락킹 LD로 주입된다. 이때 데이터 신호는 QPSK 방식의 신호로서 반송 주파수가 150 MHz 이고 데이터 전송속도가 50Mbps 정도이다.
- <53> 14,835GHz의 RF 동기신호 및 QPSK 신호로 변조된 외부 광신호가 SPL에 주입되면, RF 동기신호 성분은 모드 락킹 LD의 free-running 성분과 harmonic 성분을 locking 하게 되고, 그와 함께 QPSK 신호 성분이 모드 락킹 LD의 캐리어 밀도(carrier density)를 변조하게 되어 결과적으로 하모닉 성분 주위에 실리게 된다. 도시한 바와 같이 QPSK 데이터 신호가 59.34GHz에서 150MHz 떨어진 곳에 실려 있음을 알 수 있다. 따라서 데이터 신호의 주파수 상향변환이 되게 된다.
- <54> 이와 같은 결과에 통해 하나의 소자, 즉 모드 락킹 LD를 이용하여 밀리미터파 생성과 주파수 상향변환이 동시에 가능함을 실험적으로 확인할 수 있다.
- <55> 지금까지, 본 발명을 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

발명의 효과

- <56> 지금까지 상세히 설명한 바와 같이 본 발명에 의한 밀리미터파 생성장치는 단일 소자의 모드 락킹 LD를 이용하여 밀리미터파를 생성하고 주파수 상향변환을 하는 기능을 동시에 수행할 수 있다.

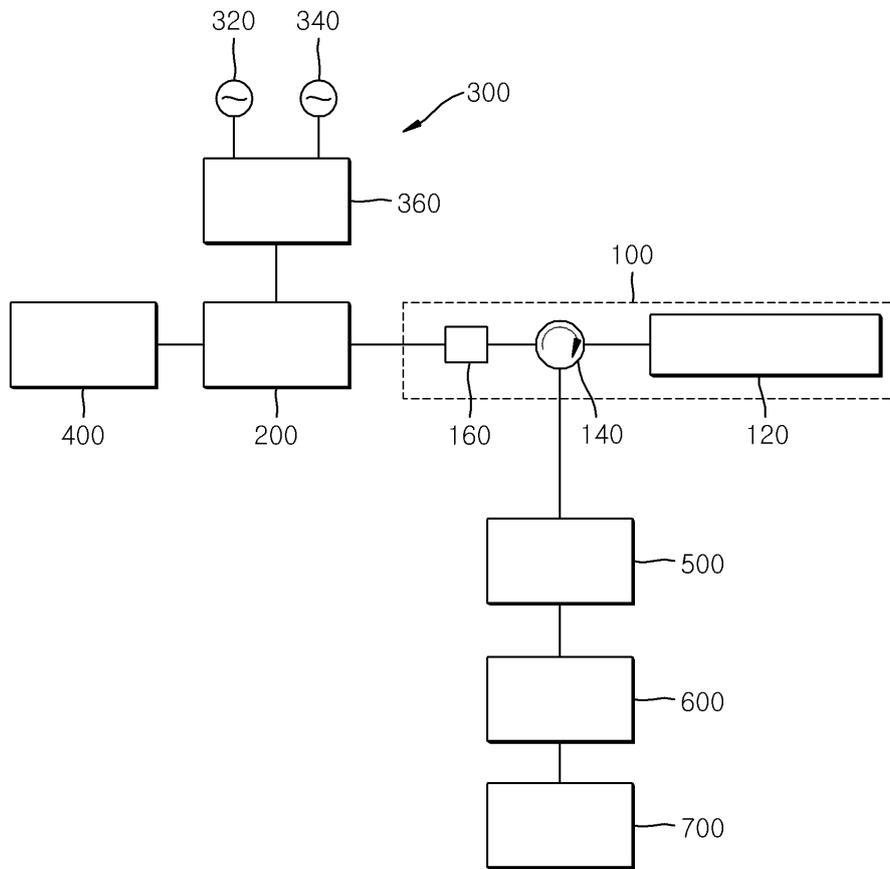
<57> 또한, 본 발명의 밀리미터파 생성장치를 RoF 시스템에 활용함으로써, 간단하게 RoF 시스템을 구축할 수 있고, 또한 RoF 시스템 구현에 있어서의 비용도 현저하게 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

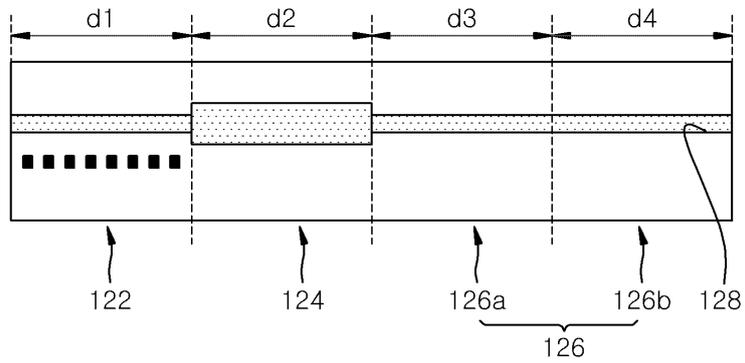
- <1> 도 1은 본 발명에서 일 실시예에 따른 밀리미터파 생성장치를 개략적으로 보여주는 블럭도이다.
- <2> 도 2는 도 1의 모드 락킹 레이저 다이오드를 좀더 상세하게 보여주는 레이저 다이오드에 대한 단면도이다.
- <3> 도 3a 및 3b는 모드 락킹 레이저 다이오드에서 발생한 free-running하는 펄스의 RF 스펙트럼 및 광학적 (optical) 스펙트럼을 보여주는 그래프들이다.
- <4> 도 4a 및 4b는 외부 광신호에 의해 동기화된 기본 신호 및 4차 하모닉 신호에 대한 주파수에 따른 RF power에 관한 그래프들이다.
- <5> 도 5는 기본 신호와 4차 하모닉 신호의 위상 잡음을 보여주는 그래프이다.
- <6> 도 6은 본 발명에 의해 생성된 밀리미터파에 QPSK 방식의 디지털 신호가 상향변환된 것을 보여주는 그래프이다.
- <7> <도면에 주요 부분에 대한 설명>
- <8> 100:하모닉 업 컨버터부.....120:모드 락킹 LD
- <9> 140:서클레이터.....160:편광 조절기
- <10> 200:변조기.....300:신호기부
- <11> 320:RF 동기 신호기.....340:데이터 신호기
- <12> 360:신호 복합기.....400:가변 파장 레이저 장치
- <13> 500:밴드 패스 필터.....600:포토 다이오드
- <14> 700:RF 스펙트럼 분석기

도면

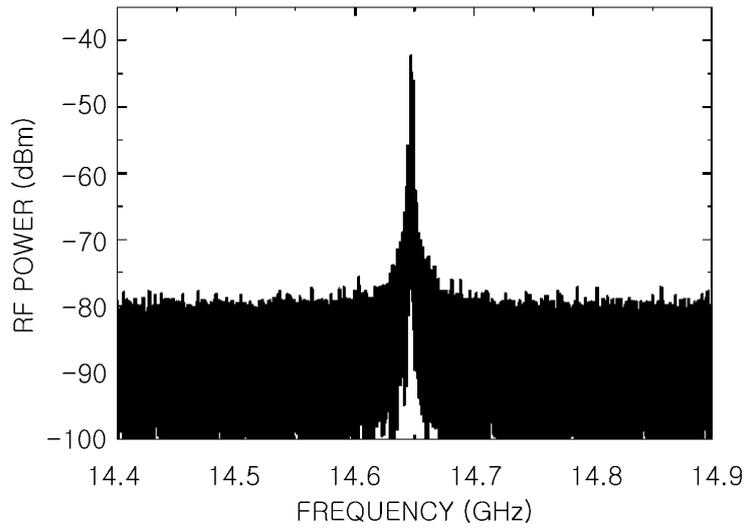
도면1



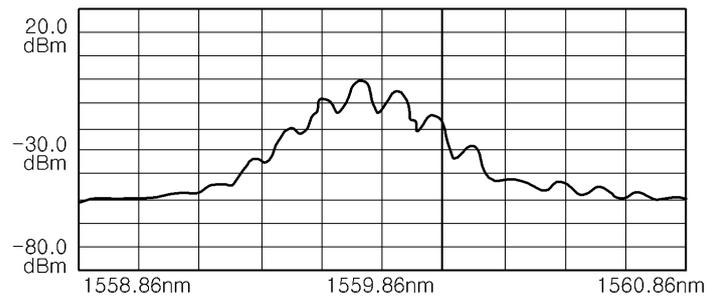
도면2



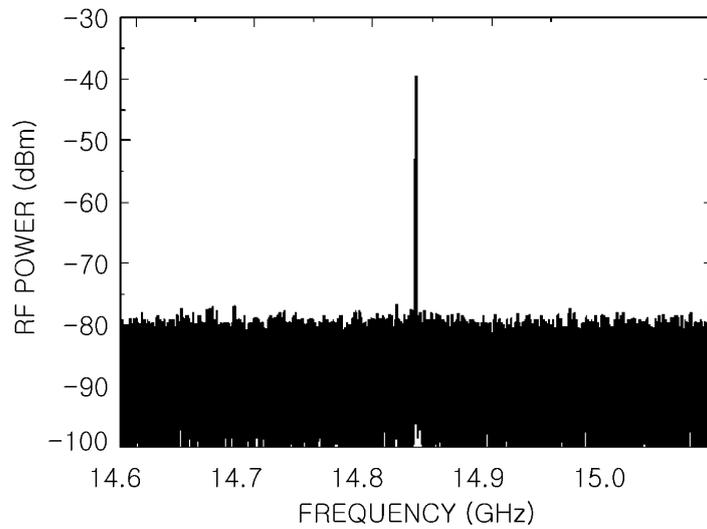
도면3a



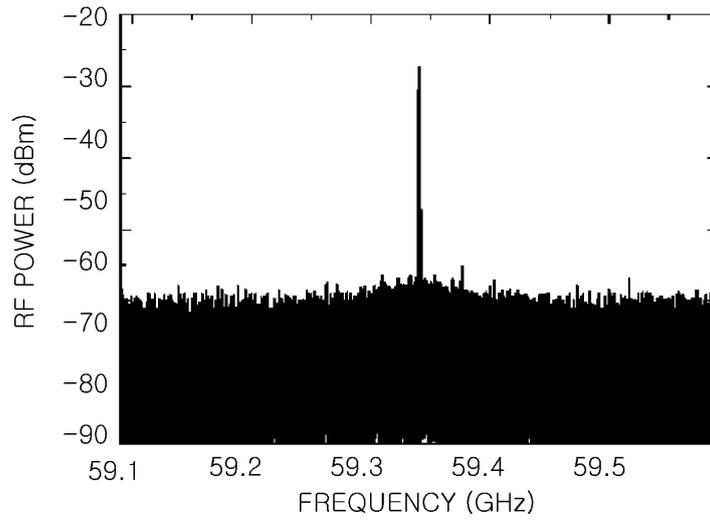
도면3b



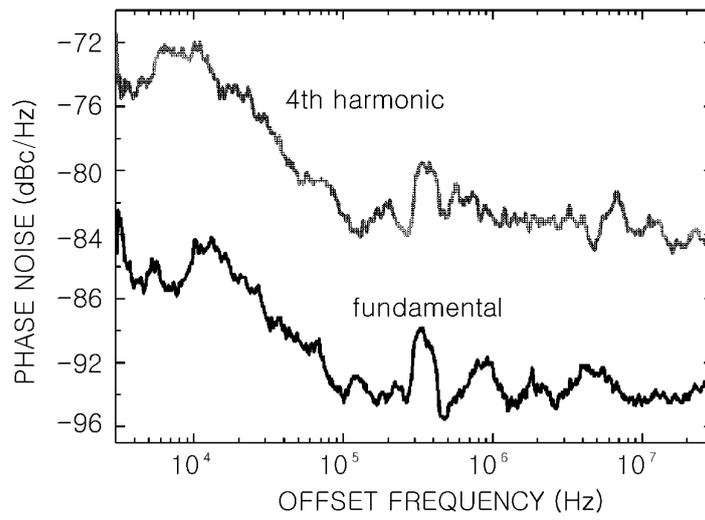
도면4a



도면4b



도면5



도면6

