



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0104894

(43) 공개일자 2015년09월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 10/70 (2013.01) H04B 10/85 (2013.01)

H04J 14/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0026828

(22) 출원일자 2014년03월06일

심사청구일자 2014년03월06일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

주식회사 바이옴텍

경기도 의왕시 오전공업길 22, 402호 (오전동, 동영벤처스텔)

(72) 발명자

김경현

인천시 연수구 먼우금로 126 현대2차아파트 209동 501호 (동춘3동)

김동욱

서울특별시 강서구 방화대로34길 62, 마곡경남아너스빌 207호 (방화동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김윤배

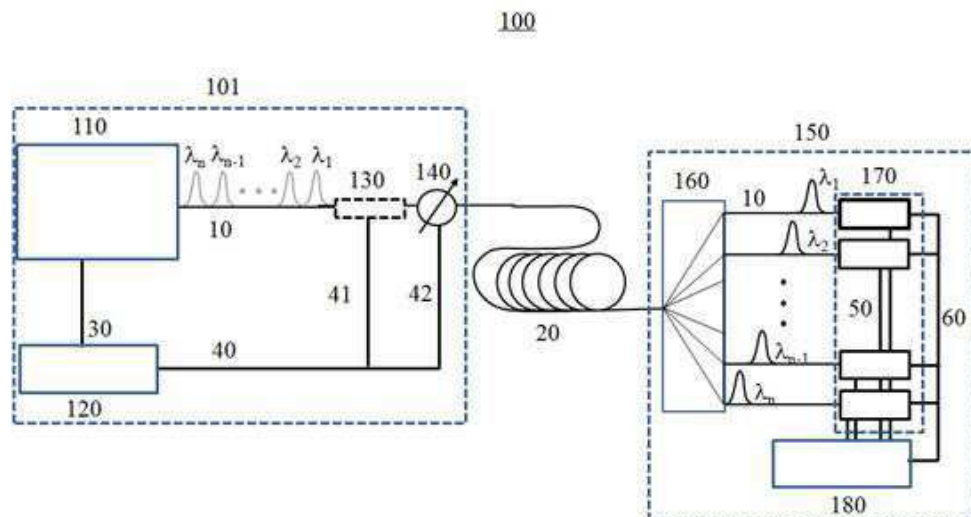
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 파장 코딩 양자통신 시스템

(57) 요약

본 발명은 파장 코딩 양자통신 시스템에 관하여 개시한다. 본 발명은 고속 대용량 양자통신을 위한 파장분할다중화(WDM) 방식의 단일광자검출기와 양자통신시스템 구도 및 파장분할다중화(WDM) 방식의 양자광신호 전송 및 단일광자검출기에 의한 파장 코딩 양자통신 시스템으로서 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 송신부; 광전송로; 전송된 여러 파장의 광신호를 파장분할역다중화 소자에 의해 파장별 광신호로 분리하고 단일광자검출기 소자 어레이로 검출하여 파장 신호별로 디코딩하여 양자 암호키를 확인하는 양자신호 수신처리부로 파장 코딩 양자통신 시스템을 구성한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정홍선

인천광역시 남구 경인남길118번길 20, 경인빌리지
501호 (용현동)

최상현

경기도 안양시 동안구 흥안대로223번길 43 대우아
파트 104동 2002호 (호계동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 47470-1

부처명 중소기업청

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 창업성장 기술개발사업

연구과제명 광통신용 장파장대 싱글포톤 디텍터 개발

기 여 율 1/1

주관기관 주식회사 바이옴틱

연구기간 2013.03.01 ~ 2014.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 파장분할다중된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 송신부;

양자 광신호를 전송하는 광섬유 또는 자유 공간상의 광전송로;

전송된 여러 파장의 광신호를 파장분할역다중화 소자에 의해 파장별 광신호로 분리하고, 각 파장 광신호를 여러 개의 단일광자검출기 소자 어레이로 검출하여 파장 신호별로 디코딩하여 양자 암호키를 확인하는 양자신호 수신 처리부;로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 양자신호 송신부의 여러 개의 파장 신호 가운데 하나의 파장 신호에 대해서는 충분한 광출력으로 동기 신호를 전송하고, 수신 측에서는 파장분할역다중화 소자에 의해 파장별 광신호로 분리하여 이 동기 신호에 해당하는 파장 신호는 광검출기로 측정하여 전기적 동기신호를 재생하여 다른 파장의 양자신호의 수신과 디코딩을 하는데 사용하는 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 각기 다른 파장대에서 단일 파장을 내는 여러 개의 레이저를 사용하고, 이들 레이저를 펄스 모드로 구동하여 파장 신호 양자 암호키로 코딩한 후 이 광신호들을 파장다중화하는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 각기 다른 파장대에서 단일 파장을 내는 여러 개의 레이저를 사용하고, 이들 레이저를 연속 레이저 발진 모드로 구동하며, 광변조기를 이용하여 파장 신호 양자 암호키로 코딩한 후 이 광신호들을 파장다중화하는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 넓은 파장 대역에 분포된 비가간섭성 광원의 빛을 파장분할 다중소자로 외부 빛 주입 잠금(external beam injection-locking) 방식으로 레이저 발진이 결정되는 페브리-페롯(Fabry-Perot)형 레이저 다이오드들로 각기 다른 파장대에서 단일 파장을 내는 여러 개의 레이저로 사용하고, 이들 레이저를 펄스 발진 모드로 구동하면서 파장 신호 양자 암호키로 코딩한 후 이 광신호들을 파장다중화하는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 넓은 파장 대역에 분포된 비가간섭성 광원의 빛을 파장분할 다중소자로 외부 빛 주입 잠금(external beam injection-locking) 방식으로 레이저 발진이 결정되는 반사형 반도체 광증폭기(Reflective semiconductor optical amplifier: RSOA)들로 각기 다른 파장대에서 단일 파장을 내는 여러 개의 레이저로 사용하고, 이들 레이저를 펄스 발진 모드로 구동하면서 파장 신호 양자 암호키로 코딩한

후 이 광신호들을 파장다중화하는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 톱니형(Saw-type)의 전기 신호 구동으로 레이저 발진 파장이 가변 되는 파장가변 레이저와 외부 전기광학변조기를 추가하여 파장 신호 양자 암호키로 코딩한 후 전송로로 내어 보내는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 톱니형(Saw-type)의 전기 신호 구동으로 레이저 발진 파장이 가변되는 레이저를 반사형 반도체 광증폭기(RSOA)와 한 팔에 위상변조기를 가진 광 간섭계와 반사경을 가진 구도로 구성한 파장가변 레이저를 포함하는 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 톱니형(Saw-type)의 전기 신호 구동으로 레이저 발진 파장이 가변되는 레이저를 반사형 반도체 광증폭기(RSOA)와 고리형 광도파로에 위상변조기를 가진 고리형 광도파로와 커플링된 직선형 광도파로가 연결된 구도로 구성한 파장가변 레이저를 포함하는 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 양자신호 수신처리부가 전송된 여러 파장의 광신호를 파장분할역다중화 소자를 이용하여 파장별 광신호로 분리하고, 수신된 파장별 신호중 하나는 동기 신호로 이용하여 이를 기준으로 다른 파장들의 각 파장별 광신호를 여러 개의 단일광자검출기 소자 어레이로 검출하여 파장별 광검출기 신호를 시간적인 펄스 열 신호로 바꾼 후 디코딩 과정을 통해 양자 암호키를 확인하는 양자신호 수신처리부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 11

여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 고밀도 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부;

고밀도 파장분할다중화된 좁은 파장대역의 양자신호 채널 송신부가 여러 개가 각기 다른 파장대의 저밀도 파장분할다중 대역에서 작동되도록 하고, 상기 양자신호 채널 송신부들이 저밀도 파장분할다중화되어 전송되도록 하고 파장분할다중화된 양자 광신호 채널들을 전송하는 광섬유 또는 자유공간상의 광전송로;

상기 광전송로를 거쳐 수신측에서는 다시 저밀도 파장분할 역다중화된 채널들로 분파되도록 하고, 각 저밀도 파장분할 역다중화된 각 채널은 다시 고밀도 파장분할 역다중화된 광신호들로 분리한 후 이 중 수신된 파장별 신호 중 하나는 동기 신호로 이용하여 이를 기준으로 다른 파장들의 각 파장별 광신호를 여러 개의 단일광자검출기 소자 어레이로 검출하여 파장별 광검출기 신호를 시간적인 펄스 열 신호로 바꾼 후 디코딩 과정을 통해 양자 암호키를 확인하는 양자신호 수신처리부;로 구성된 대용량 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

저밀도 파장분할다중화 및 역다중화 채널의 일부를 순방향 및 역방향 전송이 가능하도록 반대 방향으로 양자신호 송신부와 양자신호 수신처리부로 구성된 대용량 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 13

여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 고밀도 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부;

파장이 분할된 대역에서 데이터를 하향 방향으로 송신할 수 있는 데이터 채널 송신부가 고밀도 파장분할다중화되어 저밀도 파장분할다중화의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 광섬유 또는 자유공간 상의 광전송로를 통해 가입자 측으로 송신되도록 하고, 저밀도 파장분할다중화의 한 파장 채널의 일부 다른 파장대역에서는 가입자로부터의 상향 데이터 신호가 전송되고 이 상향 데이터 신호가 하향 양자신호 및 데이터 신호들과 분리될 수 있도록 하는 파장대역 분리 필터 또는 광회전기;

가입자 측에서 저밀도 파장분할다중화의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 수신된 양자신호 및 데이터 신호들을 상향 데이터 신호들과 분리할 수 있도록 하는 가입자측 파장대역 분리 필터 또는 광회전기를 거쳐 고밀도 파장분할 다중화된 광신호들로 구성된 양자신호 수신처리부와 데이터 신호 수신부;

가입자측 파장대역 분리 필터 또는 광회전기의 다른 파장 파장대역에서 상향 데이터 신호를 보내는 가입자 측 데이터 송신부로 구성되고, 하향 양자신호 송수신부와 상하향 데이터 송수신부 채널들이 파장별로 할당되어 저밀도 파장분할다중화되어 전송되는 대용량 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 고밀도 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부를 파장이 분할된 대역에서 데이터를 상향 방향으로 송신할 수 있는 데이터 채널 송신부가 고밀도 파장분할다중화되어 저밀도 파장분할다중화의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 광섬유 또는 자유공간상의 광전송로를 통해 가입자로부터 전화국 측으로 송신되도록 하고,

저밀도 파장분할다중화의 한 파장 채널의 일부 다른 파장대역에서는 전화국으로부터 가입자로 하향 데이터 신호가 전송되고 이 하향 데이터 신호가 상향 양자신호 및 데이터 신호들과 분리될 수 있도록 하는 파장대역 분리 필터 또는 광회전기;

전화국 측에서 저밀도 파장분할다중화의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 수신된 양자신호 및 데이터 신호들을 하향 데이터 신호들과 분리할 수 있도록 하는 전화국측 파장대역 분리 필터 또는 광회전기를 거쳐 고밀도 파장분할 다중화된 광신호들로 구성된 양자신호 수신처리부와 데이터 신호 수신부;

전화국 측 파장대역 분리 필터 또는 광회전기의 다른 파장 파장대역에서 하향 데이터 신호를 보내는 전화국 측 데이터 송신부;

상기 상향 양자신호 송수신부와 상하향 데이터 송수신부 채널들이 파장별로 할당되어 저밀도 파장분할다중화되어 전송되는 대용량 파장 코딩 양자통신 시스템.

청구항 15

여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 고밀도 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부;

파장이 분할된 대역에서 데이터를 송신할 수 있는 데이터 채널 송신부가 고밀도 파장분할다중화되어 저밀도 파장분할다중화의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 광섬유 또는 자유공간 상의 광전송로를 통해 상대방으로 송신되도록 하고, 이 저밀도 파장분할다중화의 한 파장 채널의 일부 다른 파장대역에서는 역방향으로 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 고밀도 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부;

파장이 분할된 대역에서 데이터를 송신할 수 있는 데이터 채널 송신부가 고밀도 파장분할다중화되어 전송되도록 하고 이 상호 반대 방향으로 전송되는 상하향 양자신호 및 데이터 신호들이 서로 분리될 수 있도록 하는 파장대역 분리 필터 또는 광회전기가 양 측에 각각 설치되어 상하향 양자신호 송수신부와 데이터 송수신부 채널들이 파장별로 할당되어 저밀도 파장분할다중화되어 전송되는 대용량 파장 코딩 양자통신 시스템.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 고속 대용량 양자통신을 위한 파장분할다중화(WDM) 방식의 단일광자검출기와 양자통신시스템 구도 및 파장분할다중화(WDM) 방식의 양자광신호 전송 및 단일광자검출기에 의한 파장 코딩 양자통신 시스템에 관한 것이다.
- 배경 기술**
- [0002] 근래에 들어 양자컴퓨터의 발전과 인터넷 보안에 대한 관심의 증대로 절대적인 보안 통신의 한 방법으로 인식되고 있는 양자 암호키 전송 기술에 대한 연구개발 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 여러 가지의 양자 암호키 전송 기술 가운데 단일광자 송신기와 단일광자 검출기를 이용한 양자통신 기술이 많이 활용되고 있으며, 실용적인 통신 시스템으로써의 양자 암호키 전송을 위한 양자 통신 속도의 증대와 이를 위한 고속 단일 광자 검출이 용이한 실용성이 높은 단일광자검출기술이 요구되고 있다.
- [0003] 특히 실용성이 높은 양자 통신용 단일광자검출기로는 반도체 기반의 아발란치 광검출기를 이용하는 방법과 저온 초전도체 기반 광검출기를 이용하는 방법이 있다. 반도체 아발란치 광검출기는 상대적으로 간단한 구조로 통신 시스템에 적용하기가 용이하나, 고감도 단일광자 검출을 위한 게이거 모드 (Geiger mode) 구동시의 에프터-펄스(after pulse) 효과 발생으로 동작 속도에 제한이 있어 고속 동작이 어려운 단점이 있다.
- [0004] 반면에 저온 초전도체 기반 광검출기를 이용하는 단일 광자 검출기는 반도체 아발란치 광검출기보다 상대적으로 단일 광자 검출에 유리한 장점을 가지고 있으나, 액체 헬륨 온도 수준으로 낮추는 저온 냉각 시스템이 필요함에 따라 실용적인 통신 시스템 적용에 여러 가지 제약을 주고 있다.
- [0005] 그동안 단일광자검출기의 구동 속도 증대와 양자암호키 전송 용량을 키우기 위해 다양한 방법들이 도입되고 있다. 아발란치 광검출기를 이용하는 단일광자검출기 구동 회로의 다양한 구조를 통해 단일광자 검출 속도를 높이는 노력이 이루어져 왔으나, 근본적으로 에프터-펄스(after pulse) 효과에 따라 시간적인 제약이 존재하고 있다. 최근에는 파장분할다중화(WDM)로 여러 채널의 양자광신호 전송 방식으로 단일광자 암호화 키 전송 용량을 키우는 노력이 이루어지고 있다.
- [0006] 기존의 파장분할다중 양자통신 기술로는 송신 측에서는 기존의 데이터 채널들과 양자암호키 전송 채널들을 파장별로 구분하여 파장분할다중화(WDM) 소자로 다중화하여 전송하고 수신측에서는 파장분할 역다중화 소자로 파장 채널별로 분리하여 수신하는 구도를 제안하고 있다[KR 10-1003886, EP 1 927 209 B1]. 이 구도에서는 각 양자채널의 전송 속도는 기존과 동일하게 단일광자검출기의 작동 속도에 주로 영향을 받게 되는 단점이 있다.
- [0007] 기존의 또 다른 양자통신 기술로 송신측에서는 주파수가 다른 2개의 광원을 이용하고, 이들 각 광원의 위상을 0도와 180도로 위상변조를 한 다음 광전변조기로 주파수 변조한 다음 송신한 광신호를 수신측에서도 광전변조기로 위상 천이가 0도인 주파수로 변조하여 두 주파수간의 간섭이 일어나는 현상을 이용하고 파장분리 필터와 4개의 광검출기로 각 주파수와 간섭에 따른 광신호를 검출하는 제안된 바 있다[WO 2013/135932 A1]. 이 구도에서는 위상변조된 광신호를 광선로를 따라 멀리 보내게 되면 전송로 상에서 발생하는 위상 변화의 불균형으로 송신측과 수신측의 위상 기준을 잘 잡아 주어야 하고 전송로 상에서 야기되는 위상 불안정성에 유의를 해야 하는 단점이 있다.
- [0008] 기존의 양자채널과 데이터 채널을 가입자망에 적용하는 방법으로 데이터 채널의 광신호로부터 발생하는 레일리 산란(Rayleigh scattering)과 라만산란(Raman scattering)에 의한 양자채널에서의 신호 간섭을 줄이는 방안으로 데이터의 0인 경우와 양자채널 신호의 동기화를 통한 간섭 신호 축소하는 방법도 보고된 바 있다 [New Journal of Physics, 13 (2011) 063039]. 이 방법에서는 가입자망에서는 1x16 분배망을 이용하고 전화국에서 가입자에게 가는 하향(downstream)은 1550 nm 파장대를 이용하고, 반대로 상향(upstream)은 1310 nm 파장대의 데이터 채널과 1290 nm 파장대의 양자채널을 저밀도 파장분할다중화(Coarse WDM: CDWM)하여 전송하는 구도를 사용하고 있으며, 양자채널은 단지 단일 채널을 사용하기 때문에 기존의 단일광자검출기가 갖는 속도 및 광신호 검출 용량 특성에 제한을 받는 단점이 있다.
- [0009] 또 다른 기존의 양자채널과 데이터 채널을 가입자망에 적용하는 방법으로 100 GHz 간격의 AWG (arrayed waveguide grating) 파장분할다중화 소자를 이용하고, 이 AWG의 파장대역(free-spectral range) 간격으로 데이터의 하향(downstream)과 상향(upstream)용으로 각각 16 파장 채널들을 이용하여 양자암호키 채널들의 상향(upstream) 전송을 위해 AWG의 다른 파장대역(free-spectral range)을 이용하는 법이 있다 [Optics Express 18(9), 9600 (2010)]. 이 방법에서도 각 양자채널은 단지 단일 채널을 사용하기 때문에 기존의 단일광자검출기가 갖는 속도 특성에 제한을 받는 단점이 있다.

[0010] WDM 파장을 이용한 다른 기존의 양자통신 기술로는 여러 개의 양자송수신 채널들을 각기 다른 파장으로 구성하여 파장분할다중화(WDM) 방식으로 병렬 전송하여 전체 전송 용량을 키우는 방법이 있다. 이 방법에서는 각 양자 채널은 2x2 비대칭형 마하젠더(Mach-Zehnder: MZ) 간섭계를 이용하여 4개의 양자상태로 진폭 및 위상 변조에 의한 인코딩을 하고 수신측에서는 2x4 대칭형 MZ 간섭계와 4개의 단일광자검출기를 이용하는 방식을 적용하고 있다 [Optics Express 21 (25), 31395 (2013), IEEE J. Quantum Electronics 48 (4), 542 (2012), Optics Express 16 (15), 11354 (2008)]. 이 기술에서는 비대칭형 MZ 간섭계의 안정성과 진폭 및 위상변조기의 안정화가 매우 중요하여 송수신측 양단에서의 동시 감시 및 피드백(feedback) 보정 회로를 적용해 주어야 하는 단점이 있다.

[0011] 또 다른 WDM 파장을 이용한 다른 기존의 양자통신 기술로는 기존의 20 nm 파장 간격의 CWDM 채널 별로 데이터 채널과 양자채널을 구분하여 이용하고, 각 CWDM 채널내에서 여러 개의 데이터 채널들을 100 GHz 간격의 고밀도 파장분할다중(DWDM)화하고, 양자채널도 같은 방법으로 DWDM 다중화되 양자채널은 Subcarrier 다중화(SCM) 방식이 있다[Optics Express 20, 16358 (2012)]. 기본적으로 양자채널 각각은 SCM 다중화하고, 이러한 양자채널 여러 개를 100 GHz 간격의 DWDM로 다중화하는 방법을 이용하고 있어, 각 양자 채널의 속도는 기존 단일광자검출기의 밴드 폭에 제한이 되는 단점이 있다.

[0012] 이에 따라 양자암호키 광신호를 다파장 채널 광신호로 인코딩하고 파장분할다중화하여 전송하고 수신측에서 이 신호를 파장분할역다중화하여 단일광자검출기 어레이를 이용하여 검출함으로써 고속 동작에 한계가 있는 단일광자검출기의 단점을 병렬 신호처리 방식으로 양자암호키 신호 전송 용량을 크게 함과 동시에 파장 광신호 디코딩 방식으로 보안성과 안정성을 높인 파장분할다중화 방식의 양자통신 송신 및 수신 시스템 구도에 관한 새로운 기술을 제안한다.

[0013] 상기 기술은 전송하고자 하는 양자암호키 신호를 여러 파장 채널의 광신호로 나눈 다음 인코딩한 후 파장분할다중화하여 상대측으로 보내고, 수신측에서는 수신된 광신호들을 파장분할 역다중화한 다음 파장 채널별로 단일광자검출기로 수신하여 수신된 전류 신호를 취합하여 디코딩 및 양자암호키 추출 과정으로 넘기기까지의 새로운 파장분할다중화 방식의 양자 통신 기술과 병렬처리 방식의 대용량 양자광 검출 및 양자광신호 전송이 가능한 구도로 단일 광자검출 및 양자광신호 전송 용량의 확장이 용이한 특징이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 특허문헌 1. 대한민국 등록특허 제10-1003886호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 상기에 기술한 단일광자검출기가 가지는 동작 속도의 한계를 극복하는 문제와 편광 및 위상변조 방식을 이용하는 기존의 양자 광신호 전송 구도가 가지는 불안정성을 극복하기 위해 발명된 것으로, 하나의 양자 채널 신호를 여러 파장의 신호로 구성하여 WDM 방식의 다채널 병렬 양자 신호로 다중화 및 인코딩하여 전송하고 여러 개의 단일 광자 검출기로 병렬적으로 광신호를 검출하여 디코딩하는 방식의 단일 광자검출 방식으로 양자암호키 전송 용량을 확대하고 상대적으로 간편하고 안정된 양자 채널 광 전송 방식을 제안하는데 그 목적이 있다.

[0016] 또한 본 발명은 광가입자망에서 기존의 데이터 전송 방식에 양자 채널을 추가로 적용하여 기존 광가입자망을 기반으로 하여 각 가입자당 데이터 채널 전송과 양자채널을 동시에 수용할 수 있는 파장분할다중화 방식의 양자암호키 전송 구도를 제공하는 데에도 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0017] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 파장 코딩 양자 시스템은, 여러 가지 레이저 파장을 발생시키는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 파장분할다중된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 송신부; 양자 광신호를 전송하는 광섬유 또는 자유 공간상의 광전송로; 전송된 여

러 파장의 광신호를 파장분할역다중화 소자에 의해 파장별 광신호로 분리하고, 각 파장 광신호를 여러 개의 단일광자검출기 소자 어레이로 검출하여 파장 신호별로 디코딩하여 양자 암호키를 확인하는 양자신호 수신처리부;로 구성된 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한 발명의 실시예에 따르면, 양자신호 송신부의 여러 개의 파장 신호 가운데 하나의 파장 신호에 대해서는 충분한 광출력으로 동기 신호를 전송하고, 수신 측에서는 파장분할역다중화 소자에 의해 파장별 광신호로 분리하여 이 동기 신호에 해당하는 파장 신호는 광검출기로 측정하여 전기적 동기신호를 재생하여 다른 파장의 양자신호의 수신과 디코딩을 하는데 사용하는 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0019] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 각기 다른 파장대에서 단일 파장을 내는 여러 개의 레이저를 사용하고, 이들 레이저를 펄스 모드로 구동하여 파장 신호 양자 암호키로 코딩한 후 이 광신호들을 파장다중화하는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0020] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 각기 다른 파장대에서 단일 파장을 내는 여러 개의 레이저를 사용하고, 이들 레이저를 연속 레이저 발진 모드로 구동하며, 외부 광변조기를 이용하여 파장 신호 양자 암호키로 코딩한 후 이 광신호들을 파장다중화하는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0021] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 넓은 파장 대역에 분포된 비가간섭성 광원의 빛을 파장분할다중소자로 외부 빛 주입 잠금(external beam injection-locking) 방식으로 레이저 발진이 결정되는 페브리-페롯(Fabry-Perot)형 레이저 다이오드들로 각기 다른 파장대에서 단일 파장을 내는 여러 개의 레이저로 사용하고, 이들 레이저를 펄스 발진 모드로 구동하면서 파장 신호 양자 암호키로 코딩한 후 이 광신호들을 파장다중화하는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0022] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 넓은 파장 대역에 분포된 비가간섭성 광원의 빛을 파장분할다중소자로 외부 빛 주입 잠금(external beam injection-locking) 방식으로 레이저 발진이 결정되는 반사형 반도체 광증폭기(Reflective semiconductor optical amplifier: RSOA)들로 각기 다른 파장대에서 단일 파장을 내는 여러 개의 레이저로 사용하고, 이들 레이저를 펄스 발진 모드로 구동하면서 파장 신호 양자 암호키로 코딩한 후 이 광신호들을 파장다중화하는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0023] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원으로는 톱니형(Saw-type)의 전기 신호 구동으로 레이저 발진 파장이 가변 되는 파장가변 레이저와 외부 전기광학변조기를 추가하여 파장 신호 양자 암호키로 코딩한 후 전송로로 내어 보내는 양자신호 송신부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0024] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 톱니형(Saw-type)의 전기 신호 구동으로 레이저 발진 파장이 가변되는 레이저를 반사형 반도체 광증폭기(RSOA)와 한 팔에 위상변조기를 가진 광 간섭계와 반사경을 가진 구도로 구성된 파장가변 레이저를 포함하는 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0025] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 톱니형(Saw-type)의 전기 신호 구동으로 레이저 발진 파장이 가변되는 레이저를 반사형 반도체 광증폭기(RSOA)와 고리형 광도파로에 위상변조기를 가진 고리형 광도파로와 커플링된 직선형 광도파로가 연결된 구도로 구성된 파장가변 레이저를 포함하는 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0026] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 양자신호 수신처리부가 전송된 여러 파장의 광신호를 파장분할역다중화 소자를 이용하여 파장별 광신호로 분리하고, 수신된 파장별 신호중 하나는 동기 신호로 이용하여 이를 기준으로 다른 파장들의 각 파장별 광신호를 여러 개의 단일광자검출기 소자 어레이로 검출하여 파장별 광검출기 신호를 시간적인 펄스 열 신호로 바꾼 후 디코딩 과정을 통해 양자 암호키를 확인하는 양자신호 수신처리부로 구성된 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0027] 본 발명의 다른 실시예에 따른 파장 코딩 양자통신 시스템은, 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 고밀도 파장분할다중된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부; 고밀도 파장분할다중된 좁은 파장대역의 양자신호 채널 송신부가 여러 개가 각기 다른 파장대의 저밀도 파장분할다중 대역에서 작동되도록 하고, 상기 양자신호 채널 송신부들이 저밀도 파장분할다중화되어 전송되도록 하고 파장분할다중화된 양자 광신호 채널들을 전송하는 광섬유 또는 자유공간상의 광전송로; 상기 광전송로를 거쳐 수신측에서는 다시 저밀도 파장분할 역다중화된 채널들로 분파되도록 하고, 각 저밀도 파장분할 역다중화된 각 채널은 다시 고밀도 파장분할 역다중화된 광신호들로 분리한 후 이 중 수신된

파장별 신호 중 하나는 동기 신호로 이용하여 이를 기준으로 다른 파장들의 각 파장별 광신호를 여러 개의 단일 광자검출기 소자 어레이로 검출하여 파장별 광검출기 신호를 시간적인 펄스 열 신호로 바꾼 후 디코딩 과정을 통해 양자 암호키를 확인하는 양자신호 수신처리부;로 구성된 것을 특징으로 한다.

[0028] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 저밀도 파장분할다중화 및 역다중화 채널의 일부를 순방향 및 역방향 전송이 가능하도록 반대 방향으로 양자신호 송신부와 양자신호 수신처리부로 구성된 대용량 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0029] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 파장 코딩 양자통신 시스템은, 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 고밀도 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부; 파장이 분할된 대역에서 데이터를 하향 방향으로 송신할 수 있는 데이터 채널 송신부가 고밀도 파장분할다중화되어 저밀도 파장분할다중기의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 광섬유 또는 자유공간 상의 광전송로를 통해 가입자 측으로 송신되도록 하고, 저밀도 파장분할다중기의 한 파장 채널의 일부 다른 파장대역에서는 가입자로 부터의 상향 데이터 신호가 전송되고 이 상향 데이터 신호가 하향 양자신호 및 데이터 신호들과 분리될 수 있도록 하는 파장대역 분리 필터 또는 광회전기; 가입자 측에서 저밀도 파장분할다중기의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 수신된 양자신호 및 데이터 신호들을 상향 데이터 신호들과 분리할 수 있도록 하는 가입자측 파장대역 분리 필터 또는 광회전기를 거쳐 고밀도 파장분할 역다중화된 광신호들로 구성된 양자신호 수신처리부와 데이터 신호 수신부; 가입자측 파장대역 분리 필터 또는 광회전기의 다른 파장 파장대역에서 상향 데이터 신호를 보내는 가입자 측 데이터 송신부로 구성되고, 하향 양자신호 송수신부와 상하향 데이터 송수신부 채널들이 파장별로 할당되어 저밀도 파장분할다중화되어 전송되는 것을 특징으로 한다.

[0030] 본 발명의 실시예에 따르면, 고밀도 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부를 파장이 분할된 대역에서 데이터를 상향 방향으로 송신할 수 있는 데이터 채널 송신부가 고밀도 파장분할다중화되어 저밀도 파장분할다중기의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 광섬유 또는 자유공간상의 광전송로를 통해 가입자로부터 전화국 측으로 송신되도록 하고, 저밀도 파장분할다중기의 한 파장 채널의 일부 다른 파장대역에서는 전화국으로부터 가입자로 하향 데이터 신호가 전송되고 이 하향 데이터 신호가 상향 양자신호 및 데이터 신호들과 분리될 수 있도록 하는 파장대역 분리 필터 또는 광회전기; 전화국 측에서 저밀도 파장분할다중기의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 수신된 양자신호 및 데이터 신호들을 하향 데이터 신호들과 분리할 수 있도록 하는 전화국측 파장대역 분리 필터 또는 광회전기를 거쳐 고밀도 파장분할 역다중화된 광신호들로 구성된 양자신호 수신처리부와 데이터 신호 수신부; 전화국 측 파장대역 분리 필터 또는 광회전기의 다른 파장 파장대역에서 하향 데이터 신호를 보내는 전화국 측 데이터 송신부; 상기 상향 양자신호 송수신부와 상하향 데이터 송수신부 채널들이 파장별로 할당되어 저밀도 파장분할다중화되어 전송되는 대용량 파장 코딩 양자통신 시스템을 특징으로 한다.

[0031] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 파장 코딩 양자통신 시스템은, 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 고밀도 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부; 파장이 분할된 대역에서 데이터를 송신할 수 있는 데이터 채널 송신부가 고밀도 파장분할다중화되어 저밀도 파장분할다중기의 한 파장 채널의 일부 파장대역에서 광섬유 또는 자유공간 상의 광전송로를 통해 상대방으로 송신되도록 하고, 이 저밀도 파장분할다중기의 한 파장 채널의 일부 다른 파장대역에서는 역방향으로 여러 가지 레이저 파장을 발생하는 광원의 광신호를 파장 신호별로 단일 광자 수준에서 코딩된 양자 암호키를 생성하고 고밀도 파장분할다중화된 광신호로 구성되도록 하는 양자신호 채널 송신부; 파장이 분할된 대역에서 데이터를 송신할 수 있는 데이터 채널 송신부가 고밀도 파장분할다중화되어 전송되도록 하고 이 상호 반대 방향으로 전송되는 상하향 양자신호 및 데이터 신호들이 서로 분리될 수 있도록 하는 파장대역 분리 필터 또는 광회전기가 양 측에 각각 설치되어 상하향 양자신호 송수신부와 데이터 송수신부 채널들이 파장별로 할당되어 저밀도 파장분할다중화되어 전송되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0032] 본 발명에 의하면, 양자암호키 광신호를 다파장 채널 광신호로 인코딩하고 파장분할다중화하여 전송하고 수신측에서 이 신호를 파장분할 역다중화하여 단일광자검출기 어레이를 이용하여 검출함으로써 고속 동작에 한계가 있는 단일광자검출기의 단점을 병렬 신호처리 방식으로 양자암호키 신호 전송 용량을 크게 함과 동시에 파장 광신호 디코딩 방식으로 보안성과 안정성을 높일 수 있고, 추가적으로 기존의 편광 및 위상 변조 방식의 신호 코딩도 추가하여 신호 전송 보안을 높일 수 있는 효과가 있다.

[0033]

또한, 본 발명에 의한 고밀도 파장분할다중(DWDM)형의 양자채널들을 저밀도 파장분할다중(CWDM)화 하여 병렬 신호 전송 방식으로 전송 용량을 확장해 나갈 수 있는 장점이 있다. 또한 기존의 저밀도 파장분할다중(CWDM)형 광가입자망에서 데이터 전송과 더불어 양자 암호키 전송이 가능하여 보안성이 높은 통신 시스템으로 적용 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0034]

도 1은 본 발명에 의한 제1 실시 예에 따른 파장분할다중 방식의 단일광자검출과 양자통신 구도를 나타낸 구성도이다.

도 2는 본 발명에 의한 펄스 구동이 되는 다파장 광원 어레이를 이용한 제1 실시 예의 양자신호 송신부의 구체적인 실시 예이다.

도 3은 본 발명에 의한 연속 레이저 발진이 되는 다파장 광원 어레이와 펄스 구동용 외부에 광변조기를 사용한 제1 실시 예의 양자신호 송신부의 구체적인 실시 예이다.

도 4는 본 발명에 의한 외부 빔 주사형 파장 잠김된 다파장 광원 어레이를 이용한 제1 실시 예의 양자신호 송신부의 구체적인 실시 예이다.

도 5에서는 본 발명에 의한 연속 레이저 발진형 파장 가변형 레이저와 외부 광변조기를 이용한 제1 실시 예의 양자신호 송신부의 구체적인 실시 예이다.

도 6은 본 발명에 의한 마하젠더(MZ)형 광변조기와 부분 반사경으로 구성된 외부 공진기형 파장가변 레이저를 이용한 제5 실시 예의 연속 레이저 발진형 파장 가변형 레이저의 구체적인 실시 예이다.

도 7은 본 발명에 의한 고리형(ring)형 광변조기로 구성된 외부 공진기형 파장가변 레이저를 이용한 다른 실시 예의 연속 레이저 발진형 파장 가변형 레이저의 구체적인 실시 예이다.

도 8은 본 발명에 의한 제1 실시 예의 양자신호 수신부를 구체적으로 구성하는 실시 예이다.

도 9는 본 발명에 의한 다중 파장 밴드의 파장다중화 방식의 대용량 양자 채널 전송 구도이다.

도 10은 본 발명에 의한 다중 파장 밴드의 파장다중화 방식의 대용량 양자 채널 전송과 양방향 데이터 채널 전송 구도이다.

도 11은 본 발명에 의한 저밀도 파장분할다중(CDWM)형 광가입자망에서의 하향 및 상향 데이터 채널 내에 양자 암호키 하향 전송 채널을 추가한 하향 양자채널형 광가입자 전송 시스템 구도이다.

도 12는 본 발명에 의한 저밀도 파장분할다중(CDWM)형 광가입자망에서의 하향 및 상향 데이터 채널 내에 양자 암호키 상향 전송 채널을 추가한 상향 양자채널형 광가입자 전송 시스템 구도이다.

도 13은 본 발명에 의한 저밀도 파장분할다중(CDWM)형 광가입자망에서의 하향 및 상향 데이터 채널 내에 양자 암호키의 상향 및 하향 전송 채널을 추가한 상하향 양자채널형 광가입자 전송 시스템 구도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035]

이하, 본 발명을 도 1 내지 도 13을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

[0036]

본 발명의 실시예에 따른 파장 코딩 양자통신 시스템은, 하나의 양자 채널 광송신부는 여러 파장의 빛을 내는 광원을 기반으로 다 파장 광신호를 발진하고, 파장 신호에 따른 인코딩 과정을 거쳐 파장분할다중화하여 광경로를 통해 양자채널 수신부로 보내게 되면 수신부에서는 파장분할 역다중 소자로 파장별 광신호로 분리하여 광파장신호별로 부착된 단일광자검출기로 광신호를 검출하여 이 단일광자검출기 신호들을 시간적으로 취합하고 디코딩 과정을 거쳐 양자신호를 인식함으로써 기존의 하나의 단일광자검출기가 가지는 동작 속도를 여러 개의 단일광자검출기를 병렬로 사용함으로써 양자 신호 수신 속도 및 용량을 높일 수 있는 구조가 주된 특징으로 한다. 특히 여러 파장 신호로 구성된 양자 채널에서 하나의 파장 신호는 동기화 신호 전송용으로 사용하여 수신부에서 이 파장 신호를 기반으로 다른 파장대에서 검출되는 수신 신호들을 동기화할 수 있어, 기존 방식에서 요구되는 송수신부의 별도의 피드백 회로나 동기화 회로를 필요로 하지 않는 장점을 가진다.

[0037]

본 발명은 파장분할다중형 단일광자검출 방식과 양자 암호키 전송 방식의 양자채널을 다시 큰 파장 간격의 파장분할다중화(CWDM) 방식으로 양자채널들을 병렬 전송함으로써 더 큰 전송 용량을 얻을 수 있는 구조로 확장이

가능하다. 또한 기존의 CWDM 방식의 양방향 광가입자망에서의 각 CWDM 채널내 좁은 파장대역을 분리하여 데이터 채널과 양자채널을 파장분할다중화 방식으로 같이 수용하여 기존의 광가입자망을 그대로 활용한 양자 암호키 전송이 가능한 구조로 확장 응용이 가능하다.

[0038] 이하, 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0039] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 파장분할다중 방식의 단일광자검출과 양자통신 구도를 나타낸 구성도(100)로 다파장 광원 신호를 기반으로 양자 암호키 생성하는 양자신호 송신부(101)와 광섬유 또는 자유공간 상의 광전송로(20), 파장분할역다중 기반 단일광자검출 구도의 양자신호 수신부(150)로 구성된다. 양자신호 송신부(101)는 n 개의 다파장 광신호를 생성하는 광원(110)과 각 파장별 광신호를 적절하게 인코딩하는 광변조기(130)와 단일광자 수준으로 조절하는 광감쇠기(140), 이들 소자들을 전체적으로 제어하는 양자신호 송신제어부(120)를 포함한다. 양자신호 수신부(150)는 다파장 광신호를 파장분할 역다중화 소자(160)에 의해 파장별 광신호로 분리하고, 각 파장 광신호를 n 개의 단일광자검출기 소자 어레이(170)로 검출하여 검출된 전기신호를 처리하는 양자신호 수신처리부(180)로 구성된다. 여기에서 광소자들 간에는 광경로(10)로 연결이 되고, 송수신제어부와 제어 가능한 광소자들 간에는 전기경로(30, 40, 41, 42, 50, 60)로 구성된다. 단, 이 구도에서 양자신호 송신제어부(120)에 의해 다파장 광신호를 생성하는 광원(110)에서부터 자체적으로 인코딩되어 광신호가 발생하도록 할 경우에는 인코딩용 광변조기(130)는 없어도 된다. 이 구도에서는 파장 신호들을 이용한 인코딩이 가능하고, 아울러 각 파장 신호별로 기존의 편광 또는 위상변조 기반 인코딩도 추가할 수 있다. 또한 이 구도에서 한 파장의 광신호는 송신 신호와 수신 신호들 간의 시간 동기를 위한 동기신호 전송용으로 사용가능하고, 이 경우에는 해당 파장 광신호에 대해 광감쇠기(140)로 광신호를 감쇠하지 않아도 되고, 해당 파장의 광검출기는 단일광자검출기가 아닌 일반적인 광검출기의 사용이 가능하고 나머지는 $n-1$ 개의 단일광자검출기로 구성될 수 있다. 이 방식을 적용하면 기존의 InGaAs 계열의 아발란치 반도체 광검출기가 가지는 에프터-펄스(after-pulse) 효과에 의해 단일광자검출 속도가 제한되는 경우에 다른 파장대의 광검출기가 다음 신호를 측정할 수 있어 양자 암호키 전송을 $n-1$ 배로 증대시킬 수 있다.

[0040] 도 2는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양자신호 송신부(101)의 한 실시 예를 나타낸 구성도로서 다파장 광신호를 생성하는 광원(110)이 각기 다른 파장을 방출하는 여러 개의 레이저 다이오드들(70)으로 구성되고, 각 레이저 다이오드는 바이어스-티(bias-T)를 통해 바이어스 전류(31)와 구동 신호 전류(31)로 펄스 레이저로 발진되도록 하고, 이들 레이저 다이오드로부터 나오는 다른 파장의 레이저 펄스들을 파장분할다중기(80)로 다중화하여 하나의 광선로(10)으로 묶어 필요에 따라 추가적인 광변조기(130)으로 인코딩한 다음, 광감쇠기(140)로 단일광자 수준의 송신 신호로 전송하는 구조로 구성된다. 여기에서도 각 레이저 다이오드의 펄스 레이저 구동시에 인코딩 신호 발생이 가능하도록 하면, 외부에서 인코딩하는 추가적인 광변조기(130)가 삭제될 수 있다.

[0041] 도 3은 본 발명에 의한 제1 실시 예의 양자신호 송신부(101)의 또 다른 실시 예를 나타낸 구성도로서 다파장 광신호를 생성하는 광원(110)이 각기 다른 파장을 방출하는 여러 개의 레이저 다이오드들(70)으로 구성되고, 각 레이저 다이오드는 일정한 직류 전류(33)로 연속 레이저 발진이 되도록 하고, 외부에 광변조기(113)에 구동 펄스 전기 신호(34)를 걸어주어 레이저 펄스 신호가 발진되도록 하고, 이들 레이저 다이오드로부터 나오는 다른 파장의 레이저 펄스들을 파장분할다중기(80)로 다중화하여 하나의 광선로(10)으로 묶어 필요에 따라 추가적인 광변조기(130)으로 인코딩한 다음, 광감쇠기(140)로 단일광자 수준의 송신 신호로 전송하는 구조로 구성된다. 여기에서도 각 레이저 다이오드의 펄스 레이저 구동시에 인코딩 신호 발생이 가능하도록 하면, 외부에서 인코딩하는 추가적인 광변조기(130)가 삭제될 수 있다.

[0042] 도 4는 본 발명에 의한 제1 실시 예의 양자신호 송신부(101)의 또 다른 한 실시 예를 나타낸 구성도로서 다파장 광신호를 생성하는 광원(110)이 반사형 반도체 광증폭기(reflective semiconductor optical amplifier: RSOA) 또는 페브리-페롯 반도체 레이저(Fabry-Perot Laser Diode: FP LD) 어레이(114)가 넓은 파장 대역의 광원(115)과 광회전기(116), AWG와 같은 DWDM용 파장다중 소자(117)에 의해 외부 주사형 파장 잠금(externally injected wavelength-locking)에 의해 각기 다른 파장을 방출하도록 하고, 각 RSOA 또는 FP LD는 바이어스-티(bias-T)를 통해 바이어스 전류(31)와 구동 신호 전류(31)로 펄스 레이저로 발진되도록 하여 파장분할다중기(117)로 다중화하여 하나의 광선로(10)으로 묶어 필요에 따라 추가적인 광변조기(130)으로 인코딩한 다음, 광감쇠기(140)로 단일광자 수준의 송신 신호로 전송하는 구조로 구성된다. 여기에서도 각 레이저 다이오드의 펄스 레이저 구동시에 인코딩 신호 발생이 가능하도록 하면, 외부에서 인코딩하는 추가적인 광변조기(130)가 삭제될 수 있다.

[0043] 도 5는 본 발명에 의한 제1 실시 예의 양자신호 송신부(101)의 또 다른 한 실시 예를 나타낸 구성도로서 다파장

광신호를 생성하는 광원(110)이 외부 전기 신호(35)에 의해 파장가변이 되는 연속 레이저 발진형 파장 가변형 레이저(90)와 외부에 광변조기(113)로 구성되고, 광변조기는 구동 전기 신호(36)가 가해져 파장이 변하는 레이저 펄스 신호가 발진되도록 하고, 이들 레이저 다이오드로부터 나오는 다른 파장의 레이저 펄스들을 필요에 따라 추가적인 광변조기(130)으로 인코딩한 다음, 광감쇠기(140)로 단일광자 수준의 송신 신호로 전송하는 구조로 구성된다. 여기에서도 광변조기(113)의 구동 신호로 인코딩을 하게 되면, 외부에서 인코딩하는 추가적인 광변조기(130)가 삭제될 수 있다.

[0044]

도 6은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양자신호 송신부(101)내 다파장 광신호를 생성하는 광원(110)용 연속 레이저 발진형 파장 가변형 레이저(90)의 실시 예로서, 반사형 반도체 광증폭기(RSOA) 또는 페브리-페롯 반도체 레이저(FP LD)와 광위상변조기(93)를 포함하는 마하젠더(MZ)형 광변조기(92)와 부분 반사경(94)으로 구성된 외부 공진기형 파장가변 레이저 구도를 보여주고 있다. 톱니(Saw teeth)형 구동 전기 신호(38)에 따라 레이저 발진 파장이 가변되고, 외부에 추가로 설치된 광진폭 변조기(113)가 구동 전기 신호(36)에 의해 파장이 변하는 레이저 펄스 신호가 발진되도록 하고, 이 파장가변 레이저로부터 나오는 다른 파장의 레이저 펄스들을 필요에 따라 추가적인 광변조기(130)로 인코딩한 다음, 광감쇠기(140)로 단일광자 수준의 송신 신호로 전송하는 구조로 구성된다. 여기에서도 광변조기(113)의 구동 신호로 인코딩을 하게 되면, 외부에서 인코딩하는 추가적인 광변조기(130)가 삭제될 수 있다.

[0045]

도 7은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양자신호 송신부(101)내 다파장 광신호를 생성하는 광원(110)용 연속 레이저 발진형 파장 가변형 레이저(90)의 또 다른 실시 예로서, 반사형 반도체 광증폭기(RSOA) 또는 페브리-페롯 반도체 레이저(FP LD)와 광위상변조기(93), 마이크로 링(micro-ring)(95), 부분 반사경(94)을 포함하는 고리형(ring)형 광변조기(95)로 구성된 외부 공진기형 파장가변 레이저 구도를 보여주고 있다. 톱니(Saw teeth)형 구동 전기 신호(38)에 따라 레이저 발진 파장이 가변되고, 외부에 추가로 설치된 광진폭 변조기(113)가 구동 전기 신호(36)에 의해 파장이 변하는 레이저 펄스 신호가 발진되도록 하고, 이 파장가변 레이저로부터 나오는 다른 파장의 레이저 펄스들을 필요에 따라 추가적인 광변조기(130)로 인코딩한 다음, 광감쇠기(140)로 단일광자 수준의 송신 신호로 전송하는 구조로 구성된다. 여기에서도 광변조기(113)의 구동 신호로 인코딩을 하게 되면, 외부에서 인코딩하는 추가적인 광변조기(130)가 삭제될 수 있다.

[0046]

도 8은 본 발명에 의한 제1 실시 예의 양자신호 수신부(150)의 한 실시 예를 나타낸 구성도로서 광전송로(2)을 통해 전송되어 오는 다파장 광신호를 파장분할 역다중화 소자(160)에 의해 파장별 광신호로 분리하고, 각 파장 광신호를 단일광자검출기 소자 어레이(170)로 검출하여 검출된 전기신호를 처리하는 양자신호 수신처리부(180)로 구성된다. 여기에서 광소자들 간에는 광경로(10)로 연결이 되고, 양자신호 수신제어부(180)와 단일광자검출기 소자들(170) 간에는 전기경로(50, 60)로 연결된다. 동기 신호 재생용 기준 파장 신호는 일반적인 광검출기로 검출하여 기준 동기 신호를 제공하고, 나머지 파장대에서는 단일광자검출기에서 검출한 신호를 동기 신호를 기준으로 시간적으로 나열하여 디코딩하여 양자 신호를 처리하는 구도로 구성된다.

[0047]

도 9는 본 발명에 의한 다중 파장 밴드의 파장분할다중화 방식의 대용량 양자 채널 전송 구도(200)를 나타내고 있으며, 제1 실시 예의 다파장 광원 신호를 기반으로 양자 암호키 생성하는 양자신호 송신부(101)와 파장분할역다중 기반 단일광자검출 구도의 양자신호 수신부(150)를 고밀도 파장분할다중(DWDM) 방식으로 구성하고, 이들 양자신호 송신부와 양자신호 수신부 여러 개를 파장 간격이 넓은 파장분할다중화(CDWM) 소자(210)와 역다중소자(220)으로 집적화하여 병렬신호처리 방식으로 양자 암호키 전송 용량을 확대하는 구도를 보여주고 있다. 이 경우에는 각 양자신호 송신부(101)와 양자신호 수신부(150)에 개별 광 동기 신호를 두지 않고 파장 간격이 넓은 파장분할다중기(210)와 파장분할역다중기(220)의 한 파장 채널에 별도의 동기신호 전송 채널을 둘 수 있다.

[0048]

도 10은 본 발명에 의한 다중 파장 밴드의 파장다중화 방식의 대용량 양자 채널 전송과 양방향 데이터 채널 전송 구도(300)를 나타내고 있으며, 제1 실시 예의 다파장 광원 신호를 기반으로 양자 암호키 생성하는 양자신호 송신부(101)와 파장분할역다중 기반 단일광자검출 구도의 양자신호 수신부(150)를 고밀도 파장분할다중(DWDM) 방식으로 구성하고, 이들 양자신호 송신부와 양자신호 수신부 여러 개와 파장별 데이터 전송 송신부(330)와 데이터 수신부(340) 여러 개들을 상대적으로 파장 간격이 넓은 파장분할다중화(CDWM) 소자(310)와 역다중 소자(320)으로 집적화하여 데이터의 양방향 전송이 가능하도록 하고, 각 양방향 데이터 채널 쌍에 대해 하나의 양자신호 송신부(101)와 수신부(150)가 양자 암호화 키를 제공하는 구조로 구성된다. 이 경우에도 각 양자신호 송신부(101)와 양자신호 수신부(150)에 개별 광 동기 신호를 두지 않고 파장 간격이 넓은 파장분할다중화(CDWM) 소자(310)와 역다중소자(320)의 한 파장 채널에 별도의 동기신호 전송 채널을 둘 수도 있다.

[0049]

도 11은 본 발명에 의한 저밀도 파장분할다중(CDWM)형 광가입자망에서의 하향 및 상향 데이터 채널 내에 양자

암호키 하향 전송 채널을 추가한 하향 양자채널형 광가입자 전송 시스템(400)을 보여주고 있다. 기존의 CDWM형 파장분할 다중기(410)와 파장분할 역다중기(420)로 파장다중화된 각 파장 채널을 한 쌍의 하향 송신부 데이터 서버 채널(430, 440)과 상향 데이터 서버 채널(433, 443)로 구성한 경우에 광가입자망의 하향 데이터 서버 채널 파장 대역을 2개의 협대역 파장 대역으로 나누어 한 쪽 협대역 파장 대역은 하향 데이터 송신부(431)와 수신부(441)로 기존 데이터 전송에 활용하고, 나머지 협대역 파장 대역에는 고밀도의 파장분할다중화(DWDM) 방식의 양자신호 송신부(101)와 양자신호 수신부(150)를 적용하여 양자암호키를 전송하는 구도를 나타낸다. 데이터 송신부(431)로부터 나오는 광신호와 양자신호 송신부(101)에서 나오는 광신호는 협대역 파장 다중화기(432)로 다중화한 다음 상향 및 하향 서버 채널 분리 필터(450)를 지나 하향 채널을 통해 전송하고, 수신측에서는 CDWM 역다중화기(420)으로 분리된 파장 채널은 수신측에 있는 상향 및 하향 서버 채널 분리 필터(450)를 지나 다시 협대역 파장 역다중화기(442)로 역다중화한 후 데이터 수신부(441)와 양자신호 수신부(150)로 각각 분리되어 검출되는 구도를 보여주고 있다. 상향 전송은 단지 데이터 전송 송신부(433)와 수신부(443)으로만 구성된다.

[0050]

도 12는 본 발명에 의한 저밀도 파장분할다중(CDWM)형 광가입자망에서의 하향 및 상향 데이터 채널 내에 양자암호키 상향 전송 채널을 추가한 상향 양자채널형 광가입자 전송 시스템(500)을 보여주고 있다. 기존의 CDWM형 파장분할다중기(510)와 파장분할 역다중기(520)로 파장다중화된 각 파장 채널을 한 쌍의 하향 송신부 데이터 서버 채널(530, 540)과 상향 데이터 서버 채널(533, 543)로 구성한 경우에 광가입자망의 하향 데이터 서버 채널 파장 대역을 2개의 협대역 파장 대역으로 나누어 한 쪽 협대역 파장 대역은 하향 데이터 송신부(531)와 수신부(541)로 기존 데이터 전송에 활용하고, 나머지 협대역 파장 대역에는 고밀도의 파장분할다중화(DWDM) 방식의 양자신호 송신부(101)와 양자신호 수신부(150)를 적용하여 양자암호키를 전송하는 구도를 나타낸다. 데이터 송신부(531)로부터 나오는 광신호와 양자신호 송신부(101)에서 나오는 광신호는 협대역 파장 다중화기(532)로 다중화한 다음 상향 및 하향 서버 채널 분리 필터(550)를 지나 하향 채널을 통해 전송하고, 수신측에서는 CDWM 역다중화기(520)으로 분리된 파장 채널은 수신측에 있는 상향 및 하향 서버 채널 분리 필터(450)를 지나 다시 협대역 파장 역다중화기(542)로 역다중화한 후 데이터 수신부(541)와 양자신호 수신부(150)로 각각 분리되어 검출되는 구도를 보여주고 있다. 하향 전송은 단지 데이터 전송 송신부(533)와 수신부(543)으로만 구성된다.

[0051]

도 13은 본 발명에 의한 저밀도 파장분할다중(CDWM)형 광가입자망에서의 하향 및 상향 데이터 채널 내에 양자암호키의 상향 및 하향 전송 채널을 추가한 상하향 양자채널형 광가입자 전송 시스템(600)을 보여주고 있다. 기존의 CDWM형 파장분할다중기(610)와 파장분할 역다중기(620)로 파장분할다중화된 각 파장 채널을 하향 및 상향 각각 한 쌍의 송신부 데이터 서버 채널(630, 640), (660, 670)로 구성한 경우에 광가입자망의 하향 및 상향 각각의 데이터 서버 채널 파장 대역을 2개의 협대역 파장 대역으로 나누어 한 쪽 협대역 파장분할 대역은 데이터 송신부(631, 661)와 수신부(641, 671)로 기존 데이터 전송에 활용하고, 나머지 협대역 파장분할 대역에는 고밀도의 파장분할다중화(DWDM) 방식의 하향 양자신호 송신부(101)와 양자신호 수신부(150)를 적용하여 양자암호키의 양방향 전송을 가능하게 하는 구도를 나타낸다. 하향 데이터 송신부(631)로부터 나오는 광신호와 양자신호 송신부(101)에서 나오는 광신호는 협대역 파장분할 다중화기(632)로 다중화한 다음 상향 및 하향 서버 채널 분리 필터(650)와 CDWM 다중화기(610)를 지나 하향 채널을 통해 전송하고, 수신측에서는 CDWM 역다중화기(620)으로 분리된 파장 채널은 수신측에 있는 상향 및 하향 서버 채널 분리 필터(650)를 지나 다시 협대역 파장분할 역다중화기(642)로 역다중화한 후 데이터 수신부(641)와 양자신호 수신부(150)로 각각 분리되어 검출되는 구도를 구성되어 있다. 상향 데이터 송신부(661)로부터 나오는 광신호와 상향 양자신호 송신부(101)에서 나오는 광신호는 협대역 파장분할 다중화기(644)로 다중화한 다음 상향 및 하향 서버 채널 분리 필터(650)와 CDWM 역다중화기(620)를 지나 상향 채널을 통해 전송하고, 수신측에서는 CDWM 다중화기(610)로 분리된 파장 채널은 수신측에 있는 상향 및 하향 서버 채널 분리 필터(650)를 지나 다시 협대역 파장분할 역다중화기(634)로 역다중화한 후 데이터 수신부(671)와 양자신호 수신부(150)로 각각 분리되어 검출되는 구도를 보여주고 있다.

[0052]

특히 도 11, 12, 13에서 사용되는 저밀도 파장분할다중(CDWM) 소자는 국제표준 규격[Recommendation ITU-T G.695 (Optical interfaces for coarse wavelength division multiplexing applications, 10/2010)]에 따라 20 nm 파장 간격을 사용할 수 있고, 이 CDWM 파장 간격 내에 상하향 광신호 전송을 위한 2개의 서버 채널을 갖는 다채널 CDWM 광인터페이스 규격 [TTAE.KO-03.0022 (2013.12.18.)]의 경우에는 서버 채널의 중심 파장은 ITU-T의 CDWM 중심 파장에 대해 4.25 nm이며 이들 간의 파장 간격은 8.5 nm이다. 또한 이 서버 채널의 최대 중심 파장 변이 허용치가 2.25 nm 이므로, 이 4.5 nm 파장 대역을 다시 데이터 채널과 양자채널로 나눌 수 있으며, 데이터 채널용 파장 대역을 약 1.5 nm 이하로 배정하고 양자 채널용으로 2.5 nm 이상으로 배정할 수 있다. 양자 채널용 고밀도 파장분할다중은 채널 간격을 100 GHz로 하면 23개 채널, 50 GHz로 하면 36개 채널 정도를 수용할 수 있다. 이는 가입자망에서의 양자 전송 용량을 기존보다 최소 26 배로 확대가 가능하고, CWDM 채널을 하나씩 걸러서 CWDM 채널 하나를 양자채널에 할당을 하게 되면 훨씬 더 큰 용량의 양자 암호키 전송이 가능

하다.

[0053] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되지 않으며 본 발명의 기술 사상에서 치환, 변형 및 변경은 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백한 것이다.

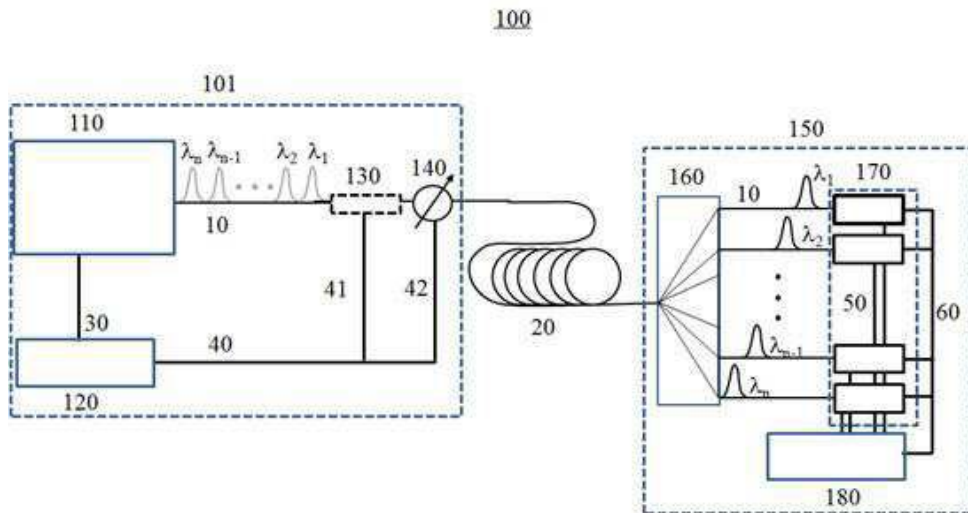
부호의 설명

[0054]

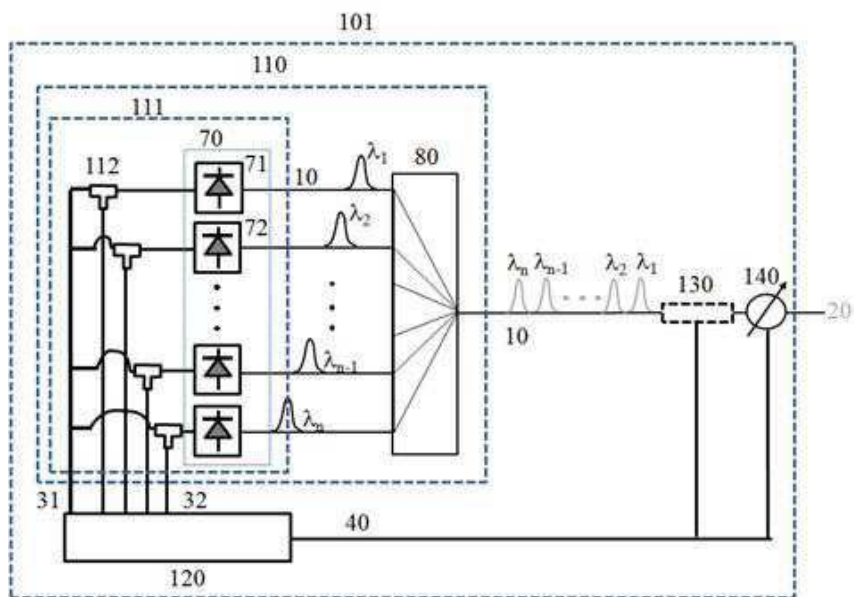
101: 양자신호 송신부	20: 광전송로
30, 40, 41, 42, 50, 60: 전기경로	70: 레이저 다이오드들
80: 파장분할다중기	90: 파장 가변형 레이저
110: 광원	120: 송신제어부
130: 광변조기	140: 광감쇠기
150: 양자신호 수신부	160: 역다중화 소자
170: 단일광자검출기 소자 어레이	180: 수신처리부
200: 대용량 양자채널 전송 구도	210: 파장분할다중화(CDWM) 소자
220: 역다중소자	
300: 대용량 양자 채널 전송과 양방향 데이터 채널 전송 구도	
320: 역다중 소자	330: 파장별 데이터 전송 송신부
340: 데이터 수신부	
400: 하향 양자채널형 광가입자 전송 시스템	
410: CDWM형 파장분할 다중기	420: 파장분할 역다중기
430,440: 하향 송수신 데이터 서브 채널	
450: 상향 및 하향 서브 채널 분리 필터	
500: 상향 양자채널형 광가입자 전송 시스템	
510: CDWM형 파장분할다중기	520: 파장분할 역다중기
530,540: 하향 송수신 데이터 서브 채널	
600: 상하향 양자채널형 광가입자 전송 시스템	
610: CDWM형 파장분할다중기	620: 파장분할 역다중기

도면

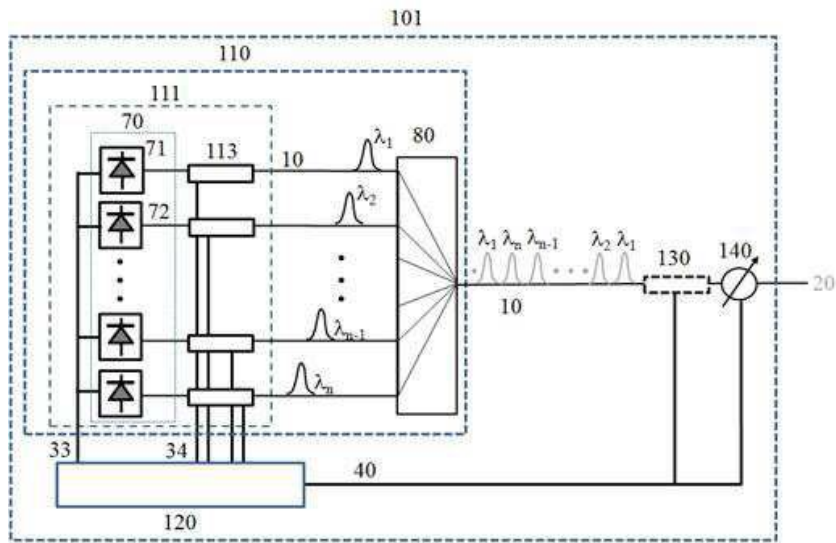
도면1



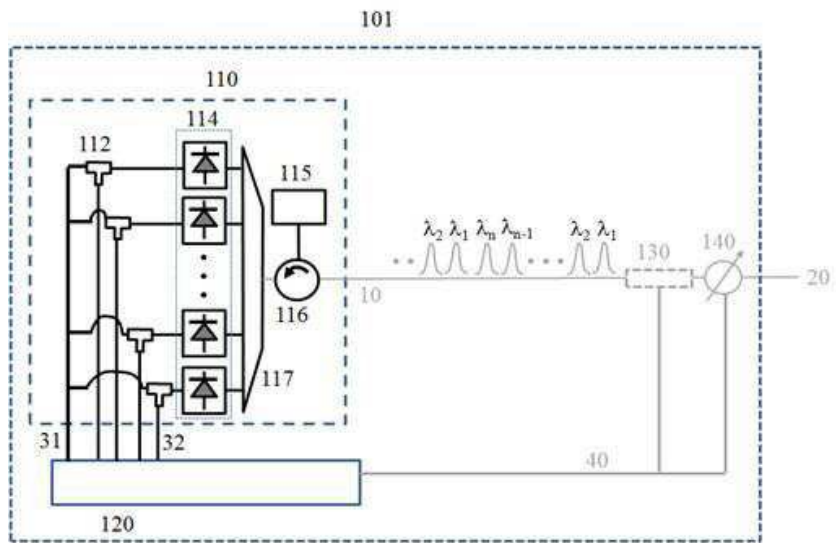
도면2



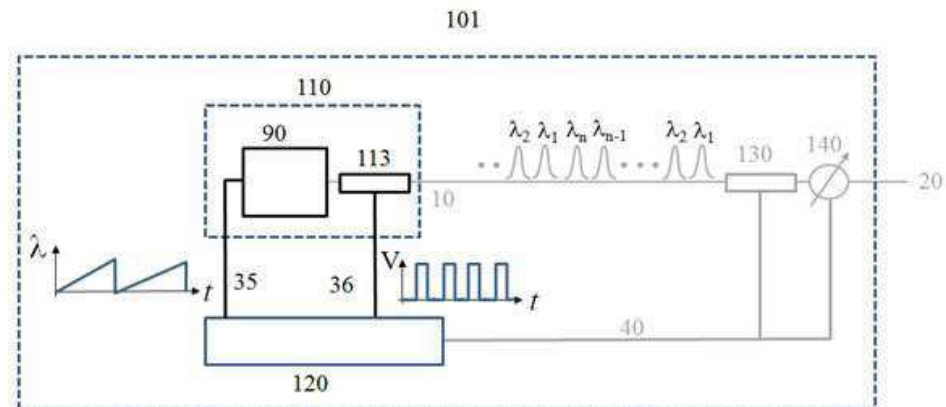
도면3



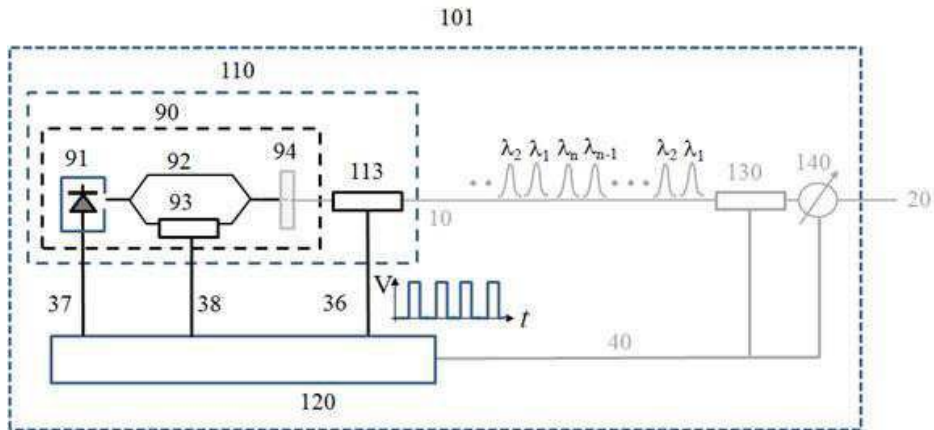
도면4



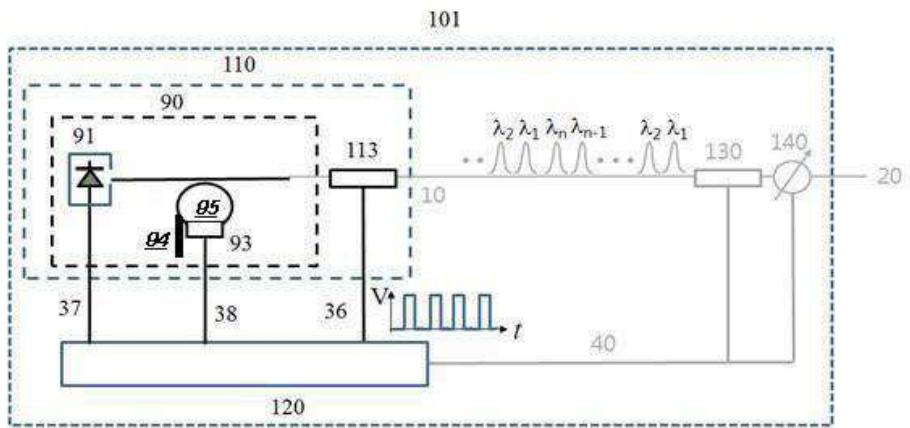
도면5



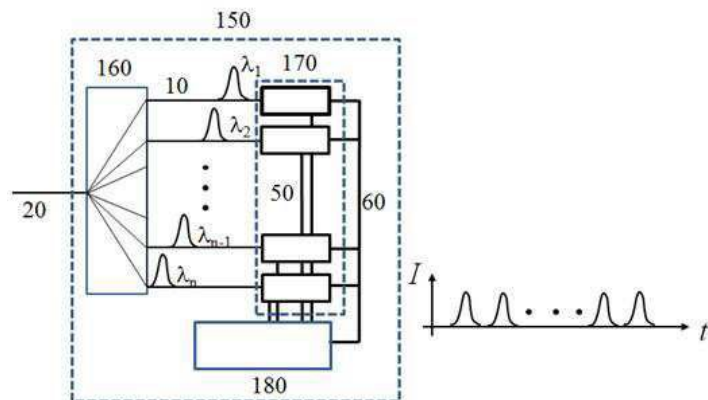
도면6



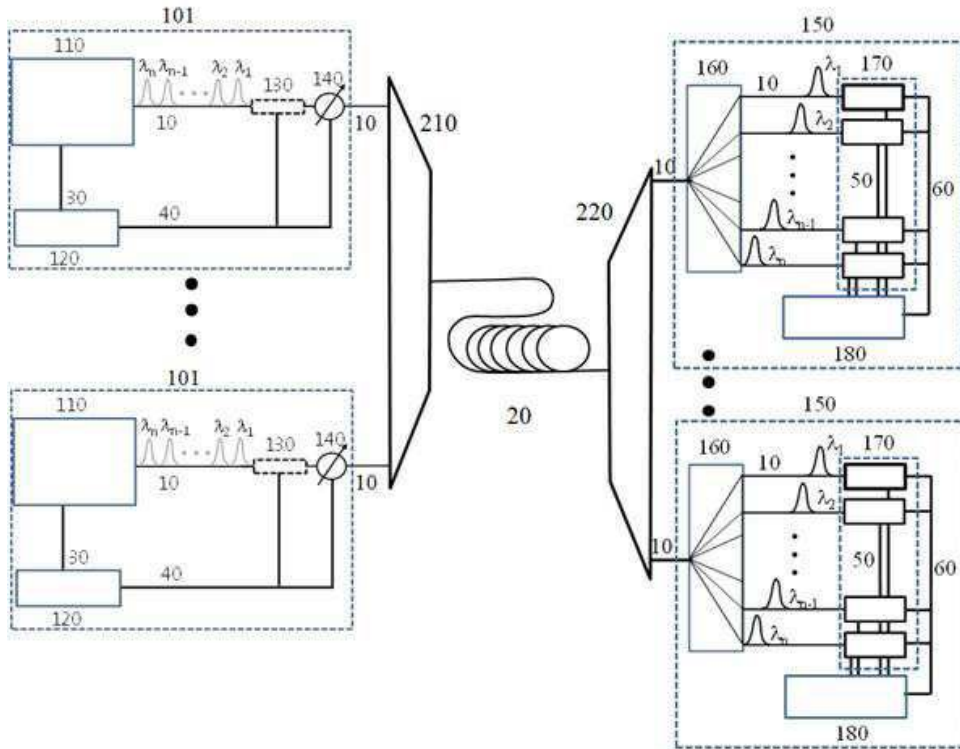
도면7



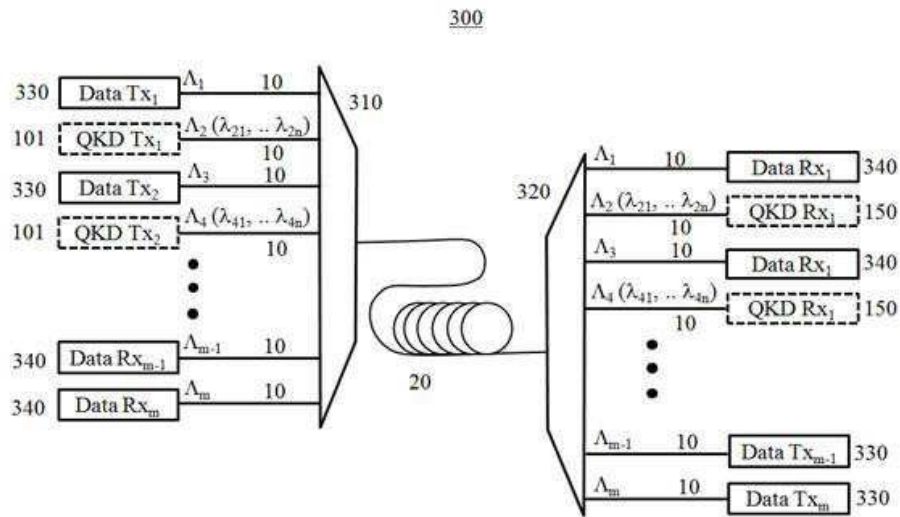
도면8



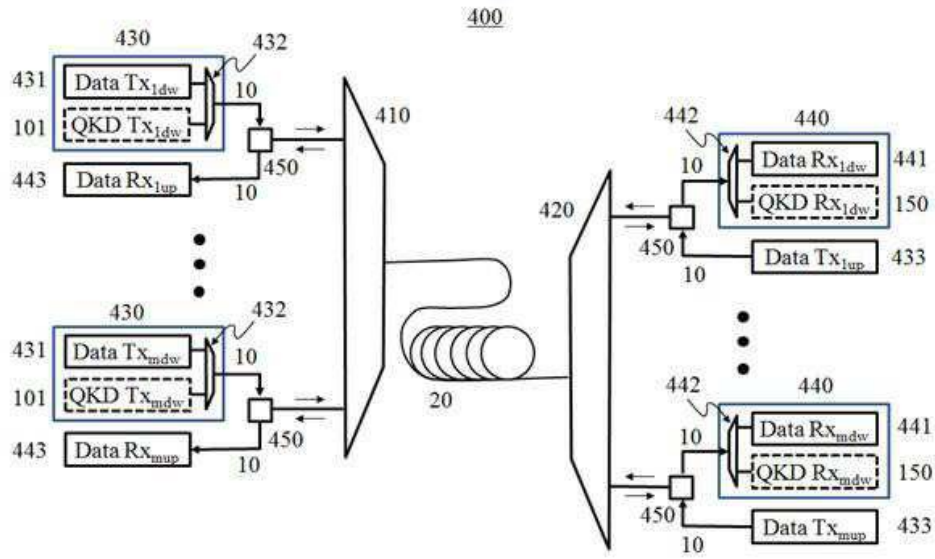
도면9



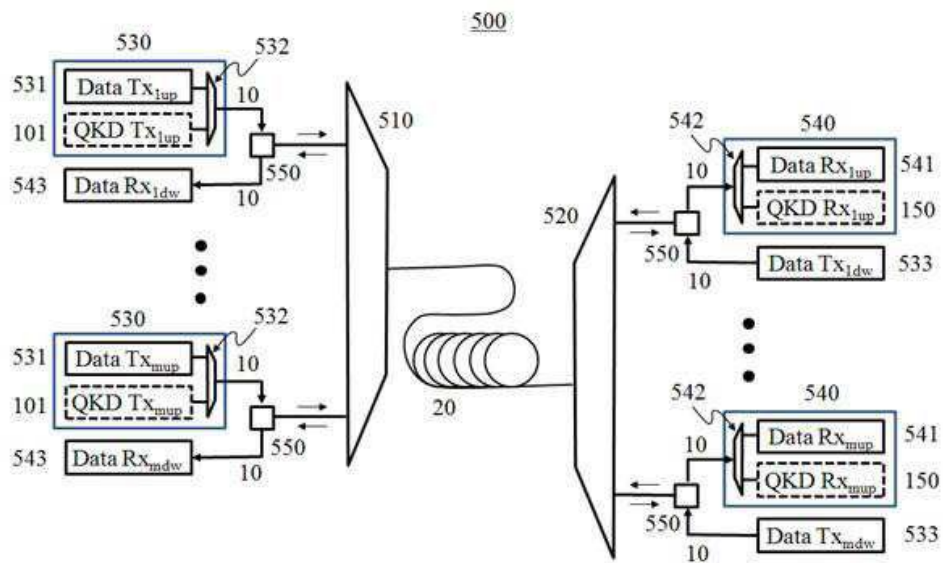
도면10



도면11



도면12



도면13

