



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2008년06월19일  
 (11) 등록번호 10-0839486  
 (24) 등록일자 2008년06월12일

(51) Int. Cl.

H03B 5/32 (2006.01)

- (21) 출원번호 10-2005-0018704
- (22) 출원일자 2005년03월07일  
심사청구일자 2005년03월09일
- (65) 공개번호 10-2006-0098773
- (43) 공개일자 2006년09월19일
- (56) 선행기술조사문헌  
공개특허 제2005-0017193호\*  
미국특허 제6,747,522호\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
삼성전자주식회사  
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
- (72) 발명자  
이근석  
서울 노원구 중계동 504-1 중계그린APT 124동 1107호
- (74) 대리인  
박영우

전체 청구항 수 : 총 32 항

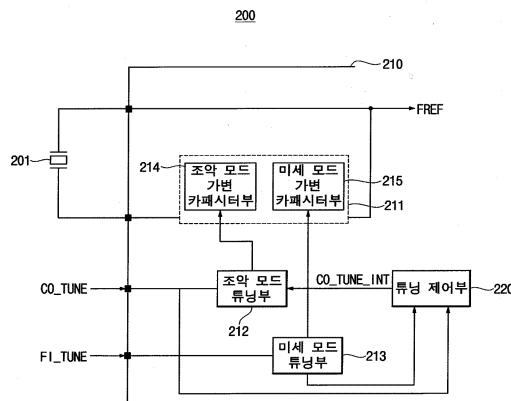
심사관 : 조성찬

**(54) 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기 및 그 동작방법**

**(57) 요약**

소정의 공진 주파수로 공진하는 크리스탈 진동자, 크리스탈 진동자와 연결되어 공진 주파수에 기초하여 발진 주파수를 생성하고 발진주파수를 기준 주파수로 출력하는 발진 회로, 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 보상하기 위해, 외부로부터 입력된 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여, 발진 회로를 제어하여 발진 주파수를 조약 모드 튜닝하는 조약 모드 튜닝부, 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 보상하기 위해, 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 발진 회로를 제어하여 발진 주파수를 미세 모드 튜닝하는 미세 모드 튜닝부, 및 미세 모드 튜닝부에 대한 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 현재 조약 모드 튜닝 신호를 자체적으로 조절하여 조약 모드 튜닝부로 출력하는 튜닝 제어부를 구비하여 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기를 구성한다. 따라서, 미세 모드 튜닝시에 조약 모드 튜닝 레인지를 이용할 수 있으므로 좁은 미세 모드 튜닝 레인지가 가능한 효과가 있다.

**대표도**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

고유의 공진 주파수로 공진하는 크리스탈 진동자;

조약 모드 가변 커패시터부와 미세 모드 가변 커패시터부를 포함하고, 상기 크리스탈 진동자와 연결되어 상기 공진 주파수에 기초하여 발진 주파수를 생성하고 상기 발진주파수를 기준 주파수로 출력하는 발진 회로;

외부로부터 입력되고 공정단계에서의 캘리브레이션을 통하여 결정된 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로의 조약 모드 가변 커패시터부의 커패시턴스를 제어하여 상기 발진 주파수를 조약 모드 튜닝하는 조약 모드 튜닝부;

외부로부터 입력되고 상기 발진 주파수의 오차를 나타내는 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로의 미세 모드 가변 커패시터부의 커패시턴스를 제어하여 상기 발진 주파수를 미세 모드 튜닝하는 미세 모드 튜닝부; 및

상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝부의 튜닝 레인지의 상한 또는 하한에 이르거나 상한 또는 하한에 근접한 경우 상기 조약 모드 튜닝부의 튜닝 레인지를 조정하기 위한 내부 조약 모드 튜닝 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하는 튜닝 제어부를 구비한 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 튜닝 제어부는

상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝부의 튜닝 레인지의 하한에 이르거나, 하한에 근접하면 상기 조약 모드 튜닝부의 튜닝 레인지를 하향 조정하기 위한 상기 내부 조약 모드 튜닝 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하고,

상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝부의 튜닝 레인지의 상한에 이르거나, 상한에 근접하면 상기 조약 모드 튜닝부의 튜닝 레인지를 상향 조정하기 위한 상기 내부 조약 모드 튜닝 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서,

상기 튜닝 제어부는,

상기 미세 모드 튜닝 신호를 입력받아, 상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝부의 튜닝 레인지의 상한 또는 하한에 이르거나, 근접하였는지를 판단하는 신호 비교부; 및

상기 신호 비교부의 판단에 기초하여 상기 조약 모드 튜닝부의 튜닝 레인지를 조정하기 위한 상기 내부 조약 모드 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하는 조약 모드 튜닝부 제어부를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 4**

제 3 항에 있어서,

상기 튜닝 제어부는,

상기 신호 비교부의 판단에 기초한 상기 내부 조약 모드 튜닝 신호의 출력을 상기 신호 비교부의 판단 시점으로부터 상기 미세 모드 튜닝 신호가 고정되는데 필요한 시간만큼 지연시키는 시간 지연 제어부를 더 포함

한 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 발진 회로는 LC 공진을 이용하는 LC 발진 회로인 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 LC 발진 회로는,

상기 조약 모드 튜닝부의 제어를 받아서 상기 LC 발진 회로의 상기 발진 주파수를 조절하기 위한 상기 조약 모드 가변 커패시터부를 구비한 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,

상기 조약 모드 가변 커패시터부는 복수개의 직병렬 연결된 커패시터들과 스위칭 소자들을 포함한 커패시터 뱅크로 구성되는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,

상기 조약 모드 튜닝 신호는 디지털 제어 코드로 구성되고, 상기 조약 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 커패시터 뱅크의 총합 커패시터를 변경하는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 9**

제 6 항에 있어서,

상기 조약 모드 가변 커패시터부는 적어도 하나의 바랙터 다이오드로 구성되는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 10**

제 5 항에 있어서,

상기 조약 모드 튜닝 신호는 아날로그 제어 신호로 구성되고, 상기 조약 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 바랙터 다이오드의 커패시턴스를 변경하는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 11**

제 5 항에 있어서,

상기 LC 발진 회로는,

상기 미세 모드 튜닝부의 제어를 받아서 상기 LC 발진 회로의 상기 발진 주파수를 조절하기 위한 상기 미세 모드 가변 커패시터부를 구비한 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,

상기 미세 모드 가변 커패시터부는 복수개의 직병렬 연결된 커패시터들과 스위칭 소자들을 포함한 커패시터 뱅크로 구성되는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 미세 모드 튜닝 신호는 디지털 제어 코드로 구성되고, 상기 미세 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 커패시터 बैं크의 총합 커패시터를 변경하는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 14**

제 11 항에 있어서,

상기 미세 모드 가변 커패시터부는 적어도 하나의 바랙터 다이오드로 구성되는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서,

상기 미세 모드 튜닝 신호는 아날로그 제어 신호로 구성되고, 상기 미세 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 바랙터 다이오드의 커패시턴스를 변경하는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기.

**청구항 16**

목표하는 기준 주파수를 출력하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기; 및

상기 기준 주파수를 입력받아 목표하는 채널 주파수를 생성하기 위한 위상 고정 루프를 포함하고,

상기 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기는

고유의 공진 주파수로 공진하는 크리스탈 진동자;

조약 모드 가변 커패시터부와 미세 모드 가변 커패시터부를 포함하고, 상기 크리스탈 진동자와 연결되어 상기 공진 주파수에 기초하여 발진 주파수를 생성하고 상기 발진주파수를 상기 기준 주파수로 출력하는 발진 회로;

외부로부터 입력되고 공정단계에서의 캘리브레이션을 통하여 결정된 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로의 조약 모드 가변 커패시터부의 커패시턴스를 제어하여 상기 발진 주파수를 조약 모드 튜닝하는 조약 모드 튜닝부;

외부로부터 입력되고 상기 발진 주파수의 오차를 나타내는 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로의 미세 모드 가변 커패시터부의 커패시턴스를 제어하여 상기 발진 주파수를 미세 모드 튜닝하는 미세 모드 튜닝부; 및

상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝부의 튜닝 레인지의 상한 또는 하한에 이르거나 상한 또는 하한에 근접한 경우 상기 조약 모드 튜닝부의 튜닝 레인지를 조정하기 위한 내부 조약 모드 튜닝 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하는 튜닝 제어부를 구비한 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 17**

제 16 항에 있어서,

상기 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 상기 튜닝 제어부는

상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝부의 튜닝 레인지의 하한에 이르거나, 하한에 근접하면 상기 조약 모드 튜닝부의 튜닝 레인지를 하향 조정하기 위한 상기 내부 조약 모드 튜닝 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하고,

상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝부의 튜닝 레인지의 상한에 이르거나, 상한에 근접하면 상기 조약 모드 튜닝부의 튜닝 레인지를 상향 조정하기 위한 상기 내부

조약 모드 튜닝 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하는 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 18**

제 17 항에 있어서,

상기 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 상기 튜닝 제어부는

상기 미세 모드 튜닝 신호를 입력받아, 상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝부의 튜닝 레인지의 상한 또는 하한에 이르거나, 근접하였는지를 판단하는 신호 비교부; 및

상기 신호 비교부의 판단에 기초하여 상기 조약 모드 튜닝부의 튜닝 레인지를 조정하기 위한 상기 내부 조약 모드 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하는 조약 모드 튜닝부 제어부를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 19**

제 18 항에 있어서,

상기 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 상기 튜닝 제어부는

상기 신호 비교부의 판단에 기초한 상기 내부 조약 모드 튜닝 신호의 출력을 상기 신호 비교부의 판단 시점으로부터 상기 미세 모드 튜닝 신호가 고정되는데 필요한 시간만큼 지연시키는 시간 지연 제어부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 20**

제 16 항에 있어서,

상기 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 상기 발진 회로는 LC 공진을 이용하는 LC 발진 회로인 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 21**

제 20 항에 있어서,

상기 LC 발진 회로는,

상기 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 조약 모드 튜닝부의 제어를 받아서 상기 LC 발진 회로의 상기 발진 주파수를 조절하기 위한 상기 조약 모드 가변 커패시터부를 구비한 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 22**

제 21 항에 있어서,

상기 조약 모드 가변 커패시터부는 복수개의 직병렬 연결된 커패시터들과 스위칭 소자들을 포함한 커패시터 뱅크로 구성되는 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 23**

제 22 항에 있어서,

상기 조약 모드 튜닝 신호는 디지털 제어 코드로 구성되고, 상기 조약 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 커패시터 뱅크의 총합 커패시터를 변경하는 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 24**

제 21 항에 있어서,

상기 조약 모드 가변 커패시터부는 적어도 하나의 바랙터 다이오드로 구성되는 것을 특징으로 하는 주

파수 합성기.

**청구항 25**

제 24 항에 있어서,

상기 조약 모드 튜닝 신호는 아날로그 제어 신호로 구성되고, 상기 조약 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 바랙터 다이오드의 커패시턴스를 변경하는 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 26**

제 20 항에 있어서,

상기 LC 발진 회로는,

상기 미세 모드 튜닝부의 제어를 받아서 상기 LC 발진 회로의 상기 발진 주파수를 조절하기 위한 상기 미세 모드 가변 커패시터부를 구비한 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 27**

제 26 항에 있어서,

상기 미세 모드 가변 커패시터부는 복수개의 직병렬 연결된 커패시터들과 스위칭 소자들을 포함한 커패시터 뱅크로 구성되는 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 28**

제 27 항에 있어서,

상기 미세 모드 튜닝 신호는 디지털 제어 코드로 구성되고, 상기 미세 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 커패시터 뱅크의 총합 커패시터를 변경하는 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 29**

제 26 항에 있어서,

상기 미세 모드 가변 커패시터부는 적어도 하나의 바랙터 다이오드로 구성되는 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 30**

제 29 항에 있어서,

상기 미세 모드 튜닝 신호는 아날로그 제어 신호로 구성되고, 상기 미세 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 바랙터 다이오드의 커패시턴스를 변경하는 것을 특징으로 하는 주파수 합성기.

**청구항 31**

크리스탈 진동자를 고유의 공진 주파수로 공진시키는 단계;

조약 모드 가변 커패시터부와 미세 모드 가변 커패시터부를 포함하는 발진 회로를 이용하여 상기 공진 주파수에 기초한 발진 주파수를 생성하고, 상기 발진주파수를 기준 주파수로 출력하는 단계;

외부로부터 입력되고 공정단계에서의 캘리브레이션을 통하여 결정된 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로의 조약 모드 가변 커패시터부의 커패시턴스를 제어하여 상기 발진 주파수를 조약 모드 튜닝하는 조약 모드 튜닝 단계;

외부로부터 입력되고 상기 발진 주파수의 오차를 나타내는 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로의 미세 모드 가변 커패시터부의 커패시턴스를 제어하여 상기 발진 주파수를 미세 모드 튜닝하는 미세 모드

튜닝 단계; 및

상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 미세 모드 튜닝 레인지의 상한 또는 하한에 이르거나 상한 또는 하한에 근접한 경우 내부 조약 모드 튜닝 신호를 출력하여 조약 모드 튜닝 레인지를 조정하는 튜닝 제어 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 동작 방법.

**청구항 32**

제 31 항에 있어서,

상기 튜닝 제어 단계는

상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝 레인지의 하한에 이르거나, 하한에 근접하면 상기 내부 조약 모드 튜닝 신호를 출력하여 상기 조약 모드 튜닝 레인지를 하향 조정하는 단계, 및

상기 미세 모드 튜닝 신호가 나타내는 상기 발진 주파수의 오차가 상기 미세 모드 튜닝 레인지의 상한에 이르거나, 상한에 근접하면 상기 내부 조약 모드 튜닝 신호를 출력하여 상기 조약 모드 튜닝 레인지를 상향 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 동작 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- <17> 본 발명은 기준 주파수 발진기에 대한 것으로 특히 듀얼 모드 튜닝 방식을 채택한 디지털 제어 크리스탈 발진기 및 디지털 제어 크리스탈 발진기의 듀얼 모드 튜닝 방법에 관한 것이다.
- <18> 무선 통신 시스템에서는 수신기(receiver) 및 송신기(transmitter)에서 필요로 하는 채널 주파수를 생성하기 위한 주파수 합성기(frequency synthesizer)가 필수적으로 사용된다. 이러한 주파수 합성기는 일반적으로 위상 고정 루프(PLL; Phase Locked Loop)를 포함하고, 소정의 기준 주파수를 이용하여 원하는 채널 주파수를 생성해낸다.
- <19> 안정적인 무선 연결을 위해서는 안정적인 채널 주파수를 합성하기 위한 높은 수준의 정확성을 가진 기준 주파수를 생성해낼 수 있는 기준 주파수 발진기가 필수적으로 요구된다. 기준 주파수 발진기들은 높은 Q 값을 가진 크리스탈 진동자를 포함하고 있으나, 크리스탈 진동자의 경우에도 온도 변화(temperature variation), 초기 크리스탈 오프셋(initial crystal offset), 에이징(aging) 등을 포함한 여러 요인에 의한 주파수 오차가 발생될 수 있다.
- <20> 최근에 널리 이용되고 있는 기준 주파수 발진기들로는 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 직간접적으로 보상하는 전압 제어 온도 보상 크리스탈 발진기(VC-TCXO; Voltage-controlled temperature compensated crystal oscillator ; 이하 VC-TCXO)가 있다.
- <21> 최근 널리 사용되고 있는 VC-TCXO는 크리스탈 진동자의 공진 주파수에 기초하여 발진하는 전압 제어 발진기를 포함하고, 아날로그적인 회로 구성으로 전압 제어 발진기를 제어함으로써, 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 간접적으로 보상하는 구성을 취하고 있다. 예컨대, 써미스터(thermistor)를 이용한 온도 보상 회로를 채용하여 LC 전압 제어 발진기의 바랙터 다이오드(varactor diode) 커패시턴스를 제어함으로써 크리스탈 진동자의 주파수 변이를 보상한다.
- <22> 그러나, VC-TCXO는 별개의 칩으로 구성되어야 한다는 점에서 비용적인 측면과 실장 면적의 측면에서 문제점을 가지고 있다.
- <23> 최근에는, 상기한 VC-TCXO에 대한 대안으로 디지털 제어 크리스탈 발진기(DCXO; Digitally Controlled Crystal Oscillator; 이하 DCXO)가 개발되고 제품에 이용되고 있는 추세에 있다.

- <24> DCXO는 아날로그 회로와 디지털 회로를 함께 사용하여 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 보상하고 목적하는 기준 주파수를 생성하는 기준 주파수 발진기로서, 종래의 VC-TCXO를 대체할 수 있다.
- <25> DCXO는 종래 VC-TCXO의 구성에서 크리스탈 진동자를 제외한 회로 부분을 송수신기(transceiver) 칩 속에 일체화하여 집적한 구성을 취한다. 따라서, 상기한 VC-TCXO에 대비하여, 비용적인 측면과 실장 면적의 측면에서 경박단소화 추세에 무선 이동 통신 단말기에 적합하다는 장점을 가지고 있다.
- <26> 한편, 최근의 DCXO는 튜닝 레인지(tuning range)를 확장시키고, 튜닝 속도를 향상시키기 위해서 대부분 듀얼 모드 튜닝(dual mode tuning) 방식을 채택하고 있다. 듀얼 모드 튜닝 방식은 조약 모드 튜닝(coarse mode tuning)과 미세 모드 튜닝(fine mode tuning)의 두 개의 단계로 구성되어 진다.
- <27> 첫째로, 조약 모드 튜닝은, 각각의 크리스탈 진동자가 가지는 윗셋 주파수와 공정변화에 따른 로드 커패시턴스(load capacitance)의 변화를 보정하기 위한 과정이다. 조약 모드 튜닝은 외부에서 디지털 인터페이스를 통하여 디지털 제어 코드로 구성된 조약 모드 신호를 선택함으로써 이루어진다. 한편, 디지털 제어 코드들은 공정 단계에서 캘리브레이션(calibration)을 통하여 결정되고, 소정의 테이블(table) 등의 형식으로 저장될 수 있다.
- <28> 둘째로, 미세 모드 튜닝은, 조약 모드 튜닝이 끝난 후 더 세밀하게 주파수를 튜닝하는 과정이다. 미세 모드 튜닝은 크리스탈 진동자의 에이징이나 온도 변화에 의한 주파수 오차를 보정하는 과정이므로 서브 ppm(parts per million) 단위의 정밀한 튜닝이 이루어진다. 일반적으로, 미세 모드 튜닝을 위해서 디지털 제어 크리스탈 발진기는 AFC(Automatic Frequency Control)신호를 외부, 예컨대 모뎀 칩으로부터 받는다.
- <29> 도1은 종래 기술에 의한 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 블록도이다.
- <30> 도1을 참조하면, 종래 기술에 의한 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기(100)는 칩(110) 외부에 존재하는 크리스탈 진동자(101), 칩(110) 내부에 존재하는 발진 회로(111), 조약 모드 튜닝부(112) 및 미세 모드 튜닝부(113)로 구성된다.
- <31> 발진 회로(111)로는 일반적으로 LC 공진(LC resonance)을 이용한 LC 발진 회로가 사용된다.
- <32> 조약 모드 튜닝부(112)는 상기 발진 회로(111)에 대한 조약 모드 튜닝 단계를 수행하기 위한 구성요소이다. 조약 모드 튜닝부(112)는 외부로부터 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)를 입력받고, 이에 응답하여 발진 회로(111)에 포함된 커패시터 뱅크를 제어하는 방식으로 발진기 탱크(tank)의 커패시턴스를 조절한다.
- <33> 미세 모드 튜닝부(113)는 상기 발진 회로(111)에 대한 미세 모드 튜닝 단계를 수행하기 위한 구성요소이다. 미세 모드 튜닝부(113) 역시 외부로부터 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)를 입력받고, 이에 응답하여 발진 회로(111)를 제어하여 기준 주파수(FREF)를 발진하도록 한다. 상기 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)는 일반적으로 모뎀 칩으로부터 수신된 AFC신호일 수 있다.
- <34> 앞서 언급된 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)와 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)는 디지털 또는 아날로그 제어 신호로 구성될 수 있다. 조약 모드 튜닝부(112)와 미세 모드 튜닝부(113)는 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)와 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 디지털 제어 코드로 구성된 경우에 디지털 제어 코드를 입력받아 발진 회로(111)에 포함된 커패시터 뱅크를 제어하는 방식으로 동작할 수 있다. 또는, 조약 모드 튜닝부(112)와 미세 모드 튜닝부(113)는 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)와 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 아날로그 제어 신호로 구성된 경우에, 예컨대 제어 전압을 입력받아 바랙터 다이오드(varactor diode)의 커패시턴스를 변경하는 방식으로 동작될 수 있다.
- <35> 따라서, 조약 모드 튜닝과 미세 모드 튜닝은 각각의 튜닝 레인지(tuning range)와 튜닝 해상도(resolution)를 가지게 된다. 이상적인 경우에 있어서, 미세 모드 튜닝 레인지는, 조약 모드 튜닝 레인지의 최소 단위 구간만을 커버하면 된다. 그러나, 실제 구현에 있어서는 조약 모드 튜닝 레인지의 최소 단위 구간의 약 20배 정도를 커버하도록 설계되는 것이 일반적이다.
- <36> 그 이유는 조약 모드 튜닝이 한 번 실시되고 나면 조약 모드 튜닝 신호는 변동이 없이 유지되므로, 미세 모드 튜닝은 주파수 튜닝 이외에 크리스탈 진동자의 에이징이나 온도 변화에 의한 주파수 변화도 보정하는 역할을 동시에 수행하여야 하기 때문이다. 또한 양산시에 조약 모드 튜닝을 위한 조약 모드 튜닝 신호는 캘리브레이션에 의해서 모든 샘플에 대해 일괄적으로 결정되므로 샘플별 크리스탈 진동자의 차이 및 PCB에 납땀될 때에 생기는 로드 커패시턴스의 변화까지도 미세 모드 튜닝을 통하여 보정되어야 한다. 따라서 미세 모드 튜닝 레



인지는 급격하게 늘어나게 된다.

<37> 이와 같이 넓은 미세 모드 튜닝 레인지는 아날로그 방식의 미세 모드 튜닝에서 필요한 바랙터 다이오드의 크기 또는 디지털 방식의 미세 모드 튜닝에서 필요한 커패시터 뱅크의 크기를 급격하게 증가시킨다. 이에 따라 로드 커패시턴스도 같이 증가되므로 설계상의 비용 및 공정의 어려움을 증가시키는 요인이 된다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

<38> 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해서 본 발명의 목적은 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 효과적으로 보정할 수 있고, 좁은 미세 모드 튜닝 레인지를 가지는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기를 제공하는데 있다.

<39> 본 발명의 다른 목적은 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 효과적으로 보정할 수 있고, 좁은 미세 모드 튜닝 레인지를 가지는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기를 이용한 주파수 합성기를 제공하는데 있다.

<40> 본 발명의 또 다른 목적은 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 효과적으로 보정할 수 있고, 좁은 미세 모드 튜닝 레인지를 가지는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 동작 방법을 제공하는데 있다.

**발명의 구성 및 작용**

<41> 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 소정의 공진 주파수로 공진하는 크리스탈 진동자, 상기 크리스탈 진동자와 연결되어 상기 공진 주파수에 기초하여 발진 주파수를 생성하고 상기 발진주파수를 기준 주파수로 출력하는 발진 회로, 상기 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 보상하기 위해, 외부로부터 입력된 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로를 제어하여 상기 발진 주파수를 조약 모드 튜닝하는 조약 모드 튜닝부, 상기 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 보상하기 위해, 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로를 제어하여 상기 발진 주파수를 미세 모드 튜닝하는 미세 모드 튜닝부, 및 상기 미세 모드 튜닝부에 대한 상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 현재 조약 모드 튜닝 신호를 자체적으로 조절하여 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하는 튜닝 제어부를 구비한 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기를 제공한다.

<42> 여기에서, 상기 튜닝 제어부는 상기 미세 모드 튜닝 신호가 상기 미세 모드 튜닝 신호가 가질 수 있는 범위의 하한에 이르거나, 하한에 근접하면 상기 현재 조약 모드 튜닝 신호를 하향 조정된 내부 조약 모드 튜닝 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하고, 상기 미세 모드 튜닝 신호가 상기 미세 모드 튜닝 신호가 가질 수 있는 범위의 상한에 이르거나, 상한에 근접하면 상기 현재 조약 모드 튜닝 신호를 상향 조정된 내부 조약 모드 튜닝 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하도록 구성될 수 있다.

<43> 여기에서, 상기 튜닝 제어부는, 상기 미세 모드 튜닝 신호를 입력받아, 상기 미세 모드 튜닝 신호가 가질 수 있는 범위의 상한 또는 하한에 이르거나, 근접하였는지를 판단하는 신호 비교부, 및 상기 신호 비교부의 판단에 기초하여 상기 현재 조약 모드 튜닝 신호를 조절된 상기 내부 조약 모드 신호를 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하는 조약 모드 튜닝부 제어부를 포함하여 구성될 수 있다.

<44> 또한 여기에서, 상기 튜닝 제어부는, 상기 신호 비교부의 판단에 기초한 상기 내부 조약 모드 튜닝 신호의 출력을 상기 신호 비교부의 판단 시점으로부터 소정 시간 지연시키는 시간 지연 제어부를 더 포함하여 구성될 수 있다.

<45> 여기에서, 상기 발진 회로로는 LC 공진을 이용하는 LC 발진 회로가 이용될 수 있다.

<46> 여기에서, 상기 LC 발진 회로는 상기 조약 모드 튜닝부의 제어를 받아서 상기 LC 발진 회로의 상기 발진 주파수를 조절하기 위한 조약 모드 가변 커패시터부를 구비하여 구성될 수 있다.

<47> 또한 여기에서, 상기 조약 모드 가변 커패시터부는 복수개의 직병렬 연결된 커패시터들과 스위칭 소자들을 포함한 커패시터 뱅크로 구성될 수 있다. 이때, 상기 조약 모드 튜닝 신호는 디지털 제어 코드로 구성되고, 상기 조약 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 커패시터 뱅크의 총합 커패시터를 변경하는 것으로 구성될 수 있다.

<48> 또한 여기에서, 상기 조약 모드 가변 커패시터부는 적어도 하나의 바랙터 다이오드로 구성될 수 있다. 이때, 상기 조약 모드 튜닝 신호는 아날로그 제어 신호로 구성되고, 상기 조약 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 바랙터 다이오드의 커패시턴스를 변경하는 것으로 구성될 수 있다.

다.

- <49>           여기에서, 상기 LC 발진 회로는, 상기 미세 모드 튜닝부의 제어를 받아서 상기 LC 발진 회로의 상기 발진 주파수를 조절하기 위한 미세 모드 가변 커패시터부를 구비하여 구성될 수 있다.
- <50>           또한 여기에서, 상기 미세 모드 가변 커패시터부는 복수개의 직병렬 연결된 커패시터들과 스위칭 소자들을 포함한 커패시터 뱅크로 구성될 수 있다. 이때, 상기 미세 모드 튜닝 신호는 디지털 제어 코드로 구성되고, 상기 미세 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 커패시터 뱅크의 총합 커패시터를 변경하는 것으로 구성될 수 있다.
- <51>           또한 여기에서, 상기 미세 모드 가변 커패시터부는 적어도 하나의 바랙터 다이오드로 구성될 수 있다. 이때, 상기 미세 모드 튜닝 신호는 아날로그 제어 신호로 구성되고, 상기 미세 모드 튜닝부는 외부로부터 입력된 상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여 상기 바랙터 다이오드의 커패시턴스를 변경하는 것으로 구성될 수 있다.
- <52>           상기 다른 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 목표하는 기준 주파수를 출력하는 기준 주파수 발진기, 및 상기 기준 주파수를 입력받아 목표하는 채널 주파수를 생성하기 위한 위상 고정 루프를 포함하고, 상기 기준 주파수 발진기는 소정의 공진 주파수로 공진하는 크리스탈 진동자, 상기 크리스탈 진동자와 연결되어 상기 공진 주파수에 기초하여 발진 주파수를 생성하고 상기 발진주파수를 기준 주파수로 출력하는 발진 회로, 상기 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 보상하기 위해, 외부로부터 입력된 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로를 제어하여 상기 발진 주파수를 조약 모드 튜닝하는 조약 모드 튜닝부, 상기 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 보상하기 위해, 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로를 제어하여 상기 발진 주파수를 미세 모드 튜닝하는 미세 모드 튜닝부, 및 상기 미세 모드 튜닝부에 대한 상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 조약 모드 튜닝 신호를 자체적으로 조절하여 상기 조약 모드 튜닝부로 출력하는 튜닝 제어부를 구비한 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기인 것을 특징으로 하는 주파수 합성기를 제공한다.
- <53>           상기 또 다른 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 크리스탈 진동자를 소정의 공진 주파수로 공진시키는 단계, 발진 회로에서, 상기 공진 주파수에 기초한 발진 주파수를 생성하고, 상기 발진주파수를 기준 주파수로 출력하는 단계, 상기 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 보상하기 위해, 외부로부터 입력된 조약 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로를 제어하여 상기 발진 주파수를 조약 모드 튜닝하는 조약 모드 튜닝 단계, 상기 크리스탈 진동자의 주파수 오차를 보상하기 위해, 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 발진 회로를 제어하여 상기 발진 주파수를 미세 모드 튜닝하는 미세 모드 튜닝 단계, 및 외부로부터 입력된 상기 미세 모드 튜닝 신호에 응답하여, 상기 조약 모드 튜닝 신호를 자체적으로 변경하는 튜닝 제어 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 동작 방법을 제공한다.
- <54>           여기에서, 상기 튜닝 제어 단계는 상기 미세 모드 튜닝 신호가 상기 미세 모드 튜닝 신호가 가질 수 있는 범위의 하한에 이르거나, 하한에 근접하면 상기 조약 모드 튜닝 신호를 하향 조정하고, 상기 미세 모드 튜닝 신호가 상기 미세 모드 튜닝 신호가 가질 수 있는 범위의 상한에 이르거나, 상한에 근접하면 상기 조약 모드 튜닝 신호를 상향 조정하도록 구성될 수 있다.
- <55>           이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 이 실시예는 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자들이 본 발명을 실시할 수 있게 충분히 상세하게 기술한다.
- <56>           도2는 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 실시예를 도시한 블록도이다.
- <57>           도2를 참조하면, 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기(200)는 칩 외부(210)에 존재하는 크리스탈 진동자(201), 칩 내부에 존재하는 발진 회로(211), 조약 모드 튜닝부(212), 미세 모드 튜닝부(213) 및 튜닝 제어부(220)로 구성된다.
- <58>           도2에서 예시하고 있는 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기(200)의 구성 요소들 중에서, 튜닝 제어부(220)를 제외한 구성 요소들은 도1을 통하여 이미 설명된 종래 기술에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기(100)의 상응하는 구성요소들과 동일한 구성을 가질 수 있다.
- <59>           예컨대, 크리스탈 진동자(201)는 널리 사용되는 AT 컷(cut) 크리스탈 진동자를 사용할 수 있다.
- <60>           발진 회로(211)로는 일반적으로 LC 공진을 이용한 LC 발진 회로가 사용될 수 있다. 특히, 우수한 발진 특성을 가진 피어스(Pierce) 발진 회로가 일반적으로 사용될 수 있다. 발진 회로(211)는 조약 모드 튜닝부(21

2)에 의해서 커패시턴스가 제어되는 조약 모드 가변 커패시터부(214)와 미세 모드 튜닝부(213)에 의해서 커패시턴스가 제어되는 미세 모드 가변 커패시터부(215)를 발진기 탱크에 포함하여 구성될 수 있다.

- <61>            조약 모드 튜닝부(212)는 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기(200)에 대한 조약 모드 튜닝 단계를 수행하기 위한 구성요소이다.
- <62>            조약 모드 튜닝부(212)는 외부로부터 디지털 제어 코드 또는 아날로그 제어 신호로 구성된 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)를 입력받고, 이에 응답하여 발진 회로(211)를 구성하는 조약 모드 가변 커패시터부(214)를 제어하는 동작을 수행한다.
- <63>            조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)가 디지털 제어 코드로 구성된 경우에, 조약 모드 튜닝은 외부에서 SPI(System Peripheral Interface) 혹은 I2C 등의 디지털 인터페이스를 통하여 디지털 제어 코드를 선택함으로써 이루어진다. 한편, 디지털 제어 코드들은 공정 단계에서 캘리브레이션(calibration)을 통하여 결정되고, 소정의 테이블(table) 등의 형식으로 저장될 수 있음은 이미 설명된 바와 같다.
- <64>            여기에서 조약 모드 가변 커패시터부(214)는 복수개의 직병렬 연결된 커패시터들과 스위칭 소자들을 포함한 커패시터 뱅크로 구성될 수 있다. 또한, 조약 모드 가변 커패시터부는 가변 커패시터 특성을 가지는 바랙터 다이오드를 이용하여 구성될 수 있다. 한편, 바랙터 다이오드 이외의 가변 커패시터 특성을 가지는 소자들이 바랙터 다이오드를 대체하여 사용될 수 있음은 당업자에게 있어 자명하다.
- <65>            조약 모드 가변 커패시터부(214)가 커패시터 뱅크로 구성된 경우에, 조약 모드 튜닝부(212)는 외부로부터 입력된 디지털 제어 코드인 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)에 응답하여, 커패시터 뱅크에 포함된 스위칭 소자들을 제어함으로써 커패시터 뱅크의 총합(total) 커패시턴스를 조절할 수 있다.
- <66>            커패시터 뱅크는 이진 가중(binary weighted) 방식 또는 동일한 커패시턴스를 가지는 단위 커패시터의 병렬 어레이(array)를 통하여 구성될 수 있다.
- <67>            조약 모드 가변 커패시터부(214)가 바랙터 다이오드 등의 가변 커패시터 소자를 이용하여 구성될 경우에, 조약 모드 튜닝부(212)는 아날로그 제어 전압과 같은 아날로그 제어 신호를 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)로 입력받아, 가변 커패시터 소자의 커패시턴스를 조절할 수 있다.
- <68>            미세 모드 튜닝부(213)는 상기 듀얼 모드 튜닝 방식의 디지털 제어 크리스탈 발진기(200)에 대한 미세 모드 튜닝 단계를 수행하기 위한 구성요소이다.
- <69>            미세 모드 튜닝부(213)는 조약 모드 튜닝부(212)와 마찬가지로, 외부로부터 디지털 제어 코드 또는 아날로그 제어 신호로 구성된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)를 입력받고, 이에 응답하여 발진 회로(211)를 구성하는 미세 모드 가변 커패시터부(215)를 제어하는 동작을 수행한다. 예컨대, 미세 모드 튜닝부(213)는 일반적으로 모뎀 칩으로부터 수신된 AFC 신호에 응답하여 발진 회로(211)를 제어한다.
- <70>            한편, 미세 모드 튜닝부(213)에 의해 제어되는 미세 모드 가변 커패시터부(215)는 상기 조약 모드 튜닝부(212)에 의해 제어되는 조약 모드 가변 커패시터부(214)와 마찬가지로, 커패시터 뱅크 또는 가변 커패시터 특성을 가지는 가변 커패시터 소자를 이용하여 구성될 수 있다. 미세 모드 가변 커패시터부(215)의 구성에 따라서, 미세 모드 튜닝부(213)에 외부로부터 입력되는 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)는 디지털 제어 코드 또는 아날로그 제어 신호가 될 수 있음은 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)와 동일하며 자세한 설명은 생략된다.
- <71>            여기에서, 조약 모드 튜닝부(212)와 미세 모드 튜닝부(213)는 각각의 튜닝 레인지와 튜닝 해상도를 가진다. 종래 기술에서 언급된 바와 같이, 조약 모드 튜닝부(212)의 튜닝 레인지는 미세 모드 튜닝부(213)의 튜닝 레인지에 비해서 큰 값을 가진다. 마찬가지로, 조약 모드 튜닝부(212)의 튜닝 해상도는 미세 모드 튜닝부(213)의 튜닝 해상도에 비해서 작은 값을 가진다.
- <72>            튜닝 제어부(220)는 본 발명에 따른 듀얼 모드 디지털 제어 크리스탈 발진기(200)에 추가된 구성요소로서, 미세 모드 튜닝부(213)의 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)에 응답하여 조약 모드 튜닝부(212)에 대한 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)를 조절하는 구성요소이다.
- <73>            튜닝 제어부(220)는 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)를 입력받아, 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 미세 모드 튜닝 신호가 가질 수 있는 범위의 상한 또는 하한 경계에 다다르게 되면, 자체적으로 현재의 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)를 조절한 내부 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE\_INT)를 조약 모드 튜닝부(212)로 출력하는 역할을 수행한다.

- <74> 즉, 본 발명의 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기(200)의 듀얼 모드 튜닝 과정은, 종래 기술의 듀얼 모드 튜닝을 채용한 디지털 제어 크리스탈 발진기(100)의 듀얼 모드 튜닝 과정과는 다르게, 미세 모드 튜닝 과정 중에 조약 모드 튜닝을 자체적으로 재실행할 수 있도록 구성됨으로써, 미세 모드 튜닝의 튜닝 레인지를 좁게 가져갈 수 있도록 한다.
- <75> 한편, 튜닝 제어부(220)는 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 디지털 제어 코드의 형태를 취하고 있는지, 아날로그 제어 신호의 형태를 취하고 있는지에 따라서 여러 다양한 형태로 변형되어 구성될 수 있다. 튜닝 제어부(220)의 상세한 구성예들과 그 동작은 이후에 상술된다.
- <76> 도3은 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기에 적용될 수 있는 튜닝 제어부의 한 실시예의 블록도이다.
- <77> 도3을 참조하면, 튜닝 제어부(220)는 외부로부터 미세 모드 튜닝을 위한 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)를 입력받는 신호 비교부(221) 및 조약 모드 튜닝부(213)로 내부 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE\_INT)를 출력하는 조약 모드 튜닝부 제어부(223)를 포함하여 구성될 수 있다.
- <78> 도3의 튜닝 제어부(220)는 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 전압 신호등의 아날로그 제어 신호로 구성된 경우를 예시한 것이다.
- <79> 신호 비교부(221)는 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE), 예컨대, 모뎀 칩으로부터 입력된 AFC 신호가 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 가질 수 있는 범위의 상한 또는 하한에 이르거나 근접하였는지, 즉, 미세 모드 튜닝의 튜닝 레인지를 벗어났는지를 판단한다. 신호 비교부(221)는 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)의 상한 또는 하한에 해당하는 두 개의 전압(VMAX, VMIN)을 입력받아 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE) 전압과 비교하는 비교 회로(comparator circuit; 222)를 포함하여 구성될 수 있다.
- <80> 조약 모드 튜닝부 제어부(223)는, 신호 비교부(221)가 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)의 상한(VMAX) 또는 하한(VMIN)에 도달한 것으로 판단한 경우에, 자체적으로 내부 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE\_INT)를 출력하여 조약 모드 튜닝부(212)를 제어하도록 구성될 수 있다.
- <81> 예를 들면, 신호 비교부(221)가 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)의 상한(VMAX)에 도달한 것으로 판단한 경우에, 조약 모드 튜닝부(212)에 대하여 기설정된 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)에 대해 한단계 상향 조절된 내부 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE\_INT)를 출력하도록 구성될 수 있다. 반대로, 신호 비교부(221)가 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)의 하한(VMIN)에 도달한 것으로 판단한 경우에, 조약 모드 튜닝부(212)에 대하여 기설정된 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)에 대해 한단계 하향 조절된 내부 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE\_INT)를 출력하도록 구성될 수 있다.
- <82> 또한, 본 발명의 튜닝 제어부(220)는 시간 지연 제어부(224)를 추가적으로 포함할 수도 있다. 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE), 예컨대 모뎀 칩으로부터 피드백되어 입력된 AFC 신호가 고정(settling)되는데 어느 정도의 지연 시간이 필요할 수 있기 때문이다.
- <83> 도4는 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기에 적용될 수 있는 튜닝 제어부의 다른 실시예의 블록도이다.
- <84> 도4를 참조하면, 튜닝 제어부(220)는 외부로부터 미세 모드 튜닝을 위한 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)를 입력받는 신호 비교부(231) 및 조약 모드 튜닝부(212)로 내부 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE\_INT)를 출력하는 조약 모드 튜닝부 제어부(233)를 포함하여 구성될 수 있다.
- <85> 도4에서 예시하고 있는 튜닝 제어부는 도3에서 예시하고 있는 튜닝 제어부와 본질적인 동작은 동일하며, 입력받는 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 디지털 제어 코드의 형태를 가진다는 점에서만 구성상의 차이가 있다.
- <86> 신호 비교부(231)는 외부로부터 입력된 디지털 제어 코드로 구성된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE), 예컨대, 모뎀 칩으로부터 입력된 AFC 신호가 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 가질 수 있는 범위의 상한 또는 하한에 이르거나 근접하였는지, 즉, 미세 모드 튜닝의 튜닝 레인지를 벗어났는지를 판단한다. 따라서, 도3의 신호 비교부(221)와는 달리 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 최대값(MAX) 또는 최소값(MIN)에 도달하였는지를 판단하

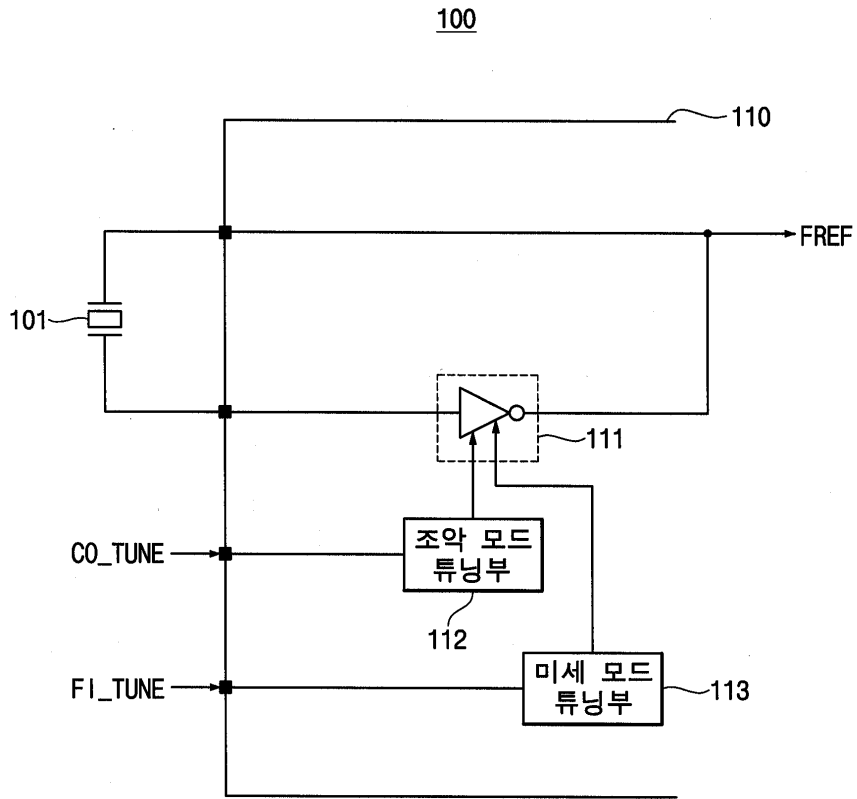
는 논리 회로부(232)를 포함하여 구성될 수 있다.

- <87>           조약 모드 튜닝부 제어부(233)는, 신호 비교부(231)가 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 가질 수 있는 범위의 상한 또는 하한에 도달한 것으로 판단한 경우에, 자체적으로 내부 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE\_INT)를 출력하여 조약 모드 튜닝부(212)를 제어하도록 구성될 수 있다.
- <88>           예를 들면, 신호 비교부(231)가 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)의 상한(MAX)에 도달한 것으로 판단한 경우에, 조약 모드 튜닝부(212)에 대하여 기설정된 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)에 대해 한단계 상향 조절된 내부 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE\_INT)를 출력하도록 구성될 수 있다. 반대로, 신호 비교부(231)가 외부로부터 입력된 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)가 미세 모드 튜닝 신호(FI\_TUNE)의 하한(VMIN)에 도달한 것으로 판단한 경우에, 조약 모드 튜닝부(212)에 대하여 기설정된 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE)에 대해 한단계 하향 조절된 내부 조약 모드 튜닝 신호(CO\_TUNE\_INT)를 출력하도록 구성될 수 있다.
- <89>           도3에서 예시한 튜닝 제어부와 마찬가지로, 도4에서 예시한 튜닝 제어부 역시 시간 지연 제어부(234)를 추가적으로 포함할 수도 있다.
- <90>           도5a와 도5b는 종래 기술에 의한 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 튜닝 레인지와 본 발명에 의한 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 튜닝 레인지를 비교하기 위한 도면들이다.
- <91>           도5a는 종래 기술에 의한 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 조약 모드 튜닝 레인지와 미세 모드 튜닝 레인지를 도시한 도면이다.
- <92>           도5a를 참조하면, 종래 기술에 의한 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 조약 모드 튜닝 레인지(CO\_RANGEa)는 예컨대 60ppm 구간을 가지며, 예컨대 1ppm 단위의 조약 모드 튜닝 해상도를 가짐을 알 수 있다.
- <93>           60ppm의 조약 모드 튜닝 레인지(CO\_RANGEa)를 1ppm 단위로 조약 모드 튜닝하는 디지털 제어 크리스탈 발진기에서, 크리스탈 진동자의 에이징이나 온도 변화에 의한 영향이 +10ppm인 경우에, 미세 모드 튜닝 레인지(FI\_RANGEa)는 도5a와 같이 적어도 22ppm 이상의 구간을 설정해야 한다.
- <94>           도5b는 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 조약 모드 튜닝 레인지와 미세 모드 튜닝 레인지를 도시한 도면이다.
- <95>           도5b를 참조하면, 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 조약 모드 튜닝 레인지(CO\_RANGEb)는 도5a에서 예시된 종래 기술의 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 조약 모드 튜닝 레인지(CO\_RANGEa)와 동일하게 가져갈 수 있다. 예컨대, 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 조약 모드 튜닝 레인지(CO\_RANGEb)는 60ppm의 구간을 가지며, 1ppm 단위 조약 모드 튜닝 해상도를 가짐을 알 수 있다.
- <96>           그러나, 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 미세 모드 튜닝 레인지(FI\_RANGEb)는 도5a에서 예시된 종래 기술의 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기의 미세 모드 튜닝 레인지(FI\_RANGEa)와는 달리, 훨씬 좁은 레인지를 가지도록 설계될 수 있다. 예컨대, 이상적인 경우에 본 발명에 따른 미세 모드 튜닝 레인지(FI\_RANGEb)는 조약 모드 튜닝 레인지(CO\_RANGEb)의 한 구간 만큼의 레인지를 가지도록 설계될 수 있다.
- <97>           도6은 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기를 이용한 주파수 합성기의 구성예를 도시한 블록도이다.
- <98>           도6을 참조하면, 주파수 합성기(400)는 본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기(200)와 위상 고정 루프(410)를 포함하여 구성될 수 있다.
- <99>           본 발명에 따른 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기(200)는 위상 고정 루프(410)에 안정적인 기준 주파수(FREF)를 공급한다.
- <100>          위상 고정 루프(410)는 일반적으로 위상 검출부(411), 차지 펌프(412), 루프 필터(413), 전압 제어 발진기(414) 및 주파수 분주기(415)를 포함하여 구성될 수 있다. 또한, 다양한 형태의 위상 고정 루프가 본 발명의 듀얼 모드 튜닝 디지털 제어 크리스탈 발진기(200)와 함께 주파수 합성기(400)를 구성할 수 있음은 당업자에게 있어 자

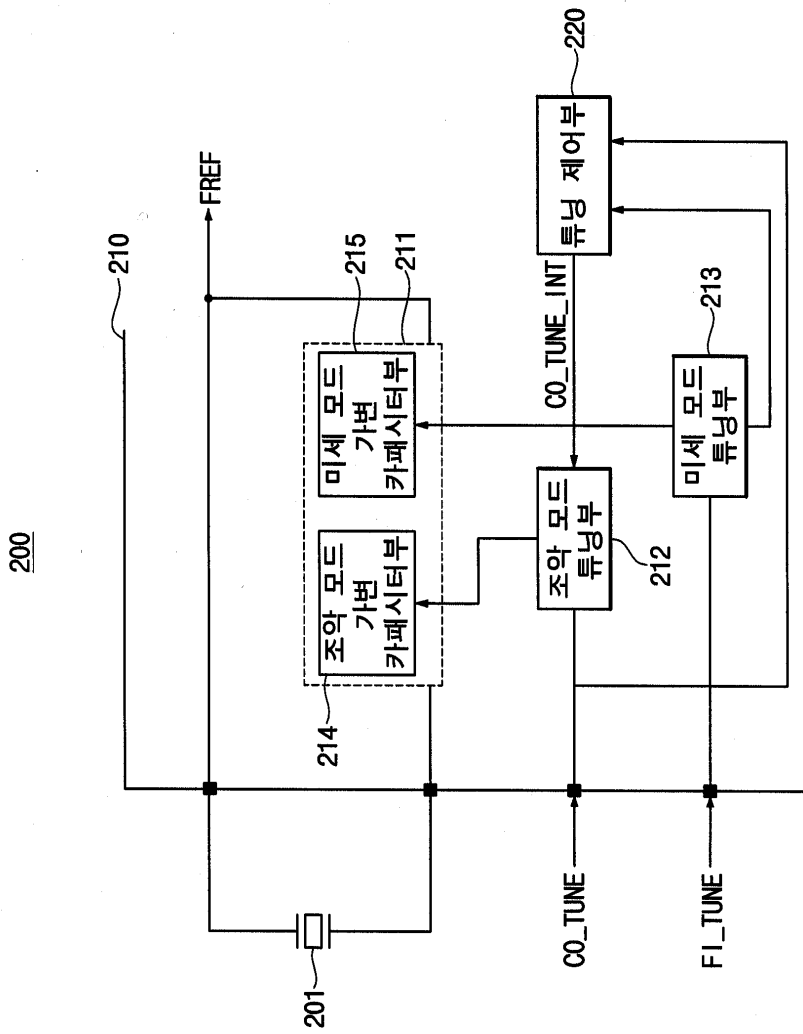


도면

도면1

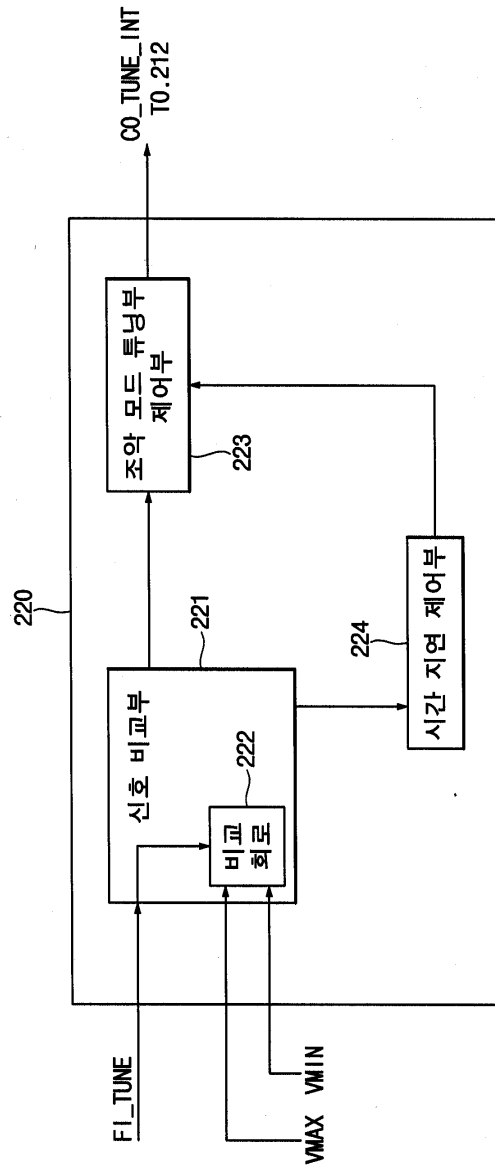


도면2

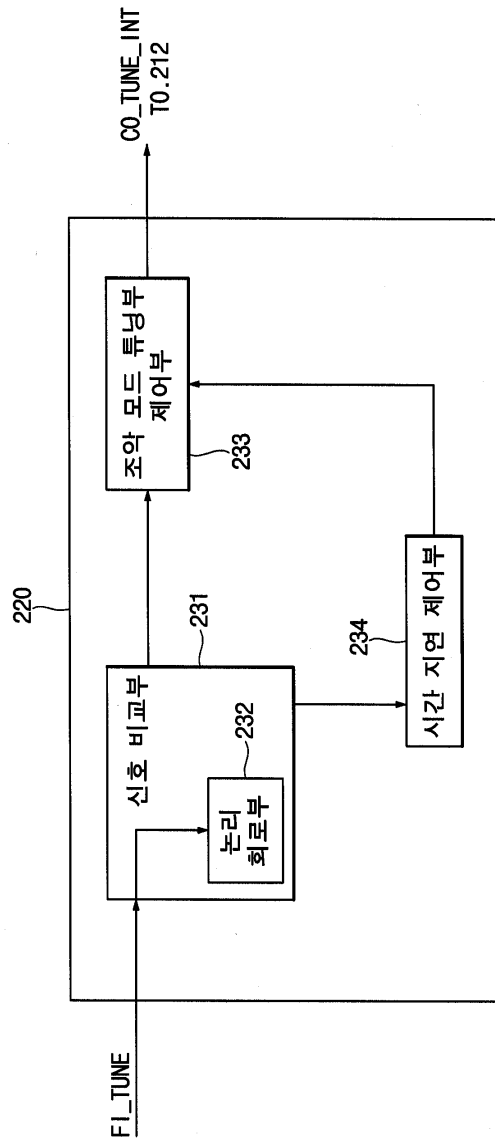




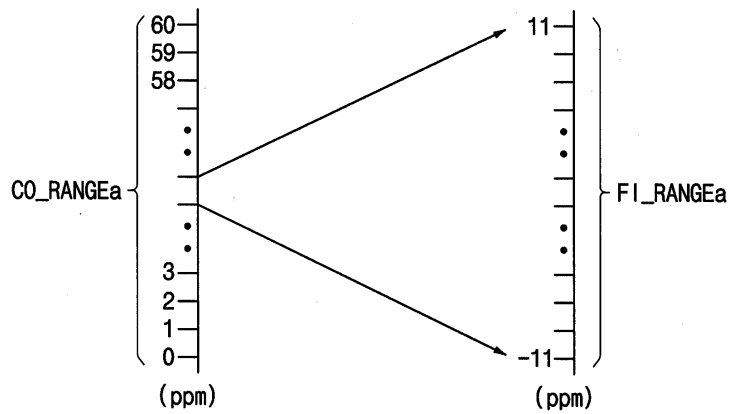
도면3



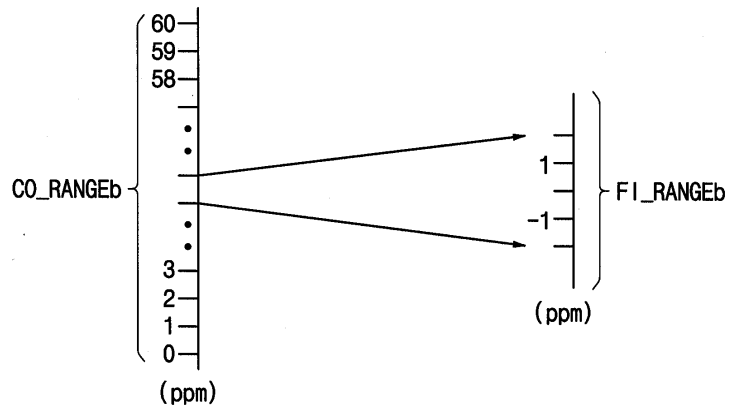
도면4



도면5a



도면5b



도면6

