



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0163261
(43) 공개일자 2023년11월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 10/40 (2022.01) G06N 10/20 (2022.01)
G06N 10/80 (2022.01) B82Y 10/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06N 10/40 (2022.01)
G06N 10/20 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2022-0093630
(22) 출원일자 2022년07월28일
심사청구일자 2022년07월28일
(30) 우선권주장
1020220062508 2022년05월23일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
조장희
경기도 화성시 봉담읍 와우로34번길 11, 102동 1304호(봉담아이파크)
이해근
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 공학관 601호(안암동5가)
석대환
서울특별시 강북구 인수봉로61길 22-22(수유동)
(74) 대리인
이대호, 박건홍

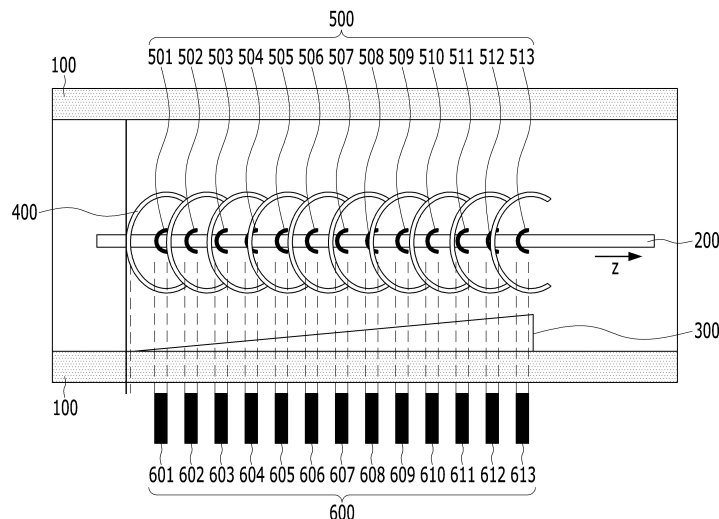
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 양자 컴퓨팅 플랫폼

(57) 요약

본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼(platform)에 있어서, 내부에 공간이 형성된 자석(magnet); 상기 자석의 내부에 삽입되어, 상태 전이가 가능한 물질을 포함하는 바(bar); 상기 자석의 내부에 구비되어, 상기 자석의 내부에 경사자계(gradient)를 발생시키는 경사자계 코일(gradient coil); 상기 바와 상기 경사자계 코일 사이에 배치되어, 상기 자석의 내부에 제 1 RF 펄스(radio frequency pulse)를 인가하는 제 1 RF 코일; 및 상기 바와 상기 제 1 RF 코일 사이에 배치되어, 상기 자석의 내부에 제 2 RF 펄스를 인가하고 그리고 상기 바를 이용하여 큐비트(qubit)를 생성하는 적어도 하나의 제 2 RF 코일;를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 10/80 (2022.01)

B82Y 10/00 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

양자 컴퓨팅 플랫폼(platform)에 있어서,
내부에 공간이 형성된 자석(magnet);
상기 자석의 내부에 삽입되어, 상태 전이가 가능한 물질을 포함하는 바(bar);
상기 자석의 내부에 구비되어, 상기 자석의 내부에 경사자계(gradient)를 발생시키는 경사자계 코일(gradient coil);
상기 바와 상기 경사자계 코일 사이에 배치되어, 상기 자석의 내부에 제 1 RF 펄스(radio frequency pulse)를 인가하는 제 1 RF 코일; 및
상기 바와 상기 제 1 RF 코일 사이에 배치되어, 상기 자석의 내부에 제 2 RF 펄스를 인가하고 그리고 상기 바를 이용하여 큐비트(qubit)를 생성하는 적어도 하나의 제 2 RF 코일;
을 포함하는,
양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 물질은 $1/2$ 의 핵스핀(nuclear spin)을 갖는 핵종(nuclide)을 포함하는,
양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 물질은 수소 원자핵을 포함하는,
양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 제 1 RF 펄스와 상기 제 2 RF 펄스는 상이한 각도를 갖는,
양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 제 2 RF 코일이 복수인 경우, 복수의 제 2 RF 코일들은 서로 이격되어 배치되는,

양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 복수의 제 2 RF 코일들은 사전 결정된 거리에 대응되도록 서로 이격되어 배치되는,

양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 제 2 RF 코일이 복수인 경우, 복수의 제 2 RF 코일들은 서로 상이한 주파수를 갖는,

양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 제 2 RF 코일이 복수인 경우, 복수의 제 2 RF 코일들은 각각 상기 큐비트를 생성하는,

양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 큐비트는 선택된 시간에 기초하여 '0'상태(state) 및 '1'상태 각각의 확률을 결정하는,

양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 '0'상태는 상기 물질의 균형 상태(equilibrium state)에 대응되고,

상기 '1'상태는 상기 물질의 여기 상태(excited state)에 대응되는,

양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 큐비트는 상기 적어도 하나의 제 2 RF 코일에서 상기 바에 상기 제 1 RF 펄스와 상이한 각도의 상기 제 2 RF 펄스를 인가하는 경우에 발현되는 스핀 메아리(spin echo) 현상에 따라 발생하는 신호인,

양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 RF 펄스는 90도의 각도를 가지고 상기 제 2 RF 펄스는 180도의 각도를 가지는,

양자 컴퓨팅 플랫폼.

청구항 13

큐비트를 생성하기 위한 방법으로서,

내부에 공간이 형성된 자석의 내부에 삽입된 바(bar)와 상기 자석의 내부에 경사자계(gradient)를 발생시키는 경사자계 코일 사이에 배치되는 제 1 RF 코일에 의해, 상기 자석의 내부에 제 1 RF 펄스를 인가하는 단계; 및

상기 바와 상기 제 1 RF 코일 사이에 배치된 제 2 RF 코일에 의해, 상기 자석의 내부에 제 2 RF 펄스를 인가하고 그리고 상기 바를 이용하여 큐비트(qubit)를 생성하는 단계;

를 포함하는,

방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 양자 컴퓨팅 플랫폼에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 큐비트(qubit)를 생성하기 위한 양자 컴퓨팅 플랫폼에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 양자 컴퓨터는 양자 얽힘(quantum entanglement), 양자 중첩(quantum superposition) 등의 양자역학과 관련된 현상을 이용하여 데이터를 처리하는 컴퓨터일 수 있다. 양자 얽힘은 둘 이상의 상태가 양자적으로 서로 연결되어 있어, 각각의 상태로 따로 다룰 수 없는 상태를 의미할 수 있다. 양자 중첩은 양자 상태를 측정하기 전에 측정에 의한 여러 결과 상태가 확률적으로 동시에 존재하는 것을 의미할 수 있다. 양자 컴퓨터는 양자역학과 관련된 현상을 이용하여 데이터를 처리하기 위한 정보의 기본 단위로 큐비트(qubit)를 사용할 수 있다.

[0003] 큐비트는 양자 중첩 상태를 이용하여 여러 비트에 대응되는 값을 동시에 표현이 가능할 수 있다. 예를 들어, 큐비트는 '20%의 확률로 0, 80%의 확률로 1'과 같이 각각의 값들을 확률로 표현할 수 있다. 큐비트는 관측될 때 양자 중첩 상태가 풀리면서 하나의 상태로 결정될 수 있다.

[0004] 큐비트를 생성하기 위한 구동 방식이 양자 컴퓨터의 플랫폼(platform)으로 지칭될 수 있다. 양자 컴퓨터의 플랫폼은 초전도체, 반도체, 자성체, 다이아몬드, 원자, 이온 등의 다양한 형태의 구동 방식들로부터 선택될 수 있다. 하지만, 기존의 양자 컴퓨터의 플랫폼에서 사용되는 방식들은 극저온 상태, 고진공 상태 등이 선제적으로 요구되기 때문에 큐비트를 생성하기 어려울 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2022-0031998호(2022.03.15. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 개시는 전술한 배경기술에 대응하여 안출된 것으로, 양자 컴퓨팅 플랫폼을 제공하고자 한다.

[0007] 본 개시의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 전술한 바와 같은 과제를 해결하기 위한 본 개시의 몇몇 실시예에 따라, 양자 컴퓨팅 플랫폼(platform)에 있어서, 내부에 공간이 형성된 자석(magnet); 상기 자석의 내부에 삽입되어, 상태 전이가 가능한 물질을 포함하는 바(bar); 상기 자석의 내부에 구비되어, 상기 자석의 내부에 경사자계(gradient)를 발생시키는 경사자계 코일(gradient coil); 상기 바와 상기 경사자계 코일 사이에 배치되어, 상기 자석의 내부에 제 1 RF 펄스(radio frequency pulse)를 인가하는 제 1 RF 코일; 및 상기 바와 상기 제 1 RF 코일 사이에 배치되어, 상기 자석의 내부에 제 2 RF 펄스를 인가하고 그리고 상기 바를 이용하여 큐비트(qubit)를 생성하는 적어도 하나의 제 2 RF 코일;을 포함할 수 있다.

[0009] 대안적으로, 상기 물질은 1/2의 핵스핀(nuclear spin)을 갖는 핵종(nuclide)을 포함할 수 있다.

[0010] 대안적으로, 상기 물질은 수소 원자핵을 포함할 수 있다.

[0011] 대안적으로, 상기 제 1 RF 펄스와 상기 제 2 RF 펄스는 상이한 각도를 가질 수 있다.

[0012] 대안적으로, 상기 적어도 하나의 제 2 RF 코일이 복수인 경우, 복수의 제 2 RF 코일들은 서로 이격되어 배치될 수 있다.

[0013] 대안적으로, 상기 복수의 제 2 RF 코일들은 사전 결정된 거리에 대응되도록 서로 이격되어 배치될 수 있다.

[0014] 대안적으로, 상기 적어도 하나의 제 2 RF 코일이 복수인 경우, 복수의 제 2 RF 코일들은 서로 상이한 주파수를 가질 수 있다.

[0015] 대안적으로, 상기 적어도 하나의 제 2 RF 코일이 복수인 경우, 복수의 제 2 RF 코일들은 각각 상기 큐비트를 생성할 수 있다.

[0016] 대안적으로, 상기 큐비트는 선택된 시간에 기초하여 '0'상태(state) 및 '1'상태 각각의 확률을 결정할 수 있다.

[0017] 대안적으로, 상기 '0'상태는 상기 물질의 균형 상태(equilibrium state)에 대응되고, 상기 '1'상태는 상기 물질의 여기 상태(excited state)에 대응될 수 있다.

[0018] 대안적으로, 상기 큐비트는 상기 적어도 하나의 제 2 RF 코일에서 상기 바에 상기 제 1 RF 펄스와 상이한 각도의 상기 제 2 RF 펄스를 인가하는 경우에 발현되는 스핀 메아리(spin echo) 현상에 따라 발생되는 신호일 수 있다.

[0019] 대안적으로, 상기 제 1 RF 펄스는 90도의 각도를 가지고 상기 제 2 RF 펄스는 180도의 각도를 가질 수 있다.

[0020] 전술한 바와 같은 과제를 해결하기 위한 본 개시의 몇몇 다른 실시예에 따라, 큐비트를 생성하기 위한 방법으로서, 내부에 공간이 형성된 자석의 내부에 삽입된 바(bar)와 상기 자석의 내부에 경사자계(gradient)를 발생시키는 경사자계 코일 사이에 배치되는 제 1 RF 코일에 의해, 상기 자석의 내부에 제 1 RF 펄스를 인가하는 단계; 및 상기 바와 상기 제 1 RF 코일 사이에 배치된 제 2 RF 코일에 의해, 상기 자석의 내부에 제 2 RF 펄스를 인가하고 그리고 상기 바를 이용하여 큐비트(qubit)를 생성하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 개시는 효율적인 방식의 양자 컴퓨팅 플랫폼을 제공할 수 있다.

[0022] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023] 다양한 양상들이 이제 도면들을 참조로 기재되며, 여기서 유사한 참조 번호들은 총괄적으로 유사한 구성요소들을 지칭하는데 이용된다. 이하의 실시예에서, 설명 목적을 위해, 다수의 특정 세부사항들이 하나 이상의 양상들의 총체적 이해를 제공하기 위해 제시된다. 그러나, 그러한 양상(들)이 이러한 구체적인 세부사항들 없이 실시

될 수 있음은 명백할 것이다.

도 1은 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼에서 큐비트를 생성하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼에서 큐비트를 생성하는 과정에서 발생하는 스핀 메아리를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼을 통해 큐비트를 생성하기 위한 방법을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 개시의 실시예들이 구현될 수 있는 예시적인 컴퓨팅 환경에 대한 간략하고 일반적인 개략도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 다양한 실시예들이 이제 도면을 참조하여 설명된다. 본 명세서에서, 다양한 설명들이 본 개시의 이해를 제공하기 위해서 제시된다. 그러나, 이러한 실시예들은 이러한 구체적인 설명 없이도 실행될 수 있음이 명백하다.

[0025] 본 명세서에서 사용되는 용어 "컴포넌트", "모듈", "시스템" 등은 컴퓨터-관련 엔티티, 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어, 소프트웨어 및 하드웨어의 조합, 또는 소프트웨어의 실행을 지칭한다. 예를 들어, 컴포넌트는 프로세서 상에서 실행되는 처리과정(procedure), 프로세서, 객체, 실행 스레드, 프로그램, 및/또는 컴퓨터일 수 있지만, 이들로 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 컴퓨팅 장치에서 실행되는 애플리케이션 및 컴퓨팅 장치 모두 컴포넌트일 수 있다. 하나 이상의 컴포넌트는 프로세서 및/또는 실행 스레드 내에 상주할 수 있다. 일 컴포넌트는 하나의 컴퓨터 내에 로컬화 될 수 있다. 일 컴포넌트는 2개 이상의 컴퓨터들 사이에 분배될 수 있다. 또한, 이러한 컴포넌트들은 그 내부에 저장된 다양한 데이터 구조들을 갖는 다양한 컴퓨터 판독가능한 매체로부터 실행할 수 있다. 컴포넌트들은 예를 들어 하나 이상의 데이터 패킷들을 갖는 신호(예를 들면, 로컬 시스템, 분산 시스템에서 다른 컴포넌트와 상호작용하는 하나의 컴포넌트로부터의 데이터 및/또는 신호를 통해 다른 시스템과 인터넷과 같은 네트워크를 통해 전송되는 데이터)에 따라 로컬 및/또는 원격 처리들을 통해 통신할 수 있다.

[0026] 더불어, 용어 "또는"은 배타적 "또는"이 아니라 내포적 "또는"을 의미하는 것으로 의도된다. 즉, 달리 특정되지 않거나 문맥상 명확하지 않은 경우에, "X는 A 또는 B를 이용한다"는 자연적인 내포적 치환 중 하나를 의미하는 것으로 의도된다. 즉, X가 A를 이용하거나; X가 B를 이용하거나; 또는 X가 A 및 B 모두를 이용하는 경우, "X는 A 또는 B를 이용한다"가 이들 경우들 어느 것으로도 적용될 수 있다. 또한, 본 명세서에 사용된 "및/또는"이라는 용어는 열거된 관련 아이템들 중 하나 이상의 아이템의 가능한 모든 조합을 지칭하고 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0027] 또한, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 해당 특징 및/또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 다만, "포함한다" 및/또는 "포함하는"이라는 용어는, 하나 이상의 다른 특징, 구성요소 및/또는 이들의 그룹의 존재 또는 추가를 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 달리 특정되지 않거나 단수 형태를 지시하는 것으로 문맥상 명확하지 않은 경우에, 본 명세서와 청구범위에서 단수는 일반적으로 "하나 또는 그 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

[0028] 그리고, "A 또는 B 중 적어도 하나"이라는 용어는, "A만을 포함하는 경우", "B 만을 포함하는 경우", "A와 B의 구성으로 조합된 경우"를 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

[0029] 당업자들은 추가적으로 여기서 개시된 실시예들과 관련되어 설명된 다양한 예시적 논리적 블록들, 구성들, 모듈들, 회로들, 수단들, 로직들, 및 알고리즘 단계들이 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어, 또는 양쪽 모두의 조합들로 구현될 수 있음을 인식해야 한다. 하드웨어 및 소프트웨어의 상호교환성을 명백하게 예시하기 위해, 다양한 예시적 컴포넌트들, 블록들, 구성들, 수단들, 로직들, 모듈들, 회로들, 및 단계들은 그들의 기능성 측면에서 일반적으로 위에서 설명되었다. 그러한 기능성이 하드웨어로 또는 소프트웨어로서 구현되는지 여부는 전반적인 시스템에 부과된 특정 어플리케이션(application) 및 설계 제한들에 달려 있다. 숙련된 기술자들은 각각의 특정 어플리케이션들을 위해 다양한 방법들로 설명된 기능성을 구현할 수 있다. 다만, 그러한 구현의 결정들이 본 개시내용의 영역을 벗어나게 하는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0030] 제시된 실시예들에 대한 설명은 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을

가진 자에게 명백할 것이다. 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 개시의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니다. 본 발명은 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

- [0031] 본 개시내용에서의 제 1, 제 2, 또는 제 3 과 같이 제 N 으로 표현되는 용어들은 적어도 하나의 엔티티들을 구분하기 위해 사용된다. 예를 들어, 제 1 과 제 2 로 표현된 엔티티들은 서로 동일하거나 또는 상이할 수 있다.
- [0032] 본 개시내용에서의 양자 컴퓨팅 플랫폼은 큐비트를 생성하기 위한 구동 방식을 포함할 수 있다. 다른 예시로, 양자 컴퓨팅 플랫폼은 큐비트를 생성하기 위한 장치 혹은 구조를 포함할 수도 있다.
- [0033] 본 개시내용에서 큐비트를 생성한다는 것은 0과 1의 상태를 동시에 가질 수 있는 양자 비트를 생성한다는 것을 의미할 수 있다.
- [0034] 도 1은 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼을 나타내는 도면이다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 양자 컴퓨팅 플랫폼은 자석(magnet)(100), 바(bar)(200), 경사자계 코일(gradient coil)(300), 제 1 RF(radio frequency) 코일(400), 적어도 하나의 제 2 RF 코일(500) 및/또는 적어도 하나의 큐비트(qubit)(600)를 포함할 수 있다.
- [0036] 도 1에 도시된 양자 컴퓨팅 플랫폼의 구성은 간략화 하여 단면을 나타낸 예시일 뿐이다. 본 개시의 일 실시예에서 양자 컴퓨팅 플랫폼은 큐비트를 생성하기 위한 다른 구성들이 포함될 수 있고, 개시된 구성들 중 일부만이 양자 컴퓨팅 플랫폼을 구성할 수도 있다.
- [0037] 자석(magnet)(100)은 자장(magnetic field)을 발생시키는 물체로, 내부에 공간이 형성되어 있는 형태일 수 있다. 예를 들어, 자석(100)은 원기둥 형태이고, 길이 방향(예를 들어, z축 방향)으로 공간이 형성될 수 있다. 따라서, 자석(100)의 내부에는 바(200), 경사자계 코일(300), 제 1 RF 코일(400) 및 적어도 하나의 제 2 RF 코일(500)이 구비될 수 있다. 자석(100)의 내부는 공기(air)가 존재하거나 또는 진공 상태일 수 있다. 다만, 자석의 형태는 이에 한정되지 않으며, 다양한 형태를 포함할 수 있다. 자석(100)의 종류는 영구 자석(permanent magnet), 초전도 자석(superconducting magnet), 고온 초전도 자석(high temperature superconducting magnet) 등을 포함할 수 있다. 다만, 자석(100)의 종류는 이에 한정되지 않으며, 자장을 발생시키는 다양한 자석을 포함할 수 있다. 자석(100)의 자속 밀도(magnetic flux density)는 3.0T~11.7T의 범위일 수 있다. 이에 해당되는 주파수는 150 MHz~500MHz일 수 있다. 다만, 자석(100)의 자속 밀도 및 주파수는 이에 한정되지 않으며, 다양한 자속 밀도 및 주파수를 포함할 수 있다.
- [0039] 바(bar)(200)는 막대 형태, 내부가 빈 관 형태로 상태 전이가 가능한 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 바(200)는 막대 형태인 경우, 상태 전이가 가능한 물질로 형성될 수 있다. 다른 예를 들어, 바(200)는 관 형태인 경우, 관의 내부에 상태 전이가 가능한 물질이 포함될 수 있다. 다만, 바의 형태는 이에 한정되지 않으며, 다양한 형태일 수 있다.
- [0040] 물질은 1/2의 핵스핀(nuclear spin)을 갖는 핵종(nuclide)을 포함할 수 있다. 물질은 수소 원자핵을 포함할 수 있다. 물질은 ^1H , ^{13}C , ^{31}P 등을 포함할 수 있다.
- [0041] 핵스핀은 원자핵의 모든 각운동량을 의미할 수 있다. 핵스핀은 모든 핵자의 스핀과 궤도 각운동량의 결합으로 이루어질 수 있다. 핵자는 원자핵을 구성하는 기본 입자일 수 있다. 핵자는 양성자 및/또는 중성자를 포함할 수 있다.
- [0042] 핵종은 고유의 원자 번호와 질량수가 있는 원자핵 또는 원자의 종류일 수 있다. 원자핵은 양전하를 띠고 원자의 중심에 위치하는 부분을 의미할 수 있다. 원자는 물질을 구성하는 기본 입자를 의미할 수 있다.
- [0043] 바(200)는 자석(100)의 내부에 삽입될 수 있다. 예를 들어, 바(200)는 자석(100)의 길이 방향(예를 들어, z축 방향)으로 삽입되어 자석(100)의 내부에 배치될 수 있다. 바(200)는 길이 축(예를 들어, Z축)을 중심으로 회전 또는 무회전이 될 수 있다. 바(200)에 포함된 물질의 성상은 기체, 액체 및/또는 고체 중 하나를 포함할 수 있다.

- [0045] 경사자계 코일(gradient coil)(300)은 자석(100)의 내부에 구비되어, 자석(100)의 내부에 경사자계(gradient)를 발생시킬 수 있다. 예를 들어, 경사자계 코일(300)은 자석(100)의 내벽에 위치할 수 있다.
- [0046] 경사자계 코일(300)은 x축, y축 및/또는 z축 중 적어도 하나의 축에 자계의 강도가 선형적으로 변화하는 경사자계를 생성할 수 있다. 예를 들어, 경사자계 코일(300)은 x축, y축 및/또는 z축 중 하나의 축에 자계의 강도가 선형적으로 변화하는 경사자계를 생성할 수 있다. 일례로, 경사자계 코일(300)은 z축에 경사자계를 생성할 수 있다. 이 경우, 자계의 강도는 z축에서 선형적으로 증가할 수 있다. 따라서, 자석(100)의 내부에 z축에 대응되어 위치하는 바(200)의 물질에 포함된 원자핵들은 서로 다른 주파수의 신호를 생성할 수 있다.
- [0047] 경사자계는 자장의 변화량을 거리의 변화량으로 나눈 것일 수 있다. 경사자계는 두 지점 사이에서 크기(magnitude)와 방향성(direction)을 가진 서로 다른 자기장이 있을 때, 발생될 수 있다.
- [0048] 도 1에 도시된 경사자계 코일(300)은 경사자계를 통해 자계의 강도가 선형적으로 증가하는 것을 표현한 것일 수 있다. 따라서, 경사자계 코일(300)의 단면은 z축 방향으로 선형적으로 증가하는 형태가 아닌, z축 방향으로 높이가 동일하게 유지되는 형태일 수 있다. 다만, 경사자계 코일(300)의 형태는 이에 한정되지 않는다.
- [0050] 제 1 RF 코일(400)은 바(200)와 경사자계 코일(300) 사이에 배치되어, 자석의 내부에 제 1 RF 펄스(radio frequency pulse)를 인가할 수 있다. 제 1 RF 펄스는 펄스에 의해 진폭 변조된 제 1 RF의 반송파(carrier)일 수 있다. 반송파는 데이터 신호를 변조하기 위해 사용되는 기준 파형일 수 있다.
- [0051] 제 1 RF 코일(400)은 0도~360도의 범위 내의 각도를 가질 수 있다. 예를 들어, 제 1 RF 코일(400)은 90도의 각도를 가질 수 있다.
- [0052] 제 1 RF 코일(400)의 형태는 나선형일 수 있다. 다만, 제 1 RF 코일(400)의 형태는 이에 한정되지 않고, 바(200)에 제 1 RF 펄스를 인가하기 위한 다양한 형태를 포함할 수 있다.
- [0053] 제 1 RF 코일(400)의 재질은 RF 펄스를 인가하기 위한 금속으로, 예를 들어, 구리일 수 있다. 다만, 제 1 RF 코일(400)의 재질은 이에 한정되지 않는다.
- [0055] 적어도 하나의 제 2 RF 코일(500)은 바(200)와 제 1 RF 코일(400) 사이에 배치되어, 자석(100)의 내부에 제 2 RF 펄스를 인가할 수 있다.
- [0056] 제 2 RF 펄스는 펄스에 의해 진폭 변조된 제 2 RF의 반송파일 수 있다.
- [0057] 제 2 RF 코일(500)은 0도~360도의 범위 내의 각도를 가질 수 있다. 예를 들어, 제 2 RF 코일(500)은 180도의 각도를 가질 수 있다. 제 1 RF 코일(400)에서 생성된 제 1 RF 펄스와 제 2 RF 코일(500)에서 생성된 제 2 RF 펄스는 상이한 각도를 가질 수 있다.
- [0058] 제 2 RF 코일(500)의 형태는 고리 형태일 수 있다. 따라서, 제 2 RF 코일(500)은 바(200)의 외주면을 감싸는 형태일 수 있다. 다만, 제 2 RF 코일(500)의 형태는 이에 한정되지 않고, 바(200)에 제 2 RF 펄스를 인가하기 위한 다양한 형태를 포함할 수 있다.
- [0059] 제 2 RF 코일(500)의 재질은 RF 펄스를 인가하기 위한 금속으로, 예를 들어, 구리일 수 있다. 다만, 제 2 RF 코일(500)의 재질은 이에 한정되지 않는다.
- [0060] 적어도 하나의 제 2 RF 코일(500)이 복수인 경우, 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513)은 서로 이격되어 배치될 수 있다.
- [0061] 예를 들어, 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513)은 사전 결정된 거리(예를 들어, 10cm, 20cm 등)에 대응되도록 서로 이격되어 배치될 수 있다. 사전 결정된 거리는 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513)의 개수 및 바(200)의 길이에 기초하여 사전에 결정될 수 있다.
- [0062] 예를 들어, 사전 결정된 거리는 바(200)의 길이를 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513)의 개수로 나눈 값일 수 있다. 다른 예를 들어, 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513)은 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513) 간에 간격들이 서로 상이하게 이격되어 배치될 수 있다. 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513) 간에 간격들은 무작위(random)로 선택될 수 있다.

- [0063] 적어도 하나의 제 2 RF 코일(500)은 바(200)를 이용하여 적어도 하나의 큐비트(600)를 생성할 수 있다.
- [0064] 적어도 하나의 제 2 RF 코일(500)이 복수인 경우, 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513)은 각각 큐비트(601 내지 613)를 생성할 수 있다.
- [0066] 큐비트(600)는 양자 중첩 상태를 이용하여 여러 비트에 대응되는 값을 동시에 표현이 가능할 수 있다. 예를 들어, 큐비트(600)는 '20%의 확률로 0, 80%의 확률로 1'과 같이 각각의 값들을 확률로 표현할 수 있다. 큐비트는 관측될 때 양자 중첩 상태가 풀리면서 하나의 상태로 결정될 수 있다.
- [0067] 큐비트(600)는 적어도 하나의 제 2 RF 코일(500)에서 바(200)에 제 1 RF 펄스와 상이한 각도의 제 2 RF 펄스를 인가하는 경우에 발현되는 스핀 메아리(spin echo) 현상에 따라 발생하는 신호일 수 있다. 여기서, 제 1 RF 펄스와 제 2 RF 펄스는 서로 상이한 각도를 가질 수 있다. 일례로, 제 1 RF 펄스와 제 2 RF 펄스는 90도의 차이를 가지는 신호를 포함할 수 있다. 일례로, 제 1 RF 펄스는 90도의 각도를 가지고, 제 2 RF 펄스는 180도의 각도를 가질 수 있다.
- [0068] 스핀 메아리는 전자 또는 핵의 스핀 자기공명에서, 스핀에 서로 다른 각도의 펄스를 각각 가해주면 일정 시간이 경과한 후에 발생하는 에코(echo) 신호를 의미할 수 있다. 예를 들어, 스핀 메아리는 자석(100)의 자장 및/또는 경사자계 코일(300)의 경사자계에 의해 생성된 수소 원자핵(바(200)의 물질에 포함됨)의 스핀에 90도, 180도 펄스를 순차적으로 인가하면 일정 시간이 경과한 후에 발생하는 에코 신호일 수 있다.
- [0069] 구체적으로, 스핀은 제만 효과(zeeman effect)에 의해 정렬될 수 있다. 제만 효과(zeeman effect)는 자석(100)의 자장 및/또는 경사자계 코일(300)의 경사자계에 의해 스핀을 정렬시키고, 자장 및/또는 경사자계의 세기에 따라 스핀의 일부를 같은 방향(+), 스핀의 다른 일부를 반대 방향(-)으로 정렬하는 것을 의미할 수 있다. 같은 방향(+), 반대 방향(-)으로 정렬한 스핀들은 서로 상이한 에너지를 가질 수 있다.
- [0070] 제만 효과에 의해 바(200)에 포함된 물질의 원자핵(스핀)이 정렬되어 있는 상태에서 제 1 RF 코일(400)을 통해 90도의 제 1 RF 펄스를 원자핵(스핀)에 인가하면, 원자핵(스핀)은 X-Y 평면 상에서 수평 방향으로 놓일 수 있다. 그 다음, 제 2 코일(500)을 통해 180도의 제 2 RF 펄스를 원자핵(스핀)에 인가하면, 스핀 메아리 현상이 발생할 수 있다. 이러한 스핀 메아리 현상에 따라 발생하는 신호는 큐비트(600)로 검출될 수 있다.
- [0071] 큐비트(600)는 선택된 시간에 기초하여 '0'상태(state) 및 '1'상태 각각의 확률을 결정할 수 있다. '0'상태는 물질의 균형 상태(equilibrium state)에 대응되고, '1'상태는 상기 물질의 여기 상태(excited state)에 대응될 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 0의 상태와 1의 상태로 큐비트(600)가 구현되는 방식이 예시적으로 설명된다. 다른 예시로, 구현 양태에 따라서 큐비트(600)는 0과 1 사이의 임의의 2개의 값에 대응하는 상태에 대한 확률을 통해 구현될 수도 있다. 또 다른 예시로, 구현 양태에 따라서, 큐비트(600)는 3개 이상의 상태들 각각의 확률들을 통해 구현될 수도 있다.
- [0072] 균형 상태는 물질의 변화가 발생되지 않는 것으로 보이는 상태로, 낮은 에너지를 가진 상태일 수 있다.
- [0073] 여기 상태는 물질이 에너지를 흡수하여 에너지 준위가 상승한 상태로, 높은 에너지를 가진 상태일 수 있다. 여기 상태인 물질은 에너지를 방출하면서 균형 상태로 변화될 수 있다.
- [0075] 본 개시의 몇몇 실시예에 따르면, 양자 컴퓨팅 플랫폼은 제어부를 포함할 수 있다. 제어부는 양자 컴퓨팅 플랫폼의 복수의 구성들을 제어하기 위한 칩(chip), 마이크로칩(microchip) 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 양자 컴퓨팅 플랫폼의 복수의 구성들 중 적어도 하나 이상은 제어부 상에 존재할 수 있다. 다른 예를 들어, 양자 컴퓨팅 플랫폼의 복수의 구성들은 제어부와 별도로 존재할 수도 있다.
- [0076] 제어부는 큐비트(600)와 연결되어 큐비트(600)에서 생성되는 정보를 처리하는 로직 게이트(logic gate)를 포함할 수 있다. 로직 게이트는 양자 로직 게이트(quantum logic gate)를 포함할 수 있다. 제어부는 사전 결정된 시간에 큐비트(600)로부터 데이터를 받아 큐비트(600)의 '0'상태(state) 및 '1'상태 각각의 확률을 조정할 수 있다. 이에 대한 자세한 설명은 도 2를 참조하여 후술한다.
- [0078] 도 2는 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼에서 큐비트를 생성하는 과정을 나타내는 도면이다.

구체적으로, 도 2는 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼의 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513) 중에서 하나의 제 2 RF코일(501)에서 하나의 큐비트(601)를 생성하는 과정을 나타내는 도면이다.

[0079] 도 3은 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼에서 큐비트를 생성하는 과정에서 발생하는 스핀 메아리를 설명하기 위한 도면이다. 구체적으로, 도 3(a)는 각 시간에 대응되는 스핀 메아리 별 큐비트의 '0'상태(α) 및 '1'상태(β) 각각의 확률을 나타내는 도면일 수 있다. 도 3(b)는 각 시간에 대응되는 스핀 메아리를 나타내는 도면일 수 있다. 도 3(a) 및 도 3(b)에 도시된 표(table) 및 그래프는 사전에 실험을 통해 산출되어 양자 컴퓨팅 플랫폼에 포함되는 저장부(미도시)에 사전에 저장되어 있을 수 있다.

[0080] 도 2 및 도 3을 참조하면, 로직 게이트를 포함하는 제어부(10)는 경사자계 코일(300)을 이용하여 자석(100)의 내부에 경사자계를 발생시킬 수 있다. 그리고, 제어부(10)는 자석의 내부에 제 1 RF 펄스(예를 들어, 각도가 90도인 RF 펄스 등)를 인가하여 바(200)에 포함된 물질의 원자핵이 X-Y 평면 상에 수평 방향으로 놓이도록 할 수 있다. 제어부(10)는 자석의 내부에 제 2 RF 펄스(예를 들어, 각도가 180도인 RF 펄스 등)를 인가하여 스핀 메아리 현상이 발생되도록 할 수 있다. 스핀 메아리 현상이 발생될 때, 제어부(100)는 큐비트(601)를 생성할 수 있다. 큐비트(601)의 '0'상태(α) 및 '1'상태(β)를 동시에 가지는(양자 중첩) 시간은 상관 시간(coherence time) 동안일 수 있다. 상관 시간(coherence time)은 원자핵이 RF 펄스를 통해 X-Y 평면 상에 수평 방향으로 놓였다가 다시 Z축 방향으로 돌아가는데 걸리는 시간일 수 있다. 따라서, 큐비트(601)는 상관 시간동안 양자 처리가 가능한 컴퓨팅 시간(computing time)으로 사용할 수 있다. 도 2에서 물질이 물(water)을 포함하는 경우, T_1 은 3500 ms이고, $5T_1$ 은 17.5초일 수 있다. 여기서 컴퓨팅 시간은 17.5초일 수 있다.

[0081] 제어부(10)는 원하는 인코딩 시간(encoded time)(20)에 대응되는 스핀 메아리(30)를 검출하여 큐비트(601)를 생성할 수 있다. 예를 들어, 제어부(10)는 큐비트(601)의 상태를 결정하고, 결정된 큐비트(601)의 상태에 대응되는 스핀 메아리(30)의 시간에 스핀 메아리(30)를 검출하여 큐비트(601)의 상태를 원하는 상태로 설정할 수 있다.

[0082] 일례로, 제어부(10)는 '0'상태의 제곱(α^2)이 0.7, '1'상태의 제곱(β^2)이 0.3인 큐비트를 생성하려는 경우, 사전 결정된 시간 인코딩된 확률 진폭표(time encoded probability amplitudes table)(도 3(a))를 통해 '0'상태의 제곱(α^2)이 0.7, '1'상태의 제곱(β^2)이 0.3인 큐비트에 대응되는 시간($t=t_{3+}$)을 획득할 수 있다. 그리고, 제어부(10)는 스핀 메아리 펄스 시퀀스 그래프(도 3(b))를 통해 시간($t=t_{3+}$)에 대응되는 스핀 메아리(SE3)를 확인하고 검출할 수 있다. 여기서 검출된 스핀 메아리(SE3)에 따른 큐비트는 '0'상태의 제곱(α^2)이 0.7, '1'상태의 제곱(β^2)이 0.3일 수 있다.

[0083] 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513)은 도 2에 따라 설명된 큐비트를 생성하는 과정을 통해 각각 복수의 큐비트들(601 내지 613)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 제어부(10)는 복수의 제 2 RF 코일들(501 내지 513) 중 적어도 하나를 이용하여 적어도 하나의 큐비트를 생성할 수 있다. 제어부(10)는 생성된 복수의 큐비트들(multi-qubit)을 로직 게이트와 연결시켜 복수의 큐비트들에 따른 정보를 처리할 수 있다.

[0085] 도 4는 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼을 통해 큐비트를 생성하기 위한 방법을 나타내는 도면이다.

[0086] 도 4를 참조하면, 양자 컴퓨팅 플랫폼을 제어하는 제어부는 내부에 공간이 형성된 자석(100)의 내부에 삽입된 바(200)와 자석(100)의 내부에 경사자계를 발생시키는 경사자계 코일(300)에 배치되는 제 1 RF 코일(400)에 의해, 자석(100)의 내부에 제 1 RF 펄스를 인가할 수 있다(S110).

[0087] 구체적으로, 제어부는 자석(100)을 통해 자장을 형성할 수 있다.

[0088] 제어부는 경사자계 코일(300)을 이용하여 자석(100)의 내부에 경사자계를 발생시킬 수 있다. 그리고, 제어부는 자석의 내부에 제 1 RF 펄스(예를 들어, 각도가 90도인 RF 펄스 등)를 인가하여 바(200)에 포함된 물질의 원자핵이 X-Y 평면 상에 수평 방향으로 놓이도록 할 수 있다.

[0089] 제어부는 바(200)와 제 1 RF 코일(400) 사이에 배치된 제 2 RF 코일(500)에 의해, 자석(100)의 내부에 제 2 RF 펄스를 인가하고 그리고 바(200)를 이용하여 큐비트(600)를 생성할 수 있다(S120).

- [0090] 구체적으로, 제어부(10)는 자석의 내부에 제 2 RF 펄스(예를 들어, 각도가 180도인 RF 펄스 등)를 인가하여 스핀 메아리 현상이 발생되도록 할 수 있다. 스핀 메아리 현상이 발생될 때, 제어부(100)는 큐비트(600)를 생성할 수 있다.
- [0091] 제어부는 생성된 큐비트(600)를 제어부에 포함된 로직 게이트와 연결시켜 큐비트에 따른 정보를 처리할 수 있다.
- [0092] 도 4에 도시되는 단계들은 예시적인 단계들이다. 따라서, 본 개시 내용의 사상 범위를 벗어나지 않는 한도에서도 4의 단계들 중 일부가 생략되거나 추가적인 단계들이 존재할 수 있다는 점 또한 당업자에게 명백할 것이다. 또한, 도 4에 기재된 구성들(예를 들어, 양자 컴퓨팅 플랫폼의 구성들)에 관한 구체적인 내용은 앞서 도 1 내지 도 3을 통해 설명한 내용으로 대체될 수 있다.
- [0093] 도 1 내지 4를 통해 상술한 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼은 상온에서 제작이 가능할 수 있다. 따라서, 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼은 극저온 상태, 고진공 상태 등이 선제적으로 요구되는 기존의 방식들과는 달리, 큐비트의 생성이 용이할 수 있다.
- [0094] 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼은 제 2 RF 코일이 복수인 경우, 제 2 RF 코일의 개수만큼 큐비트를 생성하여 다수의 큐비트를 동시에 구현할 수 있다.
- [0095] 본 개시의 몇몇 실시예에 따른 양자 컴퓨팅 플랫폼은 기존의 양자 컴퓨팅 플랫폼에 비해 상대적으로 긴 상관 시간(coherence time)을 가짐으로써, 컴퓨팅 시간이 기존의 양자 컴퓨팅 플랫폼에 비해 상대적으로 길어 더 많은 연산이 가능할 수 있다.
- [0097] 도 5는 본 개시의 실시예들이 구현될 수 있는 예시적인 컴퓨팅 환경에 대한 간략하고 일반적인 개략도이다.
- [0098] 본 개시가 일반적으로 컴퓨팅 장치에 의해 구현될 수 있는 것으로 전술되었지만, 당업자라면 본 개시가 하나 이상의 컴퓨터 상에서 실행될 수 있는 컴퓨터 실행가능 명령어 및/또는 기타 프로그램 모듈들과 결합되어 및/또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로써 구현될 수 있다는 것을 잘 알 것이다.
- [0099] 일반적으로, 프로그램 모듈은 특정의 태스크를 수행하거나 특정의 추상 데이터 유형을 구현하는 루틴, 프로그램, 컴포넌트, 데이터 구조, 기타 등등을 포함한다. 또한, 당업자라면 본 개시의 방법이 단일-프로세서 또는 멀티프로세서 컴퓨터 시스템, 미니컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터는 물론 퍼스널 컴퓨터, 핸드헬드(handheld) 컴퓨팅 장치, 마이크로프로세서-기반 또는 프로그램가능 가전 제품, 기타 등등(이들 각각은 하나 이상의 연관된 장치와 연결되어 동작할 수 있음)을 비롯한 다른 컴퓨터 시스템 구성으로 실시될 수 있다는 것을 잘 알 것이다.
- [0100] 본 개시의 설명된 실시예들은 또한 어떤 태스크들이 통신 네트워크를 통해 연결되어 있는 원격 처리 장치들에 의해 수행되는 분산 컴퓨팅 환경에서 실시될 수 있다. 분산 컴퓨팅 환경에서, 프로그램 모듈은 로컬 및 원격 메모리 저장 장치 둘 다에 위치할 수 있다.
- [0101] 컴퓨터는 통상적으로 다양한 컴퓨터 판독가능 매체를 포함한다. 컴퓨터에 의해 액세스 가능한 매체는 그 어떤 것이든지 컴퓨터 판독가능 매체가 될 수 있고, 이러한 컴퓨터 판독가능 매체는 휘발성 및 비휘발성 매체, 일시적(transitory) 및 비일시적(non-transitory) 매체, 이동식 및 비-이동식 매체를 포함한다. 제한이 아닌 예로서, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 판독가능 저장 매체 및 컴퓨터 판독가능 전송 매체를 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보를 저장하는 임의의 방법 또는 기술로 구현되는 휘발성 및 비휘발성 매체, 일시적 및 비-일시적 매체, 이동식 및 비이동식 매체를 포함한다. 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 RAM, ROM, EEPROM, 플래시 메모리 또는 기타 메모리 기술, CD-ROM, DVD(digital video disk) 또는 기타 광 디스크 저장 장치, 자기 카세트, 자기 테이프, 자기 디스크 저장 장치 또는 기타 자기 저장 장치, 또는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있고 원하는 정보를 저장하는 데 사용될 수 있는 임의의 기타 매체를 포함하지만, 이에 한정되지 않는다.
- [0102] 컴퓨터 판독가능 전송 매체는 통상적으로 반송파(carrier wave) 또는 기타 전송 메커니즘(transport mechanism)과 같은 피변조 데이터 신호(modulated data signal)에 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터 등을 구현하고 모든 정보 전달 매체를 포함한다. 피변조 데이터 신호라는 용어는 신호 내에 정보를 인코딩하도록 그 신호의 특성들 중 하나 이상을 설정 또는 변경시킨 신호를 의미한다. 제한이 아닌 예로서, 컴퓨터 판독가능 전송 매체는 유선 네트워크 또는 직접 배선 접속(direct-wired connection)과 같은 유선 매체, 그리고 음향, RF, 적외선, 기타 무선 매체와 같은 무선 매체를 포함한다. 상술된 매체들 중 임의의 것의

조합도 역시 컴퓨터 판독가능 전송 매체의 범위 안에 포함되는 것으로 한다.

- [0103] 컴퓨터(1102)를 포함하는 본 개시의 여러가지 측면들을 구현하는 예시적인 환경(1100)이 나타내어져 있으며, 컴퓨터(1102)는 처리 장치(1104), 시스템 메모리(1106) 및 시스템 버스(1108)를 포함한다. 시스템 버스(1108)는 시스템 메모리(1106)(이에 한정되지 않음)를 비롯한 시스템 컴포넌트들을 처리 장치(1104)에 연결시킨다. 처리 장치(1104)는 다양한 상용 프로세서들 중 임의의 프로세서일 수 있다. 듀얼 프로세서 및 기타 멀티프로세서 아키텍처도 역시 처리 장치(1104)로서 이용될 수 있다.
- [0104] 시스템 버스(1108)는 메모리 버스, 주변장치 버스, 및 다양한 상용 버스 아키텍처 중 임의의 것을 사용하는 로컬 버스에 추가적으로 상호 연결될 수 있는 몇 가지 유형의 버스 구조 중 임의의 것일 수 있다. 시스템 메모리(1106)는 판독 전용 메모리(ROM)(1110) 및 랜덤 액세스 메모리(RAM)(1112)를 포함한다. 기본 입/출력 시스템(BIOS)은 ROM, EPROM, EEPROM 등의 비휘발성 메모리(1110)에 저장되며, 이 BIOS는 시동 중과 같은 때에 컴퓨터(1102) 내의 구성요소들 간에 정보를 전송하는 일을 돕는 기본적인 루틴을 포함한다. RAM(1112)은 또한 데이터를 캐싱하기 위한 정적 RAM 등의 고속 RAM을 포함할 수 있다.
- [0105] 컴퓨터(1102)는 또한 내장형 하드 디스크 드라이브(HDD)(1114)(예를 들어, EIDE, SATA)-이 내장형 하드 디스크 드라이브(1114)는 또한 적당한 새시(도시 생략) 내에서 외장형 용도로 구성될 수 있음-, 자기 플로피 디스크 드라이브(FDD)(1116)(예를 들어, 이동식 디스켓(1118)으로부터 판독을 하거나 그에 기록을 하기 위한 것임), 및 광 디스크 드라이브(1120)(예를 들어, CD-ROM 디스크(1122)를 판독하거나 DVD 등의 기타 고용량 광 매체로부터 판독을 하거나 그에 기록을 하기 위한 것임)를 포함한다. 하드 디스크 드라이브(1114), 자기 디스크 드라이브(1116) 및 광 디스크 드라이브(1120)는 각각 하드 디스크 드라이브 인터페이스(1124), 자기 디스크 드라이브 인터페이스(1126) 및 광 드라이브 인터페이스(1128)에 의해 시스템 버스(1108)에 연결될 수 있다. 외장형 드라이브 구현을 위한 인터페이스(1124)는 USB(Universal Serial Bus) 및 IEEE 1394 인터페이스 기술 중 적어도 하나 또는 그 둘 다를 포함한다.
- [0106] 이들 드라이브 및 그와 연관된 컴퓨터 판독가능 매체는 데이터, 데이터 구조, 컴퓨터 실행가능 명령어, 기타 등등의 비휘발성 저장을 제공한다. 컴퓨터(1102)의 경우, 드라이브 및 매체는 임의의 데이터를 적당한 디지털 형식으로 저장하는 것에 대응한다. 상기에서의 컴퓨터 판독가능 매체에 대한 설명이 HDD, 이동식 자기 디스크, 및 CD 또는 DVD 등의 이동식 광 매체를 언급하고 있지만, 당업자라면 zip 드라이브(zip drive), 자기 카세트, 플래쉬 메모리 카드, 카트리지, 기타 등등의 컴퓨터에 의해 판독가능한 다른 유형의 매체도 역시 예시적인 운영 환경에서 사용될 수 있으며 또 임의의 이러한 매체가 본 개시의 방법들을 수행하기 위한 컴퓨터 실행가능 명령어를 포함할 수 있다는 것을 잘 알 것이다.
- [0107] 운영 체제(1130), 하나 이상의 애플리케이션 프로그램(1132), 기타 프로그램 모듈(1134) 및 프로그램 데이터(1136)를 비롯한 다수의 프로그램 모듈이 드라이브 및 RAM(1112)에 저장될 수 있다. 운영 체제, 애플리케이션, 모듈 및/또는 데이터의 전부 또는 그 일부분이 또한 RAM(1112)에 캐싱될 수 있다. 본 개시가 여러가지 상업적으로 이용가능한 운영 체제 또는 운영 체제들의 조합에서 구현될 수 있다는 것을 잘 알 것이다.
- [0108] 사용자는 하나 이상의 유선/무선 입력 장치, 예를 들어, 키보드(1138) 및 마우스(1140) 등의 포인팅 장치를 통해 컴퓨터(1102)에 명령 및 정보를 입력할 수 있다. 기타 입력 장치(도시 생략)로는 마이크, IR 리모콘, 조이스틱, 게임 패드, 스타일러스 펜, 터치 스크린, 기타 등등이 있을 수 있다. 이들 및 기타 입력 장치가 종종 시스템 버스(1108)에 연결되어 있는 입력 장치 인터페이스(1142)를 통해 처리 장치(1104)에 연결되지만, 병렬 포트, IEEE 1394 직렬 포트, 게임 포트, USB 포트, IR 인터페이스, 기타 등등의 기타 인터페이스에 의해 연결될 수 있다.
- [0109] 모니터(1144) 또는 다른 유형의 디스플레이 장치도 역시 비디오 어댑터(1146) 등의 인터페이스를 통해 시스템 버스(1108)에 연결된다. 모니터(1144)에 부가하여, 컴퓨터는 일반적으로 스피커, 프린터, 기타 등등의 기타 주변 출력 장치(도시 생략)를 포함한다.
- [0110] 컴퓨터(1102)는 유선 및/또는 무선 통신을 통한 원격 컴퓨터(들)(1148) 등의 하나 이상의 원격 컴퓨터로의 논리적 연결을 사용하여 네트워크화된 환경에서 동작할 수 있다. 원격 컴퓨터(들)(1148)는 워크스테이션, 컴퓨팅 디바이스 컴퓨터, 라우터, 퍼스널 컴퓨터, 휴대용 컴퓨터, 마이크로프로세서-기반 오락 기기, 피어 장치 또는 기타 통상의 네트워크 노드일 수 있으며, 일반적으로 컴퓨터(1102)에 대해 기술된 구성요소들 중 다수 또는 그 전부를 포함하지만, 간략함을 위해, 메모리 저장 장치(1150)만이 도시되어 있다. 도시되어 있는 논리적 연결은 근거리 통신망(LAN)(1152) 및/또는 더 큰 네트워크, 예를 들어, 원거리 통신망(WAN)(1154)에의 유선/무선 연결을

포함한다. 이러한 LAN 및 WAN 네트워킹 환경은 사무실 및 회사에서 일반적인 것이며, 인트라넷 등의 전사적 컴퓨터 네트워크(enterprise-wide computer network)를 용이하게 해주며, 이들 모두는 전세계 컴퓨터 네트워크, 예를 들어, 인터넷에 연결될 수 있다.

[0111] LAN 네트워킹 환경에서 사용될 때, 컴퓨터(1102)는 유선 및/또는 무선 통신 네트워크 인터페이스 또는 어댑터(1156)를 통해 로컬 네트워크(1152)에 연결된다. 어댑터(1156)는 LAN(1152)에의 유선 또는 무선 통신을 용이하게 해줄 수 있으며, 이 LAN(1152)은 또한 무선 어댑터(1156)와 통신하기 위해 그에 설치되어 있는 무선 액세스 포인트를 포함하고 있다. WAN 네트워킹 환경에서 사용될 때, 컴퓨터(1102)는 모뎀(1158)을 포함할 수 있거나, WAN(1154) 상의 통신 컴퓨팅 디바이스에 연결되거나, 또는 인터넷을 통하는 등, WAN(1154)을 통해 통신을 설정하는 기타 수단을 갖는다. 내장형 또는 외장형 및 유선 또는 무선 장치일 수 있는 모뎀(1158)은 직렬 포트 인터페이스(1142)를 통해 시스템 버스(1108)에 연결된다. 네트워킹화된 환경에서, 컴퓨터(1102)에 대해 설명된 프로그램 모듈들 또는 그의 일부분이 원격 메모리/저장 장치(1150)에 저장될 수 있다. 도시된 네트워크 연결이 예시적인 것이며 컴퓨터들 사이에 통신 링크를 설정하는 기타 수단이 사용될 수 있다는 것을 잘 알 것이다.

[0112] 컴퓨터(1102)는 무선 통신으로 배치되어 동작하는 임의의 무선 장치 또는 개체, 예를 들어, 프린터, 스캐너, 데스크톱 및/또는 휴대용 컴퓨터, PDA(portable data assistant), 통신 위성, 무선 검출가능 태그와 연관된 임의의 장비 또는 장소, 및 전화와 통신을 하는 동작을 한다. 이것은 적어도 Wi-Fi 및 블루투스 무선 기술을 포함한다. 따라서, 통신은 종래의 네트워크에서와 같이 미리 정의된 구조이거나 단순히 적어도 2개의 장치 사이의 애드혹 통신(ad hoc communication)일 수 있다.

[0113] Wi-Fi(Wireless Fidelity)는 유선 없이도 인터넷 등으로의 연결을 가능하게 해준다. Wi-Fi는 이러한 장치, 예를 들어, 컴퓨터가 실내에서 및 실외에서, 즉 기지국의 통화권 내의 아무 곳에서나 데이터를 전송 및 수신할 수 있게 해주는 셀 전화와 같은 무선 기술이다. Wi-Fi 네트워크는 안전하고 신뢰성 있으며 고속인 무선 연결을 제공하기 위해 IEEE 802.11(a, b, g, 기타)이라고 하는 무선 기술을 사용한다. 컴퓨터를 서로에, 인터넷에 및 유선 네트워크(IEEE 802.3 또는 이더넷을 사용함)에 연결시키기 위해 Wi-Fi가 사용될 수 있다. Wi-Fi 네트워크는 비인가 2.4 및 5GHz 무선 대역에서, 예를 들어, 11Mbps(802.11a) 또는 54 Mbps(802.11b) 데이터 레이트로 동작하거나, 양 대역(듀얼 대역)을 포함하는 제품에서 동작할 수 있다.

[0114] 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 정보 및 신호들이 임의의 다양한 상이한 기술들 및 기법들을 이용하여 표현될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 위의 설명에서 참조될 수 있는 데이터, 지시들, 명령들, 정보, 신호들, 비트들, 심볼들 및 칩들은 전압들, 전류들, 전자기파들, 자기장들 또는 입자들, 광학장들 또는 입자들, 또는 이들의 임의의 결합에 의해 표현될 수 있다.

[0115] 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 여기에 개시된 실시예들과 관련하여 설명된 다양한 예시적인 논리 블록들, 모듈들, 프로세서들, 수단들, 회로들 및 알고리즘 단계들이 전자 하드웨어, (편의를 위해, 여기에서 소프트웨어로 지칭되는) 다양한 형태들의 프로그램 또는 설계 코드 또는 이들 모두의 결합에 의해 구현될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 하드웨어 및 소프트웨어의 이러한 상호 호환성을 명확하게 설명하기 위해, 다양한 예시적인 컴포넌트들, 블록들, 모듈들, 회로들 및 단계들이 이들의 기능과 관련하여 위에서 일반적으로 설명되었다. 이러한 기능이 하드웨어 또는 소프트웨어로서 구현되는지 여부는 특정한 애플리케이션 및 전체 시스템에 대하여 부과되는 설계 제약들에 따라 좌우된다. 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 각각의 특정한 애플리케이션에 대하여 다양한 방식으로 설명된 기능을 구현할 수 있으나, 이러한 구현 결정들은 본 개시의 범위를 벗어나는 것으로 해석되어서는 안 될 것이다.

[0116] 여기서 제시된 다양한 실시예들은 방법, 장치, 또는 표준 프로그래밍 및/또는 엔지니어링 기술을 사용한 제조 물품(article)으로 구현될 수 있다. 용어 제조 물품은 임의의 컴퓨터-판독가능 저장장치로부터 액세스 가능한 컴퓨터 프로그램, 캐리어, 또는 매체(media)를 포함한다. 예를 들어, 컴퓨터-판독가능 저장매체는 자기 저장 장치(예를 들면, 하드 디스크, 플로피 디스크, 자기 스트립, 등), 광학 디스크(예를 들면, CD, DVD, 등), 스마트 카드, 및 플래쉬 메모리 장치(예를 들면, EEPROM, 카드, 스틱, 키 드라이브, 등)를 포함하지만, 이들로 제한되는 것은 아니다. 또한, 여기서 제시되는 다양한 저장 매체는 정보를 저장하기 위한 하나 이상의 장치 및/또는 다른 기계-판독가능한 매체를 포함한다.

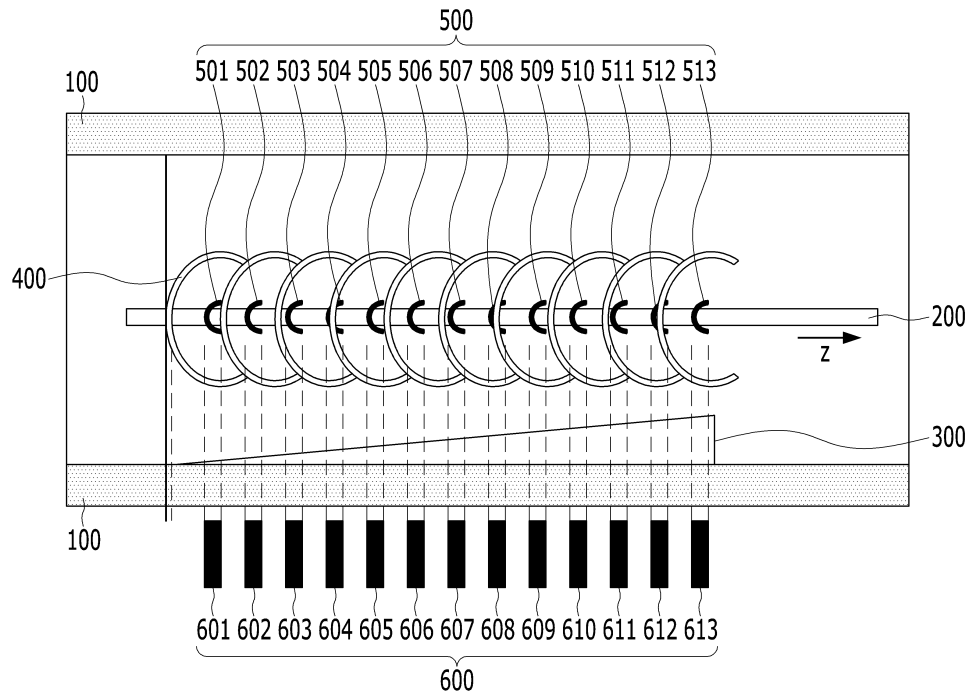
[0117] 제시된 프로세스들에 있는 단계들의 특정한 순서 또는 계층 구조는 예시적인 접근들의 일례임을 이해하도록 한다. 설계 우선순위들에 기반하여, 본 개시의 범위 내에서 프로세스들에 있는 단계들의 특정한 순서 또는 계층 구조가 재배열될 수 있다는 것을 이해하도록 한다. 첨부된 방법 청구항들은 샘플 순서로 다양한 단계들의 엘리먼트들을 제공하지만 제시된 특정한 순서 또는 계층 구조에 한정되는 것을 의미하지는 않는다.

[0118]

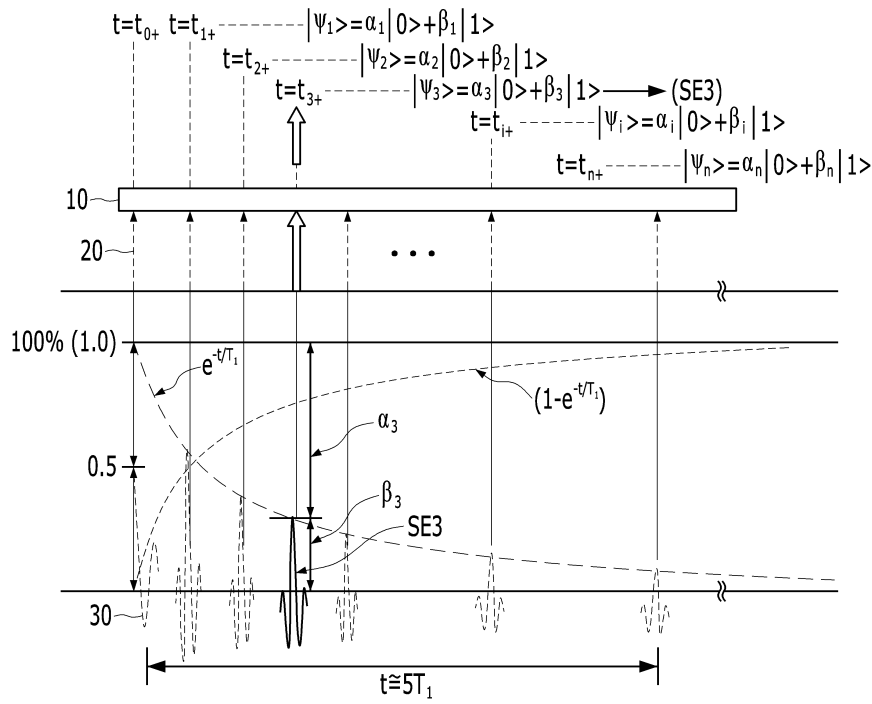
제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 개시를 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 개시의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 개시의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 개시는 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

도면

도면1



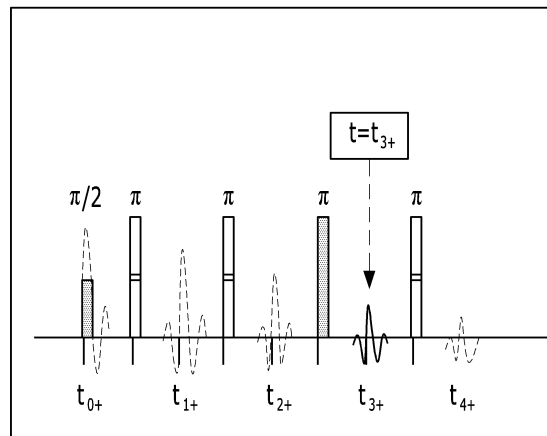
도면2



도면3

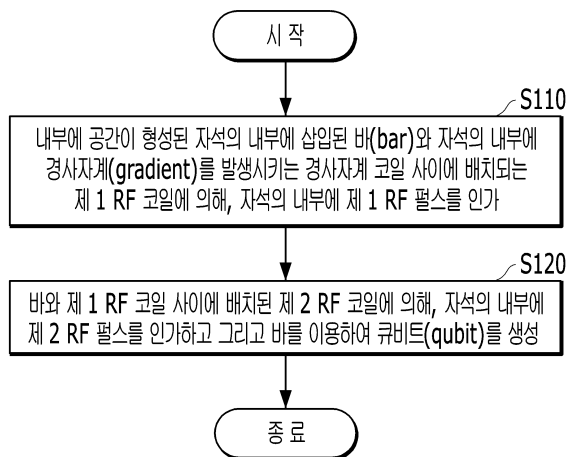
$t=t_{i+}$	α_i^2	β_i^2
$t=t_{0+}$	0.0000	1
$t=t_{1+}$	0.5000	0.5000
$t=t_{2+}$	0.6000	0.4000
$t=t_{3+}$	0.7000	0.3000
$t=t_{4+}$		
$t=t_{5+}$		
.....		
$t=t_{n+}$	0.9000	0.1

(a)



(b)

도면4



도면5

