



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년09월08일
(11) 등록번호 10-1063508
(24) 등록일자 2011년09월01일

(51) Int. Cl.

G11C 11/42 (2006.01) G11C 13/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0022444

(22) 출원일자 2010년03월12일

심사청구일자 2010년03월12일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020080036794 A*

KR1019930001143 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

함병승

인천광역시 남구 용현4동 인하대학교

(74) 대리인

유완식, 이은철

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 윤난영

(54) 광잠금 포톤에코 장치 및 방법

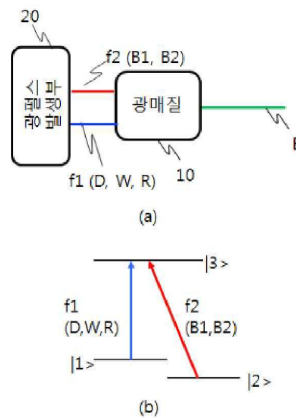
(57) 요약

본 발명은 포톤에코 장치 및 방법에 관한 것으로, 기존 포톤에코의 제한된 에코 효율성의 문제점을 해결하고 스핀위상전이시간으로 기존의 저장시간 제약을 극복 가능한 광잠금 포톤에코 장치 및 방법을 구현하는 것에 그 목적이 있다.

아울러, 기존의 위상잠금 포톤에코 버전과는 달리, 본 발명은 광밀도전이뿐만 아니라 각각의 원자 위상진화(phase evolution)도 정지하게 한다. 따라서, 본 발명에 있어서 저장시간 연장은 50% 이상의 복구 효율성을 가지면서 저장시간을 최고 스핀밀도전이시간까지 연장 가능하다.

게다가 본 발명에서 위상잠금 포톤에코나 공명하는 라만에코에서처럼 광결맞음 손실은 저장시간 동안에는 일어나지 않으면서, 저장시간이 세 펄스 포톤에코의 고유한 광위상잠금 특성에 의해 위상잠금 포톤에코와는 달리 비균질 스핀위상분포(spin inhomogeneous broadening)에 의한 스핀위상전이에도 불변한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010-0000690

부처명 한국연구재단

연구관리전문기관

연구사업명 창의적연구진흥사업

연구과제명 광양자정보처리연구단

기여율

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2010년 03월 01일 ~ 2011년 02월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

포톤에코 장치에 있어서,

세 개의 에너지 준위 $|1\rangle$, $|2\rangle$, $|3\rangle$ 를 갖고, 광펄스발생부로부터 광펄스를 입력 받아 위상맞춤조건을 만족하는 출력광(E)을 출력하는 비선형 광매질; 및

상기 광매질의 상기 에너지 준위 사이에서 공진하는 최소 5개의 광펄스를 생성하는 광펄스발생부;를 포함하며,

상기 최소 5개의 광펄스는,

상기 광매질의 상기 에너지 준위 $|1\rangle$ 과 $|3\rangle$ 사이에서 공진하는 입력광(D), 쓰기광(W) 및 읽기광(R)을 포함하는 제1광펄스군; 및

상기 광매질의 상기 에너지 준위 $|2\rangle$ 와 $|3\rangle$ 사이에서 공진하는 제1조절광(B1) 및 제2조절광(B2)을 포함하는 제2광펄스군;인 것을 특징으로 하는 광잠금 포톤에코 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 광펄스발생부는,

제1레이저빔을 출력하는 제1광원; 및

제2레이저빔을 출력하는 제2광원;

상기 최소 5개의 광펄스 중 일부 광펄스를 생성하기 위해, 상기 제1광원으로 부터의 제1레이저빔을 연속 광펄스로 변조하는 제1광변조모듈;

상기 최소 5개의 광펄스 중 상기 제1광변조모듈에서 생성되는 광펄스 이외의 광펄스를 생성하기 위해, 상기 제2광원으로부터의 제2레이저빔을 연속 광펄스로 변조하는 제2광변조모듈; 및

상기 제1광변조모듈 및 상기 제2광변조모듈의 광펄스를 동조화하기 위한 동조신호를 생성하는 조절모듈;을 포함하는 것을 특징으로 하는 광잠금 포톤에코 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1광펄스군과 상기 제2광펄스군의 파장 또는 극성은 서로 다른 것을 특징으로 광잠금 포톤에코 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 최소 5개의 광펄스는,

광섬유, 표면플라즈몬 또는 자유공간을 통해 상기 광매질로 입사되는 것을 특징으로 하는 광잠금 포톤에코 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 세 개의 에너지 준위는,

상기 에너지 준위 $|1\rangle$ 과 $|2\rangle$ 는 바닥상태이고,

상기 에너지 준위 $|3\rangle$ 은 각각의 바닥상태로부터 광전이가 가능한 들뜬상태인 것을 특징으로 하는 광잠금 포톤에코 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 입력광(D)과 쓰기광(W)의 시간간격은 광위상전이시간보다 짧되 손실에 의한 결맞음을 잃지 않는 시간간격인 것을 특징으로 하는 광잠금 포톤에코 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1조절광(B1) 및 상기 제2조절광(B2)의 시간간격은 스핀밀도전이시간보다 짧은 것을 특징으로 하는 광잠금 포톤에코 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1조절광(B1) 및 상기 제2조절광(B2)의 각각의 펄스면적이 π , 3π 이고, 그 합은 4π 를 만족하는 것을 특징으로 하는 광잠금 포톤에코 장치.

청구항 10

세 개의 에너지 준위 $|1\rangle$, $|2\rangle$, $|3\rangle$ 를 갖고, 광펄스발생부로부터 광펄스를 입력 받아 출력광(E)을 출력하는 비선형 광매질; 및

상기 광매질의 상기 에너지 준위 사이에서 공진하는 하나 또는 다수의 입력광(D), 쓰기광(W), 읽기광(R), 제1조절광(B1) 및 제2조절광(B2)을 생성하는 광펄스발생부;를 포함하는 광잠금 포톤에코 장치를 이용한 위상맞춤조건을 만족하는 출력광(E)을 출력하기 위한 광잠금 포톤에코 방법에 있어서,

입력광(D)이 상기 광매질로 입사하는 단계;

쓰기광(W)이 상기 광매질로 입사하는 단계;

시간적으로 떨어진 입력광(D)과 쓰기광(W)이 더불어 스펙트럼 격자를 만드는 단계;

제1조절광(B1)이 상기 광매질로 입사하는 단계;

제2조절광(B2)이 상기 광매질로 입사하는 단계;

읽기광(R)이 상기 광매질로 입사하는 단계;

상기 스펙트럼 격자에 저장된 상기 입력광(D)의 정보가 상기 읽기광(R)에 의해 재생되는 단계; 및

상기 광매질과 상호작용에 의해 상기 입력광(D), 쓰기광(W) 및 읽기광(R)이 위상맞춤조건을 만족하는 출력광(E)을 출력하는 단계;를 포함하는 광잠금 포톤에코 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 포톤에코 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 세 개의 에너지 준위를 갖는 비선형 광매질과 광매질의 에너지 준위 사이에서 공진하는 최소 5개의 광펄스를 생성하는 광펄스발생부를 포함하는 광잠금 포톤에코 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 양자정보 저장은 비교적 짧은 저장시간을 요구하는 양자컴퓨터에서부터 긴 저장시간을 필요로 하는 장거리 양자암호와 같은 양자통신에 이르기까지 양자정보 진행과정에 있어서 필요한 구성요소이다.

[0003] 모든 고전적 광메모리와 마찬가지로, 양자메모리 또한 쓰는 속도, 대역폭 및 저장시간에 따라 그 성능이 결정지어진다. 비록 멈춘 빛을 이용하는 느린 빛 양자메모리가 양자데이터 저장을 증명하는 데 성공하였지만, 제한된 저장시간과 단 한 개의 양자정보를 사용할 수밖에 없는 실질적인 한계가 양자통신에 있어 걸림돌이 되었다(참조, "NatureVol." 409권(2001년) 490-493페이지에 C. Liu가 기고한 내용).

[0004] 다른 한편으로 포톤에코는 최근 고속처리, 광대역폭 및 장시간 저장의 특성으로 인해 양자메모리 적용을 위해 집중적으로 연구되어 왔다(참조, "Phys.Rev.Lett." 100권(2008년) 023601페이지에 G. Hetet가 기고한 내용, "NatureVol." 461권(2009년) 241-245페이지에 B. Hosseini가 기고한 내용).

[0005] 또한 포톤에코는 회토류가 도핑된 광매질을 이용해서 양자정보 저장을 직접적으로 보여주는 데 실험적으로 성공했다(참조, "NatureVol." 456권(2008년) 773-777페이지에 H. de Riedmatten가 기고한 내용).

[0006] 광메모리로 사용되기 위해서는 두펄스 포톤에코에 있어 에코 효율성이 50%보다 높아야 한다. 그러나 두펄스 포톤에코는 저장시간이 위상전이시간에 의해 제한되며, 회토류가 도핑된 광매질에서 약 100 마이크로초이다.

[0007] 세펄스 포톤에코 저장시간은 광밀도전이시간에 의해 제한되며 이는 광위상전이시간과 비슷하다. 두펄스 포톤에코와는 달리, 세펄스 포톤에코는 광밀도전이에 의한 결맞음 손실로 인해 저장된 정보의 50% 이상은 복구할 수 없다.

[0008] 최근에는 이러한 지금까지의 포톤에코의 문제점을 보완하고자, 복구 효율성뿐만 아니라 저장시간을 연장할 수 있는 수정방법이 제시되고 있다. 저장시간에 관해서는 단 한 개의 수정안, 즉 원자주파수빗(Atomic Frequency Comb, AFC) 방법만이 성공했다(참조, "Phys.Rev.A" 79권(2009년) 052329페이지에 M. Afzelius가 기고한 내용). 그러나 AFC의 문제점은 정확한 스펙트럼 격자(Spectral Grating)를 형성하기 위해 약한 두 개의 광펄스로 이루어진 수백개의 연속 광펄스를 입사시켜야 하기 때문에 오랜 준비 시간을 필요로 한다는 것에 있다.

[0009] 광잠금 에코 방법에 있어서, 저장시간은 광위상전이시간을 스핀위상전이시간으로 연장하는 것이다. 하지만 비균질 스핀매질에서, 스핀위상전이시간은 오히려 짧아질 수 있는데, 이는 비균질스핀위상의 분포너비에 반비례한다(참조, "arXiv" 0911.3869 (2009년) B. S. Ham이 기고한 내용, "Opt.Commun." 247권(2005년) 393-403페이지에 M. Nilsson이 기고한 내용).

[0010] 또한, 위상잠금 포톤에코나 공명하는 라만에코의 경우는 광결맞음 손실이 저장시간 동안에 일어난다(참조, "NaturePhoton." 3권(2009년) 518-522페이지에 B. S. Ham이 기고한 내용).

[0011] 또한, 경사에코(Gradient Echo)를 이용한 수정된 두펄스 포톤에코 방법에서는 외부에서 인가된 DC전압이나 자기장 변화도를 이용하여 위상역전을 이루기에, 일반적인 포톤에코에서 사용되는 위상역전 광펄스에 의한 자발방출 소음(Noise)을 제거할 수 있다. (참조, "Phys. Rev. Lett." 100권(2008년) 023601페이지에 S. Hetet가 기고한 내용). 그러나 저장시간은 여전히 광위상전이시간에 의해 제한되고 이는 천분의 일초보다 훨씬 짧은 시간이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 전술한 바와 같은 기술적 과제를 해결하는 데 목적이 있는 발명으로서, 제한된 에코 효율성의 문제점을 해결하고 스핀위상전이시간으로 제한된 기존의 저장시간 제약을 극복 가능한 광잠금 포톤에코 장치 및 방법을 구현하는 것에 그 목적이 있다.

[0013] 아울러, 기존의 위상잠금 포톤에코 버전과는 달리, 본 발명은 광밀도전이뿐만 아니라 각각의 원자 위상진화(phase evolution)도 정지하게 한다. 따라서 본 발명에 있어서 저장시간 연장은 50% 이상의 복구 효율성을 가지

면서 저장시간을 최고 스핀밀도전이시간까지 연장하는 것에 그 목적이 있다. 부연하자면 스핀밀도전이시간은 기존 모든 포톤에코 저장시간의 한계인 스핀위상전이시간에 비해 백만배 이상 긴 시간이다.

[0014] 게다가 본 발명은, 위상잡음 포톤에코나 공명하는 라만에코에서처럼 광결맞음 손실은 저장시간 동안에는 일어나지 않으면서, 저장시간이 세펄스 포톤에코의 고유한 광위상잡음 특성에 의해, 위상잡음 포톤에코와는 달리 비균질스핀위상분포(spin inhomogeneous broadening)에 의한 스핀위상전이에도 불변하도록 하는 것에도 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 일실시예에 따른 광잡음 포톤에코 장치는 세 개의 에너지 준위 $|1\rangle$, $|2\rangle$, $|3\rangle$ 를 갖고, 광펄스발생부로부터 광펄스를 입력 받아 위상맞춤조건을 만족하는 출력광(E)을 출력하는 비선형 광매질; 및 상기 광매질의 상기 에너지 준위 사이에서 공진하는 최소 5개의 광펄스를 생성하는 광펄스발생부를 포함한다.

[0016] 또한, 상기 광펄스발생부의 바람직한 일실시예는 제1레이저빔을 출력하는 제1광원; 제2레이저빔을 출력하는 제2광원; 상기 최소 5개의 광펄스 중 일부 광펄스를 생성하기 위해, 상기 제1광원으로 부터의 제1레이저빔을 연속 광펄스로 변조하는 제1광변조모듈; 상기 최소 5개의 광펄스 중 상기 제1광변조모듈에서 생성되는 광펄스 이외의 광펄스를 생성하기 위해, 상기 제2광원으로부터의 제2레이저빔을 연속 광펄스로 변조하는 제2광변조모듈; 및 상기 제1변조모듈 및 상기 제2변조모듈의 광펄스를 동조화하기 위한 동조신호를 생성하는 조절모듈;을 포함한다.

[0017] 아울러 상기 최소 5개의 광펄스는 상기 광매질의 상기 에너지 준위 $|1\rangle$ 과 $|3\rangle$ 사이에서 공진하는 입력광(D), 쓰기광(W) 및 읽기광(R) 중 적어도 어느 하나 이상을 포함하는 제1광펄스군; 및 상기 광매질의 상기 에너지 준위 $|2\rangle$ 와 $|3\rangle$ 사이에서 공진하는 제1조절광(B1) 및 제2조절광(B2)을 포함하는 제2광펄스군;인 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 최소 5개의 광펄스는 광섬유, 표면플라즈몬 또는 자유공간을 통해 상기 광매질로 입사되는 것이 바람직하다.

[0019] 상기 제1광펄스군과 상기 제2광펄스군의 파장 또는 극성은 서로 다른 것을 특징으로 한다.

[0020] 구체적으로 상기 세 개의 에너지 준위는 상기 에너지 준위 $|1\rangle$ 과 $|2\rangle$ 는 바닥상태이고, 상기 에너지 준위 $|3\rangle$ 은 광전이가 가능한 들뜬상태인 것이 바람직하다.

[0021] 상기 입력광(D)과 쓰기광(W)의 시간간격은 광위상전이시간보다 짧되 손실에 의한 결맞음을 잃지 않는 시간간격인 것이 바람직하다.

[0022] 아울러 상기 제1조절광(B1) 및 상기 제2조절광(B2)의 시간간격은 스핀밀도전이시간보다 짧은 것이 바람직하다.

[0023] 또한, 상기 제1조절광(B1) 및 상기 제2조절광(B2)의 각각의 펄스면적이 π , 3π 이고, 그 합은 4π 를 만족하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 광잡음 포톤에코 방법은, 입력광(D)이 상기 광매질로 입사하는 단계; 쓰기광(W)이 상기 광매질로 입사하는 단계; 시간적으로 떨어진 입력광(D)과 쓰기광(W)이 더불어 스펙트럼 격자를 만드는 단계; 제1조절광(B1)이 상기 광매질로 입사하는 단계; 제2조절광(B2)이 상기 광매질로 입사하는 단계; 읽기광(R)이 상기 광매질로 입사하는 단계; 상기 스펙트럼 격자에 저장된 상기 입력광(D)의 정보가 상기 읽기광(R)에 의해 재생되는 단계; 및 상기 광매질과 상호작용에 의해 상기 입력광(D), 쓰기광(W) 및 읽기광(R)이 위상맞춤조건을 만족하는 출력광(E)을 출력하는 단계;를 포함한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 광잡음 포톤에코 장치와 방법에 따르면, 제한된 에코 효율성의 문제점을 해결하고 스핀위상전이시간으로 제한된 기존의 저장시간 제약을 극복 가능한 광잡음 포톤에코 장치 및 방법을 구현할 수 있다.

[0026] 아울러, 기존의 위상잡음 포톤에코 버전과는 달리, 본 발명은 광밀도전이뿐만 아니라 각각의 원자 위상진화도

정지시킬 수 있어, 본 발명에 있어서 저장시간 연장은 50% 이상의 복구 효율성을 가지면서 저장시간을 최고 스핀밀도전이시간까지 연장 가능하다.

[0027] 게다가 본 발명에 따르면, 위상잠금 포톤에코나 공명하는 라만에코에서처럼 광결맞음 손실은 저장시간 동안에는 일어나지 않으면서, 저장시간이 세펄스 포톤에코의 고유한 광위상잠금 특성에 의해 위상잠금 포톤에코와는 달리 비균질스핀위상분포에 의한 스핀위상전이에도 불변하도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광잠금 포톤에코 장치의 (a)구성도 및 (b)광펄스와 상호 작용하는 광매질의 에너지 준위를 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일실시예인 광잠금 포톤에코 장치를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 광잠금 포톤에코를 위한 광펄스의 순서를 나타낸다.

도 4는 본 발명의 광잠금 포톤에코의 흐름도를 나타낸다.

도 5는 전통적인 두펄스 포톤에코의 전산모사 결과를 나타낸다.

도 6은 세펄스 포톤에코의 전산모사 결과를 나타낸다.

도 7은 세펄스 포톤에코와 광잠금 포톤에코의 전산모사 결과를 비교한 것이다.

도 8은 도 7의 (b)의 광잠금을 설명하기 위한 상세 전산모사 결과를 나타낸다.

도 9는 본 발명의 광잠금 포톤에코의 실험 결과를 도시하였다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 일실시예에 따른 광잠금 포톤에코 장치 및 방법에 대해 상세히 설명하기로 한다.

[0030] 본 발명의 하기의 실시예는 본 발명을 구체화하기 위한 것일 뿐 본 발명의 권리범위를 제한하거나 한정하는 것이 아님은 물론이다. 본 발명의 상세한 설명 및 실시예로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가가 용이하게 유추할 수 있는 것은 본 발명의 권리범위에 속하는 것으로 해석된다.

[0031] 우선 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광잠금 포톤에코 장치의 (a)구성도 및 (b)광펄스와 상호 작용하는 광매질(10)의 에너지 준위를 나타낸다.

[0032] 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 광잠금 포톤에코 장치는 광매질(10)과 상기 광매질(10)의 에너지 준위 사이에서 공진하는 최소 5개의 광펄스를 생성하는 광펄스발생부(20);를 포함한다.

[0033] 상기 광매질(10)은 비선형적 광학 특성을 가지고 있으며, 세 개의 에너지 준위 $|1\rangle$, $|2\rangle$, $|3\rangle$ 을 갖는다.

[0034] 도 1의 (b)에 상기 최소 5개의 광펄스와 상호 작용하는 광매질(10)의 에너지 준위를 도시하였다.

[0035] 상기 세 개의 에너지 준위 중, $|1\rangle$ 과 $|2\rangle$ 는 바닥상태이며, $|1\rangle$ 의 에너지 준위는 $|2\rangle$ 의 에너지 준위에 비해 다소 높거나 낮다. 또한, $|3\rangle$ 은 들뜬상태이며, 각각의 바닥상태 에너지 준위로부터 광전이가 가능하다.

[0036] 도 1에 대해 보다 자세히 설명하기로 한다.

[0037] 상기 최소 5개의 광펄스는 상기 광매질(10)의 상기 에너지 준위 $|1\rangle$ 과 $|3\rangle$ 사이에서 공진하는 하나 또는 다수의 입력광(D), 쓰기광(W) 및 읽기광(R)의 광펄스를 포함하는 제1광펄스군(f1); 및 상기 광매질(10)의 상기 에너지 준위 $|2\rangle$ 와 $|3\rangle$ 사이에서 공진하는 제1조절광(B1) 및 제2조절광(B2)의 광펄스를 포함하는 제2광펄스군(f2);인 것을 특징으로 한다. 상기 최소 5개의 광펄스는 광섬유, 표면플라즈몬 또는 자유공간을 통해 상기 광매질(10)로 입사된다.

[0038] 즉, 상기 제1광펄스군(f1)과 상기 제2광펄스군(f2)은 서로 다른 파장이나 극성을 갖는 빛을 이용한다. 상기 제1광펄스군(f1)은 입력광(D), 쓰기광(W) 및 읽기광(R)을 위한 것이며, 상기 제2광펄스군(f2)은 상기 제1광펄스군

(f1)의 펄스에 의해 들뜬 원자들을 바닥상태준위 $|2\rangle$ 로 전이시키기 위해 사용되는 제1조절광(B1)과 제2조절광(B2)이다.

[0039] 또한 상기 입력광(D)은 하나이거나 다수일 수 있으며, 제1조절광(B1)과 제2조절광(B2)의 시간간격은 반드시 스펙트럼폭보다 짧아야 한다. 입력광(D)과 쓰기광(W)의 시간간격은 광위상전이시간보다 짧되 손실에 의한 결맞음을 잃지 않는 시간간격인 것을 특징으로 한다.

[0040] 또한 출력광(E)은 상기 최소 5개의 광펄스의 위상맞춤조건(Phase Matching Condition)을 만족한다. 위상맞춤조건이란 수학식 1과 수학식 2를 만족하는 조건이다.

수학식 1

$$k_E + k_D = k_W + k_R$$

[0041]

수학식 2

$$f_E + f_D = f_W + f_R$$

[0042]

[0043] 여기서, k_i 는 광펄스 i의 전파벡터(Propagation Vector)이고, f_i 는 광펄스 i의 주파수를 의미한다.

[0044]

[0045] 도 2에 본 발명의 일실시예인 광잠금 포톤에코 장치를 도시하였다.

[0046] 도 2에 도시된 바와 같이 광잠금 포톤에코 장치에서 상기 광펄스발생부(20)는 레이저빔을 출력하는 제1광원(21); 레이저빔을 출력하는 제2광원(22); 상기 최소 5개의 광펄스 중 일부 광펄스를 생성하기 위해, 상기 제1광원(21)으로부터의 레이저빔을 연속 광펄스로 변조하는 제1광변조모듈(23); 상기 최소 5개의 광펄스 중 상기 제1광변조모듈(23)에서 생성되는 광펄스 이외의 광펄스를 생성하기 위해, 상기 제2광원(22)으로부터의 레이저빔을 연속 광펄스로 변조하는 제2광변조모듈(24); 및 상기 제1광변조모듈(23) 및 상기 제2광변조모듈(24)의 광펄스를 동조화하기 위한 동조신호를 생성하는 조절모듈(25);을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0047] 도 3에 본 발명의 광잠금 포톤에코를 위한 광펄스의 순서를 도시하였다.

[0048] 즉, 입력광(D), 쓰기광(W), 제1조절광(B1), 제2조절광(B2) 그리고 읽기광(R)의 순서로 광펄스가 상기 광매질(10)로 입사되며, 최후에 출력광(E)이 출력된다. 도 3에서 T_i 는 i로 상징되는 광펄스의 도착시간이다.

[0049] 도 4에 도 3을 보다 상세히 설명하기 위한 본 발명의 광잠금 포톤에코의 흐름도를 나타내었다.

[0050] 즉, 도 4에 도시된 바와 같이 다음과 같은 순서에 의해 광잠금 포톤에코를 구현할 수 있다.

[0051] 다시 말하면, 본 발명의 광잠금 포톤에코의 흐름은, 입력광(D)이 상기 광매질(10)로 입사하는 단계(S110); 쓰기광(W)이 상기 광매질(10)로 입사하는 단계(S115); 시간적으로 떨어진 입력광(D)과 쓰기광(W)이 더불어 스펙트럼 격자를 만드는 단계(S120); 제1조절광(B1)이 상기 광매질(10)로 입사하는 단계(S125); 제2조절광(B2)이 상기 광매질(10)로 입사하는 단계(S130); 읽기광(R)이 상기 광매질(10)로 입사하는 단계(S135); 상기 스펙트럼 격자에 저장된 상기 입력광(D)의 정보가 상기 읽기광(R)에 의해 재생되는 단계(S140); 및 상기 광매질(10)과 상호작용에 의해 상기 입력광(D), 쓰기광(W) 및 읽기광(R)이 위상맞춤조건을 만족하는 출력광(E)을 출력하는 단계(S145);를 포함한다.

[0052] 상기 S120 단계에서 스펙트럼 격자란 입력광(D)의 정보저장을 의미한다. 단, 해당 원자들의 광주파수대역에 저

장함을 의미한다.

[0053] 또한, S145 단계에서 출력광(E)은 네파장섞임진행에 따라 결정되게 된다.

[0054] 도 5는 전통적인 두펄스 포톤에코의 전산모사 결과를 나타내었다.

[0055] 우선, 도 5의 (a)는 에너지준위 $|1\rangle$ 과 $|3\rangle$ 에 공진하는 입력광(D)과 쓰기광(W)의 펄스순서를 보여준다. 본 발명의 광잠금 포톤에코와는 달리 쓰기광(W)은 완벽한 재위상화(rephasing)가 필요하기 때문에 π 의 펄스면적이 필요하다. 도 5의 (b)는 시간에 따른 개별 원자의 위상전이를 나타내는데, 입력광(D)에 의한 결맞음은 쓰기광(W)에 의해 $t=55\mu s$ 에서 회복되게 되는데, 이 회복된 광펄스가 포톤에코이다.

[0056] 도 5의 (c)는 도 5의 (b)의 개별 원자들에 나타나는 위상결맞음의 합이다. 도 5의 (d)는 공진하는 레이저빔에 대한 비공진(detuning)된 원자들의 시간에 따른 위상진화를 보여준다. 이러한 현상은 광매질이 비균질하기 때문인데, 스펙트럼 상에서 비균질분포(inhomogeneous broadening)에 따라 비공진값은 결정된다. 여기서 원자의 비균질분포 조건은 재위상화에 기초한 포톤에코의 필수요소가 된다.

[0057] 도 6은 세펄스 포톤에코의 전산모사 결과이다.

[0058] 도 5에서의 쓰기광(W)은 도 6에서는 반으로 나누어진 두 개의 펄스로 분리된다. 이것은 세펄스 포톤에코에서는 두펄스 포톤에코의 핵심원리인 재위상화가 아니라, 바닥상태와 들뜬상태의 밀도반전에 따른 스펙트럼 격자를 만들기 위해서이다. 앞서 설명한 바와 같이 입력광(D)의 정보는 바로 이 스펙트럼 격자에 저장된다. 그러나 최종적인 결과는 시간지연만 제외하면 도 5와 동일하다.

[0059] 결론적으로 세펄스 포톤에코의 목적은 저장시간지연에 있는데, 이는 밀도전이시간이 위상전이시간보다 긴 것에 연유한다. 그러나 불행히도 이 밀도전이에 따라, 추가로 초기 결맞음은 감소되는데, 궁극적으로 모든 전이가 일어날 경우 50%가 넘는 결맞음 유실로 말미암아 세펄스 포톤에코의 양자메모리 응용은 의미가 없어지게 된다.

[0060] 도 7은 세펄스 포톤에코와 광잠금 포톤에코의 전산모사 결과를 비교한 것이다.

[0061] 도 1에서 논의되었듯, 도 7의 (b)에서 제1조절광(B1)과 제2조절광(B2)을 추가하여 광잠금 포톤에코 방식은 구현될 수 있다. 도 7의 (a)에서 보인 에코크기는 도 1의 광매질(10)의 전이상수에 따라 약화된다. 그러나 스핀전이 상수는 광전이상수에 비해 안정적이기 때문에 도 7의 (b)에서의 에코크기는 도 7의 (a)에 비해 훨씬 큼을 알 수 있다. 도 7의 (c)와 도 7의 (d)는 각각 도 7의 (a)와 도 7의 (b)에 대한 개별원자들에 대한 것이다. 도 7의 (e)와 도 7의 (f)는 각각 대칭적인 원자의 위상전이 전산모사를 보여준다. 도 7의 (e)는 도 7의 (a)가 도 7의 (b)에 비해 약한 이유를 설명해 주는데, 개별원자의 위상전이가 밀도유실로 인해 위상결맞음이 급격히 약해지고 상대적 결맞음 또한 빠르게 상실되기 때문이다.

[0062] 도 8은 도 7의 (b)의 광잠금을 설명하기 위한 상세 전산모사이다.

[0063] 도 8의 (a)는 도 7의 (f)와 동일한 대칭적인 원자의 위상전이 전산모사 결과이다.

[0064] 도 8의 (b)에서 알 수 있듯이, 위상결맞음 $\text{Im} \rho_{13}$ (absorption)은 제1조절광(B1) 이후 0의 값으로 떨어지는데 그 이유는 에너지 준위 $|3\rangle$ 에서 에너지 준위 $|2\rangle$ 으로의 밀도이동 때문이다. 또한 이 밀도이동 때문에 모든 개별원자 위상진화는 중지되게 된다.

[0065] 또한 도 8의 (c)로부터 알 수 있듯이 이 위상진화 중지는 두 번째 제2조절광(B2)이 인가되기 전까지 이어진다. 최종적으로 읽기광(R)은 세펄스 포톤에코에서와 같이 스펙트럼 격자를 읽어 내어 $t=50\mu s$ 에서 에코 출력광(E)을 발생시킨다.

[0066] 본 발명의 광잠금 포톤에코에서는 두양자결맞음 $\text{Re}(\rho_{12})$ 는 오로지 제1조절광(B1)에 의해 들뜬 상태 $|3\rangle$ 으로부터 부가적인 스핀상태 $|2\rangle$ 로의 밀도전이로부터 생성된다. 이러한 밀도전이유도에서 두양자결맞음은 일반적인 위상

T_R : 읽기광(R)의 도착 시간

T_{B1} : 제1조절광(B1)의 도착 시간

T_{B2} : 제2조절광(B2)의 도착 시간

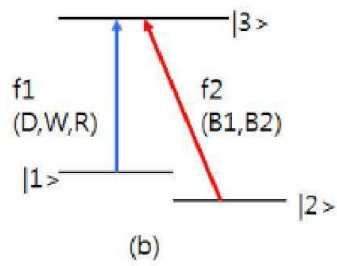
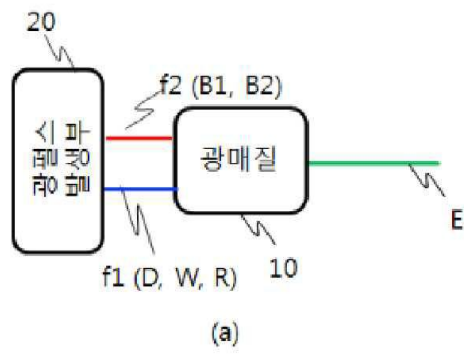
$|1\rangle$: 제1에너지준위

$|2\rangle$: 제2에너지준위

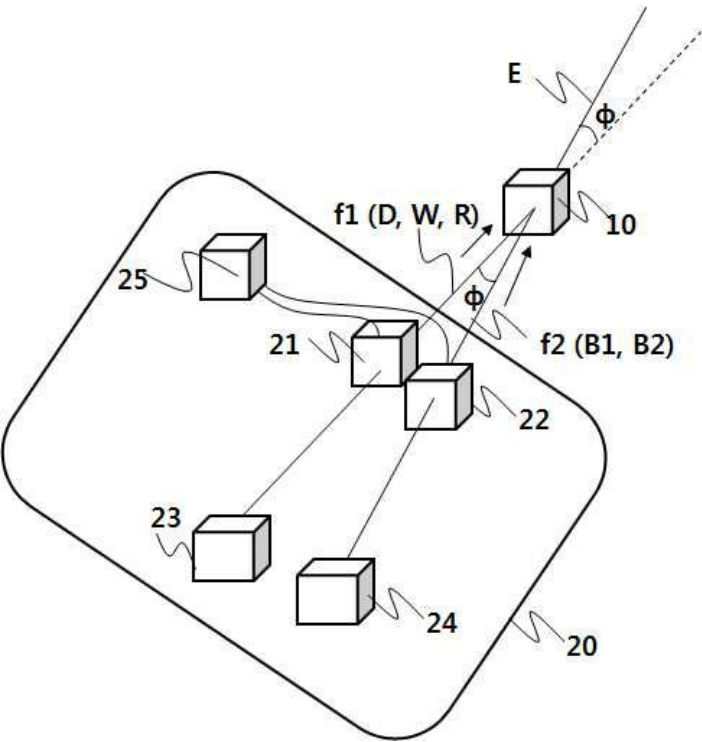
$|3\rangle$: 제3에너지준위

도면

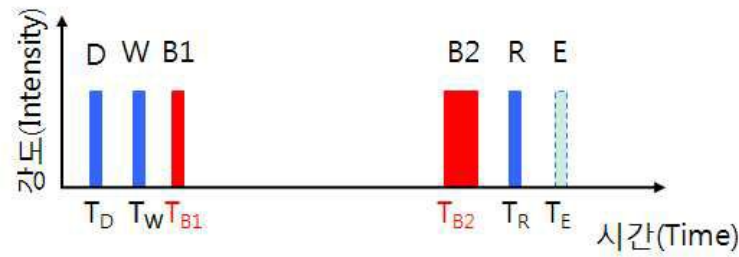
도면1



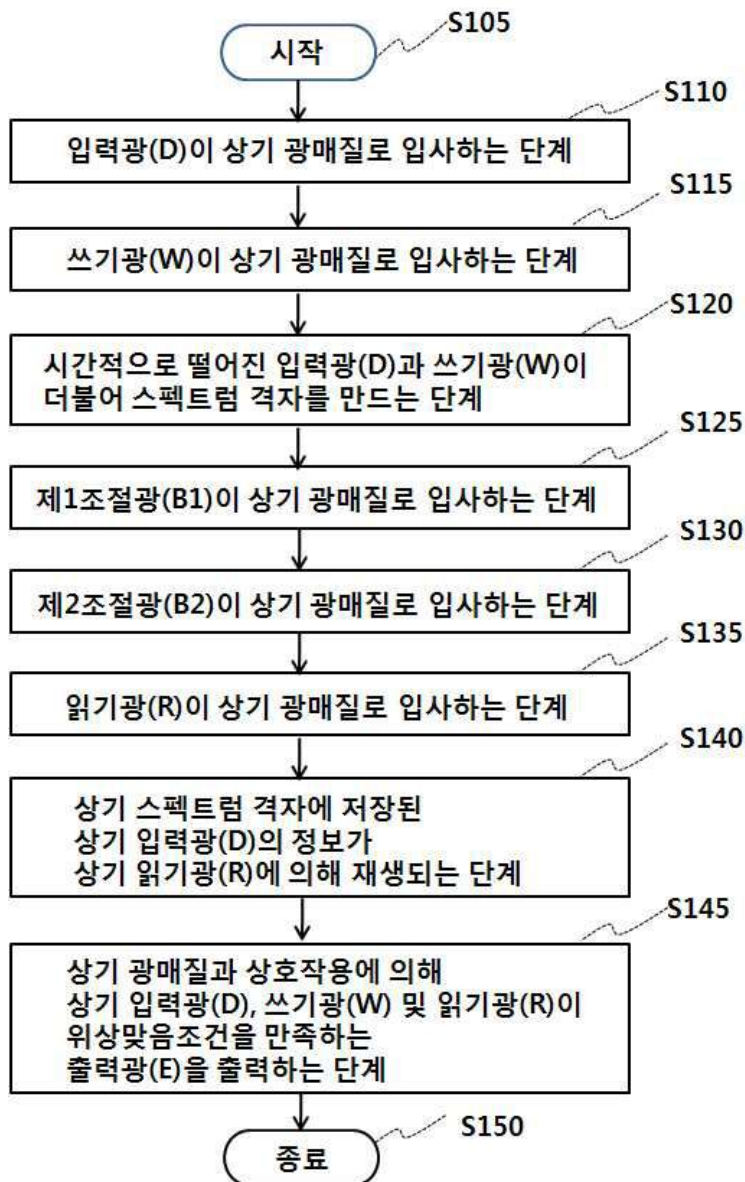
도면2



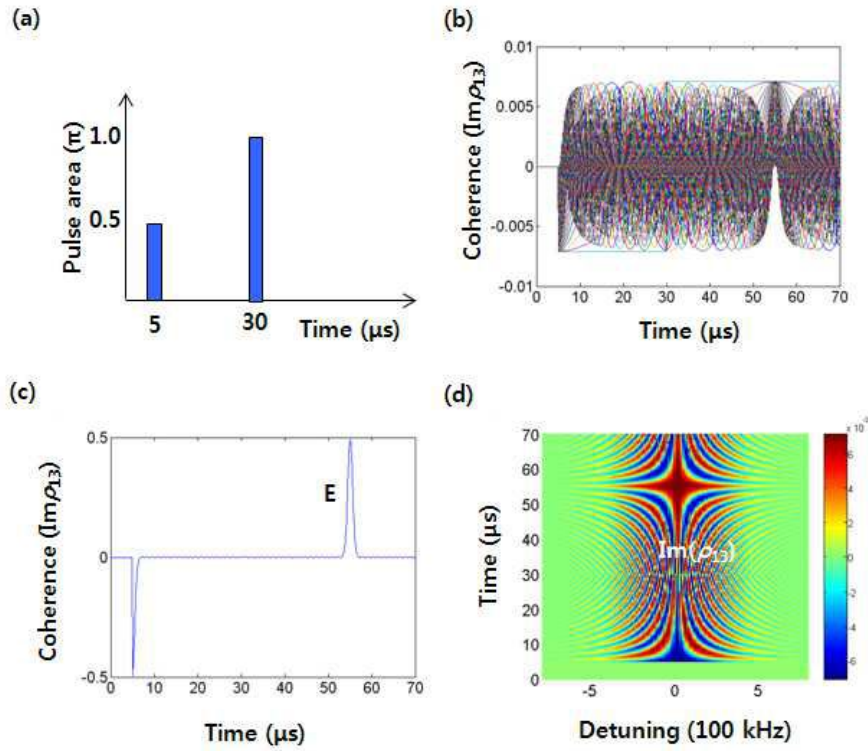
도면3



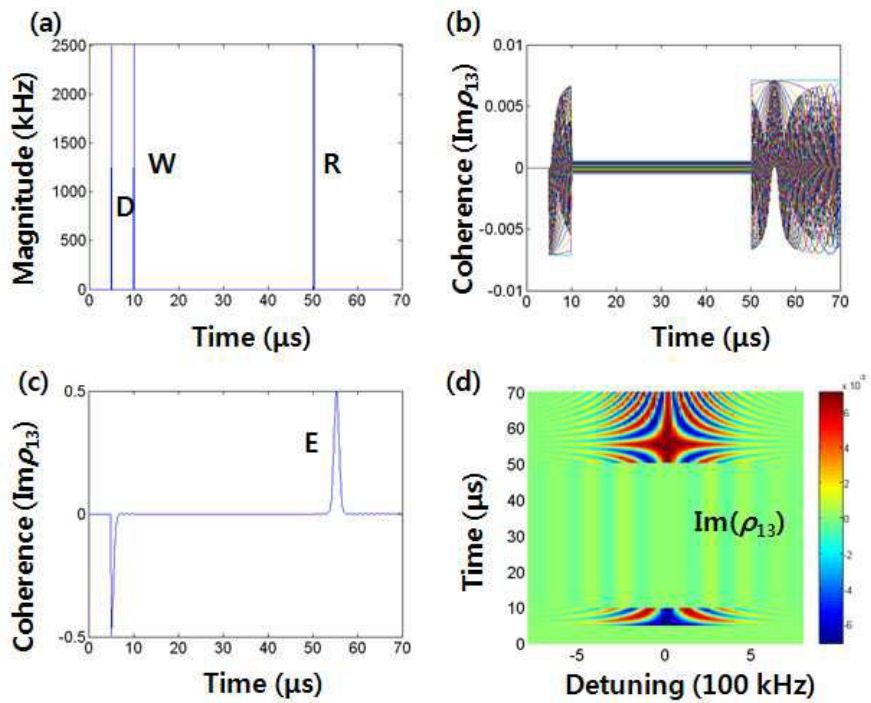
도면4



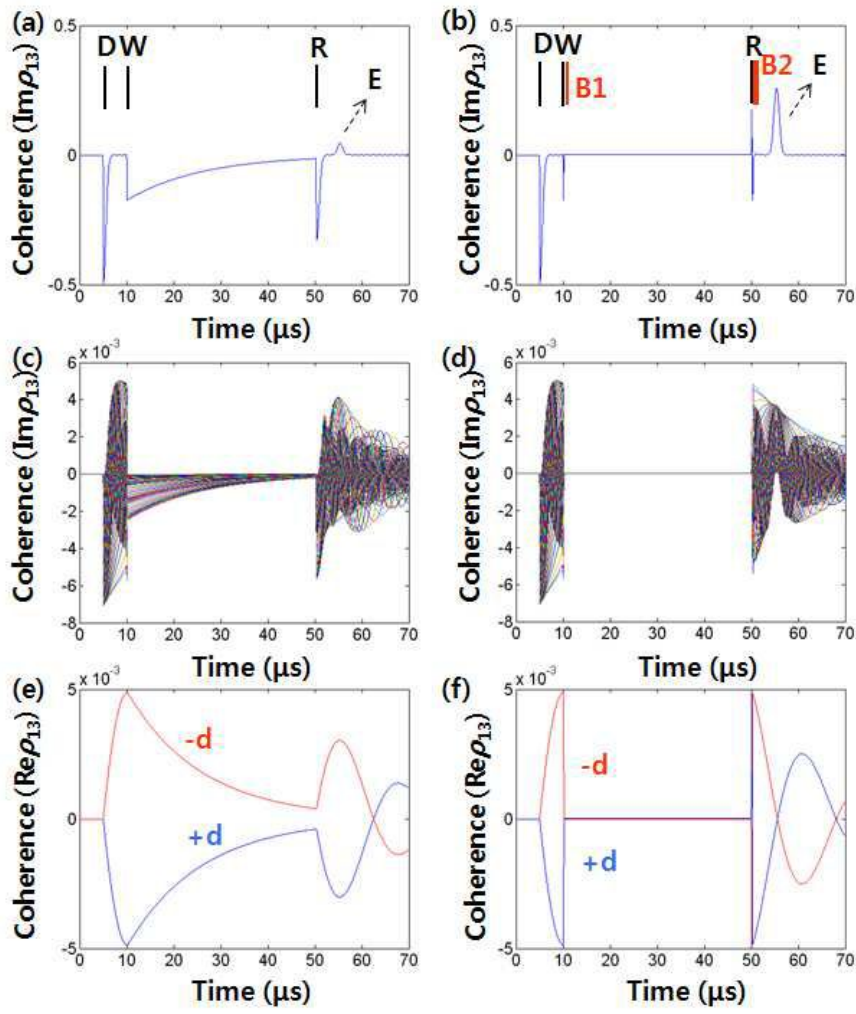
도면5



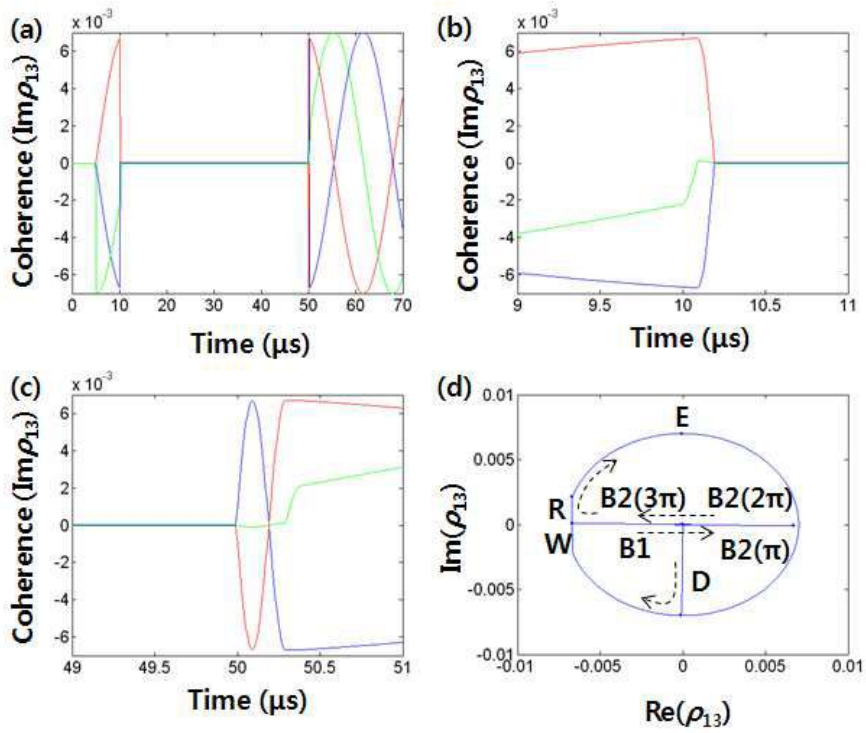
도면6



도면7



도면8



도면9

