



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년09월02일
(11) 등록번호 10-0979562
(24) 등록일자 2010년08월26일

(51) Int. Cl.

H01S 5/34 (2006.01) H01S 5/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0019934

(22) 출원일자 2009년03월09일

심사청구일자 2009년03월09일

(56) 선행기술조사문헌

JP09246639 A

JP10228005 A

KR1019950010220 A

KR1019990029172 A

(73) 특허권자

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제 캠퍼스내

(72) 발명자

유재수

서울특별시 강남구 삼성2동 서광아파트 102동 506호

고영환

경기도 광주시 태전동 1-4번지 쌍용아파트 205동 305호

(74) 대리인

서재승

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 정진수

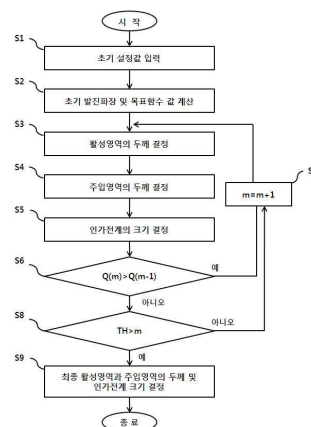
(54) 목표 발진파장에서 동작하는 양자계단레이저의 최적화 설계방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명은 목표 발진파장에서 최대 발광효율로 동작하는 양자계단레이저의 설계 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로 목표로 하는 발진파장에서 동작하는 양자계단레이저를 최대의 발광효율로 설계하기 위하여 양자계단레이저의 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기 사이의 상호관계를 고려하여 설계하는 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 양자계단레이저의 설계 방법은 활성영역의 두께, 주입영역의 두께, 양자계단레이저에 인가되는 인가전계의 크기를 설정한 변환 범위에서 변환 설정하여 목표 발진파장에 근접하며 최대 발광효율을 가지도록 설정함으로써, 양자계단레이저의 설계를 용이하게 도와준다. 또한, 본 발명에 따른 양자계단레이저의 설계 방법은 목표 발진파장을 입력 설정함으로써 다양한 범위에서 동작하는 양자계단레이저를 최적으로 설계할 수 있으며, 설계 설정 방식에 따라 입력한 발광효율에 도달하거나 또는 일정 횟수 반복하더라도 최대 발광효율이 더 이상 증가하지 않은 경우 최적화된 두께 또는 인가전계 크기의 탐지 과정을 중단함으로써 프로세서에 과부하를 주지 않으면서 최적화된 양자계단레이저를 설계할 수 있다.

대표도 - 도6



특허청구의 범위

청구항 1

발광효율을 최대화하기 위한 양자계단레이저의 설계 방법에 있어서,

- (a) 상기 양자계단레이저를 설계하기 위한 초기 설정값이 입력되는 단계;
- (b) 상기 입력된 설정값의 변환 범위와 변환 단위에 따라 상기 양자계단레이저의 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 변화시키면서 상기 양자계단레이저의 발진파장과 목적함수 값을 반복 계산하여, 목표 발진파장에 가장 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 결정하는 단계; 및
- (c) 상기 (b) 단계를 반복 실행하면서 상기 목적함수 값이 더 이상 증가하지 않는 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 판단하는 단계; 및
- (d) 상기 판단한 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 상기 양자계단레이저의 최종 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기로 결정하는 단계를 포함하는 양자계단레이저 설계 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 초기 설정값은

상기 양자계단레이저를 구성하는 물질의 종류, 활성영역의 초기 두께, 주입영역의 초기 두께, 초기 인가전계의 크기, 상기 활성영역 두께의 변환 범위와 단위, 상기 주입영역 두께의 변환 범위와 단위, 상기 인가전계의 변환 범위와 단위, 동작 온도, 목표 발진파장 중 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 양자계단레이저 설계 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

- (b1) 상기 양자계단레이저의 활성영역 두께를 상기 입력된 활성영역 두께의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 상기 양자계단레이저의 발진파장이 상기 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 활성영역의 두께를 결정하는 단계;
- (b2) 상기 결정한 활성영역의 두께로 활성영역의 두께를 설정한 후, 상기 양자계단레이저의 주입영역 두께를 상기 입력된 주입영역 두께의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 최대 목적함수 값을 가지는 주입영역의 두께를 결정하는 단계;
- (b3) 상기 결정한 주입영역의 두께로 주입영역의 두께를 설정한 후, 상기 양자계단레이저의 인가전계 크기를 상기 입력된 인가전계 크기의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 상기 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 인가전계의 크기를 결정하는 단계를 포함하는 양자우물레이저 설계 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 (b1) 단계는

- (b1-1) 상기 양자계단레이저의 활성영역을 구성하는 제1 우물과 벽의 두께를 상기 입력된 활성영역 두께의 변환 범위에서 변환 단위로 각각 변환 설정하는 단계;
- (b1-2) 상기 변환 설정한 각각의 활성영역의 제1 우물과 벽 두께에서 상기 양자계단레이저의 발진파장과 목적함수값을 계산하는 단계;
- (b1-3) 상기 변환 범위에서 변환 단위로 각각 변환 설정되는 활성영역의 제1 우물과 벽의 두께에서 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수값을 가지는 제1 우물과 벽의 두께를 상기 활성영역의 제1 우물과 벽 두께로 설정하는 단계; 및
- (b1-4) 상기 (b1-1)단계 내지 (b1-3)단계를 상기 활성영역을 구성하는 나머지 우물과 벽에 반복 실행하여 최대 목적함수 값을 가지는 상기 나머지 우물과 벽의 두께를 결정하는 단계를 포함하며,

상기 계산한 최대 목적함수 값이 이전에 계산한 최대 목적함수 값보다 작은 경우에는 활성영역의 우물과 벽의 두께를 변환 설정하지 않는 것을 특징으로 하는 양자레이저 설계 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 (b2) 단계는

(b2-1) 상기 양자계단레이저의 주입영역을 구성하는 제1 우물과 벽의 두께를 상기 입력된 주입영역 두께의 변환 범위에서 변환 단위로 각각 변환 설정하는 단계;

(b2-2) 상기 변환 설정한 각각의 주입영역의 제1 우물과 벽 두께에서 상기 양자계단레이저의 목적함수값을 계산하는 단계;

(b2-3) 상기 변환 범위에서 변환 단위로 각각 변환 설정되는 주입영역의 제1 우물과 벽의 두께에서 최대 목적함수값을 가지는 제1 우물과 벽의 두께를 상기 주입영역의 제1 우물과 벽 두께로 설정하는 단계; 및

(b2-4) 상기 (b2-1)단계 내지 (b2-3)단계를 상기 주입영역을 구성하는 나머지 우물과 벽에 반복 실행하여 최대 목적함수 값을 가지는 상기 나머지 우물과 벽의 두께를 결정하는 단계를 포함하며,

상기 계산한 최대 목적함수 값이 이전에 계산한 최대 목적함수 값보다 작은 경우에는 주입영역의 우물과 벽의 두께를 변환 설정하지 않는 것을 특징으로 하는 양자레이저 설계 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 (b2-3) 단계에서

상기 주입영역의 변환 범위에서 변환 단위로 각각 변환 설정되는 주입영역의 우물과 벽의 두께에서 최하위 고유함수의 에너지 레벨과 최하위 다음의 고유함수의 에너지 레벨의 차이(E_{21})가 33meV 내지 45meV에서 최대 목적함수 값을 가지는 우물과 벽의 두께를 주입영역의 우물과 벽의 두께로 결정하는 것을 특징으로 하는 양자우물레이저 설계 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 상기 (b3)단계는

(b3-1) 상기 양자계단레이저의 인가전계 크기를 상기 입력된 인가전계의 변환 범위에서 변환 단위로 각각 변환 설정하는 단계;

(b1-2) 상기 변환 설정한 각각의 인가전계 크기에서 상기 양자계단레이저의 발진파장과 목적함수값을 계산하는 단계; 및

(b1-3) 목표 발진파장에 근접하면서 최대의 목적함수 값을 가지는 인가전계의 크기를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자레이저 설계 방법.

청구항 8

양자계단레이저의 활성영역 두께를 입력된 활성영역 두께의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 상기 양자계단레이저의 발진파장이 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 활성영역의 두께를 결정하는 활성영역 최적화부;

상기 결정된 활성영역의 두께로 활성영역의 두께를 설정한 후, 상기 양자계단레이저의 주입영역 두께를 입력된 주입영역 두께의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 최대 목적함수 값을 가지는 주입영역의 두께를 결정하는 주입영역 최적화부;

상기 결정된 주입영역의 두께로 주입영역의 두께를 설정한 후, 상기 양자계단레이저의 인가전계 크기를 입력된 인가전계 크기의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 상기 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 인가전계의 크기를 결정하는 인가전계 최적화부; 및

상기 활성영역 최적화부, 주입영역 최적화부 및 인가전계 최적화부를 차례로 반복하여 실행시키며, 상기 목적함수 값이 더 이상 증가하지 않는 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 상기 양자계단레이저의 최종 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기로 선택하는 메인 제어부를 포함하는 것을 특징

으로 하는 양자계단레이저 설계 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 양자계단레이저 설계 장치는

상기 양자계단레이저에 대한 정보가 저장되어 있는 저장부; 및

상기 저장되어 있는 정보에 기초하여 설계하고자 하는 양자계단레이저의 초기 설정값을 입력하기 위한 입력부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 양자계단레이저 설계 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 목표 발진파장에서 최대 발광효율로 동작하는 양자계단레이저의 설계 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로 목표 발진파장에서 동작하는 양자계단레이저를 최대의 발광효율로 설계하기 위하여 양자계단레이저의 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기 사이의 상호관계를 고려하여 설계하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 양자계단레이저는 반도체 양자우물구조의 서브밴드(sub-band) 사이의 광 천이를 이용한 레이저로서, 빛을 방출하는 활성영역을 다단으로 연결한, 특이한 활성 구조를 사용하여 광자 에너지의 작은 파장 영역에 있어서도 고출력의 광원을 얻을 수 있다. 에너지 밴드(energy band)의 전도대(conduction band)에 존재하는 n형 반도체의 전자와 가전자대(valence band)에 존재하는 p형 반도체의 정공이 재결합하면서 에너지 밴드갭(energy bandgap)에 해당하는 에너지를 빛의 형태로 방출시키는 통상의 반도체 레이저와 달리, 양자계단레이저는 서브밴드 사이의 천이(transition)를 이용하기 때문에 양자계단레이저에서 발광하는 빛의 에너지는 구성 재료보다 구조에 의해 결정된다.

[0003] 도 1을 참고로 양자계단레이저에서 빛이 방출되는 구조를 보다 구체적으로 살펴보면, 양자계단레이저는 서로 다른 값의 에너지 밴드를 가지는 2가지 종류의 물질을 다중 결합한 이종접합구조(heterostructure)로, 주입영역(I)과 활성영역(A)을 약 30 내지 75 주기로 결합한 초격자 구조로 되어 있다. 주입영역(I)은 통상 4개 내지 8개의 우물/벽 쌍으로 구성되어 있으며, 활성영역(A)은 통상 3개 또는 4개의 우물/벽 쌍으로 구성되어 있다. 양자계단레이저에 인가되는 인가전계에 의해 주입영역의 전자가 얇은 벽을 통해 터널링하거나 미니밴드를 통해 활성영역으로 이동하여 활성영역 내에서 광 천이를 통해 광자를 발생시키고, 전자는 다시 주입영역으로 이동하여 재사용됨으로써 여러 주기를 통과할 경우 동일 상태의 다수 광자에 의해 증폭되어 빛을 방출한다.

[0004] 전자가 가지는 에너지 레벨과 분포 상태를 나타내는 여러 개의 고유함수들 중 활성영역에서 전자가 존재할 확률이 큰 고유함수(E_1, E_2, E_3, E_4)에 의하여 광 천이(optical transition)을 해석할 수 있다. 활성영역에서 전자가 존재할 확률이 큰 고유함수가 3개일 때 3레벨 시스템이라 언급하며, 활성영역에서 전자가 존재할 확률이 큰 고유함수가 4개일 때 4레벨 시스템이라 언급한다. 3레벨 시스템에서 큰 에너지 레벨 순으로 E_3, E_2, E_1 이라고 하면, 방출되는 광자의 에너지는 E_3 와 E_2 의 차이(E_{32})에 해당하는 크기를 가진다. 또한, 4레벨 시스템에서 큰 에너지 레벨 순으로 E_4, E_3, E_2, E_1 이라고 하면, 방출되는 광자의 에너지는 E_4 와 E_3 의 차이(E_{43})에 해당하는 크기를 가진다. 따라서 도 1에 도시되어 있는 4레벨 시스템에서 방출되는 광자의 에너지는 E_{43} 이되며, 광자의 방출 에너지를 아래의 식(1)에 대입하여 발진파장(λ)의 크기를 계산할 수 있다.

[0005] [수학식 1]

$$\lambda[\mu m] = \frac{1.24}{E_{43}[eV]}$$

[0006] 한편, 양자계단레이저의 발광효율은 광이득과 연관되는 요인으로 양자계단레이저의 최적화를 위한 목적함수(objective function)로 나타낼 수 있다. 목적함수는 양자계단레이저를 구성하는 활성영역과 주입영역의 두께

및 양자계단레이저에 인가되는 전계의 크기에 결정되는 함수로, 반전밀도(population inversion)와 분극행렬요소(dipole matrix element)의 제곱과 비례한다. 아래의 수학적식(2)를 참고로 목적함수(0)를 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

[수학적식 2]

$$O = \tau_U (1 - \tau_L / \tau_{UL}) Z_{UL}^2$$

반전밀도는 캐리어의 연속 방정식(continuity equation)으로부터 유도할 수 있으며, 광 천이 각각의 에너지 레벨에 존재할 수 있는 수명시간과 에너지 레벨간의 완화시간으로 계산된다. 또한, 분극행렬요소(Z_{UL})는 상위 에너지 레벨과 하위 에너지 레벨 사이의 분극행렬 요소로서 광천이 힘과 연관되어 있으며 역양자학 연산자를 통해서 계산될 수 있다. 수학적식(2)에서 τ_U 는 상위 에너지 레벨의 고유함수에 존재하는 광자의 수명시간을 의미하며, τ_L 은 하위 에너지 레벨의 고유함수에 존재하는 광자의 수명시간을 의미하며, τ_{UL} 은 상위 에너지 레벨에서 하위 에너지 레벨로의 천이되는 시간, 즉 완화시간을 의미한다. 여기서 4레벨 시스템의 경우 상위 에너지 레벨은 E_4 이고 하위 에너지 레벨은 E_3 를 의미하며, 3레벨 시스템의 경우 상위 에너지 레벨은 E_3 이고 하위 에너지 레벨은 E_2 를 의미한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

위에서 설명한 종래 양자계단레이저는 주입영역과 활성영역을 구성하는 각 우물/벽의 두께에 따라 또는 인가전계의 크기에 따라 에너지 레벨의 상태가 서로 다르게 된다. 따라서, 주입영역과 활성영역의 우물/벽의 두께를 다르게 조절하거나 인가되는 전계의 크기를 다르게 조절함으로써, 광범위한 발진파장을 가지는 레이저 소자를 설계하기 용이하다. 그러나, 목표 발진파장에 근접하며 목적함수의 크기가 최대가 되도록 활성영역을 구성하는 우물/벽의 두께를 조절하면 주입영역을 구성하는 우물/벽의 두께가 변화하게 되며, 반대로 목적함수의 크기가 최대가 되도록 주입영역을 구성하는 우물/벽의 두께를 조절하면 활성영역을 구성하는 우물/벽의 두께가 변화하게 된다. 더욱이 활성영역 또는 주입영역의 두께를 조절하여 목표 발진파장에 근접하며 목적함수의 크기가 최대가 되도록 설계하여도, 인가전계의 크기에 따라 발진파장 및 목적함수의 크기가 변하게 된다. 따라서, 종래 양자계단레이저에서는 발진파장이 목표 발진파장에 근접하면서, 목적함수의 크기가 최대가 되도록 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 동시에 최적화하는데 많은 어려움이 있으며, 양자계단레이저의 목적함수 크기를 최대화시킬 수 있는 양자계단레이저의 설계 방법에 대한 필요성이 절실하다.

본 발명은 종래 양자계단레이저를 설계함에 있어서 가지게 되는 어려움을 해결하기 위한 것으로, 본 발명이 이루고자 하는 목적은 활성영역과 주입영역을 구성하는 우물/벽의 두께 및 인가전계의 크기를 목표 발진파장에 근접하며 최대의 발광효율을 가지도록 설계할 수 있는 양자계단레이저 설계 방법을 제공하는 것이다.

본 발명이 이루고자 하는 다른 목적은 양자계단레이저에 대한 설계 정보의 입력만으로, 목표 발진파장에 근접하며 최대 발광효율을 가지는 양자계단레이저를 자동 설계할 수 있는 양자계단레이저 설계 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

본 발명의 일 실시예에 따른 양자계단레이저의 설계 방법은 입력된 초기 설정값으로부터 양자계단레이저의 초기 발진파장과 초기 목적함수 값을 계산하는 (a)단계와 입력된 설정값의 변환 범위와 변환 단위에 따라 양자계단레이저의 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 변화시키면서 양자계단레이저의 발진파장과 목적함수 값을 반복 계산하여 목표 발진파장에 가장 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 결정하는 (b)단계와, (b) 단계를 반복 실행하면서 목적함수 값이 더 이상 증가하지 않는 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 판단하는 (c)단계 및 판단한 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 양자계단레이저의 최종 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기로 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 바람직하게, (b) 단계는 양자계단레이저의 활성영역 두께를 입력된 활성영역 두께의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 양자계단레이저의 발진파장이 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 활성영역의 두께를 결정하는 (b1)단계와, 결정한 활성영역의 두께로 활성영역의 두께를 설정한 후, 양자계단레이저의 주입영역 두께를 입력된 주입영역 두께의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 최대 목적함수 값을 가지는 주입영역의 두께를 결정하는 (b2)단계 및 결정한 주입영역의 두께로 주입영역의 두께를 설정한 후, 양자계단레이저의 인가전계 크기를 입력된 인가전계 크기의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 인가전계의 크기를 결정하는 단계를 포함한다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 양자계단레이저 설계 장치는 양자계단레이저에 대한 정보가 저장되어 있는 저장부와, 저장되어 있는 정보에 기초하여 설계하고자 하는 양자계단레이저의 초기 설정값을 입력하기 위한 입력부와, 양자계단레이저의 활성영역 두께를 입력된 활성영역 두께의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 양자계단레이저의 발진파장이 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 활성영역의 두께를 결정하는 활성영역 최적화부와, 결정한 활성영역의 두께로 활성영역의 두께를 설정한 후, 양자계단레이저의 주입영역 두께를 입력된 주입영역 두께의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 최대 목적함수 값을 가지는 주입영역의 두께를 결정하는 주입영역 최적화부와, 결정한 주입영역의 두께로 주입영역의 두께를 설정한 후, 양자계단레이저의 인가전계 크기를 입력된 인가전계 크기의 변환 범위와 변환 단위로 변환시키면서 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 인가전계의 크기를 결정하는 인가전계 최적화부 및 활성영역 최적화부, 주입영역 최적화부 및 인가전계 최적화부를 차례로 반복하여 실행시키며, 목적함수 값이 더 이상 증가하지 않는 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 양자계단레이저의 최종 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기로 선택하는 메인 제어부를 포함한다.

효 과

[0017] 본 발명에 따른 양자계단레이저의 설계 방법은 종래 양자계단레이저의 설계 방법과 비교하여 다음과 같은 다양한 효과를 가진다.

[0018] 첫째, 본 발명에 따른 양자계단레이저의 설계 방법은 활성영역을 구성하는 우물과 벽의 두께, 주입영역을 구성하는 우물과 벽의 두께, 양자계단레이저에 인가되는 인가전계의 크기를 설정한 변환 범위에서 변환 단위로 변환 설정하여 목표 발진파장에 근접하며 최대 발광효율을 가지도록 자동 설정함으로써, 양자계단레이저의 설계를 용이하게 도와준다.

[0019] 둘째, 본 발명에 따른 양자계단레이저의 설계 방법은 목표 발진파장을 입력 설정함으로써, 다양한 범위에서 동작하는 양자계단레이저를 최적으로 설계할 수 있다.

[0020] 셋째, 본 발명에 따른 양자계단레이저의 설계 방법은 설계 설정 방식에 따라 입력한 발광효율에 도달하거나 또는 일정 횟수 반복하더라도 최대 발광효율이 더 이상 증가하지 않은 경우 최적화된 두께 또는 인가전계 크기의 탐지 과정을 중단함으로써, 프로세서에 과부하를 주지 않으면서 최적화된 양자계단레이저를 설계할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0021] 이하 첨부한 도면을 참고로 본 발명에 따른 양자계단레이저의 설계 방법 및 그 장치에 대해 보다 구체적으로 설명한다.

[0022] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자계단레이저의 설계 장치를 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0023] 도 2를 참고로 살펴보면, 입력부(10)를 통해 양자계단레이저를 설계하기 위하여 필요한 초기 설정값을 입력한다. 저장부(20)에는 설계하고자 하는 양자계단레이저에 대한 정보가 저장되어 있다. 예를 들어, 양자계단레이저를 구성하는 물질의 종류와 물질의 종류에 따라 달라지는 초기 활성영역과 주입영역의 두께, 초기 동작 온도, 초기 인가전계의 크기 등이 저장되어 있다. 통상적으로 양자계단레이저는 GaInAs/AlInAs, GaAs/AlGaAs, InAs/AlSb와 같은 서로 다른 에너지 밴드를 가지는 2가지 물질의 조합으로 구성되는데, 이들 구성 물질의 종류와 배합비율에 따라 서로 다르게 초기 활성영역과 주입영역의 두께, 동작 온도, 인가전계의 크기가 결정되어 있다. 입력부(10)를 통해 선택된, 저장부(20)에 저장되어 있는 양자계단레이저 정보를 양자계단레이저를 설계하기 위한 초기 설정값으로 입력한다. 예를 들어 입력부(10)를 통해, 선택된 양자계단레이저의 정보에 따른 목표 발진파장의 크기, 활성영역의 변환 범위와 변환 단위, 주입영역의 변환 범위와 변환 단위, 인가전계의 변환 범

위와 변환 단위가 입력된다.

- [0024] 여기서 활성영역, 주입영역, 인가전계의 변환 범위란 목표 발진과장에 근접하며 최대 발광효율을 가지도 변화시키는 활성영역, 주입영역의 우물과 벽의 두께 범위 또는 인가전계의 크기 범위를 의미하며 초기 활성영역, 초기 주입영역의 우물과 벽의 두께에서 -20% 내지 +20%를 변환 범위로 설정하거나 초기 인가전계 크기에서 -20% 내지 +20%를 변환 범위로 설정한다. 한편, 변환 단위란 변환 범위에서 활성영역, 주입영역 또는 인가전계의 변환 크기를 조절하기 위한 단위로서 변환 범위에서 5% 내지 10%로 활성영역, 주입영역의 우물/벽의 두께가 변화되거나 인가전계의 크기가 변화되도록 설정된다. 본 발명이 적용되는 범위에 따라 변환 범위와 변환 단위는 다양하게 설정될 수 있으며, 이는 본 발명의 범위에 속한다.
- [0025] 메인 제어부(30)는 입력부(10)를 통해 입력된 설정 초기값에 따라 활성영역 최적화부(40), 주입영역 최적화부(50) 및 인가전계 최적화부(60)를 차례로 반복하여 실행시킨다. 메인 제어부(30)의 제어에 따라 활성영역 최적화부(40)는 입력된 초기 설정값의 변환 범위와 변환 단위로 활성영역의 두께를 변화시키면서 목표 발진과장에 근접하며 최대의 목적함수 값을 가지는 활성영역의 우물/벽의 두께를 결정한다. 주입영역 최적화부(50)는 입력된 초기 설정값의 변환 범위와 변환 단위로 주입영역의 두께를 변화시키면서 E_2 와 E_1 사이의 에너지 차이(E_{21})가 임계 범위에 존재하는 조건에서 최대 목적함수 값을 가지는 주입영역의 우물/벽의 두께를 결정한다. 한편, 인가전계 최적화부(60)는 입력된 초기 설정값의 변환 범위와 변환 단위로 인가전계의 크기를 변화시키면서 목표 발진과장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 인가전계의 크기를 결정한다.
- [0026] 메인 제어부(30)는 활성영역 최적화부(40), 주입영역 최적화부(50) 및 인가전계 최적화부(60)를 일정 횟수 반복 실행하면서, 반복 실행 결과 설정한 목표 발진과장에 근접하며 최대의 목적함수 값이 더 이상 증가하지 않는 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 양자계단레이저의 최종 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기로 설정한다.
- [0027] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 활성영역 최적화부를 보다 구체적으로 설명하기 위한 기능 블록도이다.
- [0028] 도 3을 참고로 살펴보면, 활성영역 두께 변환부(41)는 입력된 변환 범위와 변환 단위에 따라 활성영역을 구성하는 제1 우물/벽의 두께를 변환 범위에서 변환 단위로 변환시킨다. 활성영역 제어부(42)는 슈레딩거 방정식을 세우기 위하여 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따른 포텐셜 에너지와 전자의 유효질량을 계산한다. 포텐셜 에너지는 전도대의 에너지 크기와 인가전계의 크기에 의해 결정되는데, 여기서 인가전계에 의한 포텐셜 에너지를 계산하는데 포이슨(poisson) 방정식을 사용한다. 한편, 유효질량은 물질의 종류와 전자가 가지는 에너지에 따라 바뀌게 되는데, 양자계단레이저에 사용되는 3 종류의 물질로 구성된 화합물 $In_xGa_{(1-x)}As/In_yAl_{(1-y)}$, $Al_xGa_{(1-x)}As/Ga_yAs_{(1-y)}$, $In_xAs_{(1-x)}/Al_ySb_{(1-y)}$ 에서 x , y 에 대한 근사값으로 유효질량을 계산한다. 활성영역 제어부(42)는 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따라 계산한 포텐셜 에너지와 유효질량으로부터 슈레딩거 방정식을 세우고, 슈레딩거 방정식으로부터 에너지 레벨과 전자의 분포 상태를 나타내는 고유함수를 얻는다. 고유함수들 중 활성영역에 전자가 분포할 확률이 높은 고유 함수들을 선별한다.
- [0029] 발진과장 계산부(43)는 선별한 고유함수로부터 발진과장의 크기를 계산하며, 발진과장 비교부(44)는 계산한 발진과장과 목표 발진과장(tW)의 차이 값을 초기 설정값으로부터 계산한 초기 발진과장($W[0]$)과 목표 발진과장(tW)의 차이값과 비교하여 비교 결과를 목적함수 계산부(45)로 제공한다.
- [0030] 목적함수 계산부(45)는 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따라 계산한 반전밀도(population inversion)와 분극행렬 요소(dipole matrix element)로부터 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따른 양자계단레이저의 목적함수 값을 계산한다. 바람직하게, 목적함수 계산부(45)는 발진과장 비교부(44)의 비교 결과에 따라 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따른 양자계단레이저의 목적함수 값을 0으로 설정할 수 있다. 계산한 목적함수 값을 저장부(46)에 저장된다.
- [0031] 활성영역 두께 변환부(41)는 변환 범위에서 변환 단위로 제1 우물/벽의 두께를 변화시키며, 활성영역 제어부(42), 발진과장 계산부(43), 발진과장 비교부(44), 목적함수 계산부(45)를 위에서 설명한 방법으로 반복 실행하며, 반복 실행하여 계산한 목적함수 값을 저장부(46)에 저장한다. 목적함수 비교부(47)는 저장부(46)에 저장되어 있는 목적함수 값을 비교하여 최대 목적함수 값을 가지는 목적함수 값을 선택하며, 활성영역 두께 설정부(48)는 최대의 목적함수 값을 가지는 활성영역 제1 우물/벽의 두께를 활성영역 제1 우물/벽의 두께로 설정한다.
- [0032] 활성영역 제어부(42)는 활성영역의 제1 우물/벽의 두께를 설정한 후, 활성영역의 제2 우물/벽의 두께를 활성영역 두께 변환부(41)의 제어에 따라 변환 범위에서 변환 단위로 변화시키며 최대 목적함수 값을 가지는 활성영역

제2 우물/벽의 두께를 활성영역 제2 우물/벽의 두께로 설정한다. 이 때 활성영역 두께 설정부(48)는 활성영역 제2 우물/벽의 두께를 변화시키며 계산된 최대 목적함수 값이 제1 우물/벽에 대해 계산한 최대 목적함수 값보다 작은 경우 활성영역 제2 우물/벽의 두께를 변경 설정하지 않고 초기값을 그대로 유지하도록 설정한다. 활성영역 제어부(42)는 활성영역을 구성하는 모든 우물/벽에 대해 위의 과정을 반복하여 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 활성영역의 두께를 설정한다.

[0033] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 주입영역 최적화부를 보다 구체적으로 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0034] 도 4를 참고로 살펴보면, 주입영역 두께 변환부(51)는 입력된 변환 범위와 변환 단위에 따라 주입영역을 구성하는 제1 우물/벽의 두께를 변환 범위에서 변환 단위로 변환시킨다. 주입영역 제어부(52)는 슈레딩거 방정식을 세우기 위하여 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따른 포텐셜 에너지와 전자의 유효질량을 계산하고 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따른 고유함수를 선별한다.

[0035] E_{21} 계산부(54)는 선별한 고유함수로부터 E_2 와 E_1 의 차이(E_{21})를 계산하여 E_2 와 E_1 의 차이(E_{21})가 임계 전계 사이에 존재하는지 판단한다. 빠른 완화 속도를 위하여 $33\text{meV} < E_{21} < 45\text{meV}$ 의 조건(조건1)을 만족하여야 하며, E_{21} 계산부(54)는 변환한 제1 우물/벽의 두께에 따른 E_{21} 의 크기가 위의 조건1을 만족하는지 판단한다. 목적함수 계산부(55)는 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따라 계산한 반전밀도(population inversion)와 분극행렬요소(dipole matrix element)로부터 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따른 양자계단레이저의 목적함수 값을 계산한다. 바람직하게, 목적함수 계산부(55)는 E_{21} 비교부(54)의 비교 결과에 따라 변환된 제1 우물/벽의 두께에 따른 양자계단레이저의 목적함수 값을 0으로 설정할 수 있다. 계산한 목적함수 값을 저장부(56)에 저장된다.

[0036] 주입영역 두께 변환부(51)는 변환 범위에서 변환 단위로 제1 우물/벽의 두께를 변화시키며, 주입영역 제어부(52), E_{21} 비교부(54), 목적함수 계산부(55)를 위에서 설명한 방법으로 반복 실행하며, 반복 실행하여 계산한 목적함수 값을 저장부(56)에 저장한다. 목적함수 비교부(57)는 저장부(56)에 저장되어 있는 목적함수 값을 비교하여 최대 목적함수 값을 가지는 목적함수 값을 선택하며, 주입영역 두께 설정부(58)는 최대의 목적함수 값을 가지는 주입영역 제1 우물/벽의 두께를 주입영역 제1 우물/벽의 두께로 설정한다.

[0037] 주입영역 제어부(52)는 활성영역의 제1 우물/벽의 두께를 설정한 후, 주입영역의 제2 우물/벽의 두께를 주입영역 두께 변환부(51)의 제어에 따라 변환 범위에서 변환 단위로 변화시키며 최대 목적함수 값을 가지는 주입영역 제2 우물/벽의 두께를 주입영역 제2 우물/벽의 두께로 설정한다. 이 때 주입영역 두께 설정부(58)는 주입영역 제2 우물/벽의 두께를 변화시키며 계산된 최대 목적함수 값이 주입영역의 제1 우물/벽에 대해 계산한 최대 목적함수 값보다 작은 경우 주입영역 제2 우물/벽의 두께를 변경 설정하지 않고 초기값을 그대로 유지하도록 설정한다. 주입영역 제어부(52)는 주입영역을 구성하는 모든 우물/벽에 대해 위의 과정을 반복하여 조건1을 만족하며 최대 목적함수 값을 가지는 주입영역의 두께를 설정한다.

[0038] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 인가전계 최적화부를 보다 구체적으로 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0039] 도 5를 참고로 살펴보면, 인가전계 변환부(61)는 입력된 변환 범위와 변환 단위에 따라 인가전계의 크기를 변환 범위에서 변환 단위로 변환시킨다. 인가전계 제어부(62)는 변환된 인가전계의 크기에 따른 고유함수를 선별한다.

[0040] 발진파장 계산부(63)는 선별한 고유함수로부터 발진파장의 크기를 계산하며, 발진파장 비교부(64)는 계산한 발진파장과 목표 발진파장(tW)의 차이 값을 초기 설정값으로부터 계산한 초기 발진파장($W[0]$)과 목표 발진파장(tW)의 차이값과 비교하여 비교 결과를 목적함수 계산부(65)로 제공한다.

[0041] 목적함수 계산부(65)는 변환된 인가전계 크기에 따른 양자계단레이저의 목적함수 값을 계산한다. 바람직하게, 목적함수 계산부(65)는 발진파장 비교부(64)의 비교 결과에 따라 변환된 인가전계 크기에 따른 양자계단레이저의 목적함수 값을 0으로 설정할 수 있다. 인가전계 제어부(62)는 변환 범위에서 변환 단위로 인가전계의 크기를 차례로 변환시키면서 목표 발진파장에 근접하며 최대 목적함수 값을 가지는 인가전계의 크기를 양자계단레이저의 인가전계 크기로 설정한다.

[0042] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자계단레이저의 설계 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0043] 도 6을 참고로 살펴보면, 양자계단레이저를 설계하기 위하여 필요한 초기 설정값이 입력되면(S1), 입력된 초기 설정값과 양자계단레이저의 정보를 이용하여 초기 설정값에 따른 발진파장과 목적함수 값을 계산한다(S2).

- [0044] 입력된 초기 설정값의 활성영역 변환 범위와 변환 단위에 기초하여 목표 발진파장에 가장 근접하면서 최대 목적함수 값을 가지도록 활성영역을 구성하는 다수의 우물/벽 두께를 결정한다(S3). 결정한 활성영역의 두께로 활성영역을 구성하는 우물/벽의 두께를 설정한 후, 입력된 초기 설정값의 주입영역 변환 범위와 변환 단위에 기초하여 최대 목적함수 값을 가지도록 주입영역을 구성하는 다수의 우물/벽의 두께를 결정한다(S4). 결정한 주입영역의 두께로 주입영역을 구성하는 우물/벽의 두께를 설정한 후, 입력된 초기 설정값의 인가전계 변환 범위와 변환 단위에 기초하여 최대 목적함수 값을 가지도록 양자계단레이저에 인가되는 인가전계의 크기를 결정한다(S5).
- [0045] 위에서 설명한 S3 단계 내지 S5 단계를 반복하여 실시하며, S3 단계 내지 S5 단계를 통해 결정한 활성영역과 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기에서 계산한 목적함수의 값($Q(m)$)이 이전에 계산한 목적함수의 값($Q(m-1)$)보다 큰지 판단한다(S6). 판단 결과 계산한 목적함수의 값($Q(m)$)이 이전에 계산한 목적함수의 값($Q(m-1)$)보다 큰 경우, S3 단계 내지 S5 단계를 재실시한다(S7). S3 단계 내지 S5 단계를 통해 계산한 목적함수의 값이 이전에 계산한 목적함수의 값보다 크지 않은 경우, 계산한 목적함수의 값이 이전에 계산한 목적함수의 값보다 크지 않은 횟수(n)를 카운트하여 임계 횟수(TH)보다 작은 경우에는 반복하여 S3 단계 내지 S5 단계를 실시한다(S10). 임계 횟수(TH) 이상으로 계산한 목적함수의 값이 이전에 계산한 목적함수의 값보다 크지 않은 경우(S8), 즉 임계 횟수 이상으로 목적함수의 값이 증가하지 않는 경우, 결정한 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 양자계단레이저의 최종 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기로 결정한다(S9).
- [0046] 본 발명의 다른 실시예에서 계산한 목적함수의 값이 일정 설정 값의 범위에 존재하는 횟수(n)를 카운트하여, 계산한 목적함수의 값이 임계 횟수(TH) 이상으로 설정 값의 범위에 존재하는 경우, 결정한 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 양자계단레이저의 최종 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기로 결정할 수 있다.
- [0047] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 활성영역의 두께를 최적화하는 방법을 설명하기 위한 흐름도를 도시하고 있다.
- [0048] 도 7을 참고로 살펴보면, 입력된 초기 설정값의 활성영역 변환 범위와 변환 단위에 따라 활성영역을 구성하는 다수의 우물/벽의 두께를 변환 설정한다(S21). 활성영역은 통상 3개 또는 4개의 우물/벽 쌍으로 구성되어 있다. 다수의 우물/벽 쌍 중에서 제1 우물/벽 쌍의 두께를 변환 범위 내에서, 예를 들어 초기 설정된 제1 우물/벽의 두께를 -20% 내지 +20% 범위에서, 변환 단위로, 예를 들어 5%의 변환 단위로 제1 우물/벽의 두께를 변환시킨다. 변환된 두께에서 발진파장과 목적함수 값을 계산하고(S22), 계산한 발진파장에 기초하여 계산한 발진파장과 목표 발진파장의 차이를 초기 발진파장과 목표 발진파장의 차이와 비교한다(S23). 비교 결과, 계산한 발진파장과 목표 발진파장의 차이가 초기 발진파장과 목표 발진파장의 차이보다 작은 경우, 계산한 목적함수의 값을 0으로 설정한다(S24).
- [0049] 변환 단위로 제1 우물/벽 쌍의 두께를 변환시키며 단계 S21 내지 단계 S24를 반복하며 변환 범위를 내에서 제1 우물/벽 쌍의 두께 변환에 따른 목적함수를 모두 계산한 경우(S25), 계산한 목적함수 값 중에서 최대값을 가지는 목적함수를 결정한다(S27). 최대 목적함수 값을 가지도록 제1 우물/벽 쌍의 두께를 설정한 후(S29), 다음의 제2 우물/벽 쌍에 대해서도 단계 S21 내지 S27 단계를 반복하여 실시한다(S35). 제2 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값과 제1 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값을 비교하여(S28), 제2 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값이 제1 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값보다 큰 경우, 최대 목적함수 값을 가지도록 제2 우물/벽 쌍의 두께를 설정한다(S29). 그러나 제2 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값이 제1 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값보다 작은 경우, 제2 우물/벽 쌍의 두께는 변경하지 않고 초기 설정값을 유지시킨다(S31). 활성영역을 구성하는 나머지 우물/벽 쌍에 대해 단계 S21 내지 S35 단계를 반복하여, 최대 목적함수($Q(m)$) 값을 가지도록 활성영역을 구성하는 다수의 우물/벽의 두께를 결정한다(S37).
- [0050] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 주입영역의 두께를 최적화하는 방법을 설명하기 위한 흐름도를 도시하고 있다.
- [0051] 도 8을 참고로 살펴보면, 입력된 초기 설정값의 활성영역 변환 범위와 변환 단위에 따라 활성영역을 구성하는 다수의 우물/벽의 두께를 변환 설정한다(S41). 주입영역은 통상 4개 내지 8개의 우물/벽 쌍으로 구성되어 있다. 다수의 우물/벽 쌍 중에서 제1 우물/벽 쌍의 두께를 변환 범위 내에서, 예를 들어 초기 설정된 제1 우물/벽의 두께를 -20% 내지 +20% 범위에서, 변환 단위로, 예를 들어 5%의 변환 단위로 제1 우물/벽의 두께를 변환시킨다. 변환된 두께에서 목적함수 값을 계산한다(S42). 한편, E_2 와 E_1 의 차이(E_{21})가 임계 전계($33\text{meV} < E_{21}$)

< 45meV) 사이에 존재하는지 판단한다(S43). 판단 결과, E_2 와 E_1 의 차이(E_{21})가 임계 전계 사이에 존재하지 않은 경우 계산한 목적함수의 값을 0으로 설정한다(S44).

[0052] 변환 단위로 제1 우물/벽 쌍의 두께를 변환시키며 단계 S41 내지 단계 S44를 반복하며 변환 범위를 내에서 제1 우물/벽 쌍의 두께 변환에 따른 목적함수를 모두 계산한 경우(S45), 계산한 목적함수 값 중에서 최대값을 가지는 목적함수를 결정한다(S47). 최대 목적함수 값을 가지도록 제1 우물/벽 쌍의 두께를 설정한 후(S49), 다음의 제2 우물/벽 쌍에 대해서도 단계 S41 내지 S47 단계를 반복하여 실시한다(S55). 제2 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값과 제1 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값을 비교하여(S48), 제2 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값이 제1 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값보다 큰 경우, 최대 목적함수 값을 가지도록 제2 우물/벽 쌍의 두께를 설정한다(S49). 그러나 제2 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값이 제1 우물/벽 쌍에 대해 계산한 최대 목적함수 값보다 작은 경우, 제2 우물/벽 쌍의 두께는 변경하지 않고 초기 설정값을 유지시킨다(S51). 주입영역을 구성하는 나머지 우물/벽 쌍에 대해 단계 S41 내지 S55 단계를 반복하여, 최대 목적함수($O(m)$) 값을 가지도록 주입영역을 구성하는 다수의 우물/벽의 두께를 결정한다(S57).

[0053] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 인가전계의 크기를 최적화하는 방법을 설명하기 위한 흐름도를 도시하고 있다.

[0054] 도 9를 참고로 살펴보면, 입력된 초기 설정값의 인가전계 변환 범위와 변환 단위에 따라 양자계단레이저에 인가되는 전계의 크기를 변환 설정한다(S61). 변환된 인가전계의 크기에서 발진파장과 목적함수 값을 계산하고(S62), 계산한 발진파장에 기초하여 계산한 발진파장과 목표 발진파장의 차이를 초기 발진파장과 목표 발진파장의 차이와 비교한다(S63). 비교 결과, 계산한 발진파장과 목표 발진파장의 차이가 초기 발진파장과 목표 발진파장의 차이보다 작은 경우, 계산한 목적함수의 값을 0으로 설정한다(S64).

[0055] 변환 단위로 인가전계의 크기를 변환시키며 단계 S61 내지 단계 S64를 반복하며 변환 범위 내에서 인가전계 크기 변화에 따른 목적함수를 모두 계산한 경우(S65), 계산한 목적함수 값 중에서 최대값을 가지는 목적함수를 결정하여(S67), 최대 목적함수($O(m)$) 값을 가지도록 인가전계를 결정한다(S69).

[0056] 도 10은 본 발명에 따른 양자계단레이저의 설계 방법에 따라 계산되는 목적함수의 크기를 도시하고 있다. 도 10(a)을 참고로 살펴보면, 본 발명에 따라 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 변경시키며 반복하여 최대 목적 값을 계산하면, 반복 횟수를 증가시킬수록 최대 목적함수 값이 증가하여 반복횟수가 6회 이상에서는 최대 목적함수의 값이 더 이상 증가하지 않는다. 최대 목적함수의 값이 더 이상 증가하지 않은 횟수가 임계 횟수($TH=3$)를 초과하는 경우 결정된 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기로 양자계단레이저의 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 설정한다.

[0057] 도 10(b)를 참고로 살펴보면, 본 발명에 따라 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 변경시키며 반복하여 최대 목적 값을 계산하면, 반복 횟수를 증가시킬수록 최대 목적함수 값이 증가하여 반복횟수가 6회 이상에서는 최대 목적함수의 값이 설정한 값($TH2$, $TH3$) 사이에 존재하게 된다. 최대 목적함수의 값이 설정한 값에 존재하는 횟수가 임계 횟수($TH=3$)를 초과하는 경우 결정된 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기로 양자계단레이저의 활성영역의 두께, 주입영역의 두께 및 인가전계의 크기를 설정한다.

도면의 간단한 설명

[0058] 도 1은 통상의 양자계단레이저에서 빛이 방출되는 구조를 설명하기 위한 도면이다.

[0059] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자계단레이저의 설계 장치를 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0060] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 활성영역 최적화부를 보다 구체적으로 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0061] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 주입영역 최적화부를 보다 구체적으로 설명하기 위한 기능 블록도이다.

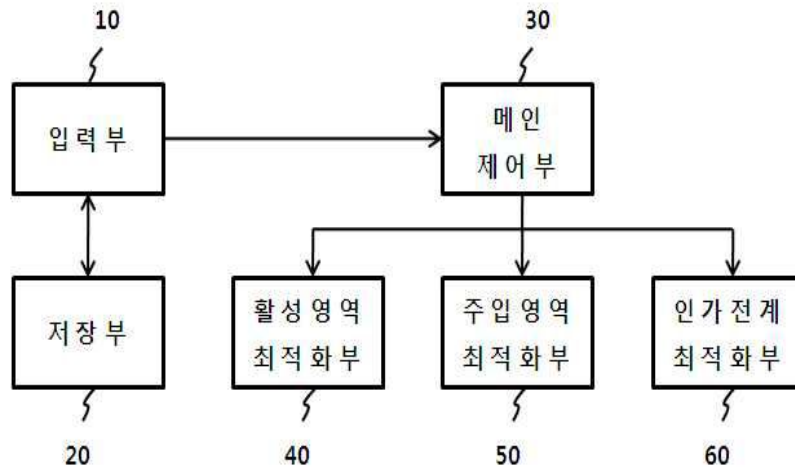
[0062] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 인가전계 최적화부를 보다 구체적으로 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0063] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자계단레이저의 설계 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

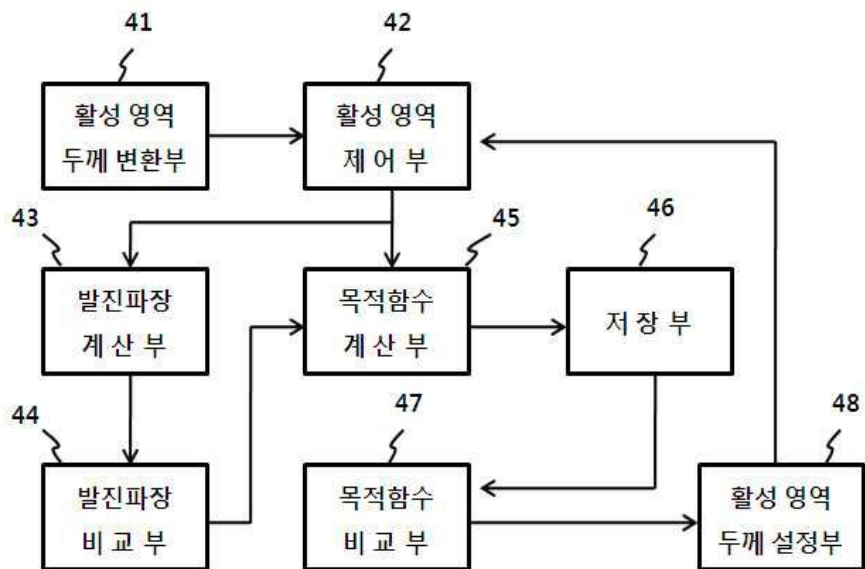
[0064] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 활성영역의 두께를 최적화하는 방법을 설명하기 위한 흐름도를 도시하고 있다.

[0065] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 주입영역의 두께를 최적화하는 방법을 설명하기 위한 흐름도를 도시하고 있다.

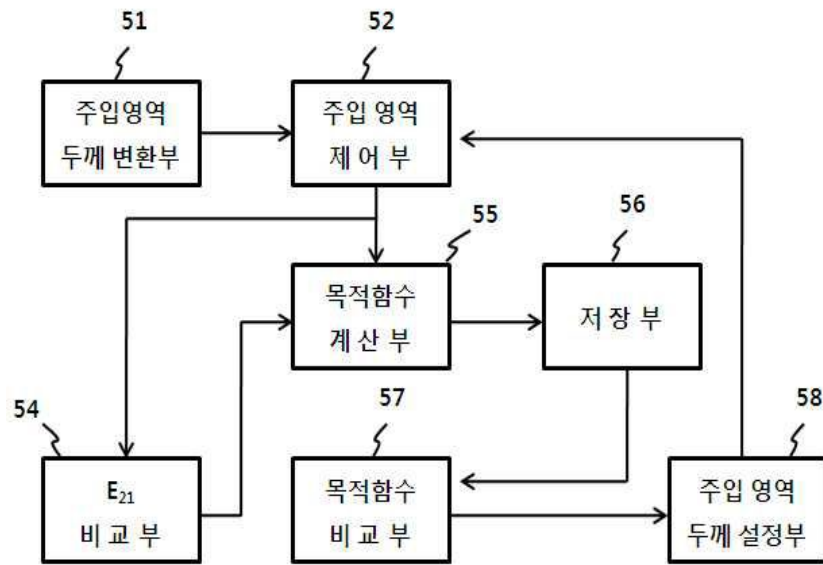
도면2



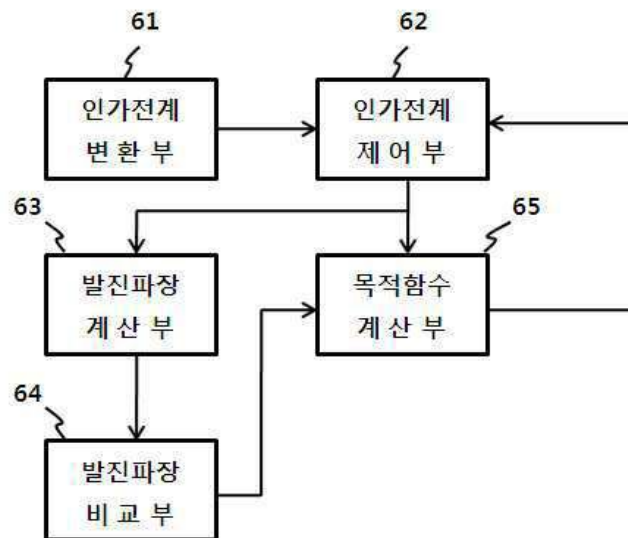
도면3



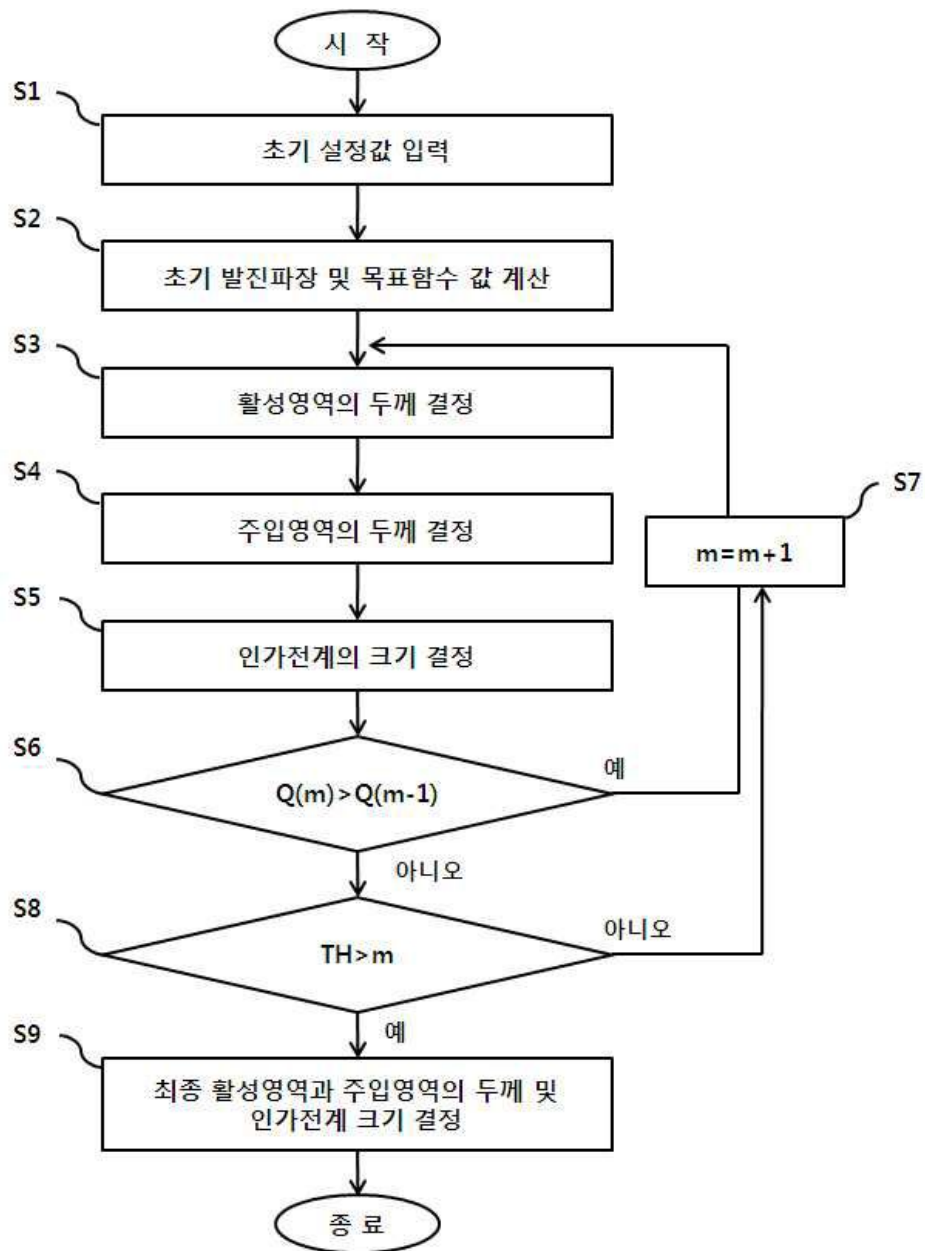
도면4



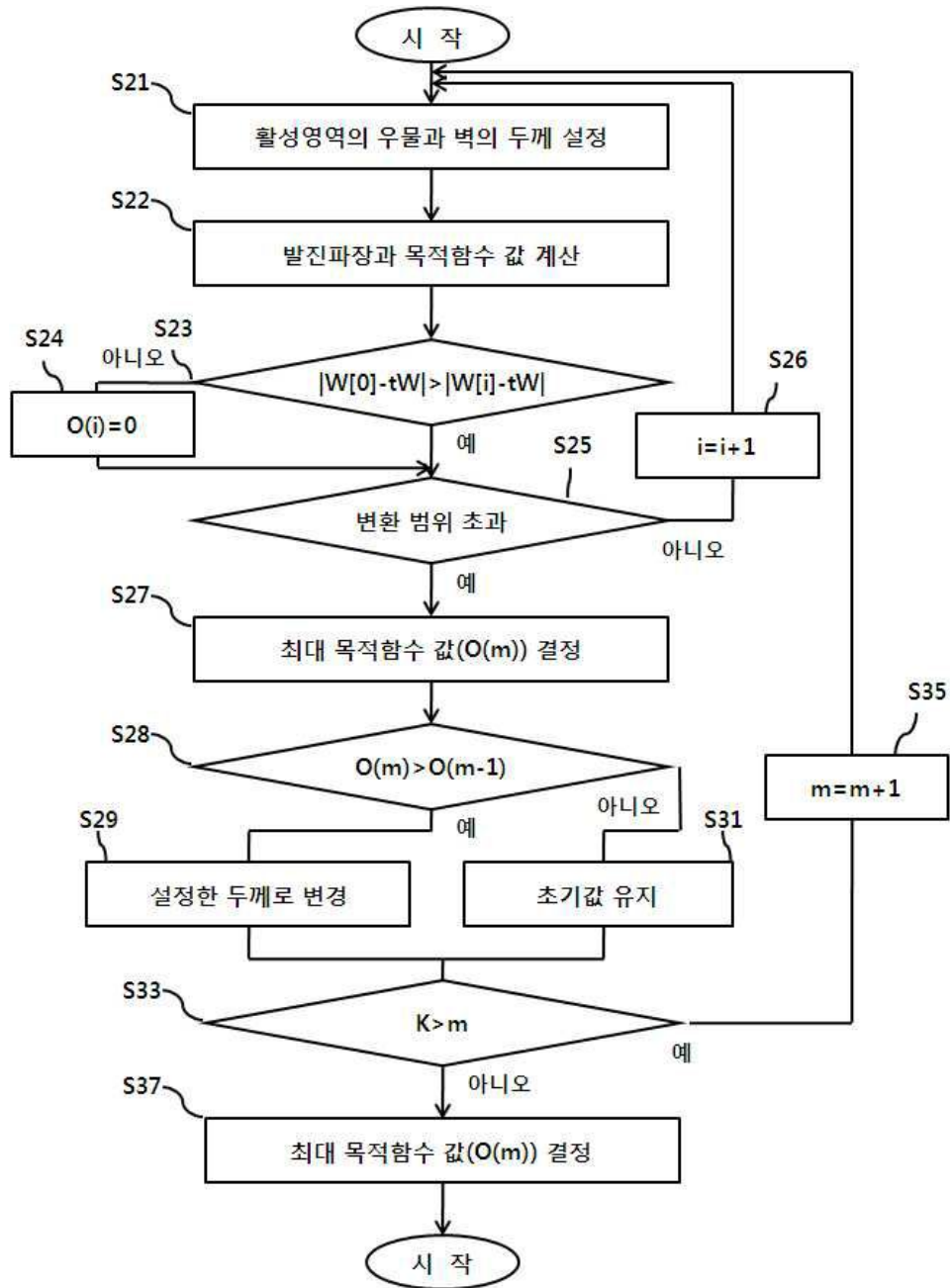
도면5



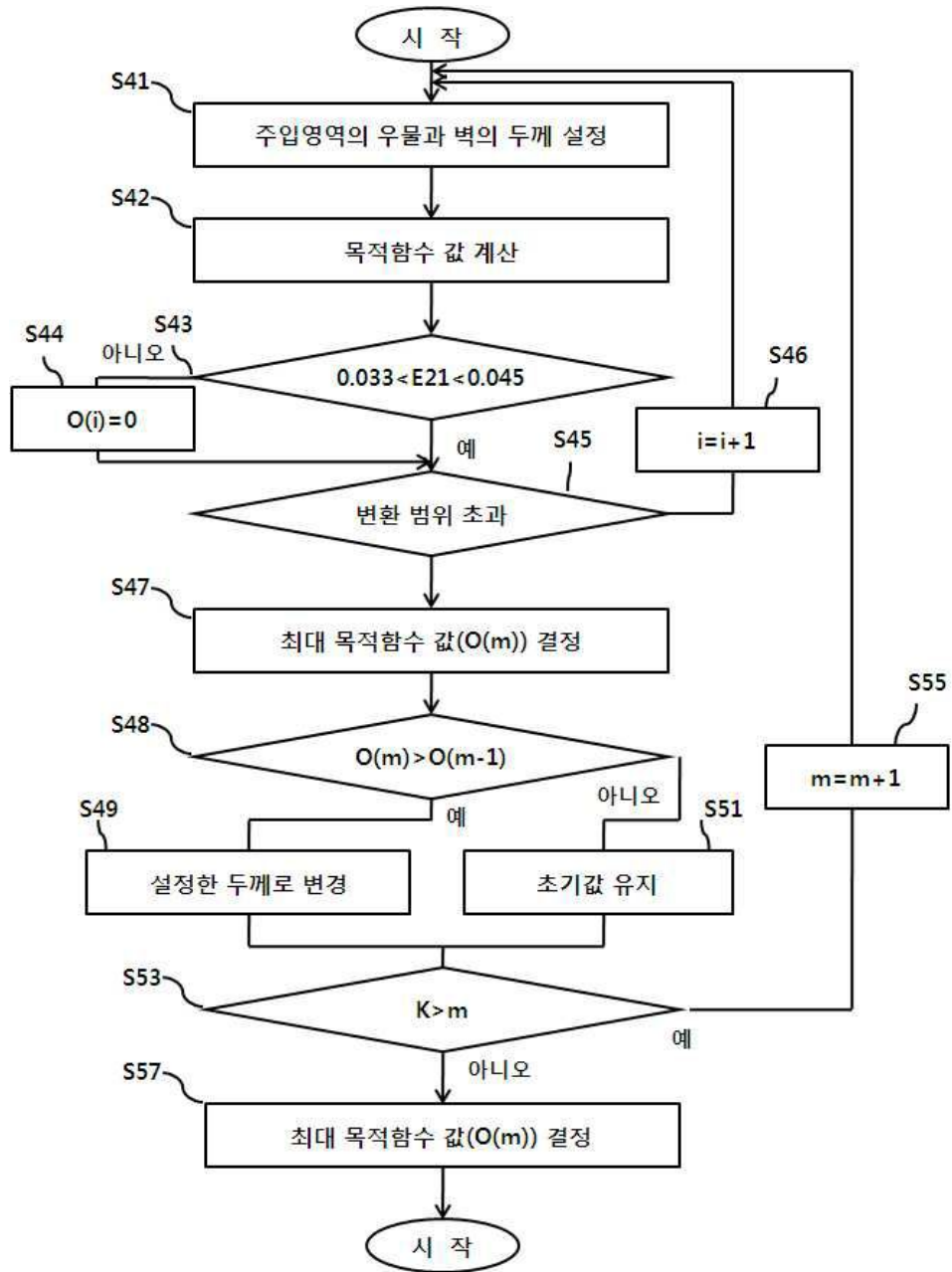
도면6



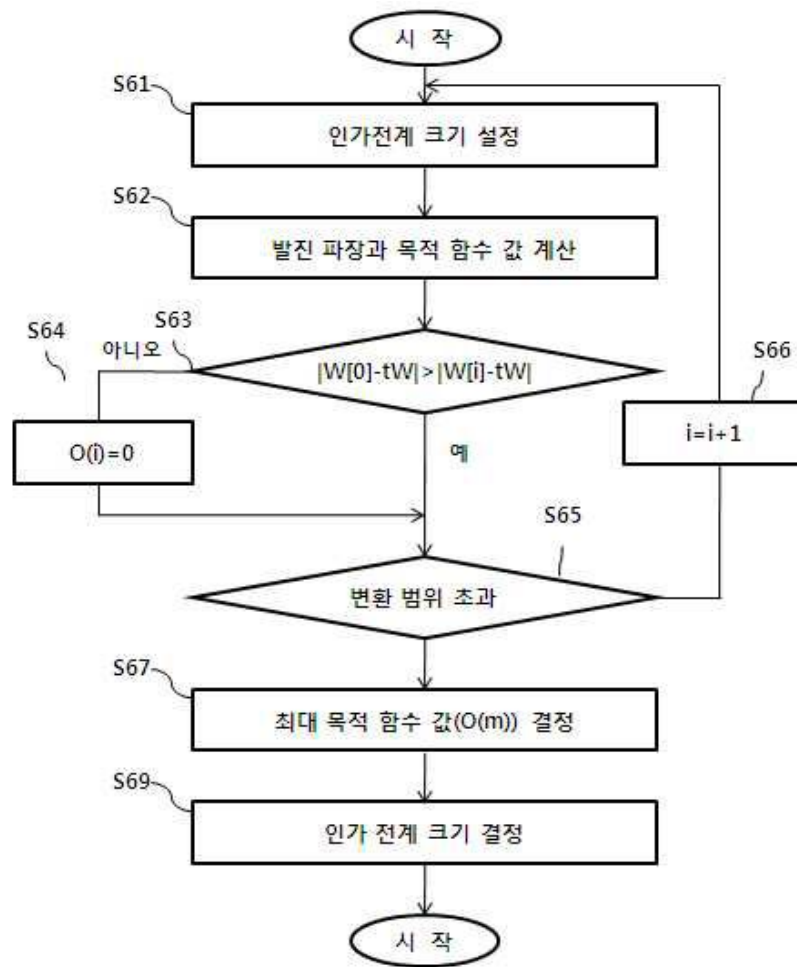
도면7



도면8



도면9



도면10

