(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0080298
(43) 공개일자 2025년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03B 5/12 (2014.01) *H03B 5/24* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H03B 5/1296 (2013.01)
H03B 5/1265 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0167872
(22) 출원일자 2023년11월28일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
전상근
서울특별시 강남구 선릉로 222, 111동 1102호(대치동, 대치아이파크아파트)
김현준
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 54, 220동 1303호(서현동, 시범단지우성아파트)
(74) 대리인
송인호, 윤형근, 최관락

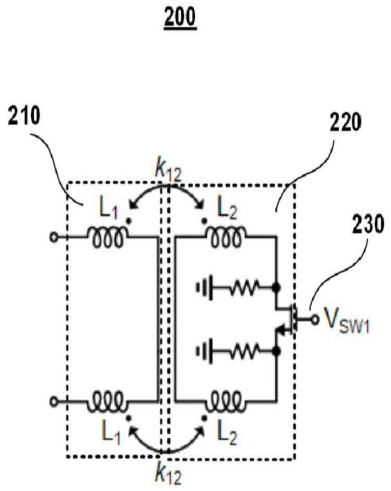
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기**

(57) 요 약

스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기가 개시된다. 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기는, 트랜스포머의 1차측을 형성하는 제1 인덕터와 상기 제1 인덕터 양단에 연결되는 LC 탱크 회로부를 포함하는 제1 공진부; 상기 트랜스포머의 2차측을 형성하는 제2 인덕터와 상기 제2 인덕터의 양단에 연결되는 제1 스위치를 포함하는 제2 공진부; 및 상기 LC 탱크 회로부의 양단에 제1 트랜지스터와 제2 트랜지스터가 차동 구조로 연결되어 발진 신호를 출력하는 발진 회로부를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H03B 5/24 (2013.01)
H03B 2201/0208 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711193716
과제번호	2021-0-00260-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발
연구과제명	저궤도 군집 소형 위성 간 통신 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

트랜스포머의 1차측을 형성하는 제1 인덕터와 상기 제1 인덕터 양단에 연결되는 LC 탱크 회로부를 포함하는 제1 공진부;

상기 트랜스포머의 2차측을 형성하는 제2 인덕터와 상기 제2 인덕터의 양단에 연결되는 제1 스위치를 포함하는 제2 공진부; 및

상기 LC 탱크 회로부의 양단에 제1 트랜지스터와 제2 트랜지스터가 차동 구조로 연결되어 발진 신호를 출력하는 발진 회로부를 포함하는 광대역 전압 제어 발진기.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 스위치는 트랜지스터이되, 상기 트랜지스터의 드레인과 소스단에 각각 저항의 일단이 연결되고, 상기 저항의 타단이 접지와 연결되는 것을 특징으로 하는 광대역 전압 제어 발진기.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 제2 공진부는,

상기 제2 인덕터와 직렬로 연결되는 복수의 제N(N은 3 이상 자연수) 인덕터를 더 포함하며, 상기 복수의 제3 인덕터의 양단에는 각각 제(N-1) 스위치가 연결되며,

상기 제2 인덕터 내지 상기 제N 인덕터는 상기 제1 인덕터에 대해 K12, K1N 커플링 계수를 가지며 서로 인접하게 배치되고,

상기 제1 스위치와 상기 제(N-1) 스위치는 상기 제2 인덕터와 상기 제N 인덕터에 의해 병렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 광대역 전압 제어 발진기.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 LC 탱크 회로부는,

상기 제1 인덕터 양단에 연결된 버랙터와 상기 버랙터와 병렬로 연결된 커패시터 뱅크를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 전압 제어 발진기.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 제1 스위치의 동작에 따라 상기 제1 인덕터 코일과 상기 제2 인덕터 코일의 전류가 서로 반대 방향으로 흐르는 것을 특징으로 하는 광대역 전압 제어 발진기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 현대 무선 통신에서는 높은 데이터 전송률과 넓은 대역폭이 필수적인 요소로 여겨지며, 이를 충족시키기 위해 3GPP 5G NR(New radio) 무선 통신용 주파수로 24, 28, 37, 39 GHz와 같은 다수의 밀리미터파(Mm-wave) 대역이 할당되어 있다. 따라서, 여러 밀리미터파 대역을 완벽하게 커버할 수 있는 넓은 대역폭을 가진 주파수 신호원에 대한 수요가 높아지고 있다.

[0004] 전압 제어 발진기(Voltage controlled oscillator)는 밀리미터파 무선 송수신기의 국부 발진기를 구성하는 기본 회로로, 저주파 신호를 입력받아 고주파 신호를 생성하는 주파수 체배기보다 칩 면적이 작으며 상대적으로 낮은 DC 전력 소모를 가지고 있다. 그러나 고주파에서는 버랙터 소자의 적은 커패시턴스 변화량과 LC 탱크 및 트랜지스터의 기생 커패시턴스로 인해 넓은 대역폭을 가지는 전압 제어 발진기를 구현하기가 어렵다.

[0005] 저주파에서는 일반적으로 여러 개의 스위치 커패시터를 병렬로 연결한 커패시터 뱅크를 이용하여 광대역 발진기를 구현하고 있다. 그러나 고주파에서는 스위치의 기생 성분이 커지기 때문에 튜닝 범위가 제한될 수 있다. 따라서, 밀리미터파 전압 제어 발진기의 튜닝 범위를 극대화하기 위해서는 LC 탱크의 커패시턴스 튜닝 뿐만 아니라 인덕턴스 튜닝이 동시에 이루어져야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기를 제공하기 위한 것이다.

[0008] 또한, 본 발명은 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 사용하여 스위치 인덕터 LC 탱크보다 더 넓은 주파수 튜닝 범위를 작은 칩 면적으로 구현할 수 있는 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기를 제공하기 위한 것이다.

[0009] 또한, 본 발명은 2차 인덕터에 스위치가 연결됨에 따라 LC 탱크로부터 스위치 트랜지스터의 기생 성분에 의한 영향을 덜 받을 수 있는 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기를 제공하기 위한 것이다.

[0010] 또한, 본 발명은 다중 스위치 트랜스포머를 사용하여 인덕턴스 변화량을 극대화하여 광대역한 튜닝 범위를 얻을 수 있는 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 측면에 따르면, 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기가 개시된다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 트랜스포머의 1차측을 형성하는 제1 인덕터와 상기 제1 인덕터 양단에 연결되는 LC 탱크 회로부를 포함하는 제1 공진부; 상기 트랜스포머의 2차측을 형성하는 제2 인덕터와 상기 제2 인덕터의 양단에 연결되는 제1 스위치를 포함하는 제2 공진부; 및 상기 LC 탱크 회로부의 양단에 제1 트랜지스터와 제2 트랜지스터가 차동 구조로 연결되어 발진 신호를 출력하는 발진 회로부를 포함하는 광대역 전압 제어 발진기가 제공될 수 있다.

[0014] 상기 스위치는 트랜지스터이되, 상기 트랜지스터의 드레인과 소스단에 각각 저항의 일단이 연결되고, 상기 저항의 타단이 접지와 연결될 수 있다.

[0015] 상기 제2 공진부는, 상기 제2 인덕터와 직렬로 연결되는 복수의 제N(N은 3 이상 자연수) 인덕터를 더 포함하며,

상기 복수의 제3 인덕터의 양단에는 각각 제(N-1) 스위치가 연결되며, 상기 제2 인덕터 내지 상기 제N 인덕터는 상기 제1 인덕터에 대해 K12, K1N 커플링 계수를 가지며 서로 인접하게 배치되고, 상기 제1 스위치와 상기 제(N-1) 스위치는 상기 제2 인덕터와 상기 제N 인덕터에 의해 병렬로 연결될 수 있다.

[0016] 상기 LC 탱크 회로부는, 상기 제1 인덕터 양단에 연결된 버랙터와 상기 버랙터와 병렬로 연결된 커패시터 뱅크를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 제1 스위치의 동작에 따라 상기 제1 인덕터 코일과 상기 제2 인덕터 코일의 전류가 서로 반대 방향으로 흐를 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크를 이용한 광대역 전압 제어 발진기를 제공함으로써, 스위치 인덕터 LC 탱크보다 더 넓은 주파수 튜닝 범위를 작은 칩 면적으로 구현할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명은 2차 인덕터에 스위치가 연결됨에 따라 LC 탱크로부터 스위치 트랜지스터의 기생 성분에 의한 영향을 덜 받을 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명은 다중 스위치 트랜스포머를 사용하여 인덕턴스 변화량을 극대화하여 광대역한 튜닝 범위를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 종래의 인덕터 기반 LC 탱크 회로도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부를 도시한 도면.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 스위치 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부에 연결된 LC 탱크 회로부를 도시한 도면.

본 발명의 일 실시예에 따른 다중 스위치 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부를 도시한 도면.

도 5에는 도 4의 다중 스위치 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부를 이용한 LC 탱크 회로부를 도시한 도면.

도 6은 도 3에 기반한 광대역 전압 제어 발진기의 회로도.

도 7에는 도 5에 기반한 광대역 전압 제어 발진기의 회로도.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 삼증 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크 회로부를 이용한 광대역 전압 제어 발진기의 회로를 도시한 도면.

도 9는 도 8의 광대역 전압 제어 발진기의 칩 사진을 도시한 도면.

도 10은 도 9의 광대역 전압 제어 발진기의 측정된 각 모드의 주파수 튜닝 및 주파수 범위를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0025] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.

[0027] 도 1은 종래의 스위치 인덕터 기반 LC 탱크의 회로도이다.

[0028] 도 1에 도시된 바와 같이, 종래의 스위치 기반 LC 탱크는 여러 개의 인덕터 코일을 캐스캐이드(cascade)하고, 인접한 구간 사이에 스위치를 배치하여 스위치 동작에 따라 인덕턴스를 조절하는 방식이 주로 사용되었다.

[0029] 종래 기술은 인덕터 코일을 더 많이 캐스캐이드할수록 LC 탱크의 크기가 계속해서 증가하는 단점이 있고, 스위치가 직접 LC 탱크에 연결되어 있어 선 간 연결과 스위치 트랜지스터에서 발생하는 기생 성분의 영향을 직접받는 문제점이 있었다.

[0031] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 스위치 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부를 도시한 도면이다.

[0032] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 스위치 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부(200)는 제1 공진부(210)와 제2 공진부(220)를 포함하여 구성된다.

[0033] 제1 공진부(210)는 트랜스포머의 1차측 코일을 형성하는 제1 인덕터(L_1)을 포함한다.

[0034] 또한, 제2 공진부(220)는 트랜스포머의 2차측 코일을 형성하는 제2 인덕터(L_2)를 포함한다.

[0035] 제2 공진부(220)는 스위치(230)를 포함할 수 있다. 여기서, 스위치(230)는 제2 인덕터(L_2) 양단에 연결될 수 있다. 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 스위치(230)는 트랜지스터일 수 있다. 트랜지스터의 드레인과 소스단에는 각각 큰 저항의 일단이 연결되며, 각 저항의 타단은 접지와 연결될 수 있다. 즉, 트랜지스터의 드레인-소스 간에는 각각 큰 저항이 접지에 연결되며, 이로 인해 게이트 바이어스 동작을 지원한다.

[0036] 또한, 제1 공진부(210)에 위치된 1차측 코일을 형성하는 제1 인덕터(L_1)와 제2 공진부(220)에 위치된 2차측 코일을 형성하는 제2 인덕터(L_2)간의 결합 계수(K_{12})를 조절함으로써 인덕턴스 변화량을 조절할 수 있다.

[0037] 또한, 스위치(230)의 동작(온(On))에 의해 제1 인덕터(L_1) 코일(1차측 코일)와 제2 인덕터(L_2) 코일(2차측 코일)의 전류가 반대 방향으로 흐르게 되어 인덕턴스가 줄어드는 방향으로 튜닝이 이루어질 수 있다.

[0038] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 스위치 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부에 연결된 LC 탱크 회로부를 도시한 도면이다.

[0039] 도 3에 도시된 바와 같이, LC 탱크 회로부(240)는 제1 공진부(210)에 연결될 수 있다.

[0040] 여기서, LC 탱크 회로부(240)는 버랙터(C_{var})와 커패시터 뱅크(C_{bank})를 포함할 수 있다.

[0041] 제1 공진부(210)의 양단에 버랙터(C_{var})가 연결되며, 버랙터 C_{var} 와 병렬로 커패시터 뱅크(C_{bank})가 연결될 수 있다.

[0042] 이와 같이, 제1 공진부(210)에 LC 탱크 회로부(240)가 위치되며, 제2 공진부(220)에 스위치(230)가 위치됨에 따라 LC 탱크 회로부(240)로부터 스위치(230)의 기생 성분에 의한 영향을 덜 받을 수 있다.

[0043] 도 3의 경우 동작 모드는 2^1 가지로 총 두가지 동작 모드가 존재할 수 있다.

[0044] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 스위치 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부를 도시한 도면이다.

[0045] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 스위치 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부는 제1 공진부(410)의 구성은 동일하며, 제2 공진부(420)에 복수의 스위치(230)가 병렬로 연결될 수 있다.

[0046] 즉, 제2 공진부(420)는 제2 인덕터(L_2) 내지 제N 인덕터(L_N)를 포함할 수 있다. 여기서, N은 3이상의 자연수이다.

[0047] 제2 인덕터(L_2) 내지 제N 인덕터(L_N)는 직렬로 연결될 수 있다.

[0048] 도 4에 도시된 바와 같이, 제2 인덕터(L_2) 내지 제N 인덕터(L_N)는 각각 제1 인덕터(L_1)와 K12, K1N 결합 계수(커플링 계수)를 가지며 서로 인접하게 배치될 수 있다.

[0049] 제2 인덕터(L_2) 내지 제N 인덕터(L_N)는 각각 양단에 스위치가 각각 연결될 수 있다. 이로 인해, 제2 공진부(420)는 복수의 스위치(230)가 제2 인덕터(L_2) 내지 제N 인덕터(L_N)에 의해 병렬로 연결될 수 있다.

[0050] 도 4에서 보여지는 바와 같이, 제2 공진부(420)의 각 스위치(즉, 제2 인덕터(L_2) 내지 제N 인덕터(L_N)) 양단에 각각 스위치가 연결됨에 따라 인덕턴스 튜닝을 극대화할 수 있으며, 동작 모드는 2^{N-1} 가지 동작 모드를 가질 수 있다.

[0051] 도 5에는 도 4의 다중 스위치 트랜스포머 기반 가변 공진 회로부를 이용한 LC 탱크 회로부가 도시되어 있다.

[0052] 도 3과 마찬가지로 제1 공진부(410)에 LC 탱크 회로부(440)가 연결되며, 제2 공진부(420)에 다중 스위치가 병렬로 연결되되, 제1 공진부(410)의 제1 인덕터(L_1)와 다중 스위치(V_{SW1} 내지 V_{SWN})가 연결되는 제2 공진부(420)에 배열된 제2 인덕터(L_2) 내지 제N 인덕터(L_N)의 결합 계수를 조절하여 인덕턴스 변화량을 조절할 수 있다.

[0053] 도 6은 도 3에 기반한 광대역 전압 제어 발진기의 회로도가 도시되어 있다.

[0054] 도 6을 참조하면, 광대역 전압 제어 발진기(600)는 제1 공진부(210), 제2 공진부(220) 및 발진 회로부(650)을 포함하여 구성된다.

[0055] 제1 공진부(210) 및 제2 공진부(220)의 구성은 도 3과 동일하므로 중복되는 설명은 생략하기로 하며 상이한 발진 회로부(650)의 연결에 대해서만 설명하기로 한다.

[0056] 발진 회로부(650)는 제1 공진부(210)의 LC 탱크 회로부(240)의 양단에 연결될 수 있다.

[0057] 발진 회로부(650)는 제1 트랜지스터(651)와 제2 트랜지스터(652)를 가지되, 제1 트랜지스터(651)와 제2 트랜지스터(652)가 차동 구조로 LC 탱크 회로부(240)의 양단에 연결되어 발진 신호를 출력할 수 있다.

[0058] 도 7에는 도 5에 기반한 광대역 전압 제어 발진기의 회로도가 도시되어 있다.

[0059] 도 7에 도시된 바와 같이, 제2 공진부(420)가 다중 스위치 기반 트랜스포머로 구성되는 점에서 도 6과 상이하며 나머지 구성은 동일하므로 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0060] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 삼중 스위치 트랜스포머 기반 LC 탱크 회로부를 이용한 광대역 전압 제어 발진기의 회로가 도시되어 있다. 도 8의 전압 제어 발진기는 28-nm 벌크(bulk) CMOS 공정으로 구현되었다.

[0061] 도 9는 도 8의 광대역 전압 제어 발진기의 칩 사진을 도시한 도면이다.

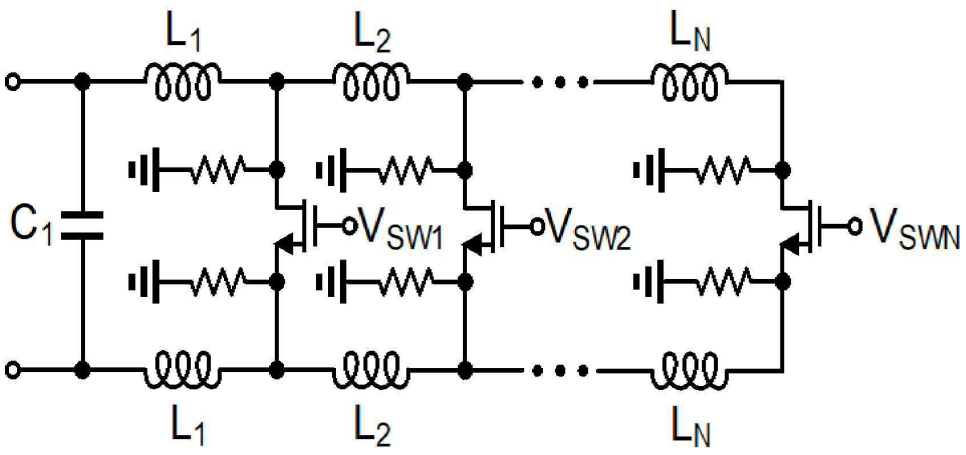
[0062] 도 10은 도 9의 광대역 전압 제어 발진기의 측정된 각 모드의 주파수 튜닝 및 주파수 범위를 나타내며, 21.9에서 36.6 GHz의 발진 주파수 구간에서 50.2%의 TR을 보여준다.

[0063] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 스위치 트랜스포머를 사용하여 제1 공진부에 LC 탱크 회로부를 위치시키고, 제2 공진부에 복수의 스위치를 위치시킴으로써 인덕터간의 결합 계수를 조절하여 LC 탱크 회로부의 인덕턴스를 조절할 수 있으며, LC 탱크 회로부로부터 스위치의 기생 성분에 의한 영향을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 다중 스위치 트랜스포머를 이용하여 인덕턴스 변화량을 극대화하여 광대역한 튜닝 범위를 얻을 수 있는 이점이 있다.

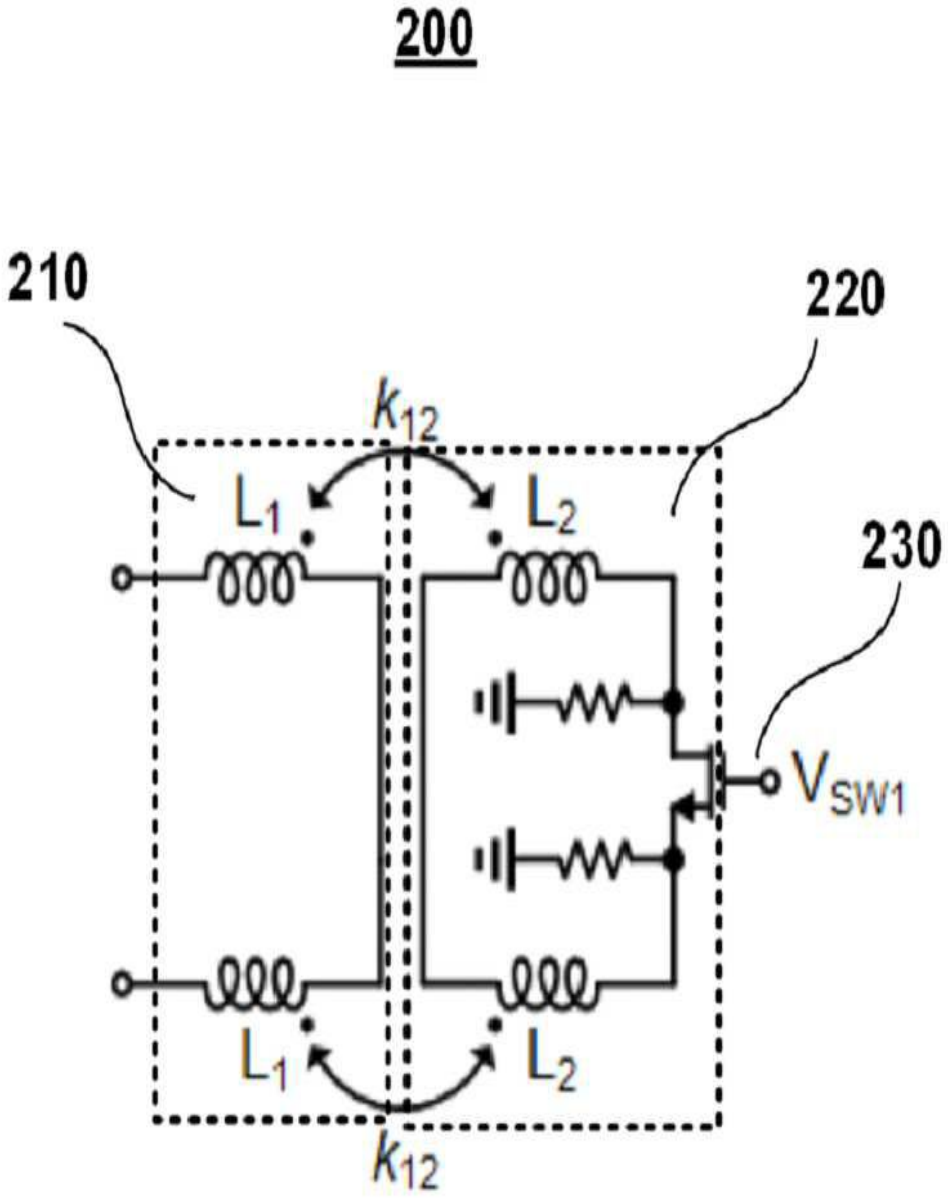
[0065] 이제까지 본 발명에 대하여 그 실시 예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

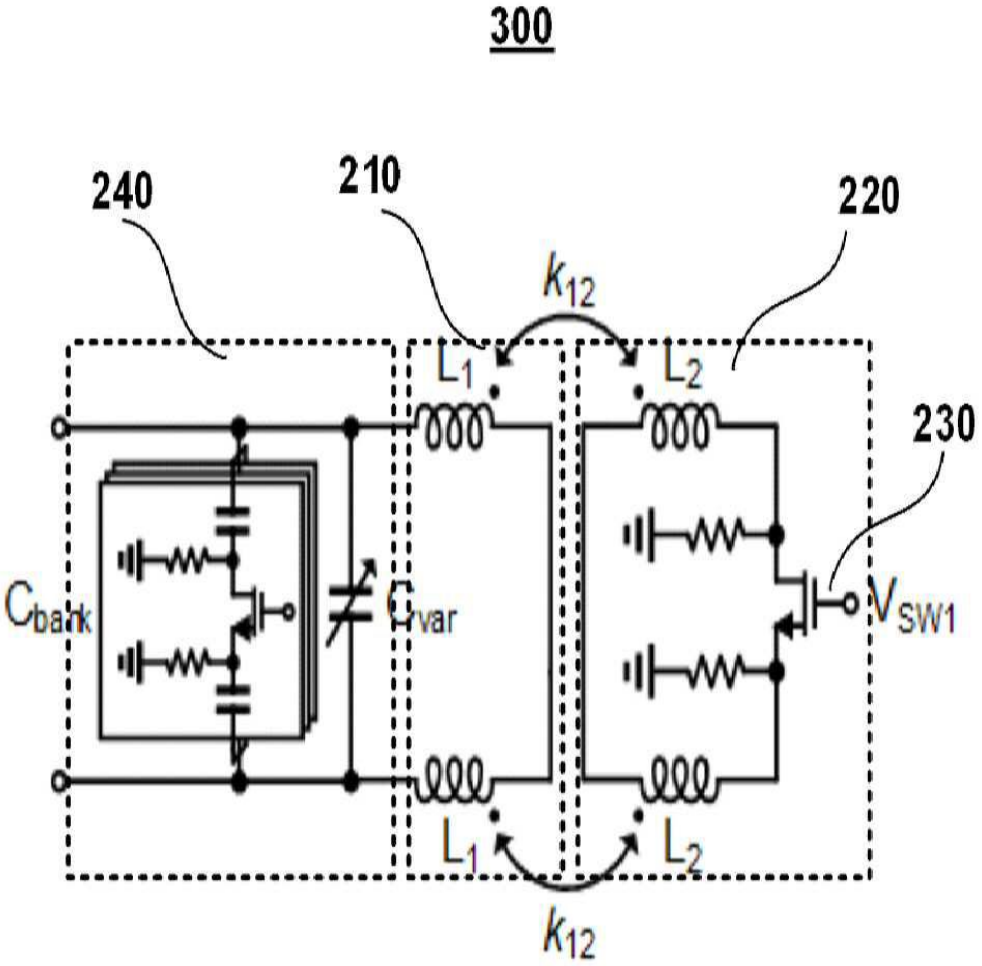
도면1



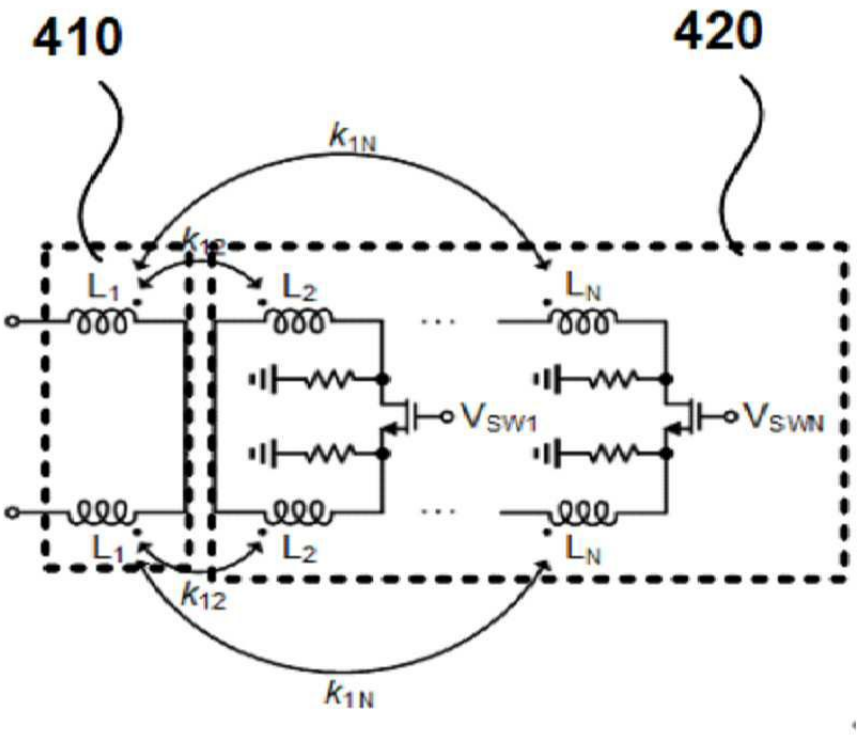
도면2



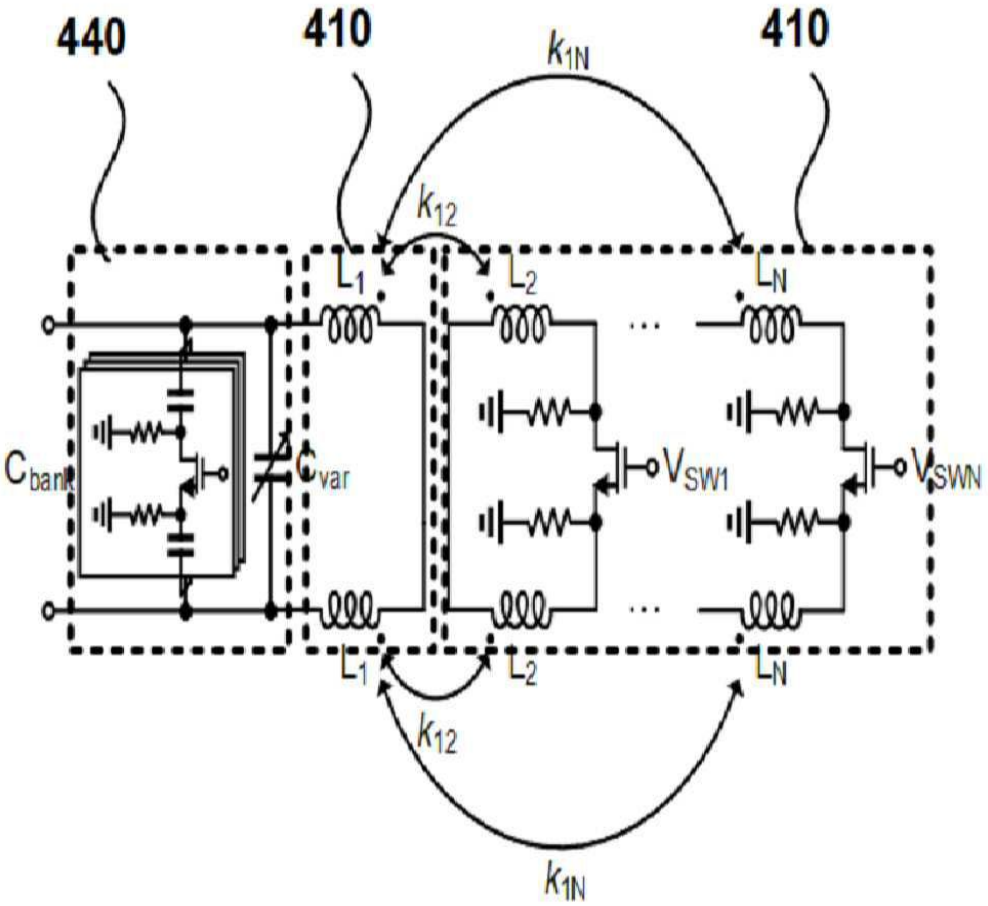
도면3



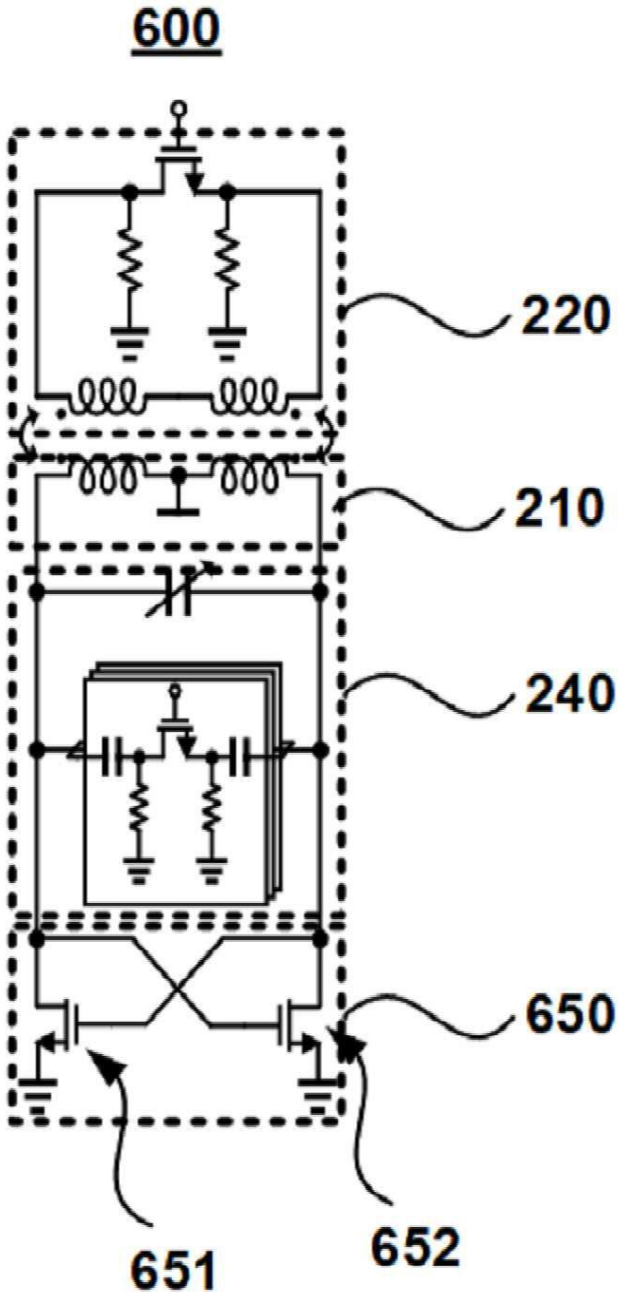
도면4



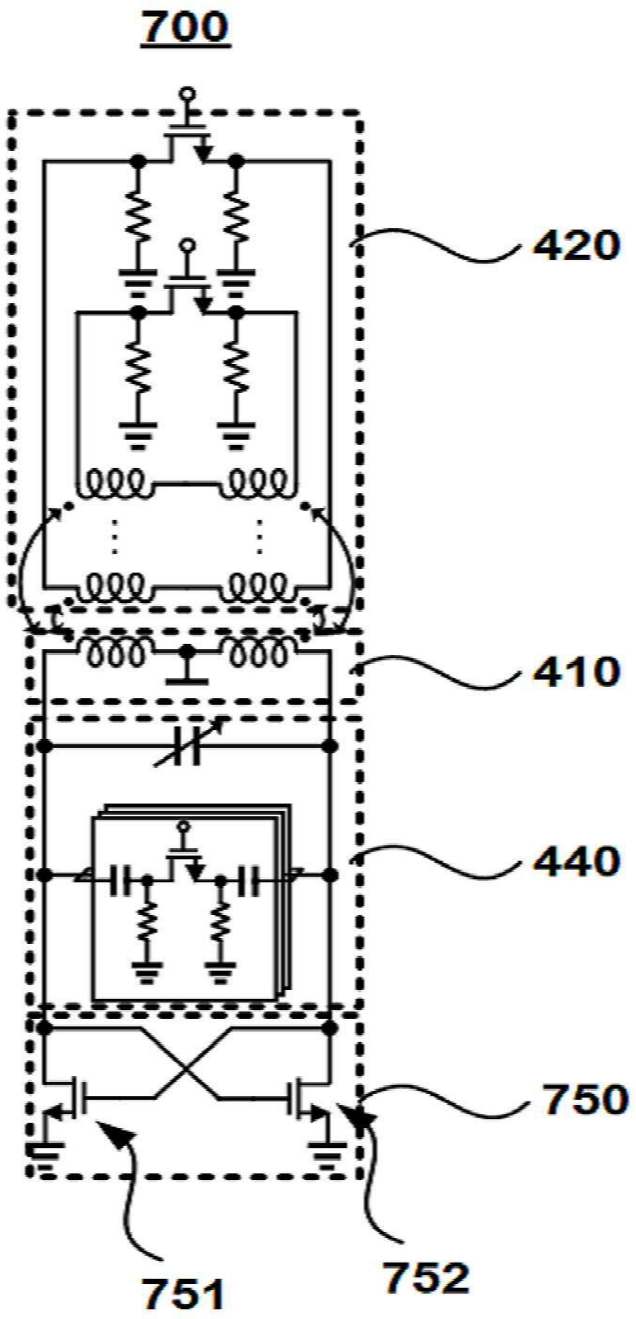
도면5


440
410
410
k_{1N}
k_{12}
L_1
L_2
L_N
C_{bank}
C_{var}
V_{SW1}
V_{SWN}
L_1
L_2
L_N
k_{12}
k_{1N}

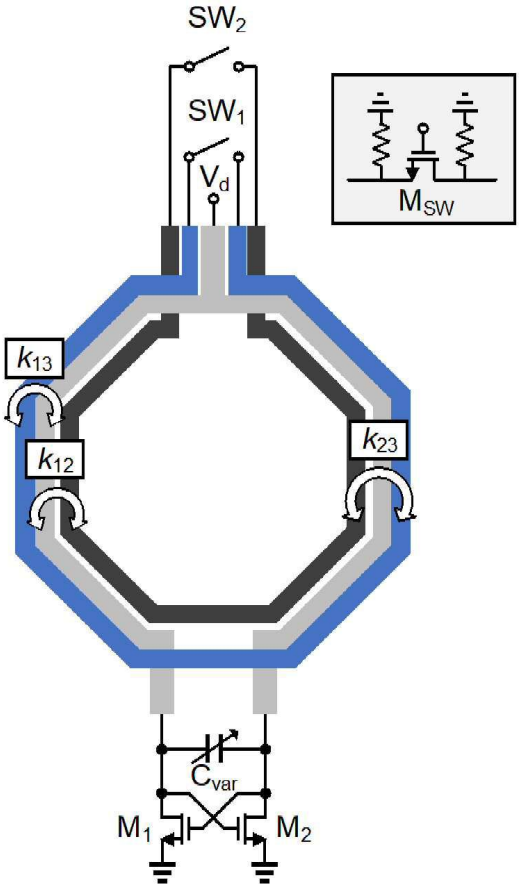
도면6



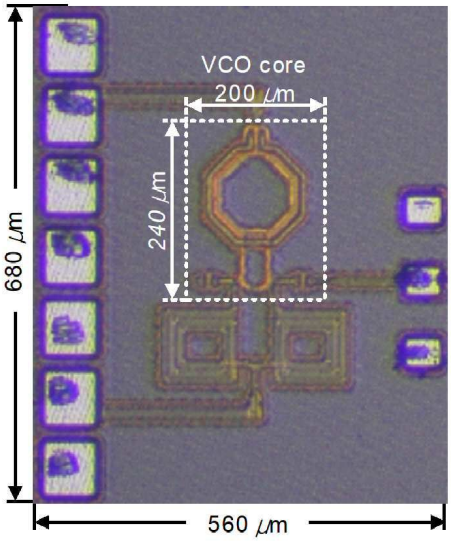
도면7



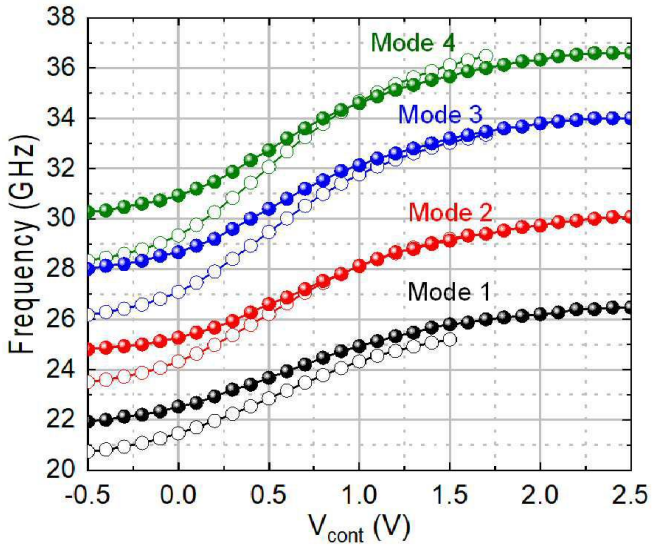
도면8


SW2
SW1
Vd
MSW
k13
k12
k23
Cvar
M1
M2

도면9


VCO core
200 μm
240 μm
680 μm
560 μm

도면10


Mode 4
Mode 3
Mode 2
Mode 1
Frequency (GHz)
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
-0.5
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
V cont (V)