



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0079192
(43) 공개일자 2017년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 10/073 (2013.01) H04B 10/70 (2013.01)
(52) CPC특허분류
H04B 10/0731 (2013.01)
H04B 10/70 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0189486
(22) 출원일자 2015년12월30일
심사청구일자 2015년12월30일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
김아정
서울특별시 용산구 장문로 27, 5동 805호(이태원동, 청화아파트)
(74) 대리인
양성보

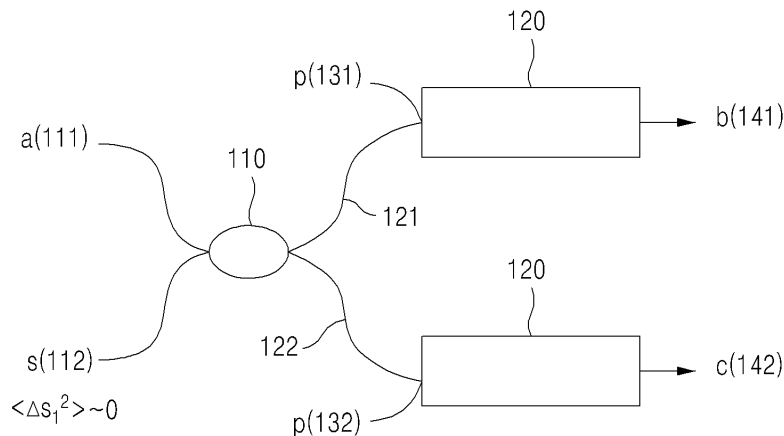
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법**

(57) 요약

비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법이 제시된다. 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법에 있어서, 신호를 전송하는 제1 입력 신호와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 제2 입력 신호를 결합분배기를 통해 입력으로 입사시키는 단계; 및 상기 결합분배기를 통과한 제1 출력 신호와 제2 출력 신호를, 각각의 비선형성 물질로 이루어진 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04B 2210/072 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711026415(R0127-15-1048)

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 정보통신방송표준개발지원

연구과제명 IoT 구축을 위한 초고신뢰성 패킷네트워크 개발의 사실 표준화

기 여 율 1/2

주관기관 액터스네트웍스(주)

연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.29이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711026432(R0992-15-1017)

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 정보통신기술인력양성

연구과제명 무결점 보안을 위한 지상/위성 양자통신 기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2015.06.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법에 있어서,

신호를 전송하는 제1 입력 신호와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 제2 입력 신호를 결합분배기를 통해 입력으로 입사시키는 단계; 및

상기 결합분배기를 통과한 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 위상을 조절하여 각각의 비선형성 물질로 이루어진 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계

를 포함하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계는,

상기 결합분배기를 통과한 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호를 각각 펌프(pump) 신호를 이용하는 상기 광 증폭기에 입사시키는 단계; 및

상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 스퀴즈드 축(squeezed axis)과 상기 펌프(pump) 신호의 위상(phase)을 동기시켜 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 직교(quadrature) 성분만 증폭되도록 제어하는 단계

를 포함하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 펌프 신호의 위상은,

위상 변화기(phase shifter)를 장착하거나 조절하여 상기 위상을 동기시키는 것

을 특징으로 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계는,

상기 결합분배기의 분배율을 0.5로 설정하고 상기 광 증폭기의 증폭 이득을 2로 설정하여 특정 직교(quadrature) 성분의 확률 분포 함수가 상기 원 신호와 동일한 복수의 출력 신호가 출력되는 것

을 특징으로 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 복수의 출력 신호는,

각각 상기 제1 입력 신호와 동일한 상기 증폭된 직교(quadrature) 성분의 분포 확률을 가지는 것

을 특징으로 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계는,

코히런트(coherent) 신호 전송 시스템을 적용하여 상기 제1 입력 신호 및 상기 제2 입력 신호와 동일한 복수의 출력 신호를 출력하고, 상기 복수의 출력 신호 중 하나의 상기 출력 신호는 신호의 적어도 일부를 분기하여 모니터링을 위해 사용하며 다른 하나의 상기 출력 신호는 전송을 위해 사용하여 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 하는 것

을 특징으로 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법.

청구항 7

비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템에 있어서,

신호를 전송하는 제1 입력 신호와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 제2 입력 신호를 통과시키는 결합분배기; 및

상기 결합분배기를 통과한 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호와, 위상을 조절하여 각각 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 비선형성 물질로 이루어진 복수의 광 증폭기

를 포함하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 광 증폭기는,

상기 결합분배기를 통과한 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호를 각각 펌프(pump) 신호를 이용하는 상기 광 증폭기에 입사시키고, 상기 펌프(pump) 신호를 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 스퀴즈드 축(squeezed axis) 직교 성분과 상기 펌프(pump) 신호의 위상(phase)을 동기시켜 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 직교(quadrature) 성분만 증폭되도록 제어하는 것

을 특징으로 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 펌프 신호의 위상은,

위상 변화기(phase shifter)를 장착하거나 조절하여 상기 위상을 동기시키는 것

을 특징으로 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 결합분배기의 분배율을 0.5로 설정하고, 상기 광 증폭기의 증폭 이득을 2로 설정하여 특정 직교(quadrature) 성분의 분포 확률이 상기 원 신호와 동일한 복수의 출력 신호가 출력되는 것

을 특징으로 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 복수의 출력 신호는,

각각 상기 제1 입력 신호와 동일한 상기 직교(quadrature) 성분 확률 분포 함수를 가지는 것

을 특징으로 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 복수의 광 증폭기는,

코히런트(coherent) 신호 전송 시스템을 적용하여 상기 제1 입력 신호와 확률 분포가 동일한 복수의 출력 신호를 출력하고, 상기 복수의 출력 신호 중 하나의 상기 출력 신호는 신호의 적어도 일부를 분기하여 모니터링을 위해 사용하며 다른 하나의 상기 출력 신호는 전송을 위해 사용하여 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 하는 것

을 특징으로 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 실시예들은 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 신호 전송 시스템 및 통신 시스템에서 모니터링이나 도청을 위해 신호의 일부를 분기하여 측정을 하는 경우 신호의 상태에 변화를 초래하게 되어 원 신호로의 복원이 불가능하다. 이를 양자역학의 비복사 원칙이라 한다. 양자역학의 비복사 원칙은 불확정성 원리에 기인하는 것으로, 표준적인 방법을 이용하여 어떤 물리량을 얼마나 정확하게 측정할 수 있는가에 대한 한계를 초래한다.

[0003] 신호 전송 시스템에서 신호의 일부를 분기하여 측정을 하는 경우 신호의 분기에 의한 전력 손실을 초래하게 된다. 이를 보충하기 위해 측정된 결과를 근거로 신호를 발생시켜 보내려는 경우에도, 양자 법칙에 의하면 측정 결과값은 측정에 의해 원 상태가 왜곡된 결과에 대한 측정값이기 때문에 원래의 신호로 복원하는데 한계가 있다. 그러므로 신호의 손실 없이 원 신호를 전송시키며 이를 모니터링 하는 것은 원칙적인 어려움이 존재한다.

[0004] 한국공개특허 특2001-0011088호는 이러한 평면 도파로형 광 증폭기 스위치에 관한 것으로, 광통신 기술에 사용되고 있는 기존의 도파로형 광 스위치가 가지는 광 손실과 이로 인한 간편한 구도의 집적소자가 곤란한 부분을 해결에 관한 기술을 기재하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 실시예들은 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법에 관하여 기술하며, 보다 구체적으로 양자 비파괴 방법을 이용한 신호의 파괴나 손실 없이 신호를 모니터링 하는 기술을 제공한다.

[0006] 실시예들은 코히런트(coherent) 변조와 코히런트(coherent) 측정을 적용한 코히런트(coherent) 신호 전송 시스템에서 신호에 비선형적 처리를 가하여 신호와 동일한 신호를 복사하여, 하나의 신호는 측정을 위해 사용하고 다른 하나의 신호는 전송을 위해 사용하는 양자 비파괴 측정 방법을 고안함으로써 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 할 수 있는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법에 있어서, 코히런트(coherent) 전송 시스템에 있어 전송하는 제1 입력 신호와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 제2 입력 신호를 결합분배기를 통해 입력으로 입사시키는 단계; 및 상기 결합분배기를 통과한 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 위상을 조절하여 각각의 비선형성 물질로 이루어진 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계를 포함한다.

[0008] 상기 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계는, 상기 결합분배기를 통과한 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호를, 펌프(pump) 신호를 입사시켜 동작하는 상기 광 증폭기에 입력 신호로서 각각 입사시키는

단계; 및 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 스퀴즈드 축(squeezed axis)의 직교 성분과 상기 펌프(pump) 신호의 위상(phase)을 동기시켜 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 직교(quadrature) 성분만 증폭되도록 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0009] 상기 펌프 신호의 위상은 위상 변화기(phase shifter)를 장착하거나 조절하여 상기 위상을 동기시킬 수 있다.
- [0010] 상기 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계는, 상기 2x2 결합분배기의 분배율을 0.5로 설정하고 상기 광 증폭기의 증폭 이득을 2로 설정하여 원 신호 전력으로 복원할 수 있다.
- [0011] 상기 단계를 거친 출력 신호들은 특정 직교(quadrature) 성분의 확률 분포 함수가 상기 원 신호의 직교 성분 확률 분포 함수와 동일하게 되어, 상기 원 신호와 동일한 직교 성분 확률 분포 함수를 가진 출력 신호를 만들 수 있다.
- [0012] 상기 실시예로서, 코히런트(coherent) 신호 전송 시스템을 적용하여 상기 제1 입력 신호와 직교(quadrature) 성분의 확률 분포 함수가 동일한 복수의 출력 신호를 출력하고, 상기 복수의 출력 신호 중 하나의 상기 출력 신호는 신호의 적어도 일부를 분기하여 모니터링을 위해 사용하며 다른 하나의 상기 출력 신호는 전송을 위해 사용하여 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 할 수 있다.
- [0013] 다른 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템에 있어서, 신호를 전송하는 제1 입력 신호와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 제2 입력 신호를 통과 분배시키는 결합분배기; 및 상기 결합분배기를 통과한 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 위상을 조절하여 각각 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 비선형성 물질로 이루어진 복수의 광 증폭기를 포함한다.
- [0014] 상기 광 증폭기는 상기 결합분배기를 통과한 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호를, 펌프(pump) 신호를 입사시켜 동작하는 상기 광 증폭기에 각각 입사시키고, 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 스퀴즈드 축(squeezed axis)의 직교 성분과 상기 펌프(pump) 신호의 위상(phase)을 동기시켜 상기 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 직교(quadrature) 성분만 증폭되도록 제어할 수 있다.
- [0015] 상기 결합분배기는 분배율을 0.5로 설정하고 상기 광 증폭기의 증폭 이득을 2로 설정하여 원 신호 전력으로 복원할 수 있다.
- [0016] 상기 출력 신호들은 특정 직교(quadrature) 성분의 확률 분포 함수가 상기 원 신호의 직교 성분 확률 분포 함수와 동일한 분포를 가질 수 있다.
- [0017] 상기 복수의 광 증폭기는 코히런트(coherent) 신호 전송 시스템을 적용하여 상기 제1 입력 신호와 동일한 직교(quadrature) 성분의 확률 분포 함수를 가진 복수의 출력 신호를 출력하고, 상기 복수의 출력 신호 중 하나의 상기 출력 신호는 신호의 적어도 일부를 분기하여 모니터링을 위해 사용하며 다른 하나의 상기 출력 신호는 전송을 위해 사용하여 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 할 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 실시예들에 따르면 양자 비파괴 방법을 이용한 신호의 파괴나 손실 없이 신호를 모니터링 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.
- [0019] 실시예들에 따르면 코히런트(coherent) 변조와 코히런트(coherent) 측정을 적용한 코히런트(coherent) 신호 전송 시스템에서 신호에 비선형적 처리를 가하여 신호와 동일한 신호를 복사하여, 하나의 신호는 측정을 위해 사용하고 다른 하나의 신호는 전송을 위해 사용하는 양자 비파괴 측정 방법을 고안함으로써 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 할 수 있는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 직교 스퀴즈드 상태의 발생을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 직교 스퀴즈드 상태를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템을 나타내는 블록도이다.

도 5는 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법을 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 설명한다. 그러나, 기술되는 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시예들에 의하여 한정되는 것은 아니다. 또한, 여러 실시예들은 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 도면에서 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0022] 본 실시예는 양자 비파괴 방법을 이용하여 비복사 원리 한계를 극복함으로써 신호의 파괴나 손실 없이 신호를 모니터링 하는 방법에 관한 것이다. 코히런트(coherent) 변조와 코히런트(coherent) 측정을 적용한 코히런트(coherent) 신호 전송 시스템에서 신호에 비선형적 처리를 가하여 신호와 동일한 신호를 복사한다. 그 중 하나의 신호는 측정을 위해 사용하고 다른 하나의 신호는 전송을 위해 사용하는 양자 비파괴 측정 방법을 고안함으로써 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 할 수 있는 방법을 개발하여 한계 문제에 대해 근본적 해결을 제시할 수 있다.
- [0023] 이는, 모니터링 시스템뿐 아니라 통신 토폴로지(topology)에서 손실 없는 광 버스 라인(bus line)을 구성하는 통신망에도 응용될 수 있다.
- [0024] 한편, 코히런트(coherent) 통신은 광의 강약에 의해 신호를 전송하는 것이 아니라 광의 위상이나 주파수의 변화에 따른 직교 진폭 성분에 정보를 실어 신호를 전송할 수 있는 방식을 의미한다. 이러한 코히런트 통신을 이용하면 신호가 있을 경우 한 직교 성분만 읽어서 통신할 수 있다.
- [0025] 아래에서는 코히런트 통신을 이용한 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법에 대해 설명한다.
- [0026] 도 1은 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0027] 도 1을 참조하면, 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 신호를 전송하는 a 모드(mode)의 제1 입력 신호(111)와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 s 모드의 제2 입력 신호(112)를 2x2 커플러나 빔 분배기 등의 결합분배기(110)를 통해 입력으로 입사시킬 수 있다.
- [0028] 이를 통한 제1, 제2 출력 신호(121, 122)의 출력(output) 모드는, 위상을 조절한 펌프(pump) 신호(131, 132)와 $\chi^{(2)}$ 비선형성 물질로 이루어진 광 증폭기(optical amplifier)(120)에 입사시켜 원래의 신호 레벨로 증폭시켜 복수의 출력 신호(141, 142)를 출력시킬 수 있다. 제1, 제2 출력 신호(121, 122)는 제1 입력 신호(111)와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 제2 입력 신호(112)가 2x2 결합분배기(110)로 각각 입사된 후 2개의 출력(output) 포트에 제1 출력 신호 및 제2 출력 신호로 출력될 수 있다.
- [0029] 여기서, 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)는 스퀴즈드 축(squeezed axis)을 기준으로 찌그러뜨린 상태를 의미한다.
- [0030] 이때 각 광 증폭기(120)에는 제1, 제2 출력 신호(121, 122)와 펌프(pump) 신호(131, 132)가 입사되고, 제1, 제2 출력 신호(121, 122)의 스퀴즈드 축(squeezed axis) 직교 성분과 펌프(pump) 신호(131, 132)의 위상을 동기시켜 신호의 직교(quadrature) 성분(스퀴즈드된 I 또는 Q 성분)만 증폭되도록 제어함으로써 직교(quadrature) 증폭기의 역할을 수행하도록 할 수 있다.
- [0031] 결합분배기(110)는 분배율을 0.5로 설정하고, 광 증폭기(optical amplifier)(120)의 증폭 이득을 2로 설정하면 특정 직교(quadrature) 성분의 확률 분포를 원래 신호(제1 입력 신호(111))와 같게 유지한 신호가 제3, 제4 출력(output) 신호(141, 142)를 통해 발생되도록 할 수 있다.
- [0032] 더 구체적으로, 이러한 과정을 거쳐 발생한 출력 모드의 제3, 제4 출력 신호 (141, 142) b, c는 입력 모드 a의 제1 입력 신호(111)와 직교(quadrature) 성분의 확률 분포를 동일하게 가지게 된다. 따라서 광 증폭기(120)의 증폭 이득을 2, 결합분배기(110)의 분배율을 0.5로 설정하면 제3, 제4 출력 신호(141, 142)를 제1 입력 신호(111)와 동일한 직교(quadrature) 성분을 가지게 할 수 있어, 동일한 직교(quadrature) 성분에 대한 신호 복사가 가능하다.

- [0033] 입사되는 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 생성은 아래에서 더 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0034] 도 2는 일 실시예에 따른 직교 스퀴즈드 상태의 발생을 설명하기 위한 도면이다.
- [0035] 도 2를 참조하면, 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 s 모드의 제2 입력 신호(112)를 획득할 수 있다. 동일한 상태의 두 개의 모드가 2x2 3db 커플러나 빔 분할기를 통해 입력으로 파라메트릭(parametric) 광 증폭기(210)를 통해 특정 직교(quadrature) 성분만 증폭되도록 할 수 있다. 잡음도 증폭된 특정 직교(quadrature) 성분으로만 증폭되고, 그 직교(quadrature) 성분은 감소(deamplify)되어 스퀴징 레벨(squeezing level)을 충분히 크게 함으로써 직교 성분의 거의 0에 가깝게 제어될 수 있다.
- [0036] 실험에 의하면, 양자 효율 0.785의 조건에서 5.8dB의 직교(quadrature) 성분의 잡음 감소가 측정되었는데(G. S. Kanter, P. Kumar, R. Roussev, K. R. Parameswaran, and M. M. Fejer, 10(2002)177), 이는 본 발명을 적용한 증폭의 경우 잡음지수를 1.26 정도로 줄일 수 있음을 보여준다.
- [0037] 도 3은 일 실시예에 따른 직교 스퀴즈드 상태를 설명하기 위한 도면이다.
- [0038] 도 3을 참조하면, 코히런트 상태와 직교 스퀴즈드 상태를 확인할 수 있다.
- [0039] 코히런트 상태(coherent state)(320)는 원점 원(vacuum state)(310)과 같은 불확실성 영역을 가지며 원형으로 이루어지며 복소 평면에서 직교 성분을 나타낸다.
- [0040] 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)(330)는 스퀴즈드 축(squeezed axis)을 기준으로 잡음이 발생하는 일 축을 찌그러뜨린 상태로, 다른 축은 잡음을 줄여 불확실성을 없앤 상태이다. 이러한 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)(330)는 타원형의 불확실성 영역을 가지는 것으로, 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)는 스퀴즈드 축으로 찌그러뜨리면 반대 방향이 불확실성이 없어져 잡음을 줄일 수 있다.
- [0041] 이에 따라 신호의 일부를 증폭시켜, 직교 성분의 잡음이 적도록 스퀴즈드 축의 직교 성분으로 증폭시킬 수 있다.
- [0042] 다시 도 1을 참조하면, 이렇게 발생시킨 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)를 제1 입력 신호(111)와 함께 결합분배기(110)에 입사시키고, 상기의 결합분배기(110)를 통해 나온 제1, 제2 출력 신호(121, 122)들을 스퀴즈드 축(squeezed axis) 직교 성분과 위상(phase)을 동기시킨 펌프(pump) 신호를 이용한 광 증폭기(120)에 입사시켜 직교(quadrature) 성분을 증폭시킨다. 위상(phase)의 동기는 위상 변화기(phase shifter)를 장착하거나 조절하여 수행이 가능하다.
- [0043] 이러한 과정을 거쳐 발생한 제3, 4 출력 신호(141, 142)는 제1 입력 신호(111)와 동일한 직교(quadrature) 성분 확률 분포 함수를 가지게 된다. 따라서 광 증폭기(120)의 증폭 이득을 2, 결합분배기(110)의 분배율을 0.5로 설정하면 출력 신호를 입력 신호와 동일한 직교(quadrature) 성분의 측정치를 가지게 할 수 있어, 동일한 직교(quadrature) 성분에 대한 신호 복사가 가능하다.
- [0044] 이와 같이 본 실시예에 따른 양자 비파괴 방법을 적용하여 코히런트(coherent) 시스템을 신호의 분기에 의한 전력의 손실 없이 모니터링 하거나 코히런트(coherent) 통신망에서 전력을 손실 없이 분배 전달할 수 있는 잠재력이 있는 장치를 개발하고 적용도를 광범위화 할 수 있다.
- [0045] 도 4는 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템을 나타내는 블록도이다.
- [0046] 도 4를 참조하면, 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템(400)은 스퀴즈드 상태 신호 발생기(420), 결합분배기(430) 및 광 증폭기(440)를 포함하여 이루어질 수 있다. 실시예에 따라 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템(400)은 송신기(410) 및 수신기(450)를 더 포함하여 이루어질 수 있다. 그리고 신호의 전달은 도파로(wave guide)에 의해 수행될 수 있다. 예컨대, 송신기(410), 스퀴즈드 상태 신호 발생기(420), 결합분배기(430), 광 증폭기(440), 및 수신기(450)는 각각 도파로에 의해 연결될 수 있다. 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 도 1에서 구체적으로 설명하였으므로 반복되는 설명들은 생략한다.

- [0047] 결합분배기(430)는 신호를 전송하는 제1 입력 신호와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 제2 입력 신호를 통과시킬 수 있다.
- [0048] 한편, 제1 입력 신호는 송신기(410), 제2 입력 신호는 스퀴즈드 상태 신호 발생기(420)로부터 제공될 수 있다. 예컨대 송신기(410)는 광을 생성하기 위한 광원과 위상을 변조시키는 위상 변조기 등을 포함할 수도 있다.
- [0049] 광 증폭기(440)는 비선형성 물질로 이루어지며 펌프(pump) 신호를 이용하여 증폭될 수 있다. 즉, 결합분배기(430)를 통과하여 출력된 제1, 제2 출력 신호를 위상이 조절된 각각의 광 증폭기(440)에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시킬 수 있다.
- [0050] 예컨대, 광 증폭기(440)는 $\chi^{(2)}$ 비선형성 물질로 이루어진 광 증폭기(optical amplifier)가 사용될 수 있다. 또한 광 증폭기(440)는 비선형 물질을 사용한 광 증폭기, 파이버 광 증폭기, $\chi^{(2)}$ 물질을 포함하는 광 증폭기 등이 사용될 수 있다.
- [0051] 여기서 결합분배기(430)는 커플러(coupler), 빔 분배기 등이 사용될 수 있다. 한편, 커플러는 둘 이상의 도파로에서 하나로 모을 때 또는 한 도파로에서 둘 이상의 여러 개로 분리할 때 사용될 수 있다.
- [0052] 또한 결합분배기(430)를 통과하여 출력된 제1, 제2 출력 신호를 각 펌프(pump) 신호를 이용하는 광 증폭기(440)에 입사시킬 수 있다. 광 증폭기(440)는 제1, 제2 출력 신호의 스퀴즈드 축(squeezed axis)과 위상(phase)을 동기시킨 펌프(pump) 신호를 입력으로 받아 동기시켜 제1, 제2 입력 신호 및 제1, 제2 출력 신호의 직교(quadrature) 성분만 증폭되도록 제어할 수 있다.
- [0053] 이때 펌프 신호가 입력되기 전에 위상을 동기시킬 수 있으며, 펌프 신호의 위상은 위상 변화기(phase shifter)를 장착하거나 조절하여 위상을 동기시킬 수 있다. 여기서, 위상 변화기는 커플러 또는 빔 분배기가 사용될 수도 있다.
- [0054] 결합분배기(430)의 분배율을 0.5로 설정하고 광 증폭기(440)의 증폭 이득을 2로 설정하여 특정 직교(quadrature) 성분의 확률 분포가 원 신호와 동일한 복수의 출력 신호(제3, 제4 출력 신호)가 출력될 수 있다. 복수의 출력 신호(제3, 제4 출력 신호)는 각각 제1 입력 신호와 동일한 직교(quadrature) 성분 확률 분포함수를 가질 수 있다.
- [0055] 한편, 복수의 출력 신호(제3, 제4 출력 신호)는 수신기(450)를 통해 측정될 수 있다. 수신기(450)는 제1 입력 신호와 동일한 확률 분포를 가진 복수의 출력 신호를 출력하고, 복수의 출력 신호 중 하나의 출력 신호(제3 출력 신호 또는 제4 출력 신호)는 신호의 적어도 일부를 분기하여 모니터링을 위해 사용하며 다른 하나의 출력 신호(제4 출력 신호 또는 제3 출력 신호)는 전송을 위해 사용할 수 있다.
- [0056] 또한, 실시예에 따라 출력 신호(제3 출력 신호 또는 제4 출력 신호)의 적어도 일부를 분기하여 측정을 위해 사용함으로써 모니터링 할 수 있는 별도의 모니터링부를 더 포함할 수도 있다.
- [0057] 이와 같이 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 코히런트(coherent) 신호 전송 시스템을 적용하여 제1 입력 신호와 동일한 복수의 출력 신호를 출력하고, 복수의 출력 신호 중 하나의 출력 신호는 신호의 적어도 일부를 분기하여 모니터링을 위해 사용하며 다른 하나의 출력 신호는 전송을 위해 사용하여 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 할 수 있다.
- [0058] 도 5는 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0059] 도 5를 참조하면, 일 실시예에 따른 비파괴 측정을 이용한 모니터링 방법은 신호를 전송하는 제1 입력 신호와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 제2 입력 신호를 결합분배기를 통해 입력으로 입사시키는 단계(510), 및 결합분배기를 통과하여 출력된 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 위상을 조절하여 각각의 비선형성 물질로 이루어진 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계(520)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0060] 그리고 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시키는 단계는, 결합분배기를 통과한 제1 출력 신호와 제2 출력 신호를, 펌프(pump) 신호를 입사시켜 동작하는 광 증폭기에 입력 신호로서 각각 입사시키는 단계(521), 및 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 스퀴즈드 축(squeezed axis)의 직교 성분과 펌프(pump) 신호의 위상(phase)을

동기시켜 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 직교(quadrature) 성분만 증폭되도록 제어하는 단계(522)를 포함할 수 있다.

- [0061] 따라서 코히런트(coherent) 변조와 코히런트(coherent) 측정을 적용한 코히런트(coherent) 신호 전송 시스템에서 신호에 비선형적 처리를 가하여 원 신호와 동일한 확률 분포를 가진 신호로 복사한다. 그 중 하나의 신호는 측정을 위해 사용하고 다른 하나의 신호는 전송을 위해 사용하는 양자 비파괴 측정 방법을 고안함으로써 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 할 수 있다.
- [0062] 아래에서 각 단계에 대해 더 구체적으로 설명한다.
- [0063] 단계(510)에서, 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 제1 입력 신호와 직교 스퀴즈드 상태(quadrature squeezed state)의 제2 입력 신호를 결합분배기를 통해 결합 분기시킬 수 있다.
- [0064] 단계(520)에서, 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 결합분배기를 통과 결합분배기를 통과하여 출력된 제1 출력 신호와 제2 출력 신호를 각각 위상 조절된 펌프(pump) 신호를 이용하고 비선형성 물질로 이루어진 광 증폭기에 입사시켜 원 신호의 레벨로 증폭시킬 수 있다.
- [0065] 더 구체적으로, 단계(521)에서, 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 결합분배기를 통과하여 출력된 제1 출력 신호와 제2 출력 신호를, 펌프(pump) 신호를 입사시켜 동작하는 광 증폭기에 입력 신호로서 각각 입사시킬 수 있다.
- [0066] 단계(522)에서, 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 스퀴즈드 축(squeezed axis)의 직교 성분과 펌프(pump) 신호의 위상(phase)을 동기시켜 제1 출력 신호와 제2 출력 신호의 직교(quadrature) 성분만 증폭되도록 제어할 수 있다. 여기서 펌프 신호의 위상은 위상 변화기(phase shifter)를 장착하거나 조절함으로써 동기시킬 수 있다.
- [0067] 다시 말하면, 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 결합분배기를 통과하여 출력된 제1 출력 신호와 펌프 신호를 하나의 광 증폭기에 입사시킬 수 있다. 그리고 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 제1 출력 신호의 스퀴즈드 축(squeezed axis)과 펌프 신호의 위상을 동기시켜 제1 출력 신호의 직교 성분만 증폭되도록 제어할 수 있다.
- [0068] 또한, 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 결합분배기를 통과하여 출력된 제2 출력 신호와 펌프 신호를 하나의 광 증폭기에 입사시킬 수 있다. 그리고 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 제2 출력 신호의 스퀴즈드 축(squeezed axis)과 펌프 신호의 위상을 동기시켜 제2 출력 신호의 직교 성분만 증폭되도록 제어할 수 있다.
- [0069] 원 신호의 레벨로 증폭시키기 위해 결합분배기의 분배율을 0.5로 설정하고, 광 증폭기의 증폭 이득을 2로 설정하여 원 신호와 동일한 직교 성분 확률 분포 함수를 가지는 복수의 출력 신호, 즉, 제3, 제4 출력 신호가 출력될 수 있다.
- [0070] 이에 따라 복수의 제3, 제4 출력 신호는 제1 입력 신호와 증폭된 직교(quadrature) 성분의 분포 확률을 가질 수 있다.
- [0071] 다시 말하면, 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템은 코히런트(coherent) 신호 전송 시스템을 적용하여 제1 입력 신호와 동일한 직교 성분 확률 분포 함수를 가지는 복수의 출력 신호(제3, 제4 출력 신호)를 출력하고, 복수의 출력 신호 중 하나의 출력 신호는 신호의 적어도 일부를 분기하여 모니터링을 위해 사용하며 다른 하나의 출력 신호는 전송을 위해 사용하여 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 할 수 있다.
- [0072] 양자 역학에서는 측정을 하는 순간 측정 기저 벡터의 사영으로 고정되어 원 상태의 복귀가 어렵다. 이를 극복하기 위해, 스퀴즈드 상태 신호를 이용하여 원 신호와 동일한 직교 성분 확률 분포 함수를 가지는 2 개의 신호로 복사하는 것을 구현할 수 있다. 여기서, 코히런트 신호 전송 시스템은 신호가 있을 경우 직교 성분 한 성분만 읽어서 통신하는 것을 의미할 수 있다.
- [0073] 이상에서 실시예들에 따르면 양자 비파괴 방법을 이용한 신호의 파괴나 손실 없이 신호를 모니터링 하는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.
- [0074] 실시예들에 따르면 코히런트(coherent) 변조와 코히런트(coherent) 측정을 적용한 코히런트(coherent) 신호 전

송 시스템에서 신호에 비선형적 처리를 가하여 신호와 동일한 신호를 복사하여, 하나의 신호는 측정을 위해 사용하고 다른 하나의 신호는 전송을 위해 사용하는 양자 비파괴 측정 방법을 고안함으로써 신호의 분기에 의한 손실 없이 모니터링 할 수 있는 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.

[0075] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

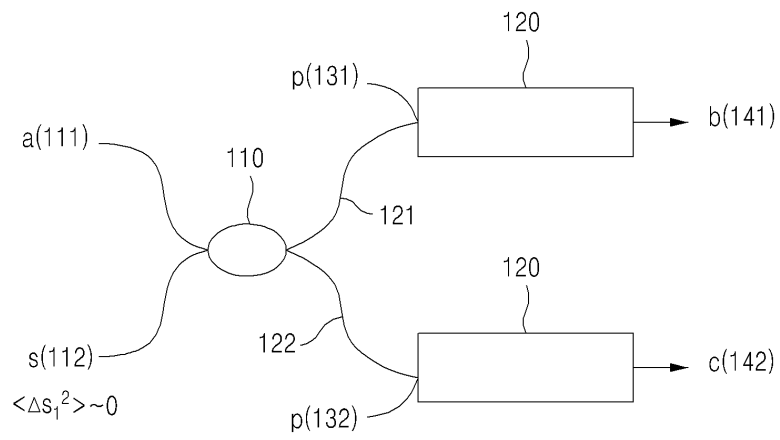
[0076] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

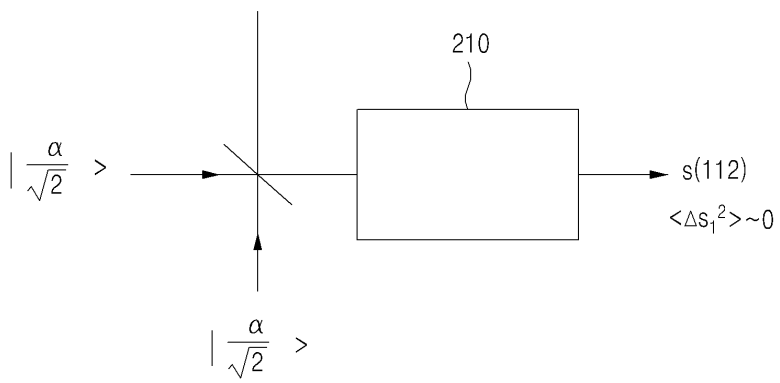
[0077] 110: 결합분배기
 111: 제1 입력 신호
 112: 제2 입력 신호
 120: 광 증폭기
 121: 제1 출력 신호
 122: 제2 출력 신호
 131, 132: 펌프 신호
 141, 142: 복수의 출력 신호(제3 출력 신호 및 제4 출력 신호)
 400: 비파괴 측정을 이용한 모니터링 시스템
 410: 송신기
 420: 스퀴즈드 상태 신호 발생기
 430: 결합분배기
 440: 광 증폭기
 450: 수신기

도면

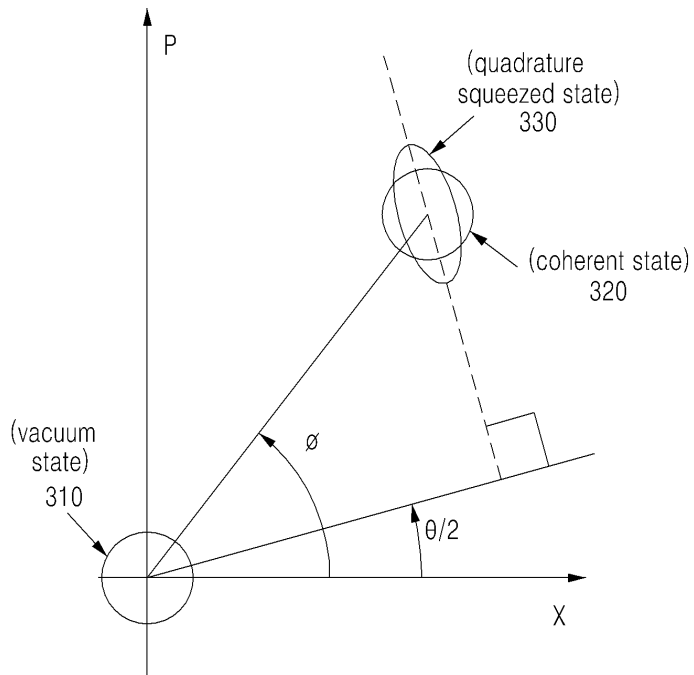
도면1



도면2

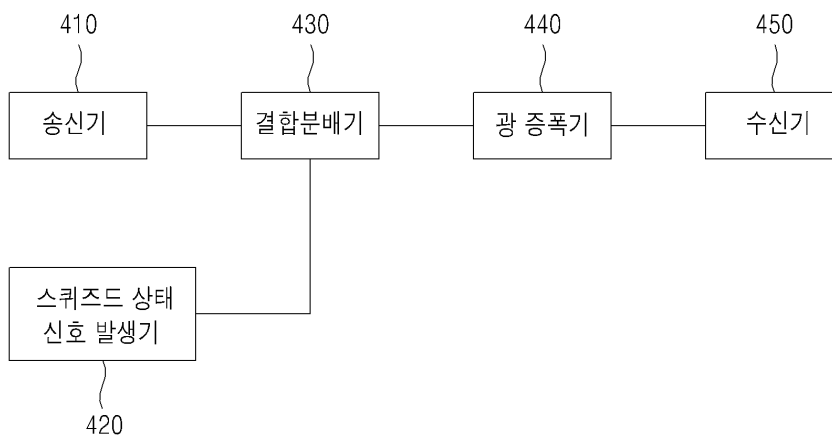


도면3



도면4

400



도면5

