(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0059499
(43) 공개일자 2009년06월11일

(51) Int. Cl.
H04B 10/16 (2006.01) *H04B 10/02* (2006.01)
H04B 10/00 (2006.01) *H04B 10/13* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0126381
(22) 출원일자 2007년12월06일
심사청구일자 2007년12월06일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
함병승
인천 남구 용현4동 253번지 인하대학교 하이테크 318호
(74) 대리인
박장원

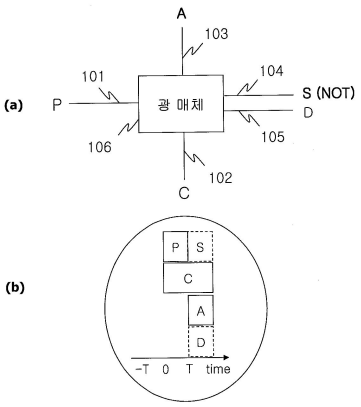
전체 청구항 수 : 총 33 항

(54) 시간 지연 광 논리 게이트 및 그 구동 방법

(57) 요 약

본 출원서는 하나 이상의 지연 광 라우터를 이용하여, NOT, OR, NOR, XOR, AND, 그리고 NAND 게이트와 같은 광 논리 게이트를 제공한다. 본 발명에 따른 광 논리 게이트를 이용하면, 전기적 소자를 이용하지 않고서도, 논리 연산을 수행할 수 있도록 하는 장점을 가지고 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

비선형 광 매체를 포함하는 지연 광 라우터를 이용하여 논리 게이트를 구동하는 방법으로서, 여기서 상기 비선형 광매체는 에너지적으로 근접한 2개의 바닥 상태(ground state)와, 들뜬 상태(excited state)를 포함하고, 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 쌍극자-금지되되, 상기 들뜬 상태를 통한 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 가능하고,

a) 상기 2개의 바닥 상태 중 제 1 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 1 전이를 가능하게 하는 제 1 주파수를 갖는 제 1 레이저 빔(P)을 상기 비선형 광 매체에 인가하는 단계와;

b) 상기 2개의 바닥 상태 중 제 2 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 2 전이를 가능하게 하는 제 2 주파수를 갖는 제 2 레이저 빔(C)을 상기 비선형 광 매체에 인가하는 단계와;

c) 상기 제 2 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 상기 제 2 전이를 가능하게 하는 제 3 주파수를 갖는 제 3 레이저 빔(A)을 상기 비선형 광 매체에 인가하는 단계와;

d) 느려진 빛을 생성하기 위하여, 상기 제 2 레이저 빔(C)의 세기를 조절하는 단계와; 여기서 상기 느려진 빛은 상기 제 1 레이저 빔이 군속도(group velocity)로 느려진(slow down) 것에 해당하며,

e) 양자 결맞음(two-photon coherence) 여기[Re ρ12]와 관계되는 주파수를 갖는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)를 생성하기 위하여, 상기 제 1 레이저 빔(P), 상기 제 2 레이저 빔(C) 및 상기 제 3 레이저 빔(A) 중 적어도 하나의 세기를 조절하는 단계와;

f) 상기 생성된 느린 빛(S) 및 상기 생성된 비축퇴 4파장 혼합 신호(D) 중 적어도 하나 이상을 상기 논리 게이트의 결과 값으로 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 들뜬 상태의 에너지 준위는

상기 2개의 바닥 상태들의 각 에너지 준위 보다 높은 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 들뜬 상태의 에너지 준위는

비축퇴이거나, 또는

Δ만큼 에너지 이동 (detuning)함으로써, 2개의 에너지 준위들로 분리되고, 여기서, 상기 들뜬 상태의 에너지 준위들 모두는 실제준위이거나 혹은 적어도 하나는 가짜(virtual) 준위인 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 제 1 레이저 빔(P), 상기 제 2 레이저 빔(C), 상기 제 3 레이저 빔(A), 상기 느린 빛(S)은 동기되어, 상기 제 1 레이저 빔(P)과 상기 제 2 레이저 빔(C)을 시/공간적으로 중첩(overlap)시키거나, 상기 느린 빛(S)과 상기 제 1 레이저 빔(P)을 일시적으로 중첩(overlap)시키는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 제 1 레이저 빔(P)과 상기 느린 빛(S)에 따라 상기 제 2 레이저 빔(C)과, 상기 제 3 레이저 빔(A)은 각기 변조되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 6

제 3항에 있어서, 상기 제 3 레이저 빔(A)이 상기 제 2 바닥 상태에서 상기 들뜬 상태 + Δ로 전이되거나, 또는 상기 제 2 바닥 상태에서 상기 들뜬 상태 -Δ로 전이될 수 있도록, 상기 Δ의 값은 선정되는 것을 특징으로 하

는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 제 1 레이저 빔(P) 및 상기 제 3 레이저 빔(A) 는 불린(Boolean) NOT 연산의 입력 값에 해당하고, 상기 느린 빛(S)은 상기 불린(Boolean) NOT 연산의 결과 값에 해당하는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 일련으로 연결되어 불린(Boolean) NOR 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터 중 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)의 소스로서 입력되고,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(A)은 상기 불린 NOR 게이트의 입력에 해당하고, 상기 제 2 지연 광라우터에 의해서 생성되는 느린 빛(S)은 상기 불린 NOR 게이트의 결과 값에 해당하는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 일련으로 연결되어 불린(Boolean) AND 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터 중 제 1 지연 광 라우터에 의해서 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 제 2 지연 광라우터의 제 1 레이저 빔(P)의 소스로서 입력되고,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(A)은 상기 불린 NOR 게이트의 입력에 해당하고, 상기 제 2 지연 광라우터에 의해서 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 불린 AND 게이트의 결과 값에 해당하는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 10

제 1항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 병렬로 연결되어 불린(Boolean) NAND 및 OR 게이트를 구성하며,

하나의 제 1 레이저 빔(P)이 상기 2개의 지연 광 라우터로 입력되며,

상기 2개의 지연 광 라우터에 의해서 생성된 2개의 느린 빛(S)들 각각은 불린 NAND 게이트의 결과 값에 해당하고,

상기 2개의 지연 광 라우터에 의해서 생성된 2개의 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)들 각각은 불린 OR 게이트의 결과 값에 해당하는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 11

제 1항에 있어서, 3개의 지연 광 라우터가 연결되어 불린(Boolean) NAND 및 OR 게이트를 구성하며,

여기서 상기 3개의 지연 광라우터 중 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되며, 상기 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 제 3 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되고,

상기 제 2 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 NOR 게이트의 결과 값으로 사용되고,

상기 제 3 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 AND 게이트의 결과 값으로 사용되고, 그리고

상기 제 2 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D) 및 상기 제 3 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 XOR 게이트의 결과 값으로 사용되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 12

비선형 광 매체를 포함하는 적어도 하나의 지연 광 라우터를 포함하는 논리 게이트를 구동하는 방법으로서, 여기서 상기 비선형 광 매체는 에너지적으로 근접한 2개의 바닥 상태(ground state)와, 들뜬 상태(excited state)를 포함하고, 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 쌍극자-금지되되, 상기 들뜬 상태를 통한 상기 2개의 바닥

상태들 간의 전이는 가능하고,

느린 빛(S) 및 비축퇴 4파장 혼합 신호(D) 중 적어도 하나 이상을 논리 게이트의 출력으로서 사용하는 단계를 포함하고,

여기서, 상기 느린 빛은 상기 2개의 바닥 상태들 중 제 1 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 1 전이를 가능하게 하는 제 1 주파수를 갖는 제 1 레이저 빔(P)과, 그리고 상기 2개의 바닥 상태 중 제 2 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 2 전이를 가능하게 하는 제 2 주파수를 갖는 제 2 레이저 빔(C)이 인가됨으로써 발현(發現)(appearance)되고,

상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 제 2 주파수를 갖는 상기 제 1 레이저 빔(P), 상기 제 2 주파수를 갖는 상기 제 2 레이저 빔(C), 그리고 상기 제 2 전이를 가능하게 하는 제 3 주파수를 갖는 제 3 레이저 빔(C)이 인가됨으로써 발현되고,

상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)의 발현에 응답하여, 상기 느린 빛(S)은 사라지는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 13

제 12항에 있어서, 상기 제 1 레이저 빔 (P) 및 상기 제 2 레이저 빔(A)은 불린 NOT 연산의 입력으로 사용되며, 상기 느린 빛은 상기 불린 NOT 연산의 결과로서 사용되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 14

제 12항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 일련으로 연결되어 불린(Boolean) NOR 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(A)은 상기 NOR 게이트의 입력으로 사용되고,

상기 느린 빛(S)은 상기 NOR 게이트의 결과로서 사용되며, 여기서 상기 느린 빛은 상기 2개의 지연 광라우터 중 제 2 지연 광 라우터에 의해서 생성되고,

상기 제 1 지연 광라우터에 의해서 생성되는 느린 빛은 상기 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 입력되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 15

제 12항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 일련으로 연결되어 불린(Boolean) AND 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(A)은 상기 NOR 게이트의 입력으로 사용되고,

상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 AND 게이트의 결과로서 사용되며, 여기서 상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 2개의 지연 광라우터 중 제 2 지연 광 라우터에 의해서 생성되고,

상기 제 1 지연 광라우터에 의해서 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 입력되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 16

제 12항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 병렬로 연결되어 불린(Boolean) OR 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(A)은 상기 OR 게이트의 입력으로 사용되고,

상기 2개의 지연 광 라우터에 의해 각각 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호들(Ds)은 OR 게이트의 결과로서 사용되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 17

제 12항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 병렬로 연결되어 불린(Boolean) NAND 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(As)은 상기 NAND 게이트의 입력으로 사용되고,

상기 2개의 지연 광 라우터에 의해 각각 생성되는 느린 빛들(S)은 NAND 게이트의 결과 값으로 사용되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 18

제 12항에 있어서, 3개의 지연 광라우터가 연결되어 NOR 게이트를 구성하며,

여기서 상기 3개의 지연 광라우터 중 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되며, 상기 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 제 3 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되고,

상기 제 2 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 NOR 게이트의 결과 값으로 사용되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 19

제 12항에 있어서, 3개의 지연 광라우터가 연결되어 AND 게이트를 구성하며, 여기서 상기 3개의 지연 광라우터 중 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되며, 상기 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 제 3 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되고,

상기 제 3 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 AND 게이트의 결과 값으로 사용되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 20

제 12항에 있어서, 3개의 지연 광라우터가 연결되어 XOR 게이트를 구성하며, 여기서 상기 3개의 지연 광라우터 중 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되며, 상기 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 제 3 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되고,

상기 제 2 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D) 및 상기 제 3 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 XOR 게이트의 결과 값으로 사용되는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법.

청구항 21

광 논리 게이트(logical gate)로서,

비선형 광 매체를 포함하는 적어도 하나의 지연 광 라우터와, 여기서 상기 비선형 광 매체는 공간적으로 근접한 2개의 바닥 상태(ground state)와, 들뜬 상태(excited state)를 포함하고, 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 쌍극자-금지되되, 상기 들뜬 상태를 통한 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 가능하고;

상기 지연 광 라우터에 의해 발생하는 느린 빛(S) 및 비축퇴 4파장 혼합 신호(D) 중 적어도 하나를 상기 논리 게이트의 출력 값으로 출력하는 포트(port)를 포함하고,

여기서 상기 느린 빛은 상기 2개의 바닥 상태들 중 제 1 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 1 전이를 가능하게 하는 제 1 주파수를 갖는 제 1 레이저 빔(P)과, 그리고 상기 2개의 바닥 상태 중 제 2 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 2 전이를 가능하게 하는 제 2 주파수를 갖는 제 2 레이저 빔(C)이 인가됨으로써 발현(發現)(appearance)되고,

상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 제 2 주파수를 갖는 상기 제 1 레이저 빔(P), 상기 제 2 주파수를 갖는 상기 제 2 레이저 빔(C), 그리고 상기 제 2 전이를 가능하게 하는 제 3 주파수를 갖는 제 3 레이저 빔(C)이 인가됨으로써 발현되고,

상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)의 발현에 응답하여, 상기 느린 빛(S)는 사라지는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

청구항 22

제 21항에 있어서, 상기 비선형 광 매체는 고체(solid)인 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

청구항 23

제 21항에 있어서, 상기 비선형 광 매체는 다중 결합 반도체(multiply coupled semiconductor)인 것을 특징으

로 하는 광 논리 게이트

청구항 24

제 23항에 있어서, 상기 2개의 바닥 상태들 및 상기 들뜬 상태는 상기 다중 결합 반도체의 전도대(conduction band) 내에서 선택되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트

청구항 25

제 21항에 있어서, 상기 비선형 광 매체는

상기 제 1 레이저 빔, 상기 제 2 레이저 빔, 상기 제 3 레이저 빔, 상기 느린 빛, 상기 비축퇴 4파장 혼합 신호를 안내하기 위한 도파관(waveguide), 자유 공간, 또는 플라즈몬 폴라리톤(plasmon polariton)으로 연결되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트

청구항 26

제 21항에 있어서, 상기 제 1 레이저 빔 (P) 및 상기 제 2 레이저 빔(A)는 불린 NOT 연산의 입력으로 사용되며, 상기 느린 빛은 상기 불린 NOT 연산의 결과로서 사용되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

청구항 27

제 21항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 일련으로 연결되어 불린(Boolean) NOR 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(A)은 상기 NOR 게이트의 입력으로 사용되고,

상기 느린 빛(S)은 상기 NOR 게이트의 결과로서 사용되며, 여기서 상기 느린 빛은 상기 2개의 지연 광라우터 중 제 2 지연 광 라우터에 의해서 생성되고,

상기 제 1 지연 광라우터에 의해서 생성되는 느린 빛은 상기 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 입력되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

청구항 28

제 21항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 일련으로 연결되어 불린(Boolean) AND 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(A)은 상기 NOR 게이트의 입력으로 사용되고,

상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 AND 게이트의 결과로서 사용되며, 여기서 상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 2개의 지연 광라우터 중 제 2 지연 광 라우터에 의해서 생성되고,

상기 제 1 지연 광라우터에 의해서 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 입력되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

청구항 29

제 21항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 병렬로 연결되어 불린 OR 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(A)은 상기 OR 게이트의 입력으로 사용되고,

상기 2개의 지연 광 라우터에 의해 각각 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호들(D)은 OR 게이트의 결과로서 사용되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

청구항 30

제 21항에 있어서, 2개의 지연 광 라우터가 병렬로 연결되어 불린 NAND 게이트를 구성하며,

상기 2개의 지연 광 라우터에 입력되는 2개의 제 3 레이저 빔들(A)은 상기 NAND 게이트의 입력으로 사용되고,

상기 2개의 지연 광 라우터에 의해 각각 생성되는 느린 빛들(S)은 NAND 게이트의 결과 값으로 사용되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

청구항 31

제 21항에 있어서, 3개의 지연 광라우터가 연결되어 NOR 게이트를 구성하며,

여기서 상기 3개의 지연 광라우터 중 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되며, 상기 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 제 3 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되고,

상기 제 2 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 NOR 게이트의 결과 값으로 사용되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

청구항 32

제 21항에 있어서, 3개의 지연 광라우터가 연결되어 AND 게이트를 구성하며, 여기서 상기 3개의 지연 광라우터 중 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되며, 상기 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 제 3 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되고,

상기 제 3 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 AND 게이트의 결과 값으로 사용되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

청구항 33

제 21항에 있어서, 3개의 지연 광 라우터가 연결되어 XOR 게이트를 구성하며, 여기서 상기 3개의 지연 광라우터 중 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 제 2 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되며, 상기 제 1 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 제 3 지연 광 라우터의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용되고,

상기 제 2 지연 광 라우터에 의해 생성되는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D) 및 상기 제 3 지연 광 라우터에 의해 생성되는 느린 빛(S)은 XOR 게이트의 결과 값으로 사용되는 것을 특징으로 하는 광 논리 게이트.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 광 논리 게이트 및 그 구동 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 양자 가간섭성 기반 느린 빛 및 개선된 비축퇴 4파장 혼합 프로세싱에 기반한 광 논리 게이트 및 그 구동 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 트린지스터에서, 스위칭 시간은 게이트에서의 캐리어(carrier)의 이동 시간에 의해서 결정된다. 지난 수십년 동안 트랜지스터 게이트의 크기는 매우 빠르게 감소해 왔다. 이를 무어의 법칙이라 하는데, 이는 지난 수십 년 동안 성공적으로 지켜져 왔다. 최근에, 이러한 실리콘 반도체 기술에서 나아가 포토닉스(photonics)가 조명되고 있으며, 이러한 추세를 실리콘 포토닉스라고 부르고 있다. 광 통신에 있어서, 대부분의 광 장치는 Si 기반 전자 소자로 이루어진 제어 회로에 의한 전류 또는 전압의 제어를 통해 제어된다. 그러나, 전자 소자들은 광 소자들보다 속도가 느리기 때문에, 전자 광 장치는 전자 소자에 의해서 그 속도가 제한된다. 최근에, 이러한 속도 제한의 문제를 극복하기 위해서, 양자 스위치 및 광자 논리 게이트가 개발되었다. 이에 대한 상세한 내용은 본 출원의 발명자인 함병승에 의한 PCT 특허 출원(출원번호 PCT/KR2007/001130)과, 미국 특허(6628453)를 통해 알 수 있다.

<3> 한편, 광 통신에 있어서, 광 스위칭 기술은 최근에 더욱 빠른 스위칭 소자를 개발하는데에 초첨되고 있다. 광 전자 공학 영역에서, 전자 부분은 속도 면에 있어서 광 부분에 비해 느리다. 그로 인해, 전 광 스위칭(electro-optic switching) 장치의 전체적인 성능 역시 뒤처지고 있다. 한편, 컴퓨터 기반 전자-광 장치 역시 전자 소자로 인해 속도에 의해서 제약을 겪고 있다.

<4> 이와 같이 고속의 특성을 갖는 광과 저속의 특성을 갖는 전자 소자 간의 차이를 극복하기 위해서, 버퍼링 방법이 소개되었다. 상기 버퍼링 방법은 상대적으로 저속 특성을 갖는 전자 소자를 위해 고속의 광 데이터 트래픽을 의도적으로 저하시키는 것이다. 이러한 방법을 달성하기 위해서는 적합한 버퍼 메모리를 개발할 수 있는 기술이

개발되어야 한다. 그러나, 불행히도, 광 능동 버퍼 메모리(all-optical active buffer memory)는 아직까지 개발되고 있지 못한 상황이다. 한편, 상기와 같은 차이를 극복하기 위해 제안된 다른 아이디어, 발명 또는 장치들은 다수의 광 케이블을 이용하거나, 링형 공진기를 이용하는 것과 같은 수동적인 특성을 갖는 것들이다.

<5> 공진형 2색 전자기 장은 3개 이상의 에너지 준위를 갖는 비선형 광 매체에서 굴절률의 변화를 야기하는 것으로 알려져 있다. 에너지적으로 근접한 2개의 바닥 상태와 들뜬 상태, 또는 공간적으로 근접한 2개의 들뜬 상태 또는 바닥 상태, 또는 에너지 준위에서 무작위적으로 위치되는 상태들을 포함하는 광 시스템에서, 굴절률의 변화는 중심에서의 흡수 상쇄(absorption cancellation)뿐만 아니라, 에너지적으로 근접한 2개의 준위들 간의 2 광자 결맞음 여기(two-photon coherence excition)를 유도한다. 이 현상을 광학적으로 밀한 매체(optically dense medium)에서의 검은 공진(dark resonance) 또는 EIT 현상(electromagnetically induced transparency; EIT)이라고 부른다. 이에 대한 상세한 내용은 "Physics Today"(1997) 제50권(7월호) 36페이지에 및 "Physical Reveiw Letter"(1989) 제 62권 1033-1036페이지에 S.E.Harris가 기고한 내용을 통해 알 수 있다. 상기 EIT는 상기 매체 내에서의 흡수 스펙트럼을 변화시키기 때문에, 상기 매체의 분산스펙트럼도 Kramers Kronig 관계식을 통해 또한 수정된다. 상기 수정된 분산 스펙트럼의 기울기는 광 매체를 통과하는 광 펄스의 군 속도에 직접적인 영향을 미친다. 이를 느린 빛 현상이라고 한다. 최근에 느린 빛 현상은 저온 기체("Nature" 397권 594-598페이지에 Hau가 기고한 내용), defected solid("Physical Review Letter" 제88권 236024페이지에 함병승이 기고한 내용), 광 커플 공진기("Physical Revview Letter" 제98권 213904페이지에 Totsuka가 기고한 내용), 반도체("Opt. Lett" 제 29권 2291-2293페이지에 Wang이 기고한 내용)에서 관측되었다.

<6> 광 스위치는 일반적으로 입력되는 광 신호를 드롭(drop)시키거나, 다른 신호를 추가시키거나, 다른 신호와 결합하거나 또는 다른 신호로 변경하는 장치이다. 광 라우터는 입력되는 광 신호를 동일한 주파수 또는 다른 주파수에서, 다른 진행 방향을 갖는 신호로 스위칭하는 장치로서, 상기 광 라우터는 상기 광 스위치의 한 종류에 속한다. 광 통신에 있어서, 데이터 트래픽이 증가할 수 록, 더 많은 대역폭이 요구된다.

<7> 지금까지 개발된 광 스위칭 장치에서 이미 속도는 60GHz를 넘어서고 있다. 이는 펜티엄(Pentium) CPU의 속도 보다 훨씬 빠른 것이다. 따라서, 광 통신에 있어서, 데이터 트래픽 처리를 위해서 일시적으로 광신호는 지연될 필요가 있다. 따라서, 광 버퍼 메모리는 광 데이터 처리 장치에서 점차 필수적인 요소가 되고 있다.

<8> 이를 위해, 본 출원의 발명자는 지연 광 라우터를 제안하였었다. 본 출원의 발명자에 의해 제안된 지연 광 라우터는 입력되는 광데이터를 군 지연 시간(group delay time)만큼 지연시킬 수 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<9> 본 출원은 전술한 지연 광 라우터를 이용한 광 논리 게이트 및 그 구동 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

<10> 상기 시간지연 광 논리 게이트의 주요 특징은 느린 빛 현상 및 비축퇴 4파장 혼합 프로세싱을 그 기술적 기반으로 한다. 이때, 상기 느린 빛은 에너지적으로 인접한 두 개의 바닥준위 상태에 양자 결맞음(quantum coherence)(또는, 양자 가간섭성)을 여기(excite)시키고, 상기 양자 결맞음(또는, 양자 가간섭성)은 4광파-혼합 프로세싱을 통해 광자로 다시 회복된다. 여기서, 전체적으로 볼 때 데이터 트래픽 전송 속도는 동일하기 때문에, 상기 느려짐 요소는 데이터 트래픽 전송 속도를 전혀 낮추지 않는다는 것을 주목할 필요가 있다. 즉, 대역폭은 상기 느려짐 요소에 의해 변경되지 않는다. 더욱이, 저속의 군 속도는 EIT 또는 결맞는 밀도 진동(coherent population oscillations)으로 인한 매체의 분산스펙트럼 변경에 의한 직접적인 결과이다. 따라서, 본 발명에 따른 논리 게이트에서 광 지연 시간은 능동적으로 조절될 수 있다. 이와 같은 느려짐 현상은 광 버퍼 메모리의 주요 기능으로 이용될 수 있다. 또한, 이와 같은 느려짐 현상은 본 발명의 시간지연 광 로직 게이트에서 주요 기능으로 이용된다.

<11> 본 발명에 따른 시간지연 광 논리 게이트를 이해하기 위해서는, 입력되는 광 데이터 신호가 본 발명에 따른 광 논리 게이트의 비선형 광 매체에서 어떻게 동작하는지를 이해할 필요가 있다. 상기 비선형 광 매체의 전단에 입력되는 데이터 트래픽은 군 속도(gruop veloctiy)로 인해 느려진다. 구체적으로, 상기 비선형 광매체에 입력되는 광 펄스의 전단은 상기 펄스의 후단이 상기 매체에 입력될 때까지 시공간에서 연속해서 압축된다. 그리고, 상기 압축된 광 펄스는 상기 매체를 완전히 다 벗어날 때까지 느린 속도로 상기 매체를 통과한다. 여기서, 상기 비선형 광 매체에 입력되는 연속적인 광 펄스들은 설사 매체 경계면을 전후로 진행 속도가 다를지라도 서로 충

돌하지 않는다는 것에 주목할 필요가 있다. 상기 광 펄스의 후단이 상기 매체를 완전히 벗어나기 시작하면, 상기 광 펄스의 전단은 상기 광 펄스의 후단이 상기 매체를 완전히 다 벗어날 때까지 연속적으로 매우 빠르게 진행한다. 따라서, 상기 지연 광 라우터를 전체적으로 보았을 때, 데이터 트래픽 속도는 변하지 않는다.

<12> 이와 같이 느린 빛 현상 및 비축퇴 4파장 혼합 프로세싱에 기반한 본 발명에 따른 시간지연 광 논리 게이트는 NOT, OR, NOR, XOR, AND, 그리고 NAND 게이트 중 적어도 하나 이상으로 동작할 수 있다.

<13> 이와 같은 본 발명에 따른 시간지연 광 논리 게이트는 전술한 지연 광 라우터를 하나 이상 사용함으로써, 구현될 수 있다. 상기 지연 광 라우터는 3개의 에너지 준위를 갖는 비선형 광 매체를 포함한다. 상기 3개의 에너지 준위 중 2개는 서로 에너지적으로 근접한 바닥 상태이며, 나머지 1개는 들뜬 상태이다. 상기 비선형 광 매체에는 3개의 레이저 빔, 즉 제 1 레이저 빔, 제 2 레이저 빔, 제 3 레이저 빔이 입사된다. 상기 지연 광 라우터는 상기 제 1 레이저 빔과 상기 제 2 레이저 빔이 입력되면, 느린 빛(S)을 출력한다. 또한, 상기 지연 광 라우터는 상기 제 1 레이저 빔, 상기 제 2 레이저 빔, 상기 제 3 레이저 빔이 입력되면, 4광파혼합처리에 의한 4광 혼합빛 (D)를 출력한다. 상기 제 3 레이저 빔이 입력되지 않으면, 상기 느린 빛(S)이 출력되고, 상기 제 3 레이저 빔이 입력되면, 상기 4광 혼합빛(D)을 출력한다. 이때, 상기 제 2 레이저 빔과 제 3 레이저 빔의 주파수는 목적에 따라 서로 다를 수도 있고, 같을 수도 있다.

<14> 상기 빛(D)은 본 발명에 실시예에 따라 또 다른 지연 광라우터의 입력으로 사용될 수 있다. 이때, 상기 2개의 지연 광 라우터들 간에 지연은 무시할 수 있다.

<15> 더욱 구체적으로 설명하면, 본 출원은 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여,

<16> 광 논리 게이트(logical gate)로서,

<17> 비선형 광 매체를 포함하는 적어도 하나의 지연 광 라우터와, 여기서 상기 비선형 광 매체는 에너지적으로 근접한 2개의 바닥 상태(ground state)와, 들뜬 상태(excited state)를 포함하고, 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 쌍극자-금지 (dipole forbidden)되되, 상기 들뜬 상태를 통한 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 가능하고;

<18> 상기 지연 광 라우터에 의해 발생하는 느린 빛(S) 및 비축퇴 4파장 혼합 신호(D) 중 적어도 하나를 상기 논리 게이트의 출력 값으로 출력하는 포트(port)를 포함하고,

<19> 여기서 상기 느린 빛은 상기 2개의 바닥 상태들 중 제 1 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 1 전이를 가능하게 하는 제 1 주파수를 갖는 제 1 레이저 빔(P)과, 그리고 상기 2개의 바닥 상태 중 제 2 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 2 전이를 가능하게 하는 제 2 주파수를 갖는 제 2 레이저 빔(C)이 인가됨으로써 발현(發現)(appearance)되고,

<20> 상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 제 2 주파수를 갖는 상기 제 1 레이저 빔(P), 상기 제 2 주파수를 갖는 상기 제 2 레이저 빔(C), 그리고 상기 제 2 전이를 가능하게 하는 제 3 주파수를 갖는 제 3 레이저 빔(C)이 인가됨으로써 발현되고,

<21> 상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)의 발현에 응답하여, 상기 느린 빛(S)은 사라지는 것을 특징으로 하는 시간지연 광 논리 게이트를 제공한다.

<22> 또한, 본 출원은 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여,

<23> 비선형 광 매체를 포함하는 적어도 하나의 지연 광 라우터를 포함하는 논리 게이트를 구동하는 방법으로서, 여기서 상기 비선형 광 매체는 에너지적으로 근접한 2개의 바닥 상태(ground state)와, 들뜬 상태(excited state)를 포함하고, 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 쌍극자-금지되되, 상기 들뜬 상태를 통한 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 가능하고,

<24> 느린 빛(S) 및 비축퇴 4파장 혼합 신호(D) 중 적어도 하나 이상을 논리 게이트의 출력으로서 사용하는 단계를 포함하고,

<25> 여기서, 상기 느린 빛은 상기 2개의 바닥 상태들 중 제 1 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 1 전이를 가능하게 하는 제 1 주파수를 갖는 제 1 레이저 빔(P)과, 그리고 상기 2개의 바닥 상태 중 제 2 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 2 전이를 가능하게 하는 제 2 주파수를 갖는 제 2 레이저 빔(C)이 인가됨으로써 발현(發現)(appearance)되고,

<26> 상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)는 상기 제 2 주파수를 갖는 상기 제 1 레이저 빔(P), 상기 제 2 주파수를 갖는 상기 제 2 레이저 빔(C), 그리고 상기 제 2 전이를 가능하게 하는 제 3 주파수를 갖는 제 3 레이저 빔(C)이 인가됨으로써 발현되고, 상기 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)의 발현에 응답하여, 상기 느린 빛(S)은 사라지는 것을 특징으로 하는 지연 광 논리 게이트 구동 방법을 제공한다.

<27> 또한, 본 출원은 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여,

<28> 비선형 광 매체를 포함하는 지연 광 라우터를 이용하여 논리 게이트를 구동하는 방법으로서, 여기서 상기 비선형 광매체는 에너지적으로 근접한 2개의 바닥 상태(ground state)와, 들뜬 상태(excited state)를 포함하고, 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 쌍극자-금지되되, 상기 들뜬 상태를 통한 상기 2개의 바닥 상태들 간의 전이는 가능하고,

<29> a) 상기 2개의 바닥 상태 중 제 1 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 1 전이를 가능하게 하는 제 1 주파수를 갖는 제 1 레이저 빔(P)을 상기 비선형 광 매체에 인가하는 단계와;

<30> b) 상기 2개의 바닥 상태 중 제 2 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 제 2 전이를 가능하게 하는 제 2 주파수를 갖는 제 2 레이저 빔(C)을 상기 비선형 광 매체에 인가하는 단계와;

<31> c) 상기 제 2 바닥 상태와 상기 들뜬 상태 간의 상기 제 2 전이를 가능하게 하는 제 3 주파수를 갖는 제 3 레이저 빔(A)을 상기 비선형 광 매체에 인가하는 단계와;

<32> d) 느려진 빛을 생성하기 위하여, 상기 제 2 레이저 빔(C)의 세기를 조절하는 단계와; 여기서 상기 느려진 빛은 상기 제 1 레이저 빔이 군속도(group velocity)로 느려진(slow down) 것에 해당하며,

<33> e) 두양자 결맞음(two-photon coherence) 과 관계되는 주파수를 갖는 비축퇴 4파장 혼합 신호(D)를 생성하기 위하여, 상기 제 1 레이저 빔(P), 상기 제 2 레이저 빔(C) 및 상기 제 3 레이저 빔(A) 중 적어도 하나의 세기를 조절하는 단계와;

<34> f) 상기 생성된 느린 빛(S) 및 상기 생성된 비축퇴 4파장 혼합 신호(D) 중 적어도 하나 이상을 상기 논리 게이트의 결과 값으로 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 논리 게이트 구동 방법을 제공한다.

효 과

<35> 본 발명에 따른 시간 지연 광 논리 게이트는 전기적 소자를 이용하지 않고서도, 논리 연산을 수행할 수 있도록 하는 장점을 가지고 있다. 또한, 고속 특성을 갖는 광 신호를 전기적 신호로 변환하지 않고서도, 논리 연산을 수행할 수 있기 때문에, 처리 능력을 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<36> 이하, 본 발명의 실시예의 이해를 도모하기 위하여, 첨부된 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

<37> 도 1은 본 발명에 따른 제 1 실시예를 나타낸 예시도이다.

<38> 도 1을 참조하여 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 제 1 실시예는 지연 광라우터를 이용하여, NOT게이트를 구현한다. 제 1 레이저 빔(P)(101), 제 2 레이저 빔(C)(102), 제 3 레이저 빔(A)(103)의 입력에 따라, 느린 빛(S)(104) 또는 4광파혼합빛(D)(105)이 출력된다.여기서, 상기 제 2 레이저 빔(C)(102)의 주파수가 상기 제 3 레이저 빔(A)(103)의 주파수와 다른 경우, 상기 제 2 레이저 빔(C)는 연속파가 되어도 무방하다.

<39> 상기 제 3 레이저 빔(A)(103)이 입력되지 않으면, 상기 느린 빛(S)(104)이 출력된다. 그러나, 상기 제 3 레이저 빔(A)(103)이 입력되면, 상기 느린 빛(S)(104)은 사라지고, 상기 빛(D)(105)이 출력된다. 따라서, 아래의 표 1과 같이, 제 1 레이저 빔(P)(101)과 제 3 레이저 빔(A)(103)은 NOT 게이트의 입력에 해당하게 되고, 느린 빛(S)과, 빛(D)은 출력에 해당되게 된다. 한편, 도 1(b)는 레이저 빔의 순서를 나타낸다.

표 1

<40>

입력		출력	
제 1 레이저 빔	제 3 레이저 빔	빛(S)	빛(D)
1	0	1	0
1	1	0	1

<41> 도 2는 본 발명에 따른 지연 광 논리 게이트의 동작 원리를 나타낸 예시도이다.

<42> 도 2를 참조하여 알 수 있는 바와 같이, 상기 지연 광 라우터의 상기 비선형 광 매체는 3개의 에너지 준위들을 갖는다. 3개의 에너지 준위들은 에너지적으로 근접한 2개의 바닥 상태들|1>, |2>와, 들뜬 상태의 에너지 준위 |3>으로 이루어진다. 상기 들뜬 상태 |3>은 상기 2개의 바닥 상태들 보다 에너지 준위가 높다. 그리고, 바닥 상태 |2>의 에너지 준위는 바닥 상태 |1>의 에너지 준위보다 높다. 여기서, 상기 비선형 광 매체는 더 많은 에너지 준위를 가질 수 있지만, 도 2에서는 본 발명에 따른 지연 광 스위치/라우터를 구현할 수 있는 3개의 에너지 준위만을 도시하였음에 주의해야 한다. 상기 2개의 바닥 상태들은 대부분의 기체 또는 희토류 도핑된(rare-earth doped) 크리스탈의 초미세 준위(hyperfine states)로부터 형성될 수 있다. 또는 도 2(a)에 도시된 에너지 구조는 다중 결합 반도체 양자우물(quantum well) 또는 양자점(quantum dot)로부터 인공적으로 생성될 수 있다.

<43> 한편, 상기 지연 광 라우터에 의해 출력되는 느린 빛(S)(104)은 상기 비선형 광 매체에 상기 제 1 레이저 빔(P)과 상기 제 2 레이저 빔(C)이 인가되었을 때 발생한다. 이러한 느린 빛(S)(104)은 주파수 ω_S에서 수정된 흡수 및 분산 스펙트럼에 기인한 EIT(Electromagnetically induced transparency) 또는 CPO(Coherent population oscillations)에 의해서 생성된다. 이는 "Physical Revew Letter"(1991) 제74권 1107-1110 페이지에 S.E. Harris가 기고한 내용 및, "Science"(2003) 제301권 200-2002페이지에 R.Boyd가 기고한 내용으로부터 알 수 있다.

<44> 그리고, 출력되는 빛(D)(105)은 상기 비선 형 광 매체에 상기 제 1 레이저 빔(P)이 주파수 ω_P으로, 제 2 레이저 빔(C)이 주파수 ω_C으로, 제 3 레이저 빔(A)이 주파수 ω_A로 입력되었을 때, 비축퇴 4파장 혼합 프로세싱에 의해서 생성될 수 있다.

<45> 도 2(b)를 참조하면, 레이저 빔들의 진행 방향이 나타나 있다. 상기 진행방향은 위상 매칭 조건:$k_D=k_P-k_A+k_C$에 의해서 결정된다. 여기서, 상기 비축퇴 4파장 혼합 생성은 검은 공진(dark resonance) 또는 EIT에 의해서 증폭된다. 이는 "Physical Review Letter"(1991) 제64권 1107-1110페이지에 Harris가 기고한 내용으로부터 알 수 있다. 또한, 신호 증폭 및 비축퇴 4파장 혼합 프포세싱을 위해 원자 기체를 이용한 고-변환 효율(high-conversion efficiency)은 실험적으로 증명되었다. 이는 "Optics Letter"(1995) 제20권 982-984페이지에 Hemmer가 기고한 내용과 "Physical Review Letter"(1996) 제77권 4326-4329페이지에 Jain이 기고한 내용으로부터 알 수 있다. 비축퇴 4파장 혼합 프로세싱의 고-변환 효율은 이온 도핑된 고체를 통해 실험적으로 증명되었다. 이는 "Physcial Review A"(1999) 제59권 2583-2586페이지에 함병승이 기고한 내용을 통해 알 수 있다. 비축퇴 4파장 혼합 프로세싱의 개선은 감소된 1차 선형 감도(first -order linear susceptibility)와, 그리고 상쇄 및 보강 양자 간섭으로 인한 개선된 4차 비선형 감도(enhanced third-order nonlinear susceptibility)에 그 기반을 두고 있다.

<46> 입력되는 제 1 레이저 빔(P)과 비축퇴 4파장 혼합 프로세싱에 의한 출력 빛(D)과의 관계를 이해하기 위해서는, 코히런스 매핑(coherence mapping)을 이해할 필요가 있다. 이를 위해, 먼저 도 2에 나타난 결맞음 여기(coherence excitation)을 참조하여, 상태밀도 매트릭스 ρ를 이해해야 한다. 상태밀도 매트릭스는 캠브리지 대학에서 발행된 Quantum optics(1997)에 Scully와 Zubary가 기고한 system's macroscopic ensemble을 통해 이해할 수 있다.

<47> 다시, 도 2(a)를 참조하여 알 수 있는 바와 같이, 제 1 레이저 빔(P)과 제 2 레이저 빔(C)이 제 1 바닥 상태|1>에서 제 2 바닥 상태|2>로의 전이에서 2 광자 결맞음(two-photon coherence)(2광자 가간섭성)을 유도하는 것을 알 수 있다. 특히, 2 광자 결맞음(two-photon coherence)(2광자 가간섭성)은 검은 공진(dark resonance) 또는 EIT가 결부되는 상태에서 크게 증대된다. 여기서, 검은 공진(dark resonance) 또는 EIT는 물리적으로 동일한 현상이나, EIT라는 용어는 공진 전자기장(resonant electromagnetic field)이 어떠한 흡수를 겪지 않고서도 광학적으로 두터운 매체를 통과할 수 있도록 하는 흡수 상쇄에 그 근거를 두고 있다. 상기 제 1 레이저 빔(P)이 상기 비선형 광 매체와 상호작용을 할 때, 상기 출력 빛(D)의 주파수와 상기 제 2 레이저 빔(C)의 주파수가 동일할 경우, 2 광자 결맞음(2 광자 가간섭성) 또는 비흡수 공진은 상기 제 1 레이저 빔(P)에 대해 회복된다. 그리고, 상기 제 2 레이저 빔(C)는 상기 비선형 광 매체의 굴절율을 변화시키기 때문에, 분산 스펙트럼은 또한 수정되고, 그로 인해 상기 제 1 레이저 빔(P)의 군 속도는 저하되게 된다. 이는 "Nature" 제 397권(1999) 594-598페이지에 Hau가 기고한 내용 및 "Physical Review Letter" 제88호 236024페이지에 함병승이 기고한 내용으

로부터 알 수 있다.

<48> 한편, 도 3을 참조하여 알 수 있는 바와 같이, 출력되는 빛(D)은 Pr^{3+}:YSO에서 관측된다. 이는 지연된 비축퇴 4파장 혼합 프로세싱에 의한 빛(D)을 증명할 뿐 만아니라, 느린 빛(S)이 지연 광 라우팅을 위해 사용될 수 있음을 나타낸다. 도시된 E-P(E-A)는 상기 제 1 레이저 빔(P)(또는, 제 3 레이저 빔(A))을 생성하기 위해 가해지는 전기 신호의 기준을 나타낸다.

<49> 도 4(a)는 본 발명에 따른 제 2 실시예를 나타낸 예시도이며, 도 4(b)는 레이저 빔의 순서를 나타낸 예시도이다.

<50> 도 4(a)를 참조하여 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 제 2 실시예는 일련으로 연결된 2개의 지연 광라우터를 이용하여, NOR게이트를 구현한다.

<51> 제 1 지연 광 라우터(403)에 제 1 레이저 빔(P)(401), 제 2 레이저 빔(C1)(404), 제 3 레이저 빔(A)(402)이 입력되면, 느린 빛(S)(405) 또는 빛(D)(406)이 출력된다.

<52> 여기서, 상기 제 1 지연 광라우터(403)에 의한 느린 빛(S)(405)은 제 2 지연 광 라우터(408)의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용된다. 상기 제 2 지연 광 라우터(408)는 느린 빛(S)(410) 또는 빛(D)(411)을 출력한다.

<53> 상기 제 2 지연 광 라우터(408)로부터 출력되는 상기 느린 빛(S410)은 NOR 게이트의 결과에 해당한다. 그리고, 상기 제 1 지연 광라우터(403) 및 상기 제 2 지연 광 라우터(408)에 각기 입력되는 제 3 레이저 빔들(402, 407)은 NOR 게이트의 입력에 해당한다. 도 4(b)는 빛들의 순서를 나타낸다.

<54> NOR 게이트의 입력 및 출력 간의 관계는 표 2와 같다.

표 2

<55>

입력		출력
제 1 지연 광라우터의 제 3 레이저 빔	제 2 지연 광라우터에 입력되는 제 3 레이저 빔	제 2 지연 광라우터로부터 출력되는 빛(S)
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

<56> 한편, 도 5(a)는 본 발명에 따른 제 3 실시예를 나타낸 예시도이며, 도 5(b)는 레이저 빔의 순서를 나타낸 예시도이다.

<57> 도 5(a)를 참조하여 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 제 3 실시예는 일련으로 연결된 2개의 지연 광라우터를 이용하여, AND 게이트를 구현한다.

<58> 제 1 지연 광 라우터(502)에 제 1 레이저 빔(P)(501), 제 2 레이저 빔(C1)(504), 제 3 레이저 빔(A)(503)이 입력되면, 느린 빛(S)(505) 또는 빛(D)(503)이 출력된다.

<59> 여기서, 상기 제 1 지연 광라우터(403)에 의한 빛(D)(506)은 제 2 지연 광 라우터(507)의 제 1 레이저 빔(P)으로 사용된다. 상기 제 2 지연 광 라우터(507)는 느린 빛(S)(510) 또는 빛(D)(511)을 출력한다.

<60> 상기 제 2 지연 광 라우터(507)로부터 출력되는 상기 빛(D)(511)은 AND 게이트의 결과에 해당한다. 그리고, 상기 제 1 지연 광라우터(502) 및 상기 제 2 지연 광 라우터(507)에 각기 입력되는 제 3 레이저 빔들(503, 508)은 AND 게이트의 입력에 해당한다. 한편, 도 5(b)는 레이저 빔의 순서를 나타낸다.

<61> AND 게이트의 입력 및 출력 간의 관계는 표 3와 같다.

표 3

<62>

입력		출력
제 1 지연 광라우터의 제 3 레이저 빔	제 2 지연 광라우터에 입력되는 제 3 레이저 빔	제 2 지연 광라우터로부터 출력되는 빛(D)
0	0	0

0	1	0
1	0	0
1	1	1

<63> 한편, 도 6(a)은 본 발명에 따른 제 4 실시예를 나타낸 예시도이며, 도 6(b)는 도 6(a)의 레이저 빔들의 순서를 나타낸 예시도이다.

<64> 도 6(a)를 참조하여 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 제 4 실시예는 병렬로 연결된 2개의 지연 광라우터를 이용하여, NAND 게이트와 OR 게이트를 구현한다.

<65> 제 1 지연 광 라우터(602)에 제 1 레이저 빔(P)(601), 제 2 레이저 빔(C1)(604), 제 3 레이저 빔(A)(603)이 입력되면, 느린 빛(S1)(605) 또는 빛(D1)(606)이 출력된다.

<66> 그리고, 제 2 지연 광 라우터(607)에 제 1 레이저 빔(P)(601), 제 2 레이저 빔(C2)(609), 제 3 레이저 빔(B)(608)이 입력되면, 느린 빛(S2)(610) 또는 빛(D2)(611)이 출력된다.

<67> 여기서, 상기 제 1 지연 광 라우터(602) 및 상기 제 2 지연 광 라우터(607)에 입력되는 상기 제 1 레이저 빔(P)(601)은 공유된다.

<68> 그리고, 상기 제 1 지연 광 라우터(602) 및 상기 제 2 지연 광 라우터(607)로부터 각기 출력되는 느린 빛(S1, S2)(605, 610)은 출력 포트 X(612)로 합쳐진다. 또한, 상기 제 1 지연 광 라우터(602) 및 상기 제 2 지연 광 라우터(607)로부터 각기 출력되는 빛(D1, D2)(606, 611)은 출력 포트 Y(613)로 합쳐진다.

<69> 상기 출력 포트(X)(612)는 NAND 게이트의 결과에 해당하며, 상기 출력 포트(Y)(613)는 OR 게이트에 해당한다. 그리고, 상기 제 1 지연 광라우터(602) 및 상기 제 2 지연 광 라우터(603)에 각기 입력되는 제 3 레이저 빔들(A, B)(603, 608)은 NAND/OR 게이트의 입력에 해당한다. 한편, 도 6(b)는 레이저 빔의 순서를 나타낸다.

<70> NAND/OR 게이트의 입력 및 출력 간의 관계는 표 4와 같다.

표 4

<71>

입력		출력	
제 1 지연 광라우터의 제 3 레이저 빔(A)	제 2 지연 광라우터에 입력되는 제 3 레이저 빔(B)	출력 포트 X(NAND 게이트)	출력 포트Y(OR 게이트)
0	0	1	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1

<72> 한편, 도 7(a)은 본 발명에 따른 제 5 실시예를 나타낸 예시도이고, 도 7(b)는 도 7(a)의 레이저 빔들의 순서를 나타낸 예시도이다.

<73> NAND/OR 게이트의 입력 및 출력 간의 관계는 표 4와 같다.

<74> 도 7(a)를 참조하여 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 제 5 실시예는 직렬 및 병렬 연결된 3개의 지연 광라우터를 이용하여, NOR 게이트, XOR 게이트, AND 게이트를 구현한다.

<75> 제 1 지연 광 라우터(703)에 제 1 레이저 빔(P)(701), 제 2 레이저 빔(C0)(704), 제 3 레이저 빔(A)(702)이 입력되면, 느린 빛(S)(705) 또는 빛(D)(706)이 출력된다. 상기 제 1 지연 광 라우터(703)로부터 출력되는 느린 빛(S)(705)은 제 2 지연 광 라우터(707)의 제 1 레이저 빔(P1)으로 사용된다. 그리고, 상기 제 1 지연 광 라우터(703)로부터 출력되는 빛(D)(706)은 제 3 지연 광라우터(713)의 제 1 레이저 빔(P2)으로 사용된다.

<76> 상기 제 2 지연 광 라우터(707)는 상기 제 1 레이저 빔(P)(705), 제 2 레이저 빔(C1)(711), 제 3 레이저 빔(B)(708)이 입력되면, 느린 빛(S1)(709) 또는 빛(D1)(710)을 출력한다. 상기 출력되는 빛(D1)은 출력 포트 X로 연결된다. 여기서, 상기 제 3 레이저 빔(B)(708)은 상기 제 2 지연 광라우터(707) 및 상기 제 3 지연 광라우터(713)에 동일하게 입력된다.

<77> 상기 제 3 지연 광 라우터(713)는 상기 제 1 레이저 빔(P)(705), 제 2 레이저 빔(C2)(714), 제 3 레이저 빔(B)(708)이 입력되면, 느린 빛(S2)(715) 또는 빛(D2)(716)을 출력한다. 상기 출력되는 느린 빛(S2)은 출력 포트 Y로 연결된다.

<78> 상기 제 1 지연 광 라우터(703)에 입력되는 제 3 레이저 빔(A)(702)과, 상기 제 2 및 제 3 지연 광라우터(707, 713)에 동일하게 입력되는 상기 제 3 레이저 빔(B)(708)은 NOR/XOR/AND 게이트의 입력에 해당한다.

<79> 상기 제 2 지연 광라우터(707)의 출력 포트 X로부터 출력되는 느린 빛(S1)(709)은 NOR 게이트의 결과에 해당한다. 그리고, 상기 제 3 지연 광 라우터(713)의 출력 포트 Y로부터 출력되는 느린 빛(S2)(715)은 AND 게이트의 결과에 해당한다.

<80> 한편, 상기 제 2 지연 광 라우터(707)로부터 출력되는 빛(D1)(710)과 상기 제 3 지연 광 라우터(713)로부터 출력되는 느린 빛(S2)(715)는 출력 포트 Z(717)로 합쳐진다. 이와 같은 상기 출력 포트 Z(717)는 XOR 게이트의 결과에 해당한다.

<81> NOR/XOR/AND 게이트의 입력 및 출력 간의 관계는 표 5와 같다.

표 5

<82>

입력		출력		
제 1 지연 광라우터에 입력되는 제 3 레이저 빔(A)(702)	제 2 및 제 3 지연 광라우터에 입력되는 제 3 레이저 빔(B)(708)	출력 포트 X(NOR 게이트)	출력 포트 Y(AND 게이트)	출력 포트 Z(NAND 게이트)
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
1	0	0	0	1
1	1	0	1	0

<83> 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 설명하였으나, 본 발명의 범위는 이와 같은 특정 실시예에만 한정되는 것은 아니므로, 본 발명은 본 발명의 사상 및 특허청구범위에 기재된 범주 내에서 다양한 형태로 수정, 변경, 또는 개선될 수 있다.

도면의 간단한 설명

<84> 도 1은 본 발명에 따른 제 1 실시예를 나타낸 예시도이다.

<85> 도 2는 본 발명에 따른 광 논리 게이트의 동작 원리를 나타낸 예시도이다.

<86> 도 3은 본 발명에 따라 출력되는 느린 빛(S) 및 빛(D)을 나타낸 예시도이다.

<87> 도 4(a)는 본 발명에 따른 제 2 실시예를 나타낸 예시도이다.

<88> 도 4(b)는 도 4(a)에 도시된 레이저 빔들의 순서를 나타낸 예시도이다.

<89> 도 5(a)는 본 발명에 따른 제 3 실시예를 나타낸 예시도이다.

<90> 도 5(b)는 도 5(a)에 도시된 레이저 빔들의 순서를 나타낸 예시도이다.

<91> 도 6(a)은 본 발명에 따른 제 4 실시예를 나타낸 예시도이다.

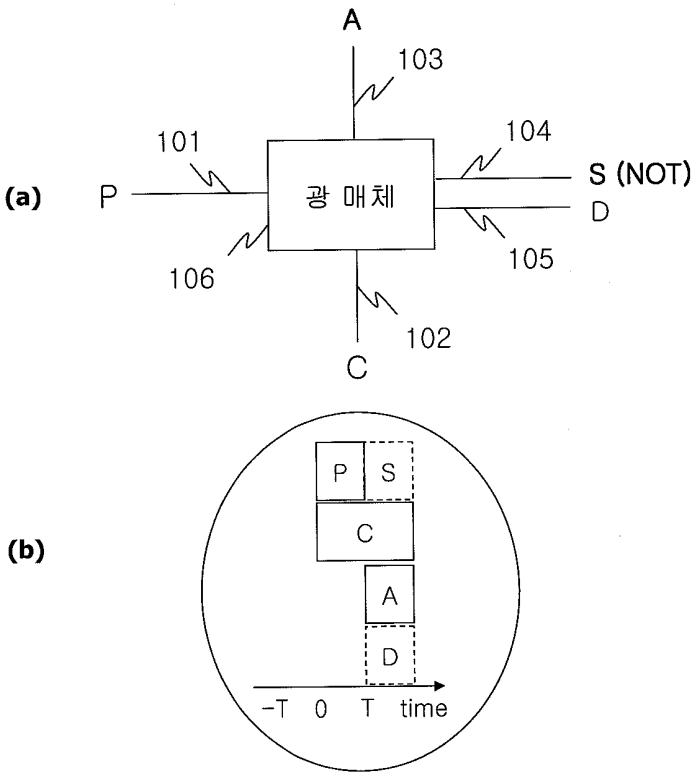
<92> 도 6(b)은 도 6(a)에 도시된 레이저 빔들의 순서를 나타낸 예시도이다.

<93> 도 7(a)는 본 발명에 따른 제 5 실시예를 나타낸 예시도이다.

<94> 도 7(b)은 도 7(a)에 도시된 레이저 빔들의 순서를 나타낸 예시도이다.

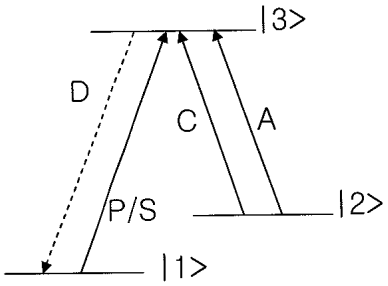
도면

도면1

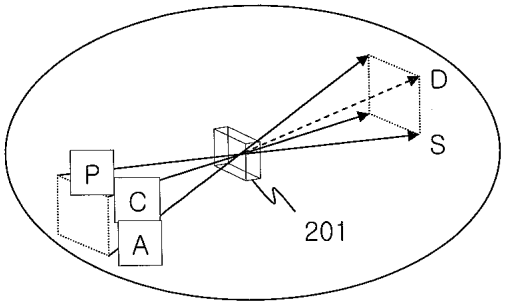


도면2

(a)

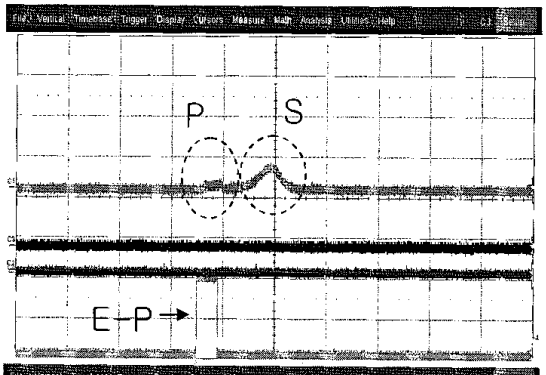


(b)

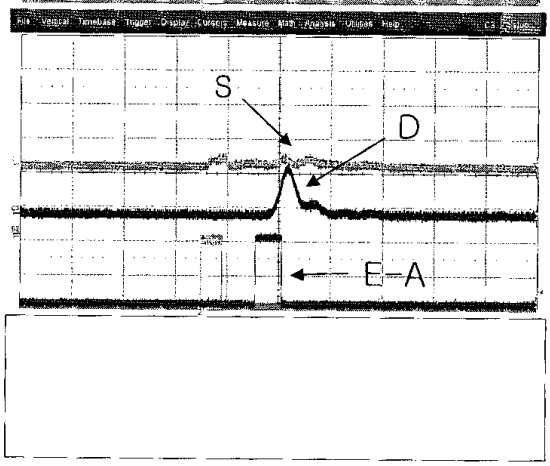


도면3

(a)

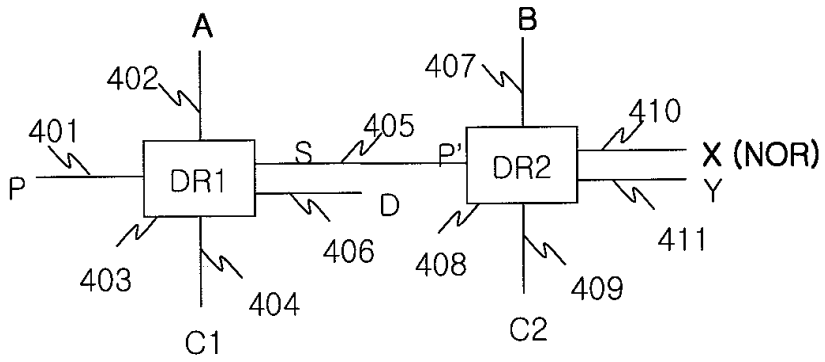


(b)

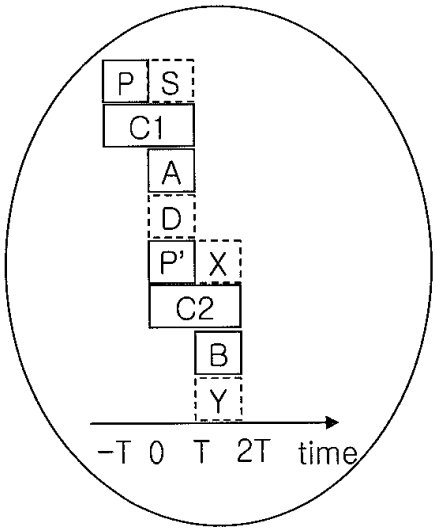


도면4

(a)

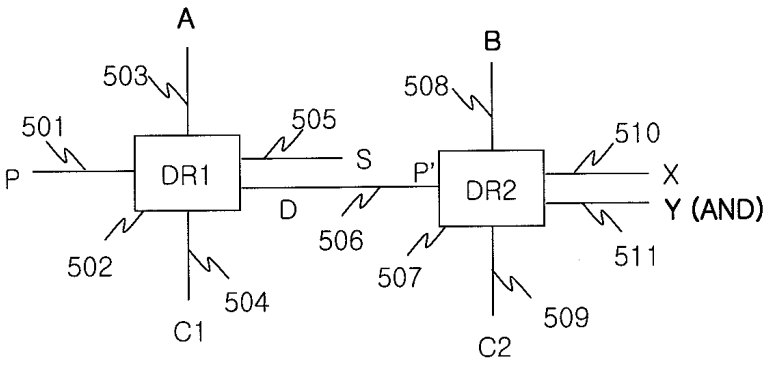

A
B
402
407
401
405
410
S
P'
DR1
DR2
X (NOR)
P
D
Y
406
411
403
408
404
409
C1
C2

(b)

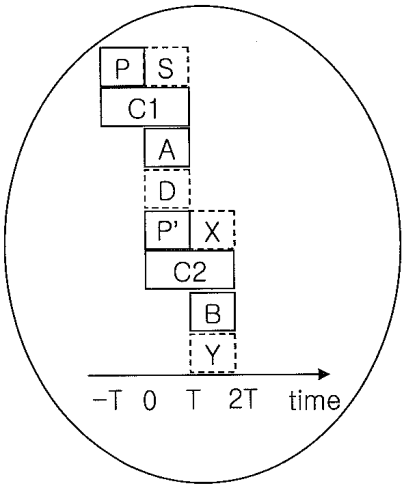

P
S
C1
A
D
P'
X
C2
B
Y
-T 0 T 2T time

도면5

(a)

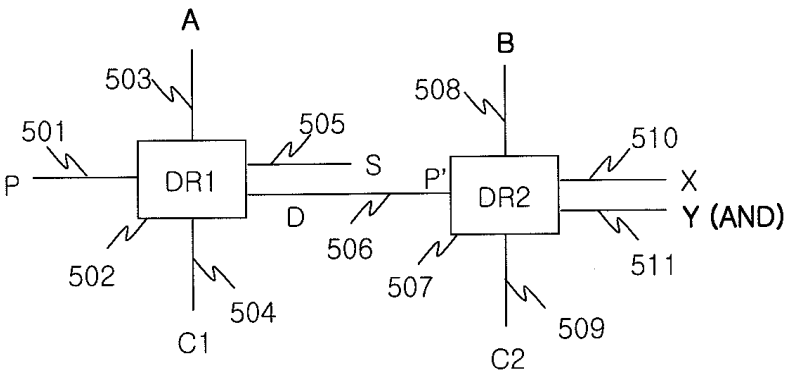

A
503
501
505
P
DR1
S
D
502
504
C1
B
508
510
P'
DR2
X
Y (AND)
506
507
511
509
C2

(b)

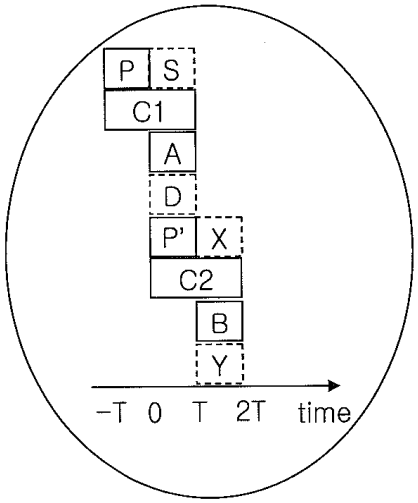

P
S
C1
A
D
P'
X
C2
B
Y
-T
0
T
2T
time

도면6

(a)

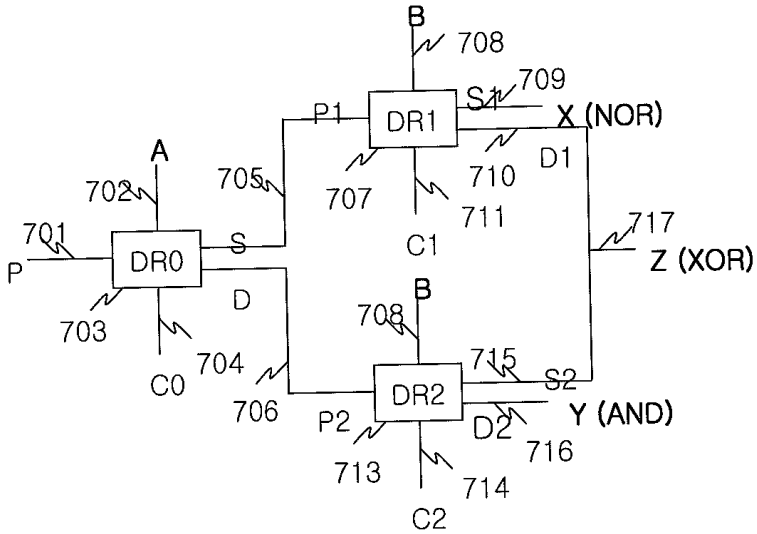

A
503
501
505
B
508
510
P
DR1
S
P'
DR2
X
Y (AND)
D
506
502
504
507
511
C1
C2
509

(b)

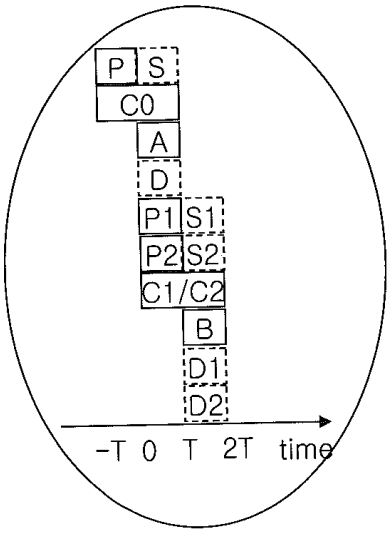

P
S
C1
A
D
P'
X
C2
B
Y
-T
0
T
2T
time

도면7

(a)


B
708
709
S1
X (NOR)
P1
DR1
D1
A
702
705
707
710
711
C1
717
701
DR0
S
Z (XOR)
P
D
B
708
703
704
715
S2
C0
DR2
706
P2
D2
Y (AND)
716
713
714
C2

(b)


P
S
C0
A
D
P1
S1
P2
S2
C1/C2
B
D1
D2
-T
0
T
2T
time