



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0033817
(43) 공개일자 2014년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 9/02 (2006.01) G01B 9/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0100162
(22) 출원일자 2012년09월10일
심사청구일자 2012년09월10일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93
(72) 발명자
김현오
울산광역시 남구 대학로147번길 70,1105호(무거동, 신세대아파트)
(74) 대리인
김중선, 이형석

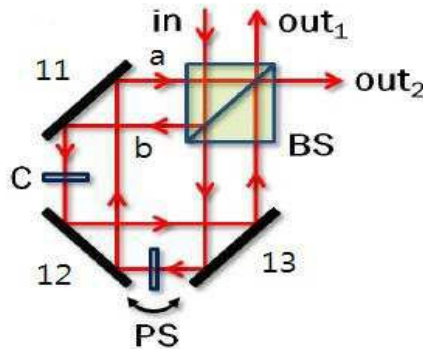
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 사낙 형태로 변형된 마하젠더 간섭계 및 이를 이용한 광펄스 측정장치

(57) 요약

본 발명은 모든 광경로가 동일한 광부품을 서로 공유하여 위상 흔들림을 최소화함으로써 장시간 동안 위상이 안정화된 사낙 형태로 변형된 마하젠더 간섭계 및 이를 이용한 광펄스 측정장치에 관한 것으로, 한쪽 방향으로 광을 입사하고, 입사된 광을 2개의 방향으로 분할하여 반사 및 투과시키는 빔분할기; 상기 빔분할기에서 반사 및 투과된 광을 서로 상이한 각각의 경로를 거쳐 반사시켜 상기 빔분할기에서 다시 합쳐지도록 안내하는 세 개의 제 1 내지 제 3 거울; 및 상기 제 1 내지 제 3 거울 사이의 어느 하나의 경로에 개재되는 위상변화기를 포함하는 사낙 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 제공한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2011-0724
부처명	교육과학기술부
연구사업명	일반연구자지원
연구과제명	소형의 안정적인 얹힘 상태 광자쌍 광원 기술 개발
기 여 율	2/10
주관기관	울산대학교 산학협력단
연구기간	2011.09.01 ~ 2012.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2011-1100
부처명	SK텔레콤
연구사업명	2011 산학위탁용역사업
연구과제명	C-band 통신과장대역 단일광자 및 얹힘 광자 광원 개발
기 여 율	8/10
주관기관	울산대학교 산학협력단
연구기간	2011.12.01 ~ 2012.11.30

특허청구의 범위

청구항 1

한쪽 방향으로 광을 입사하고, 입사된 광을 2개의 방향으로 분할하여 반사 및 투과시키는 빔분할기;

상기 빔분할기에서 반사 및 투과된 광을 서로 상이한 각각의 경로를 거쳐 반사시켜 상기 빔분할기에서 다시 합쳐지도록 안내하는 세 개의 제 1 내지 제 3 거울; 및

상기 제 1 내지 제 3 거울 사이의 어느 하나의 경로에 개재되는 위상변화기를 포함하는 사낙 형태로 변형된 마하젠더 간섭계.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 빔분할기는;

가시광 영역에서 투과율과 반사율이 각각 50:50인 것을 특징으로 하는 사낙 형태로 변형된 마하젠더 간섭계.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제 1 내지 제 3 거울 사이의 상기 위상변화기를 포함하지 않는 다른 하나의 경로에 개재되어 광경로차를 보정하는 보정기를 더 포함하는 사낙 형태로 변형된 마하젠더 간섭계.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 위상변화기는;

회전 가능한 광마운트에 부착되어 소정의 각도로 회전되는 것을 특징으로 하는 사낙 형태로 변형된 마하젠더 간섭계.

청구항 5

레이저 다이오드;

상기 레이저 다이오드로부터 레이저를 입사하여, 편광 상관관계를 갖는 동일한 파장의 광자쌍을 발생하는 BBO 결정;

상기 BBO 결정에서 발생한 광자쌍을 입사하여 선택적으로 반사 및 투과하는 편광 빔분할기;

상기 편광 빔분할기에서 반사된 수직편광의 광자를 측정하는 제 1 단일광자 검출기;

상기 편광 빔분할기에서 투과된 수평편광의 광자를 입사하여 두개의 서로 다른 광경로를 거쳐 전달하는 간섭계; 및

상기 간섭계를 거친 상기 수평편광의 광자를 측정하는 제 2 단일광자 검출기를 포함하는 사낙 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 이용한 광펄스 측정장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 간섭계는;

한쪽 방향으로 광을 입사하고, 입사된 광을 2개의 방향으로 분할하여 반사 및 투과시키는 빔분할기;

상기 빔분할기에서 반사 및 투과된 광을 서로 상이한 각각의 경로를 거쳐 반사시켜 상기 빔분할기에서 다시 합쳐지도록 안내하는 세 개의 제 1 내지 제 3 거울; 및

상기 제 1 내지 제 3 거울 사이의 어느 하나의 경로에 개재되는 위상변화기를 포함하는 것을 특징으로 하는 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 이용한 광펄스 측정장치.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 BBO 결정은 제 2형의 위상정합조건을 만족하며,

상기 BBO 결정에서 발생한 광자쌍은 펄스빔의 진행방향과 동일한 방향으로 진행하는 것을 특징으로 하는 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 이용한 광펄스 측정장치.

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 레이저 다이오드로부터 중심파장이 403.3nm인 레이저가 상기 BBO 결정에 입사하고, 상기 BBO 결정은 806.6nm의 편광 상관관계를 갖는 동일한 파장의 광자쌍이 발생하는 것을 특징으로 하는 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 이용한 광펄스 측정장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 광 간섭계 및 이를 이용한 광펄스 측정장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 모든 광경로가 동일한 광부품을 서로 공유하여 위상 흔들림을 최소화함으로써 장시간 동안 위상이 안정화된 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계 및 이를 이용한 광펄스 측정장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 정밀측정은 기초과학 및 응용기술 분야에서 가장 중요한 주제중의 하나이며, 미세한 길이 변화를 가장 정밀하게 측정할 수 있는 대표적인 방법은 간섭계를 이용하는 것이다.

[0003] 간섭계는 빛이 진행하는 두 경로의 길이차이에 따라 발생하는 간섭무늬를 측정하여 입사하는 빛의 특성 측정이나 광경로 상에 놓인 매질의 굴절률, 두께 등의 광학적인 특성을 평가하는데 많이 이용된다.

[0004] 간섭계를 구성하는데 있어서 가장 중요한 것은 미세한 광학계의 정렬과 더불어 간섭계의 두 경로 사이의 상대적인 위상이 안정되게 유지되어야 한다.

[0005] 빛의 간섭현상을 이용하는 산업 및 연구용 측정 장비 등에 포함되는 간섭계나 교육용 광학실험에서 많이 활용되는 간섭 실험에서 일반적으로 가장 많이 사용되는 간섭계는 마이켈슨(Michelson) 간섭계와 마하젠더 간섭계(Mach-Zehnder interferometer, MZI)이다.

[0006] 도 1은 종래의 일반적인 마하젠더 간섭계를 나타낸 블록도이다.

[0007] 도시된 바와 같이, 종래의 일반적인 마하젠더 간섭계는 2개의 반투명 거울로 형성된 제 1 및 제 2 빔분할기

(BS1,BS2)와, 2개의 제 1 및 제 2 반사 거울(G1, G2)로 구성된다. 제 1 빔분할기(BS1)에서 반사한 빛은 제 1 반사 거울(G1)에서 반사하여 제 2 빔분할기(BS2)에 도달한다(a 경로). 한편 제 1 빔분할기(BS1)에서 투과한 빛은 제 2 반사 거울(G2)에서 반사되어 제 2 빔분할기(BS2)에 도달한다(b 경로). 제 2 빔분할기(BS2)에서는 상기 a와 b의 두 상이한 경로를 거쳐 온 빛이 반사, 투과하여 2개의 간섭신호를 만들어 낸다. 간섭하는 빛은 상이한 경로를 거치기 때문에 한쪽 혹은 양쪽 광로 내에 물질을 삽입할 수 있어 그 굴절률의 변화를 측정할 수 있다. 마이켈슨 간섭계와 다른 것은 2개의 간섭신호를 얻게 되는 점으로서, 신호 처리에 의해 광원의 강도변동이나 손실의 변화 등 영향을 제거할 수 있다.

[0008] 그러나 이와 같은 종래의 일반적인 마하젠더 또는 마이켈슨 간섭계는 빛이 진행하는 두 경로에 놓인 광부품들이 서로 분리되어 있어서 광마운트의 열팽창이나 공기의 흐름, 미세한 진동에 의해서도 간섭계의 위상이 쉽게 흔들릴 수 있기 때문에 안정적인 간섭계를 구성하기가 쉽지 않은 문제점이 있었다.

[0009] 특히, 장거리 광섬유기반 간섭계의 경우에는 위상의 흔들림을 극복하기 위해서 참조광(reference beam)을 이용하여 위상의 흔들림을 능동적으로 제어하는 것이 요구되기도 하며, 또한 간섭무늬를 관측하기 위해서 파장범위 내에서 정밀하게 위치 제어가 가능한 거리이동장치를 이용해야 하는 문제점도 있었다.

[0010] 따라서 위상의 흔들림을 최소화할 수 있는 간섭계의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-0337646호(2002년05월09일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 모든 광경로가 동일한 광부품을 서로 공유하여 위상 흔들림을 최소화함으로써 장시간 동안 위상이 안정화된 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계 및 이를 이용한 광펄스 측정장치를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 한쪽 방향으로 광을 입사하고, 입사된 광을 2개의 방향으로 분할하여 반사 및 투과시키는 빔분할기; 상기 빔분할기에서 반사 및 투과된 광을 서로 상이한 각각의 경로를 거쳐 반사시켜 상기 빔분할기에서 다시 합쳐지도록 안내하는 세 개의 제 1 내지 제 3 거울; 및 상기 제 1 내지 제 3 거울 사이의 어느 하나의 경로에 개재되는 위상변화기를 포함하는 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 제공한다.

[0014] 상기 빔분할기는 가시광 영역에서 투과율과 반사율이 각각 50:50인 것이 바람직하며, 편광빔분할기(polarizing beam splitter)를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 제 1 내지 제 3 거울 사이의 상기 위상변화기를 포함하지 않는 다른 하나의 경로에 개재되어 광경로차를 보정하는 보정기를 더 포함할 수 있다.

[0016] 상기 위상변화기는 회전 가능한 광마운트에 부착되어 소정의 각도로 회전되는 것이 바람직하다.

[0017] 또한, 본 발명은, 레이저 다이오드; 상기 레이저 다이오드로부터 레이저를 입사하여, 편광 상관관계를 갖는 동일한 파장의 광자쌍을 발생하는 BBO 결정; 상기 BBO 결정에서 발생한 광자쌍을 입사하여 선택적으로 반사 및 투과하는 편광 빔분할기; 상기 편광 빔분할기에서 반사된 수직편광의 광자를 측정하는 제 1 단일광자 검출기; 상기 편광 빔분할기에서 투과된 수평편광의 광자를 입사하여 두개의 서로 다른 광경로를 거쳐 전달하는 간섭계; 및 상기 간섭계를 거친 상기 수평편광의 광자를 측정하는 제 2 단일광자 검출기를 포함하는 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 이용한 광펄스 측정장치를 제공한다.

[0018] 여기서, 상기 간섭계는; 한쪽 방향으로 광을 입사하고, 입사된 광을 2개의 방향으로 분할하여 반사 및 투과시키는 빔분할기; 상기 빔분할기에서 반사 및 투과된 광을 서로 상이한 각각의 경로를 거쳐 반사시켜 상기 빔분할기에서 다시 합쳐지도록 안내하는 세 개의 제 1 내지 제 3 거울; 및 상기 제 1 내지 제 3 거울 사이의 어느 하나의 경로에 개재되는 위상변화기를 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 BBO 결정은 제 2형의 위상정합조건을 만족하며, 상기 BBO 결정에서 발생한 광자쌍은 펄스빔의 진행 방향과 동일한 방향으로 진행하는 것이 바람직하다.

[0020] 상기 레이저 다이오드로부터 중심파장이 403.3nm인 레이저가 상기 BBO 결정에 입사하고, 상기 BBO 결정은 806.6nm의 편광 상관관계를 갖는 동일한 파장의 광자쌍이 발생하는 것이 더욱 바람직하다.

발명의 효과

[0021] 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계 및 이를 이용한 광펄스 측정장치에 의하면, 모든 광경로가 동일한 광부품을 서로 공유하여 위상 흔들림을 최소화함으로써 장시간 동안 위상을 안정화시킬 수 있으며, 소형의 간섭계 구성이 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 종래의 일반적인 마하젠더 간섭계를 나타낸 블록도.

도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 나타낸 블록도.

도 3은 본 발명 간섭계의 위상변화기(PS)의 각도를 회전시키면서 빔분할기(BS)의 두 출구에서 두 개의 단일광자 검출기로 1초당 측정된 단일계수를 보인 그래프.

도 4는 1시간 동안 두 간섭계에서 측정된 단일계수의 변화를 보인 그래프이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 이용한 광펄스 측정장치를 나타낸 블록도.

도 6은 본 발명의 측정장치에서 생성된 광자쌍으로부터 준비된 단일광자를 이용한 간섭실험의 결과를 보인 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0024] 도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 나타낸 블록도이다.

[0025] 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계는, 한쪽 방향으로 광을 입사하고, 입사된 광을 2개의 상이한 경로를 거쳐 반사 및 투과시키는 빔분할기(Beam Splitter; BS)와, 상기 빔분할기(BS)에서 반사 및 투과된 광을 상기 각각의 경로(a,b)로 반사시키는 세 개의 제 1 내지 제 3 거울(11,12,13)로 구성된다.

[0026] 상기 빔분할기(BS)는 편광빔분할기(polarizing beam splitter)를 포함할 수 있으며, 가시광 영역에서 투과율과 반사율이 각각 50:50으로 설정된다. 상기 세 개의 제 1 내지 제 3 거울(11,12,13)은 직경이 대략 2인치로 형성되어 상기 빔분할기(BS)와 함께 4각의 꼭지점에서 안쪽방향을 향하도록 설치된다.

[0027] 따라서, 빔분할기(BS)의 한 쪽 입구에 입사한 광은 두 경로 a, b로 나누어지고, 세 개의 제1 내지 제3 거울(11,12,13)에서 각각 반사가 된 후 빔분할기(BS)에서 다시 합쳐진다.

[0028] 또한, 본 발명의 간섭계의 어느 하나의 경로 a에는 미세한 위상변화기(Phase Shifter; PS)를 설치하고, 다른 하나의 경로 b에는 광경로차를 보정하기 위한 보정기(Compensator; C)를 설치한다.

[0029] 각각의 상기 위상변화기(PS) 및 보정기(C)는 두께가 대략 $65.6 \pm 0.15 \mu\text{m}$ 인 커버 글래스(Cover Glass)로 형성될 수 있다.

- [0030] 상기 위상변화기(PS)는 분해능이 1도인 회전 가능한 광마운트(미도시)에 부착하여 회전 가능하게 형성하는 것이 바람직하다.
- [0031] 상기 빔분할기(BS)의 두 출구로 빠져나온 광은 도시되지 않았으나, 광섬유 집속기(fiber collimator)를 통해서 코어의 직경이 대략 62.5 μ m인 다중모드 광섬유(multimode fiber)와 결합하게 되고 최종적으로 단일광자 검출기(Perkin Elmer)(도 5 참조)를 통해서 측정될 수 있다.
- [0032] 단일광자 검출기는 입사하는 광이 없을 때 바탕계수(dark count)가 약 200 Hz이고, 측정 파장영역에서 광자 측정 효율은 약 65%이다. 단일광자 검출기에서 측정된 광에 대한 TTL(transistor.transistor logic) 출력신호는 계수기를 통해서 단위시간동안 측정된 평균 광자수로 측정될 수 있다.
- [0033] <실험예 1>
- [0034] 도 3은 본 발명 간섭계의 위상변화기(PS)의 각도를 -20도에서 +20도까지 1도씩 회전시키면서 빔분할기(BS)의 두 출구에서 두 개의 단일광자 검출기로 1초당 측정된 단일계수(single counts)를 보인 그래프이다.
- [0035] 도 3의 (a)와 (b)의 점들은 빔분할기(BS)의 두 출구 out1과 out2에서 1초 단위로 20번씩 반복 측정된 단일계수의 평균값이고, 측정값들의 표준편차는 점의 크기보다 작다. 간섭무늬의 선명도는 각각 97%와 95%를 나타내었다. 일반적으로 간섭실험에서는 간섭계의 위상변화에 따라 보강간섭과 소멸 간섭을 명확히 구분할 수 있어야 하며, 특히 간섭계에 수반되는 빛의 파장만큼 즉, 간섭무늬의 한 주기만큼의 위상변화를 얼마나 정확히 도입할 수 있는가 하는 것이 중요하다.
- [0036] 본 실험예 1에서 위상변화기(PS)를 회전하기 위한 광마운트의 분해능은 1도인데, 위상변화기(PS)의 회전각도가 0도인 점을 기준으로 2π rad의 위상변화를 도입하기 위해서 도 3(a)의 경우는 17.48도, 도 3(b)의 경우는 18.04의 각도 범위에서 한 주기에 해당하는 안정적인 간섭무늬가 관측되었다. 위상변화기(PS)의 회전각도가 증가하면서 발생하는 두 빔의 공간적인 어긋남(walk-off)은 간섭계의 출구에서 단일모드 광섬유를 이용하면 해결할 수 있다.
- [0037] <비교예 1>
- [0038] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계는, 일반적으로 많이 사용되는 도 1과 같은 보통의 마하젠더 간섭계에 비해서 간섭계의 두 경로사이의 상대적인 위상을 장시간에 걸쳐서 안정적으로 유지할 수 있다.
- [0039] 본 발명의 간섭계와 종래의 간섭계의 안정성을 비교하기 위해서 He-Ne 레이저에서 나온 세기가 감쇄된 광을 빔분할기로 나눈 후 두 간섭계의 한 쪽 입구에 각각 입사시키고 각 간섭계의 출구에서 단일광자 검출기를 이용하여 단일계수를 측정하였다.
- [0040] 두 간섭계의 광경로는 약 20cm로 동일하게 하였고, 실험환경은 잡광(noise), 공기의 흐름 및 외부 진동에 의한 영향은 최소화 되도록 하였다. 간섭계 자체의 불안정에 의한 위상 흔들림의 영향만을 측정하기 위해서 위상변화기(PS)를 이용하여 간섭계의 두 경로사이에 $\pi/2$ rad의 위상변화를 도입하였고, 각각의 검출기에서 측정된 단일계수가 중간값으로부터 얼마나 변하는지를 측정하였다.
- [0041] 도 4는 1시간 동안 두 간섭계에서 측정된 단일계수의 변화를 보인 그래프이다.
- [0042] 간섭계의 두 경로 사이에 위상차가 없을 때 즉, 보강간섭이 일어나는 조건에서 두 검출기에서 측정된 단일계수는 약 60,000Hz이었고, 두 간섭계에서 측정된 단일계수의 중간값은 각각 29,504Hz와 30,733Hz이었다.
- [0043] 종래의 간섭계에서 측정된 단일계수의 변화로부터 알 수 있는 위상의 흔들림은 1시간 동안 ± 1.02 rad인 반면에 본 발명의 간섭계의 위상은 ± 0.18 rad 이내에서 안정적으로 유지되었다. 즉, 종래의 간섭계는 중간값으로부터 $\pm \pi/2$ rad의 범위 내에서 $\pm 32.51\%$ 만큼의 위상 흔들림을 보였지만, 본 발명의 간섭계는 $\pm 5.88\%$ 로 안정적으로 유지되었다.
- [0044] 도 5는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 사냥 형태로 변형된 마하젠더 간섭계를 이용한 광펄스 측정장치를

나타낸 블록도이다.

- [0045] 도 5에 도시된 바와 같이, 레이저 다이오드(20)로부터 중심파장이 403.3nm인 레이저가 제 2형의 위상정합조건 (type-II birefringence phase matched)을 만족하는 BBO(β -BaB₂O₄)결정(crystal)(30)에 입사하면, 806.6nm의 편광 상관관계를 갖는 동일한 파장의 광자쌍이 발생하며, 펄스빔의 진행방향과 동일한 방향으로 진행한다.
- [0046] 제 1 단일광자 검출기(40)가 편광 빔분할기(polarizing beam splitter, PBS)에서 반사된 수직편광의 광자 하나를 측정하면, PBS의 투과 경로에는 조건적으로 수평편광을 갖는 하나의 광자가 준비된다.
- [0047] BBO 결정(30)에서 발생한 서로 직교하는 편광을 갖는 두 광자는 이색성 거울(dichroic mirror, DM)을 통과한 후 PBS에서 수직편광의 광자는 반사되어 제 1 단일광자 검출기(40)로 입사되고 수평편광의 광자는 본 발명의 간섭 계(10)를 거친 후 제 2 단일광자 검출기(41)로 향하게 된다.
- [0048] 본 실시예에 적용되는 간섭계(10)의 구조는 도 2에 예시된 구조와 동일하지만, 위상변화기(PS) 및 보정기(C)에 해당하는 CG의 두께는 120 μ m인 것을 사용하였다. 간섭계(10)에 수반되는 단일광자의 파장이 806.6nm이고 위상변화기로 이용한 CG의 두께가 120 μ m인 CG를 이용한 간섭계(10)는 CG의 회전각도가 0도인 점을 기준으로 ± 7.32 도 만큼 회전했을 때 $\pm \pi/2$ rad의 위상변화를 도입할 수 있다.
- [0049] <실험예 2>
- [0050] 도 6은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 광펄스 측정장치에서 생성된 광자쌍으로부터 준비된 단일광자를 이용한 간섭실험의 결과를 보인 그래프이다.
- [0051] 본 발명 간섭계(10)의 한쪽 경로에 놓인 PS의 각도를 -18도에서 +18도까지 1도씩 회전시키면서 간섭계(10)의 두 출구에 놓인 두 개의 단일광자 검출기(40)(41)로 1초당 20 번씩 단일계수 및 동시계수(coincidence counts)를 반복 측정하였으며, 동시계수에서 측정된 간섭무늬의 선명도는 0.89 ± 0.19 이었다.
- [0052] 제 1 단일광자 검출기(40)에서 측정된 단일계수는 약 286,707Hz이었고, 실험에 사용된 동시계수기의 시간분해능은 5ns이므로 보강간섭이 일어날 때 발생하는 최대 우발 동시계수(accidental coincidence)는 약 188Hz로써 실험값에는 거의 영향을 주지 않는다.
- [0053] 도 3에서 보인 결과에 비해서 간섭무늬의 선명도가 다소 낮게 측정된 것은 CG의 두께가 약 2배로 증가함에 따라서 발생하는 공간적인 어긋남의 정도가 증가하고 검출기(40)(41)와 연결된 다중모드 광섬유가 이러한 어긋남을 충분히 보정하지 못하기 때문인 것으로 추정된다.
- [0054] 본 발명의 간섭계(10)를 이용한 단일광자 간섭실험은 광펄스 측정장치에서 생성된 광자쌍을 이용한 두-광자 간섭실험으로 쉽게 확장이 가능하며, 종래의 간섭계를 이용하는 것에 비해서 보다 안정적이고 효율적으로 활용할 수 있다.
- [0055] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시예에 관한 것이고, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니므로, 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위 위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 권리범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

- [0056] 10 : 간섭계
11, 12, 13 : 제 1 내지 제 3 거울
20 : 레이저 다이오드
30 : BBO 결정
40 : 제 1 단일광자 검출기

41 : 제 2 단일광자 검출기

BS : 빔분할기

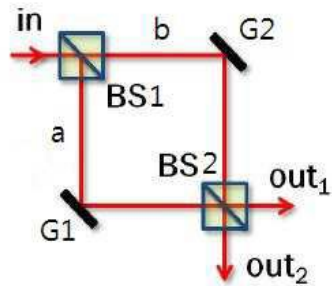
PS : 위상변화기

C : 보정기

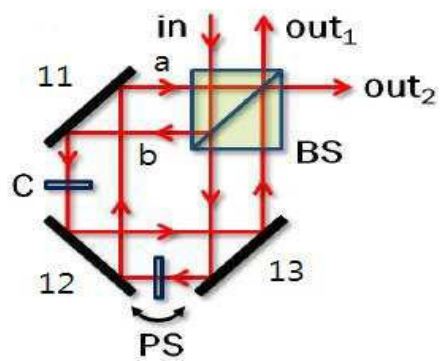
PBS : 편광 빔분할기

도면

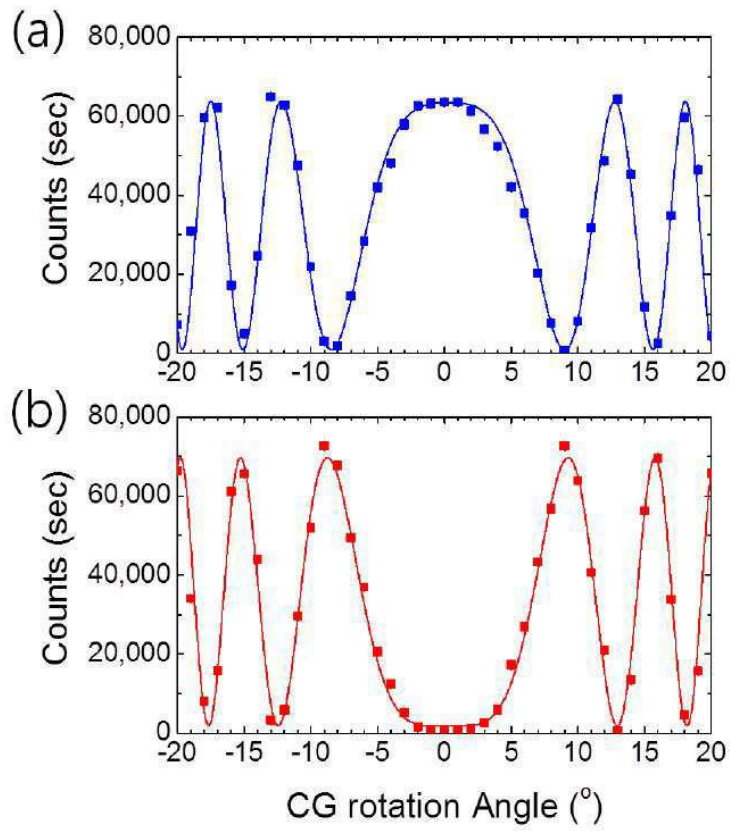
도면1



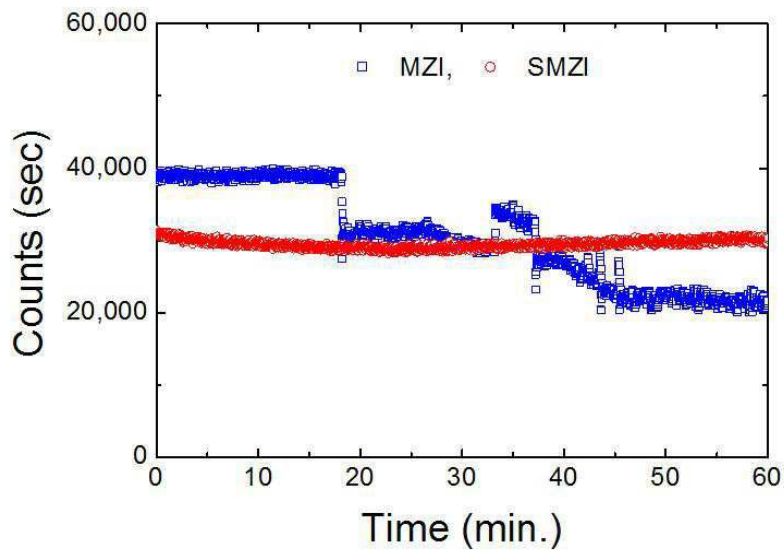
도면2



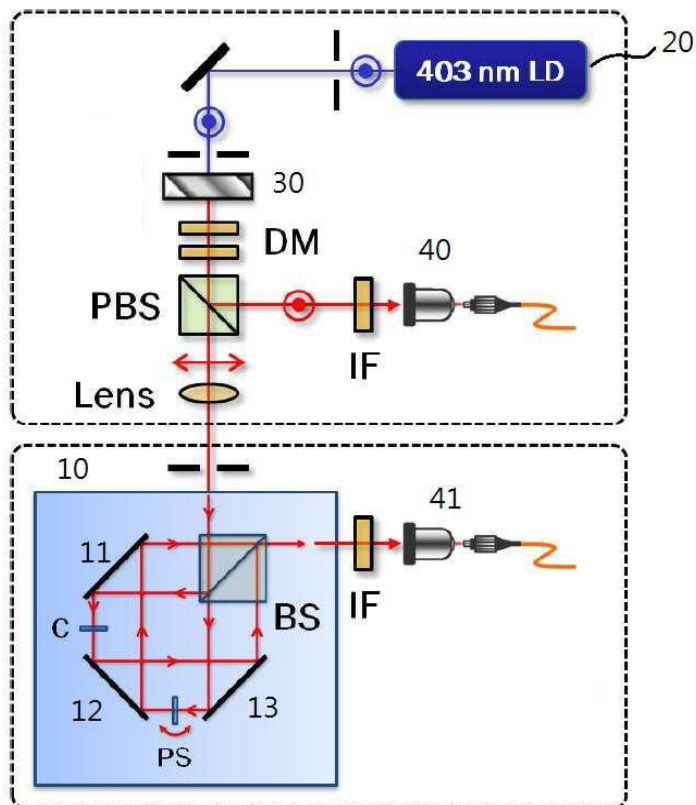
도면3



도면4



도면5



도면6

