



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년11월07일

(11) 등록번호 10-1916349

(24) 등록일자 2018년11월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01P 7/06 (2006.01) H05H 7/02 (2006.01)

H05H 7/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-7029493

(22) 출원일자(국제) 2012년03월21일

심사청구일자 2017년02월22일

(85) 번역문제출일자 2014년10월21일

(65) 공개번호 10-2014-0139028

(43) 공개일자 2014년12월04일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2012/054995

(87) 국제공개번호 WO 2013/139389

국제공개일자 2013년09월26일

(56) 선행기술조사문헌

US04314209 A\*

US02790905 A1

US20110188638 A1

KR1020130042992 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

지멘스 악티엔게젤샤프트

독일 뮌헨 베르너-본-지멘스-슈트라쎄 1 (우: 80333)

(72) 발명자

하이트, 올리버

독일 91052 에를랑엔 루이트폴트슈트라쎄 63

휴즈, 티모시

독일 91056 에를랑엔 하일리겐로슈트라쎄 5

시르틀, 제니퍼

독일 90763 뷔르트 플뢰싸우슈트라쎄 18

(74) 대리인

특허법인 남앤드남, 이시용

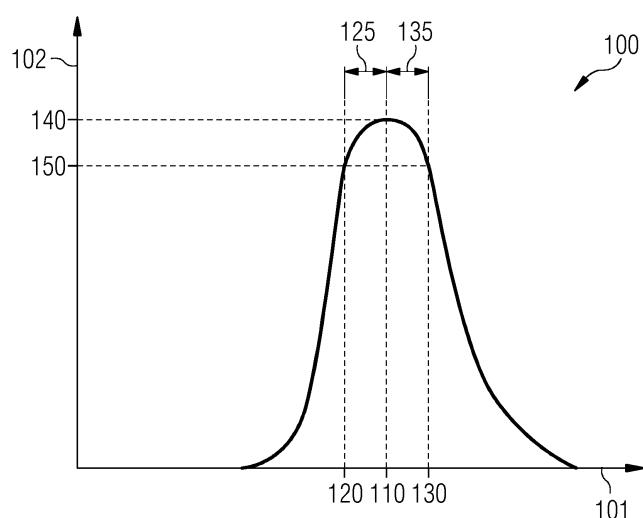
전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 김상철

(54) 발명의 명칭 공명기 어레인지먼트 및 공명기를 여기시키기 위한 방법

**(57) 요약**

공명 주파수를 갖는 공명기를 여기시키기 위한 방법에서, 공명기는, 공명 주파수와 제1 주파수 차이만큼 상이한 제1 주파수를 이용하여 제1 기간에서 여기된다. 제2 기간 동안, 공명기는, 공명 주파수와 제2 주파수 차이만큼 상이한 제2 주파수를 이용하여 여기된다. 제1 주파수 차이 및 제2 주파수 차이는 상이한 부호들을 갖는다. 부가하여, 제1 주파수 차이량 및 제2 주파수 차이량은, 더 많은 양의 10% 미만만큼 서로 상이하다.

**대 표 도 - 도1**

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

공명기(510)를 여기(excite)시키기 위한 방법으로서,

상기 공명기(510)는 공명 주파수(110)를 갖고,

상기 공명기(510)는, 제1 시간 기간(321, 323, 341, 343) 동안, 상기 공명 주파수(110)와 제1 주파수 차이(135, 136)만큼 상이한 제1 주파수(130, 131)를 이용하여 여기되고,

상기 공명기(510)는, 제2 시간 기간(322, 324, 342, 344) 동안, 상기 공명 주파수(110)와 제2 주파수 차이(125, 126)만큼 상이한 제2 주파수(120, 121)를 이용하여 여기되며,

상기 제1 주파수 차이(135, 136) 및 상기 제2 주파수 차이(125, 126)는 상이한 부호들을 갖고,

상기 제1 주파수 차이(135, 136)의 크기 및 상기 제2 주파수 차이(125, 126)의 크기는, 보다 큰 크기의 10% 미만만큼 상이하고,

상기 공명기(510)의 오실레이션 진폭(oscillation amplitude)(102)이 감소되어야 할 경우, 상기 제1 주파수 차이(135, 136) 및 상기 제2 주파수 차이(125, 126)가 증가되고,

상기 공명기(510)의 오실레이션 진폭(102)이 증가되어야 할 경우, 상기 제1 주파수 차이(135, 136) 및 상기 제2 주파수 차이(125, 126)가 감소되는,

공명기(510)를 여기시키기 위한 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

제1 시간 기간들(321, 323, 341, 343) 및 제2 시간 기간들(322, 324, 342, 344)의 각각의 기간이 반복적으로 뒤에 이어지는,

공명기(510)를 여기시키기 위한 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제1 시간 기간(321, 323, 341, 343) 및 상기 제2 시간 기간(322, 324, 342, 344)은 동일한 길이를 갖는,

공명기(510)를 여기시키기 위한 방법.

#### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 제1 시간 기간(321, 323, 341, 343) 및 상기 제2 시간 기간(322, 324, 342, 344)은 동일한 길이를 갖는,

공명기(510)를 여기시키기 위한 방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 공명기(510)는, 상기 제1 시간 기간(321, 323, 341, 343) 및 상기 제2 시간 기간(322, 324, 342, 344) 동안 일정한 여기 진폭을 이용하여 여기되는,

공명기(510)를 여기시키기 위한 방법.

## 청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 공명기(510)는, 상기 제1 시간 기간(321, 323, 341, 343) 및 상기 제2 시간 기간(322, 324, 342, 344) 동안 일정한 여기 진폭을 이용하여 여기되는,

공명기(510)를 여기시키기 위한 방법.

## 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 공명기(510)는, 추가적인 시간 기간(311, 331) 동안 상기 공명 주파수(110)를 이용하여 여기되는,

공명기(510)를 여기시키기 위한 방법.

## 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 공명기(510)는, 상기 제1 시간 기간(321, 323, 341, 343), 상기 제2 시간 기간(322, 324, 342, 344) 및 상기 추가적인 시간 기간(311, 331) 동안 일정한 여기 진폭을 이용하여 여기되는,

공명기(510)를 여기시키기 위한 방법.

## 청구항 9

공명기 시스템(resonator system)(500)으로서,

공명기(510) 및 상기 공명기(510)의 오실레이션을 여기시키기 위한 여기 디바이스(excitation device)(540)를 포함하고, 상기 여기 디바이스(540)는 제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 구현되는,

공명기 시스템(500).

## 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 오실레이션은 전자기 오실레이션인,

공명기 시스템(500).

## 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 공명기(510)는 RF 캐비티(cavity)로서 구현되는,

공명기 시스템(500).

## 청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 공명기(510)는 입자 가속기의 공명기인,

공명기 시스템(500).

## 청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 여기 디바이스(540)는 고체-상태 스위치(solid-state switch)를 포함하는,

공명기 시스템(500).

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 특히 청구항 제1항에 따라 공명기를 여기시키기 위한 방법, 그리고 특히 청구항 제9항에 따라 공명기 및 여기 디바이스(excitation device)를 포함하는 공명기 어레인지먼트(resonator arrangement)에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 공명기들, 즉 오실레이팅(oscillating)할 수 있는 시스템(system)들이 많은 변형들에서 존재한다. 예로서, 공명기들은 RF 캐비티(RF cavity)들로서 구현될 수 있고, 상기 RF 캐비티들에서 전자기 오실레이션(electromagnetic oscillation)들이 여기될 수 있다. 전기 하전 입자들을 가속하기 위한 입자 가속기들에서 그러한 RF 캐비티들의 사용이 알려져 있다.

[0003] 공명기 오실레이션을 여기하고 유지시키기 위하여, 외부 소스(source)로부터 여기 디바이스에 의하여 공명기에 에너지(energy)가 공급되어야 한다. 이를 위해, 입자 가속기들의, RF 캐비티들로서 구현된 공명기들에서 무선 주파수 소스들이 사용된다. 공명기에 피딩(feeding)되는 에너지량(amount of energy)을 조절하기 위하여 이러한 무선주파수 소스들의 출력 진폭을 조절하는 것은 통상적이다. 그러나, 특히 여기를 위해 고체-상태 스위치(solid-state switch)들을 사용할 때, 진폭을 변조하기 위한 이러한 능력은 상당한 경비를 요구하고 그리고 알려진 여기 디바이스들의 효율성을 감소시킨다.

#### 발명의 내용

[0004] 본 발명의 목적은 공명기를 여기시키기 위한 개선된 방법을 특정하는 것으로 구성된다. 이러한 목적은 청구항 제1항의 피처(feature)들을 포함하는 방법에 의해 달성된다. 본 발명의 추가적인 목적은, 공명기 및 여기 디바이스를 포함하는 개선된 공명기 어레인지먼트를 제공하는 것으로 구성된다. 이러한 목적은 청구항 제9항의 피처들을 포함하는 공명기 어레인지먼트에 의해 달성된다. 바람직한 발달들이 종속 청구항들에서 특정된다.

[0005] 공명 주파수를 갖는 공명기를 여기시키기 위한 본 발명에 따른 방법에서, 공명기는, 제1 시간 기간 동안, 공명 주파수와 제1 주파수 차이만큼 상이한 제1 주파수를 이용하여 여기된다. 제2 시간 기간 동안, 공명기는, 공명 주파수와 제2 주파수 차이만큼 상이한 제2 주파수를 이용하여 여기된다. 여기서, 제1 주파수 차이 및 제2 주파수 차이는 상이한 부호들을 갖는다. 또한, 제1 주파수 차이 크기 및 제2 주파수 차이 크기는, 더 큰 크기의 10% 미만만큼 서로 상이하다. 다시 말해, 제1 주파수 및 제2 주파수는 그러므로 공명 주파수 주위에 가능한 한 대칭적으로 놓인다. 공명 주파수와 상이한 제1 주파수 및 제2 주파수를 이용한 여기에 의해 더 적은 에너지가 유리하게 공명기에 피딩된다. 공명 주파수 주위에 제1 주파수 및 제2 주파수의 대략 대칭적인 포지션(position)의 결과로서, 공명 주파수와 상이한 주파수들을 이용한 공명기의 여기에 의해 유발되는, 공명기 오실레이션의 위상 시프트(phase shift)가 평균화된다. 유리하게, 방법은 이로써, 여기 진폭을 가변시키는 것 없이, 공명기에 피딩되는 전력을 조절하는 것을 가능하게 한다. 그 결과, 방법은, 기술적으로 유리한 방식으로, 많은 경비 없이 구현될 수 있다.

[0006] 방법의 바람직한 실시예에서, 제1 시간 기간들 및 제2 시간 기간들의 각각의 기간이 반복적으로 뒤에 이어진다. 유리하게, 제1 시간 기간들 및 제2 시간 기간들은 그런 다음, 각각의 경우 매우 짧게 선택될 수 있고, 그 결과 공명기 오실레이션의, 제1 주파수 및 제2 주파수를 이용한 공명기의 여기에 의해 유발되는 위상 시프트들이 특히 효과적인 방식으로 평균화될 수 있다.

[0007] 제1 시간 기간 및 제2 시간 기간이 동일한 길이를 갖는 것이 편리하다. 유리하게, 이것은 또한, 공명기 오실레이션의 위상 시프트들의 특히 효과적인 평균화를 지원한다.

[0008] 방법의 바람직한 실시예에서, 공명기는, 제1 시간 기간 및 제2 시간 기간 동안 일정한 여기 진폭을 이용하여 여기된다. 그런 다음, 방법은 유리하게, 여기 진폭을 조절하는 것 없이, 구현될 수 있다.

[0009] 방법의 발달에서, 공명기는, 추가적인 시간 기간 동안 공명 주파수를 이용하여 여기된다. 그런 다음, 유리하게, 추가적인 시간 기간 동안 공명기에 피딩되는 전력이 증가한다.

- [0010] 공명기는 바람직하게, 제1 시간 기간, 제2 시간 기간 및 추가적인 시간 기간 동안 일정한 여기 진폭을 이용하여 여기된다. 그런 다음, 바람직하게, 공명기를 여기시키기 위하여, 반드시 여기 진폭을 조절하는 것을 가능하게 할 필요는 없는 여기 디바이스를 사용하는 것이 가능하다.
- [0011] 방법의 바람직한 실시예에서, 공명기의 오실레이션 진폭이 감소될 것이라면, 제1 주파수 차이 및 제2 주파수 차이는 증가된다. 유리하게, 이것은, 공명기 오실레이션의 전력의 감소를, 이러한 목적을 위해 여기 진폭을 수정할 필요 없이 가능케 한다.
- [0012] 방법의 마찬가지로 바람직한 실시예에서, 공명기의 오실레이션 진폭이 증가될 것이라면, 제1 주파수 차이 및 제2 주파수 차이는 감소된다. 유리하게, 이것은 또한, 여기 진폭을 가변시킬 필요 없이, 공명기 오실레이션의 전력의 조절을 가능케 한다.
- [0013] 본 발명에 따른 공명기 어레인지먼트는 공명기 및 상기 공명기의 오실레이션을 여기시키기 위한 여기 디바이스를 포함한다. 여기서, 여기 디바이스는 전술된 타입(type)의 방법을 수행하도록 구현된다. 유리하게, 이 경우, 수정 가능한 출력 진폭을 갖는 여기 디바이스를 구현할 필요는 없다. 그 결과, 여기 디바이스는 유리하게, 단순한 방식으로 구현될 수 있고, 높은 효율성을 가질 수 있다.
- [0014] 공명기 어레인지먼트의 일 실시예에서, 오실레이션은 전자기 오실레이션이다. 그런 다음, 유리하게, 공명기 어레인지먼트는 많은 기술적 목적들을 위해 사용될 수 있다.
- [0015] 공명기 어레인지먼트의 바람직한 실시예에서, 공명기는 RF 캐비티로서 구현된다. 유리하게, RF 캐비티들은 많은 기술적 목적들을 위해 사용될 수 있다.
- [0016] 공명기 어레인지먼트의 특히 바람직한 실시예에서, 공명기는 입자 가속기의 공명기이다. 그런 다음, 유리하게, 공명기 어레인지먼트로부터의 공명기는 전기 하전 입자들을 가속하는데 사용될 수 있다. 입자 가속기들의 거대한 에너지 소모의 결과로서, 높은 효율성을 갖는, 이러한 공명기 어레인지먼트에서 가능하게 만들어진 여기 디바이스의 실시예는 유리하게 특히 편리하다.
- [0017] 공명기 어레인지먼트의 일 실시예에서, 여기 디바이스는 고체-상태 스위치를 포함한다. 유리하게, 고체-상태 회로(circuit)들의 사용은 여기 디바이스의 콤팩트(compact)하고 비용-효과적이며 에너지 효율적인 실시예를 가능케 한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0018] 본 발명의 위에서-설명된 특성들, 피처들 및 장점들, 그리고 그들이 달성되는 방식은, 예시적 실시예들의 다음의 설명과 함께 더욱 명확해지고 더욱 잘 이해되며, 상기 예시적 실시예들은 도면들과 함께 더욱 상세히 설명된다. 상세하게는:
- 도 1은 공명기의 예시적 진폭/주파수 응답을 도시한다.
- 도 2는 공명기 오실레이션과 외부 여기 사이의 위상의 예시적 도면을 도시한다.
- 도 3은 공명기의 여기의 여기 주파수 프로파일(excitation frequency profile)을 도시한다.
- 도 4는 공명기 오실레이션의 진폭 프로파일을 도시한다.
- 도 5는 개략적인 공명기 어레인지먼트를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 도 1은 공명기의 진폭/주파수 응답(100)의 그래프(graph)를 개략적인 예시로 도시한다. 원리적으로, 각각의 공명기는 비교할만한 진폭/주파수 응답을 갖는다. 예로서, 본 경우, 공명기는 RF 캐비티일 수 있고, 상기 RF 캐비티에서 전자기 오실레이션이 여기될 수 있다.
- [0020] 여기 주파수(101)가 도 1의 그래프의 수평 축 상에 그려진다. 여기 주파수(101)는 주파수를 특정하고, 상기 주파수를 이용하여, 공명기의 공명기 오실레이션이 외부 소스로부터 여기된다. 오실레이션 진폭(102)이 도 1의 그래프의 수직 축 상에 그려진다. 오실레이션 진폭(102)은 공명기의 공명기 오실레이션의 진폭을 특정하고, 그러므로 공명기 오실레이션에 저장되는 에너지에 대한 척도(measure)를 표현한다. 도 1의 진폭/주파수 응답(100)은, 특정 여기 주파수(101)를 이용한 공명기의 여기의 경우에 시작하는 공명기 오실레이션의 진폭을 특정한다. 그러므로, 도 1의 진폭/주파수 응답(100)은, 외부 여기의 여기 주파수(101)에 따라, 외부 여기에 의해

공명기에 피딩되는 에너지를 특정한다.

[0021] 진폭/주파수 응답(100)은 공명기의 공명 주파수(110)에서 최대 진폭(140)을 갖는다. 공명기에서 여기된 진폭은, 공명기의 공명 주파수(110)를 초과하거나 또는 그 미만인 여기 주파수들(101)의 경우 드롭 오프(drop off)된다. 따라서, 공명 주파수(110) 미만인 감소된 주파수(120)에서 여기된 공명기 오실레이션은 단지 감소된 진폭(150)을 갖는다. 공명 주파수(110)를 초과하는 증가된 주파수(130)의 경우, 공명기 오실레이션은 마찬가지로 감소된 진폭(150)을 갖는다. 공명 주파수(110)로부터 떨어지는 진폭/주파수 응답(100)의 드롭은, 공명기의 품질이 증가함에 따라 훨씬 더 급격해진다. 또한, 감소된 주파수(120) 및 증가된 주파수(130)에서의 진폭들은 서로 상이할 수 있다.

[0022] 감소된 주파수(120)는 공명 주파수(110)와 제1 주파수 차이(125)만큼 상이하다. 증가된 주파수(130)는 공명 주파수(110)와 제2 주파수 차이(135)만큼 상이하다. 제1 주파수 차이(125) 및 제2 주파수 차이(135)는 상이한 부호들을 갖는다. 그러나, 제1 주파수 차이(125) 및 제2 주파수 차이(135)는 바람직하게, 대략 동일한 크기들을 갖는다. 그런 다음, 공명 주파수(110)는 감소된 주파수(120)와 증가된 주파수(130) 사이에서 중심에 놓인다.

[0023] 공명기가 공명 주파수(110)를 이용하여 여기된다면, 최대 진폭(140)을 이용한 공명기 오실레이션이 시작한다. 이러한 경우, 공명기에 피딩되는 에너지는 최대치에 있다. 공명기가 감소된 주파수(120)를 이용하여 또는 증가된 주파수(130)를 이용하여 여기된다면, 감소된 진폭(150)을 이용한 공명기 오실레이션이 시작한다. 그러므로, 이러한 경우 외부 여기에 의해 공명기에 더 적은 에너지가 피딩된다. 그러므로, 여기 주파수(101) – 상기 여기 주파수(101)를 이용하여, 공명기가 여기됨 – 를 가변시키는 것은, 공명기에 피딩되는 에너지를 가변시키는 것을 가능하게 한다.

[0024] 도 2는 공명기의 외부 여기와 공명기에서 시작한 공명기 오실레이션 사이의 위상(200) 그래프를 개략적인 예시로 도시한다. 외부 여기의 여기 주파수(101)가 다시 한 번 수평 축 상에 그려진다. 외부 여기와 공명기 오실레이션 사이의 위상 시프트(201)가 수직 축 상에 그려진다.

[0025] 공명기가 공명 주파수(110)를 이용하여 여기될 때, 외부 여기와 공명기 오실레이션 사이의 공명 위상(210)이 시작한다. 예로서, 공명 위상(210)은 여기와 공명기 오실레이션 사이의  $90^\circ$ 의 위상 시프트일 수 있다. 여기와 공명기 오실레이션 사이의 위상 시프트(201)는 공명 주파수(110)로부터 떨어져 변한다. 감소된 주파수(120)를 이용하여 공명기를 여기시킬 때 제1 위상(220)이 시작하고, 증가된 주파수(130)를 이용하여 공명기를 여기시킬 때 제2 위상(230)이 시작한다. 일반적으로, 이것은 원해지지 않는다. 원해지는 것은, 외부 여기와 공명기 오실레이션 사이의 위상 시프트(201)가 공명 위상(210)에서 유지되는 것이다.

[0026] 그러나, 도 1 및 도 2에 묘사된 예에서, 감소된 주파수(120) 및 증가된 주파수(130)는, 제1 위상(220)이 공명 위상(210)과 제1 위상 변화(225)만큼 상이하고 제2 위상(230)이 공명 위상(210)과 제2 위상 변화(235)만큼 상이하도록 선택된다. 여기서, 제1 위상 변화(225) 및 제2 위상 변화(235)는 상이한 부호들을 갖지만, 대략 동일한 크기들을 갖는다.

[0027] 따라서, 감소된 주파수(120) 및 증가된 주파수(130)는, 감소된 주파수(120)를 이용한 여기의 경우 시작하는 제1 위상(220) 및 증가된 주파수(130)를 이용한 여기의 경우 시작하는 위상(230)이 공명 위상(210)을 중심으로 가능한 한 대칭적으로 배열되도록 선택되고; 즉 제1 위상 변화(225) 및 제2 위상 변화(235)는 가능한 한 동일한 크기들을 갖는다. 감소된 주파수(120)를 이용한 여기의 경우 및 증가된 주파수(130)를 이용한 여기의 경우 동일한 감소된 진폭(150)이 시작하는지는 덜 중요하다. 그것은, 증가된 주파수(130)에서와 비교할 때, 감소된 주파수(120)에서 상이한 오실레이션 진폭(102)이 시작한다면, 중대하지 않다.

[0028] 고품질 공명기를 사용할 때, 전술된 요건은 감소된 주파수(120) 및 증가된 주파수(130)가 공명 주파수(110)를 중심으로 대략 대칭적으로 배열될 때 충족되고; 즉 제1 주파수 차이(125) 및 제2 주파수 차이(135)는 대략 동일한 크기들을 갖는다. 제1 주파수 차이(125)의 크기 및 제2 주파수 차이(135)의 크기는 바람직하게, 더 큰 크기의 10% 미만만큼 상이하다. 제1 주파수 차이(125)의 크기 및 제2 주파수 차이(135)의 크기는 특히 바람직하게, 심지어 실질상 더 작은 프랙션(fraction)만큼, 예컨대 더 큰 크기의 단지 5% 또는 1%만큼 상이하다.

[0029] 공명기가 감소된 주파수(120) 및 증가된 주파수(130)에 의해 변갈아 여기된다면, 결과 위상 변화들(225, 235)은 서로를 보상한다. 이러한 보상의 기능 품질은, 감소된 주파수(120) 및 증가된 주파수(130)가 서로 뒤를 잇는 여기의 간격들을 더 빠르게 개선시킨다. 예로서, 이것은, 제어된 방식으로 여기 주파수에 적용되는 지터(jitter) 때문에 달성될 수 있다.

[0030] 도 3은, 프로세스(process)에서 공명기의 여기 진폭을 수정하는 것 없이, 공명기의 전력을 제어함으로써 유발되

는 개략적인 여기 주파수 프로파일(300)을 도시한다. 시간(301)이 도 3의 그래프의 수평 축 상에 그려진다. 여기 주파수(101) –상기 여기 주파수(101)를 이용하여, 공명기가 여기됨–는 그래프의 수직 축 상에 그려진다.

[0031] 도 4는 도 3의 여기 주파수 프로파일(300)에 따라 공명기의 여기 동안 시작하는 공명기 오실레이션의 오실레이션 진폭의 진폭 프로파일(400)을 개략적인 그래프로 도시한다. 그러므로, 시간(301)이 마찬가지로 도 4의 그래프의 수평 축 상에 그려진다. 공명기 오실레이션의 오실레이션 진폭(102)은 그래프의 수직 축 상에 묘사된다.

[0032] 공명기는, 제1 시간(310)과 시간상 상기 제1 시간(310) 이후의 제2 시간(320) 사이의 제1 시간 기간(311) 동안, 공명기 주파수(110)를 이용하여 여기된다. 그러므로, 공명기 오실레이션의 최대 진폭(140)은 공명기에서 제1 시간(310)과 제2 시간(320) 사이에 시작한다.

[0033] 공명기에 펴당되는 에너지는 제2 시간(320)과 제3 시간(330) 사이에서 감소될 것이다. 이를 위해, 제2 시간(320)과 제3 시간(330) 사이의 시간은 제2 시간 기간(321), 제3 시간 기간(322), 제4 시간 기간(323) 및 제5 시간 기간(324)으로 세분화된다. 시간 기간들(321, 322, 323, 324)은 바람직하게, 각각의 경우 대략 동일한 지속기간을 갖는다. 제2 시간 기간(321) 및 제4 시간 기간(323) 동안 증가된 주파수(130)를 이용하여 공명기가 여기된다. 제3 시간 기간(322) 및 제5 시간 기간(324) 동안 감소된 주파수(120)를 이용하여 공명기가 여기된다. 그 뒤를 이어서, 제2 시간(320)과 제3 시간(330) 사이에, 감소된 진폭(150)을 이용한 공명기 오실레이션이 공명기에서 시작한다. 따라서, 제2 시간(320)과 제3 시간(330) 사이에 공명기에 펴당되는 전력은 제1 시간(310)과 제2 시간(320) 사이에서보다 미만이다. 제2 시간(320)과 제3 시간(330) 사이에서는 증가된 주파수(130) 및 감소된 주파수(120)를 이용하여 교변적인 방식으로 공명기가 항상 여기되기 때문에, 여기와, 프로세스에서 생겨나는 공명기 오실레이션 사이의 위상 변화들(225, 235)은 평균화된다. 그러므로, 시간에 따라 평균화된 채로, 여기와 공명기 오실레이션 사이의 위상 시프트(201)는 공명 위상(210)에서 유지된다.

[0034] 제2 시간(320)과 제3 시간(330) 사이에서, 공명기는, 도 3 및 도 4의 개략적인 예시들에서 두 개의 시간 기간들(321, 323) 동안에는 증가된 주파수(130)를 이용하여서만 여기되고 그리고 두 개의 시간 기간들(322, 324) 동안에는 감소된 주파수(120)를 이용하여서만 여기된다. 그러나, 제2 시간(320)과 제3 시간(330) 사이의 시간 간격은 바람직하게, 상이한 여기 주파수들(101)을 이용하여 실질상 더욱 많은 개별 시간 기간들로 세분화된다. 다시 말해, 감소된 주파수(120) 및 증가된 주파수(130)는 실질상 더욱 빈번하게 번갈아 나온다.

[0035] 제3 시간(330)과 제4 시간(340) 사이의 제6 시간 기간(331) 동안 공명 주파수(110)를 이용하여 다시 한 번 공명기가 여기된다. 그 결과, 공명기 오실레이션은 다시 한 번, 제3 시간(330)과 제4 시간(340) 사이에서 최대 진폭(140)을 가정한다. 그러므로, 공명기에 펴당되는 전력은 다시 한 번, 제3 시간(330)과 제4 시간(340) 사이에서 최대치에 있다.

[0036] 제4 시간(340)과 제5 시간(350) 사이에 공명기에 펴당되는 전력은, 제2 시간(320)과 제3 시간(330) 사이에서보다 훨씬 더 많이 감소될 것이다. 이것은, 제2 감소된 주파수(121) 및 제2 증가된 주파수(131)를 이용하여 제4 시간(340)과 제5 시간(350) 사이에서 번갈아 여기되는 공명기 때문에 달성된다. 여기서, 제2 감소된 주파수(121)는 공명 주파수(110)와 제3 주파수 차이(126)만큼 상이하다. 제2 증가된 주파수(131)는 공명기의 공명 주파수(110)와 제4 주파수 차이(136)만큼 상이하다.

[0037] 제3 주파수 차이(126) 및 제4 주파수 차이(136)는 상이한 부호를 및 대략 대응하는 크기들을 갖는다. 그러나, 제3 주파수 차이(126)의 크기는 제1 주파수 차이(125)의 크기보다 더 크다. 제4 주파수 차이(136)의 크기는 제2 주파수 차이(135)의 크기보다 더 크다. 도 1로부터, 감소된 주파수(120) 및 증가된 주파수(130)를 이용한 공명기의 여기와 비교할 때 제2 증가된 주파수(131) 및 제2 감소된 주파수(121)를 이용한 여기의 경우, 주파수 차이들(125, 135)과 비교할 때 증가되는 주파수 차이들(126, 136)이 공명기에 펴당되는 전력을 부가하여 감소시킴이 명백하다.

[0038] 도 3 및 도 4의 개략적인 예시에서, 제4 시간(340)과 제5 시간(350) 사이의 시간 간격은 제7 시간 기간(341), 제8 시간 기간(342), 제9 시간 기간(343) 및 제10 시간 기간(344)으로 세분화된다. 그러나, 제4 시간(340)과 제5 시간(350) 사이의 시간 간격은 또한, 실질상 더 많은 개수의 개별 시간 기간들로 세분화될 수 있다. 공명기는 제7 시간 기간(341) 및 제9 시간 기간(343) 동안 제2 증가된 주파수(131)를 이용하여 여기된다. 공명기는 제8 시간 기간(342) 및 제10 시간 기간(344) 동안 제2 감소된 주파수(121)를 이용하여 여기된다. 후속하여, 제2 감소된 진폭(151)을 이용한 오실레이션이 제4 시간(340)과 제5 시간(350) 사이에서 시작한다. 제2 감소된 진폭(151)은 최대 진폭(140)보다 더 낮고, 또한 감소된 진폭(150)보다 더 낮다. 따라서, 제4 시간(340)과 제5 시

간(350) 사이에 공명기에 피딩되는 전력은 제1 시간(310)과 제4 시간(340) 사이의 임의의 다른 시간 동안보다 더 낮다.

[0039] 대략 동일한 크기들을 갖는 제3 주파수 차이(126) 및 제4 주파수 차이(136)의 결과로서 –즉, 제2 감소된 주파수(121) 및 제2 증가된 주파수(131)는 공명 주파수(110) 주위에 대략 대칭적으로 배열됨–, 여기와, 제2 감소된 주파수(121) 및 제2 증가된 주파수(131)를 이용한 공명기의 여기의 결과로서 시작하는 공명기 오실레이션 사이의 위상 변화들은, 제4 시간(340)과 제5 시간(350) 사이의 시간에 걸쳐 평균화될 때 서로를 보상한다.

[0040] 그러므로, 도 1 내지 도 4에 기초하여 설명된 방법은 공명기의 전력을 제어하는 것을 가능하게 한다. 프로세스에서, 여기 진폭 –상기 여기 진폭을 이용하여, 공명기가 여기됨– 은 이러한 방법 동안 가변될 필요가 없다. 그보다는, 주파수 –상기 주파수를 이용하여, 공명기가 여기됨– 가 가변된다. 공명기가 자신의 공명 주파수를 이용하여 여기된다면, 공명기에 피딩되는 전력은 최대치에 있다. 공명기가 공명 주파수와 상이한 주파수를 이용하여 여기된다면, 공명기에 피딩되는 전력은 감소하지만, 이때 여기와 공명기 오실레이션 사이에 위상 시프트의 변화가 또한 존재한다. 그러나, 공명기가, 공명 주파수를 중심으로 대략 대칭적으로 놓이는 두 개의 상이한 주파수들을 이용하여 신속하게 교번적인 방식으로 여기된다면, 결과 위상 시프트들은 평균화된다. 공명기에 피딩되는 전력은, 공명기의 공명 주파수로부터 두 개의 여기 주파수들의 거리가 증가함에 따라 감소한다. 방법의 기능은, 공명기의 증가된 품질과 함께 개선된다. 지터를 여기 주파수에 적용함으로써, 여기 주파수는 가변될 수 있다.

[0041] 도 5는 설명된 방법을 수행하기에 적절한 예시적 공명기 어레인지먼트(500)의 개략적인 예시를 도시한다. 예로서, 공명기 어레인지먼트(500)는, 전기 하전 입자들을 가속하기 위한 입자 가속기에 있는 공명기 어레인지먼트일 수 있다.

[0042] 공명기 어레인지먼트(500)는 공명기(510)를 포함한다. 묘사된 예에서, 공명기(510)는 RF 캐비티로서 구현된다. 묘사된 예에서, 공명기(510)는 원통 형태를 갖는 소위 필박스(pillbox) 공명기이다. 원통 공명기(510)의 측면 표면은 금속성 공명기 벽(520)에 의해 형성된다.

[0043] 전자기 오실레이션이 공명기(510)에서 여기될 수 있다. 이를 위해, 공명기 벽(520)은 원주 슬릿(slit)(530)을 포함하고, 상기 원주 슬릿(530)에 전기 절연 재료가 배열된다. 여기 디바이스(540)가 슬릿(530) 위에 배열되고, 상기 여기 디바이스는 바람직하게 고체-상태 스위치를 포함한다. 여기 디바이스(540)에 의하여, 슬릿(530)에 의해 서로로부터 경계가 정해진 공명기 벽(520)의 두 개의 섹션(section)들 사이에 무선주파수 전기 전류를 유도하는 것이 가능하고, 그 결과, 공명기 오실레이션이 공명기(510)에서 여기된다.

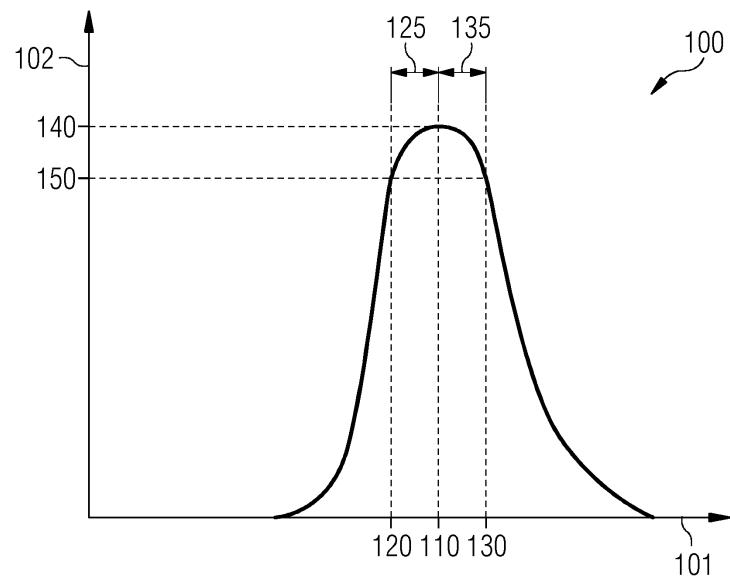
[0044] 여기 디바이스(540)는, 위에서 설명된 방법에 따라 공명기(510)를 여기시키도록 구현된다. 그러므로, 공명기(510)에 피딩되는 전력을 제어하기 위하여, 여기 디바이스(540)는 슬릿(530) 양단에서 공명기 벽(520)에 인가된 전압의 주파수를 가변시킨다. 여기서, 여기 디바이스(540)의 출력 진폭은 일정한 채로 유지된다. 이것의 장점은, 여기 디바이스(540)가 변경가능할 필요가 없는 고정된 증폭기 체인(chain)을 이용하여 구현될 수 있다는 점이다. 이것의 결과로서, 유리하게 여기 디바이스(540)의 단순한 설계가 생긴다.

[0045] 또한, 이것은 유리하게, 높은 효과성을 갖는 여기 디바이스(540)를 구현하는 것을 가능하게 한다.

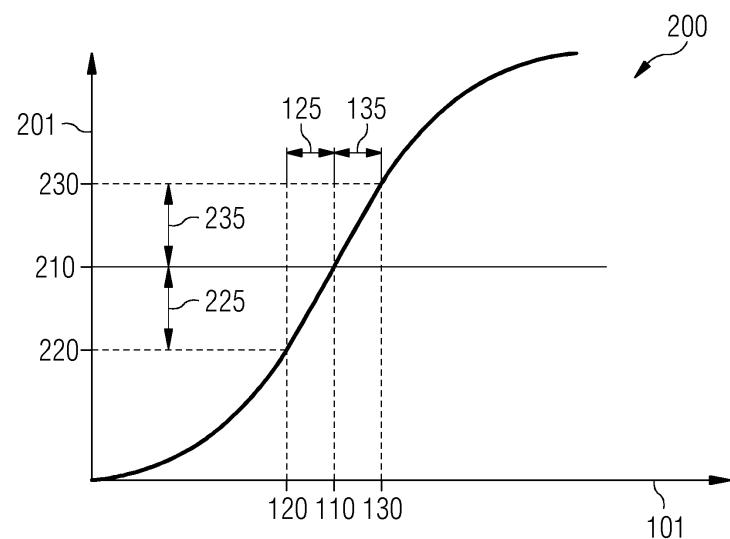
[0046] 비록 본 발명이 바람직한 예시적 실시예에 의해 상세히 예시되었고 더욱 가까이 설명되었더라도, 본 발명은 개시된 예들에 의해 제한되지 않는다. 기술분야의 당업자는, 본 발명의 보호 범위로부터 벗어남 없이, 이로부터 다른 변형들을 도출할 수 있다.

도면

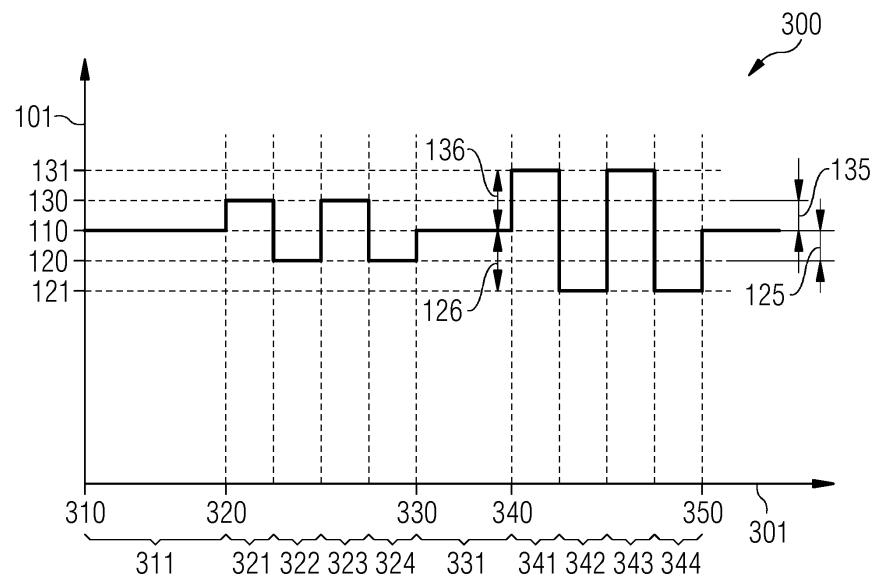
도면1



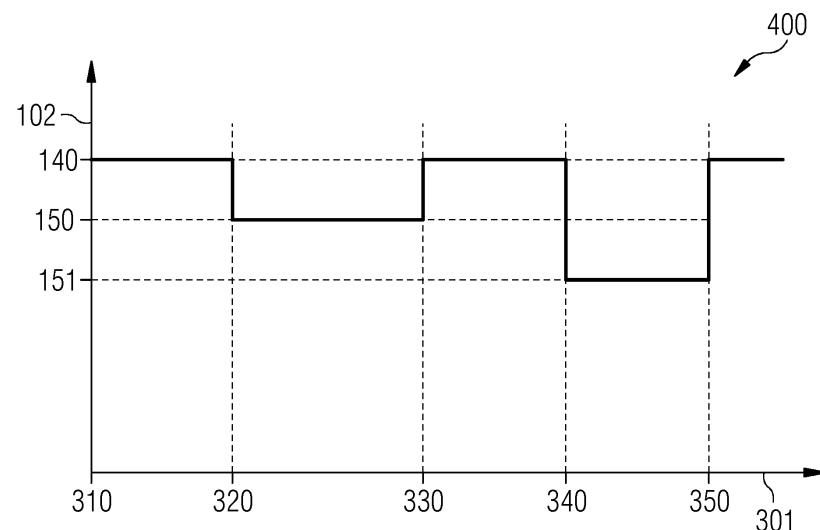
도면2



도면3



도면4



도면5

