



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년12월04일
(11) 등록번호 10-0782252
(24) 등록일자 2007년11월28일

(51) Int. Cl.
H03B 5/12 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2003-7002681
(22) 출원일자 2003년02월24일
심사청구일자 2006년07월04일
번역문제출일자 2003년02월24일
(65) 공개번호 10-2004-0002840
(43) 공개일자 2004년01월07일
(86) 국제출원번호 PCT/US2001/026508
국제출원일자 2001년08월27일
(87) 국제공개번호 WO 2002/17476
국제공개일자 2002년02월28일
(30) 우선권주장
09/648,914 2000년08월25일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1019980702555 A
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 3 항

(73) 특허권자
마쯔시다덴기산교 가부시카가이사
일본국 오사카후 가도마시 오아자 가도마 1006반지
(72) 발명자
리제롤드
미국캘리포니아94024로스앨토스컨트리클럽드라이브1599
(74) 대리인
김명신, 김민철, 김중호, 박장규

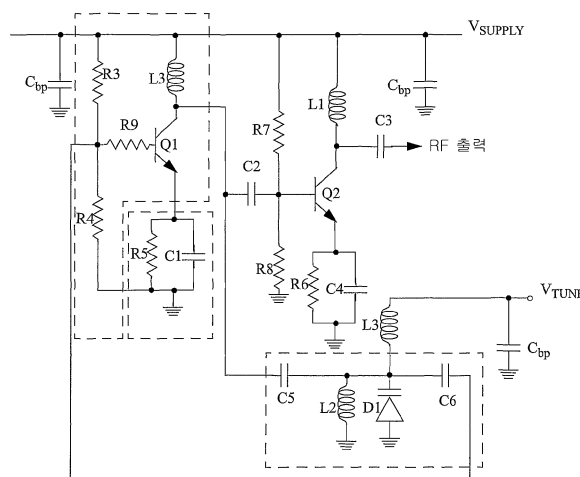
심사관 : 조성찬

(54) 감소된 위상 잡음을 갖는 발진기 회로

(57) 요약

본 발명은 일반적으로 발진기부의 전달 함수를 변경함으로써, 예를 들어, 영점(제로)을 상기 전달 함수에 부가함으로써, 발진기 위상 잡음을 실질적으로 감소시키고자 하는 것이다. 상기 전달 함수를 변경하는 것은 상기 발진기의 개방 루프 이득을 감소시키지만 원하는 위상 보상을 달성하도록 한다. 상기 발진기는 공진에서 벗어나지 않고, 상기 공진기의 공진에서 동작한다. 예시적인 실시예에서, 상기 전달 함수의 변경은 관심 주파수에서 바이패스로서 동작하는 것 대신에 0을 상기 발진기의 전달 함수에 부가하고 주파수 특성의 변경을 야기하도록 커패시턴스 값을 선택함으로써 이루어진다. 이것은 상기 발진기의 유효 Q를 증가시킨다. 유효 Q의 증가는 감소된 위상 잡음으로 직결된다. 3dB 범위의 위상 잡음 개선이 증명되었다.

대표도 - 도2



(56) 선행기술조사문헌

US04621241 A1
 US04536724 A1
 US04360790 A1
 US04267522 A1
 US05160902 A1
 US05144264 A1

(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 리히텐슈타인, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기스스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 아랍에미리트, 안티구와바부다, 코스타리카, 도미니카, 알제리, 모로코, 탄자니아, 남아프리카, 벨리제, 모잠비크, 그라나다, 가나, 감비아, 크로아티아, 인도네시아, 인도, 시에라리온, 세르비아, 몬테네그로, 짐바브웨

AP ARIPO특허 : 모잠비크, 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 시에라리온, 가나, 감비아, 짐바브웨, 탄자니아

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기스스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 리히텐슈타인, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스, 터키

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우, 적도 기니

특허청구의 범위

청구항 1

발진기 회로에 있어서,
공진 회로; 및
상기 공진 회로에 연결되고, 피드백 경로를 갖는 트랜지스터를 포함하고,
상기 피드백 경로는 저항과 커패시터로 이루어진 병렬 RC 회로를 구비하고,
상기 병렬 RC 회로의 상기 커패시터는 상기 피드백 경로의 전달함수에 영점을 추가하는 것을 특징으로 하는 발진기 회로.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 트랜지스터는 NPN 트랜지스터인 것을 특징으로 하는 발진기 회로.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,
상기 커패시터는 상기 트랜지스터의 에미터와 접지 사이에 연결되는 것을 특징으로 하는 발진기 회로.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 발진기 회로에 관한 것으로, 특히 고주파 발진기에 관한 것이다.

배경기술

<2> 주파수 합성기들은 예를 들어 다양한 종류의 통신 장치 및 측정 장치내에서 고주파 신호들을 제공하는데 사용된다. 잘 알려진 바와 같이, 마이크로웨이브 주파수 이상의 주파수에서, 이러한 합성기내에 포함된 기준 발진기들에 의해 생성된 위상 잡음은 고주파 출력 신호의 스펙트럼 순도를 상당히 저하시킬 수 있다. 위상 잡음, 즉 주파수 지터(jitter)는 원하는 출력 주파수 이외의 주파수들에서 상기 합성기에 의해 생성된 잡음 전력에 대응한다. 발진기들에서의 위상 잡음은 예를 들어, 여기에 참조로써 포함된, 미국 특허들 6,064,244 및 5,341,110에 설명된 바와 같이, 오랫동안 계속된 문제이다. 추가적인 참조 문헌으로서, 또한 여기에 참조되는 다음과 같은 것들이 있다:

Rhea, Randall W., Oscillator Design and Computer Simulation, McGraw Hill, 1955 (발진기 설계 및 컴퓨터 시뮬레이션);

Munt, Roger, "Designing Oscillators for Spectral Purity," Microwave and RF, July 1984, p.133 et seq. (스펙트럼 순도를 위한 발진기 설계); 및

Abidi, A.A., "How Phase Noise Appears in Oscillators," in Analog Circuit Design: RF A/D Converters, Sensor and Actuator Interfaces, Low-Noise Oscillators, PLLs, and Synthesizers, R.J. van de Plassche, J.H. Huijsing, and W.Sansen, Eds., Boston: Kluwer, 1997 (위상 잡음이 발진기들에서 어떻게 나타나는가).

<3> 기본적인 발진기 회로가 도 1에 도시된다. 증폭기(101)는 공진기(105)에 연결된 (또한 상기 발진기의 출력 신호인) 출력 신호(103)를 갖는다. 상기 공진기의 출력 신호(107)는 상기 증폭기의 입력 신호(111)를 형성하기 위하여 지연 회로(109)를 통해 피드백된다. 발진은 아래의 두 조건이 만족될 때 확립된다:

1. 노드 N에서의 개방 루프 이득이 1(unity)이고,
2. n을 정수라 할 때, 개방 루프 위상이 $2n\pi$ 인 경우.

<4> 상기한 참조 문헌들 및 기타 문서 등에서 잘 증명된 것처럼, 발진기들에서의 위상 잡음은 $d\theta/d\omega$ 로서 표현될 수 있다.

<5> 도 2에 도시된, 공지된 토폴로지(topology)의 하나의 발진기 회로에서, 2개의 NPN 트랜지스터들이 사용된다. 트랜지스터(Q1)는 발진기 트랜지스터이고, 트랜지스터(Q2)는 버퍼 트랜지스터이다.

<6> 상기 발진기 트랜지스터(Q1)의 컬렉터는 (스트립 선로 형태로 실현될 수 있는) 인덕터(L3)를 통해 공급 전압에 연결된다. 에미터는 병렬 RC 조합(R5, C1)을 통해 접지에 연결된다. 베이스는 각각 전원 및 접지에 연결된, 저항(R3)과 저항(R4)을 포함하는 바이어스 네트워크에 저항(R9)을 통해 연결된다.

<7> 상기 버퍼 트랜지스터(Q2)의 컬렉터는 RF 초크(L1)를 통해 공급 전압에 연결된다. 또한 상기 컬렉터에 연결된 것은 상기 발진기 회로의 RF 출력 신호를 형성하는, DC 차단 커패시터(C3)이다. 상기 버퍼 트랜지스터(Q2)의 에미터는 R6 및 C4의 병렬 RC 조합을 통해 접지에 연결된다. 상기 버퍼 트랜지스터(Q2)의 베이스는 커패시터(C2)를 통해 트랜지스터(Q1)의 컬렉터에 연결되고, 바이어스 저항들(R7 및 R8)에 연결된다.

<8> 발진기 공진기는 도시된 바와 같이, "파이(pi)" 구성으로 연결된, 커패시터(C5), (스트립 선로로 실현될 수 있는) 인덕터(L2), 버랙터 다이오드(D1) 및 커패시터(C6)를 포함한다. 상기 인덕터 및 상기 버랙터 다이오드는 접지에 병렬로 연결되고 상기 파이 구성의 "다리(legs)"에 해당한다. 상기 커패시터들은 상기 파이 구성의 신장된 "팔(arms)"에 해당한다. 튜닝 전압(VTUNE)은 직렬 인덕터(L3) 및 분로(shunt) 커패시터(C_{bp})를 통해, 상기 버랙터 다이오드에 인가된다.

<9> 상기 커패시터들(C5 및 C6)을 통해, 상기 발진기 공진기는 한편으로 발진기 트랜지스터(Q1)의 컬렉터에 용량성으로 연결되고, 다른 한편으로 상기 발진기 트랜지스터(Q1)의 베이스에 연결됨을 주의하여야 한다. 이 용량성 연결은 상기 공진기의 부하를 최소화한다.

<10> 도 2의 회로에서, 발진은, n을 정수라 할 때, 개방 루프 위상 지연이 $2n\pi$ 일 때 발생할 것이다.

<11> 마이크로웨이브 주파수에서, Q1을 통한 위상 지연은 이상적이지 않다. 예를 들어, 원하는 위상 지연이 180° 이하 하더라도, 기생 성분들 때문에 실제로 획득되는 위상 지연은 110° 내지 135°의 범위 내에 있을 수 있다. 상기 위상 편이를 증가시키기 위하여, 예를 들어, FET들과 같은 광대역폭 장치들의 사용, 지연선(delay line)의 사용, 복합 위상을 정확하게 조정하기 위하여 상기 공진기를 디튜닝(detuning)하는 것 등과 같은 다양한 다른 위상 보상 기술들이 적용될 수 있다. 그러나, 상기한 대안들 각각은 다음과 같은 단점들을 갖는다. FET들은 열등한 1/f 잡음을 갖는다. 지연선들은 부피가 크다. 더 많은 위상 편이를 위해 상기 공진기를 디튜닝하는 것은 양호도(quality factor)를 저하시키고 따라서 위상 잡음을 악화시킨다. 따라서, 이들 대안들 중 어느 것도 특별히 매력적이지 않다.

<12> 도 2의 회로는 복소 임피던스를 제공하고 따라서 RF 이득 및 위상 편이 양자에 영향을 미치는 전위를 갖는데, 이것은 설계자가 이득과 위상 편이간에 트레이드 오프(trade-off)를 선택하도록 허용한다. 일반적으로, 상기 공진기를 디튜닝하는 기술이 위상 보상을 위해 사용되는 경우, C1은 관심 주파수에서 바이패스로서 기능하도록 선택되는데, 이득은 최대화되고 위상 편이는 무시해도 좋은 정도의 결과를 나타낸다. 이러한 회로에서의 위상 잡

음의 도면이 도 3에 도시된다. 100kHz에서, 위상 잡음은 -110.08dBc/Hz인 것으로 도시된다.

- <13> 상기 회로의 개방 루프 이득 및 위상 특성이 도 4에 도시된다. 상기 공진기의 "스위트 스팟(sweet spot)"에서의 최대 이득은, 발진에 필요한 단위 이득보다 실질적으로 더 큰, 약 3.5dB임을 주목할 필요가 있다. 이렇게 증가된 이득이 필요한 것은 동작중에 상기 공진기가 이전에 설명된 바와 같이 위상 보상을 위해 디튜닝될 것이기 때문이다(즉 상기 공진은 관심 주파수에서 떨어져 이동된다). C1이 바이패스로서 기능하도록 선택되면, 결과로서 생성된 위상 특성은 대부분의 응용에 어느정도 적합한 유효 양호도(Q factor)를 제공한다. 그러나, 몇몇 2G 및 3G 셀룰러 무선 전화 신호들과 같은, 고 스펙트럼 순도를 필요로 하는 신호들을 위해, 지속적인 잡음 개선이 요구되고 있었다.
- <14> 위상 잡음을 저하시키는데 사용되는 또 다른 기술에는 공진기의 양호도(Q factor)를 증가시키는 것과 고 전압에서 동작시키는 것이 있다. 공진기의 양호도(Q factor)를 증가시키는 것은 L 대 C의 비율을 증가시키는 것을 포함한다. 그러나, L이 증가함에 따라, 공진기의 크기가 증가한다. 또한, C가 감소하여 상기 회로에서의 기생 커패시턴스의 범위에 더 근접함에 따라, 튜닝 범위가 감소된다. 또한, 고 전압에서 동작시키는 것은 전력 소비를 증가시킨다. 결국, 이들 대안들도 특별히 매력적이지 않다.
- <15> 따라서, 필요한 것은 최소한의 비용으로 실질적인 위상 잡음 개선을 달성하는 기술이다.

발명의 상세한 설명

- <16> 본 발명은 일반적으로 발진기부의 전달 함수를 변경함으로써, 예를 들어, 영점(제로)을 상기 전달 함수에 부가함으로써, 발진기 위상 잡음을 실질적으로 감소시키고자 하는 것이다. 상기 전달 함수를 변경하는 것은 상기 발진기의 개방 루프 이득을 감소시키지만 원하는 위상 보상을 달성하도록 한다. 이것은 발진기가 공진에서 벗어나지 않고, 상기 공진기의 공진에서 동작하도록 한다. 예시적인 실시예에서, 전달 함수는 커패시턴스 값을 적절히 선택함으로써, 관심 주파수에서 커패시터가 바이패스로서 동작하는 것 대신에, 상기 발진기의 전달 함수에 영점을 부가하고 주파수 특성의 변경을 야기한다. 이것은 상기 발진기의 유효 Q를 증가시킨다. 유효 Q의 증가는 감소된 위상 잡음으로 직결된다. 3dB 범위의 위상 잡음 개선이 증명되었다.
- <17> 본 발명은 첨부된 도면들과 함께 다음 설명으로부터 더 이해될 수 있다.

실시예

- <25> 회로 시뮬레이션 기술들을 사용하여, 상기 발진기 회로의 트랜지스터 부분의 전달 함수에 영점을 부가하도록 커패시터(C1)의 값을 조정함으로써 도 2의 발진기 회로가 변경되었다. 당 기술 분야에서 잘 알려진 바와 같이, 영점을 부가하는 효과는 위상 리드(phase lead)를 제공할 것이고, 그것에 의해 위상 보상을 위한 대안적인 메커니즘을 제공한다. C1에 대한 경험적으로 결정된 값을 포함하여, 변경된 발진기 회로의 일 실시예에 따른 부품 값들은 하기에 설명된다.
- <26> 도 5는 변경된 발진기 회로의 이득 및 위상 특성의 도면이다. 도 5에서 볼 수 있는 바와 같이, 상기 발진기 회로의 변경은 1(0dB)보다 약간 더 큰 값까지 이득의 실질적인 감소를 초래한다. 그러나, 공진 주파수가 실질적으로 위상 곡선의 최대 기울기 굴곡점과 일치한다는 것에 주목하여야 한다. 이 점 근방에서 상기 발진기 회로는 상기 곡선의 최저-위상-잡음 영역내에서 동작하게 된다.

예

- <28> 도 2의 발진기 회로는 다음 부품 값들을 사용하여 만들어졌다.

표 1

부품	값	부품	값	부품	값
R3	3.9K	L1	10nh	C1	20pf
R4	2.2K	L2	3.3nh	C1'	6.8pf
R5	20	L3	2.2nh	C2	1.5pf
R6	10			C3	56pf
R7	3.9K			C4	56pf
R8	2.0K			C5	4.7pf

R9	330			C6	1.5pf
				C _{bp}	56pf

- <30> 그다음 상기 발진기 회로가 테스트되었다. 바이패스 커패시터(C1=20pf)를 사용하여, 상기 발진기 회로는 922MHz의 공진 주파수를 나타내었다. 100kHz 오프셋에서의 위상 잡음은 -110dBc/Hz로 측정되었다.
- <31> 그다음 상기 커패시터(C1)가 6.8pf의 값을 갖는 커패시터로 대체되었다. 튜닝 전압은 이전의 테스트에서와 같은 값으로 유지되었다. 상기 발진기 회로는 939MHz의 공진 주파수를 나타내었다. 100kHz 오프셋에서의 위상 잡음은, 2.5dB의 개선을 나타낸 -112.5dBc/Hz로 측정되었다.
- <32> C1=6.8pf을 가지고, 상기 튜닝 전압은 초기 테스트에서와 같이 922MHz의 동일한 주파수를 생성하도록 조정되었다. 100kHz 오프셋에서의 위상 잡음은, 5.4dB의 개선을 나타낸 -115.4dBc/Hz로 측정되었다. 이들 결과들은 하기와 같이 요약된다.

표 2

C1(pf)	100kHz에서의 위상 잡음 dBc/Hz	주파수 MHz
20	-110.0	922
6.8	-112.5	939

표 3

C1(pf)	100kHz에서의 위상 잡음 dBc/Hz	주파수 MHz
20	-110.0	922
6.8	-115.4	922

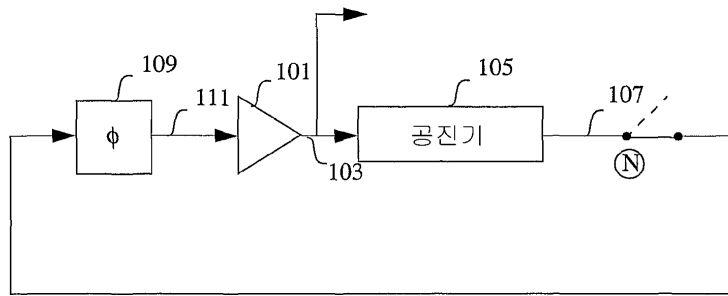
- <35> 상기한 예에서 획득된 위상 잡음의 감소는 상기 각 튜닝 조건들에 각각 대응하는, 도 6 및 도 7에 도시된다. 상기한 결과들에 기초하여, 본 발명의 기술을 사용하여 획득될 수 있는 개선은 매우 상당한 개선인, 3-6dB 범위에 있는 것으로 여겨진다.
- <36> 이와 같이, 개선된 위상 잡음 특성을 갖는 발진기 회로가 설명되었다. 위상 잡음의 개선은 더 높은 품질의 공진기 회로 또는 부품 수 또는 면적의 어떤 증가를 요구하지 않고, 단지 부품 값들의 적합한 조정을 통해 획득될 수 있다.
- <37> 본 발명이 본 발명의 정신 또는 핵심적인 특징을 벗어남없이 다른 특정 형태들로 구현될 수 있다는 것은 당업자에 의해 이해될 것이다. 그러므로, 개시된 본 실시예들은 모든 점에서 예시적인 것으로 간주되며 제한적인 것으로 간주되지 않는다. 본 발명의 범위는 상기한 설명보다 첨부된 청구항들에 의해 나타내어지고, 본 발명의 균등물들의 의미 및 범위내에 오는 모든 변경들은 그 안에 포함될 것이다.

도면의 간단한 설명

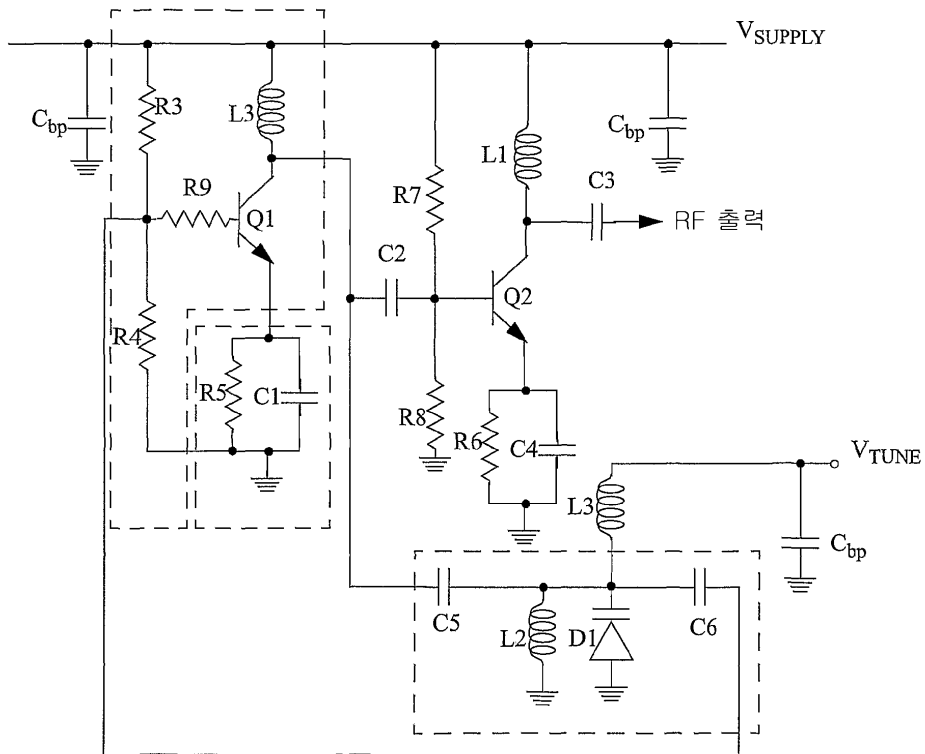
- <18> 도 1은 기본적인 발진기 회로의 도면이다.
- <19> 도 2는 공지의 토폴로지의 발진기 회로의 도면이다.
- <20> 도 3은 공지의 발진기 회로의 위상 잡음을 도시한 도면이다.
- <21> 도 4는 종래 기술의 발진기 회로의 개방 루프 이득 및 위상 특성의 도면이다.
- <22> 도 5는 변경된 발진기 회로의 개방 루프 이득 및 위상 특성의 도면이다.
- <23> 도 6은 하나의 튜닝 조건하에서 변경된 발진기 회로의 위상 잡음을 도시한 도면이다.
- <24> 도 7은 다른 튜닝 조건하에서 변경된 발진기 회로의 위상 잡음을 도시한 도면이다.

도면

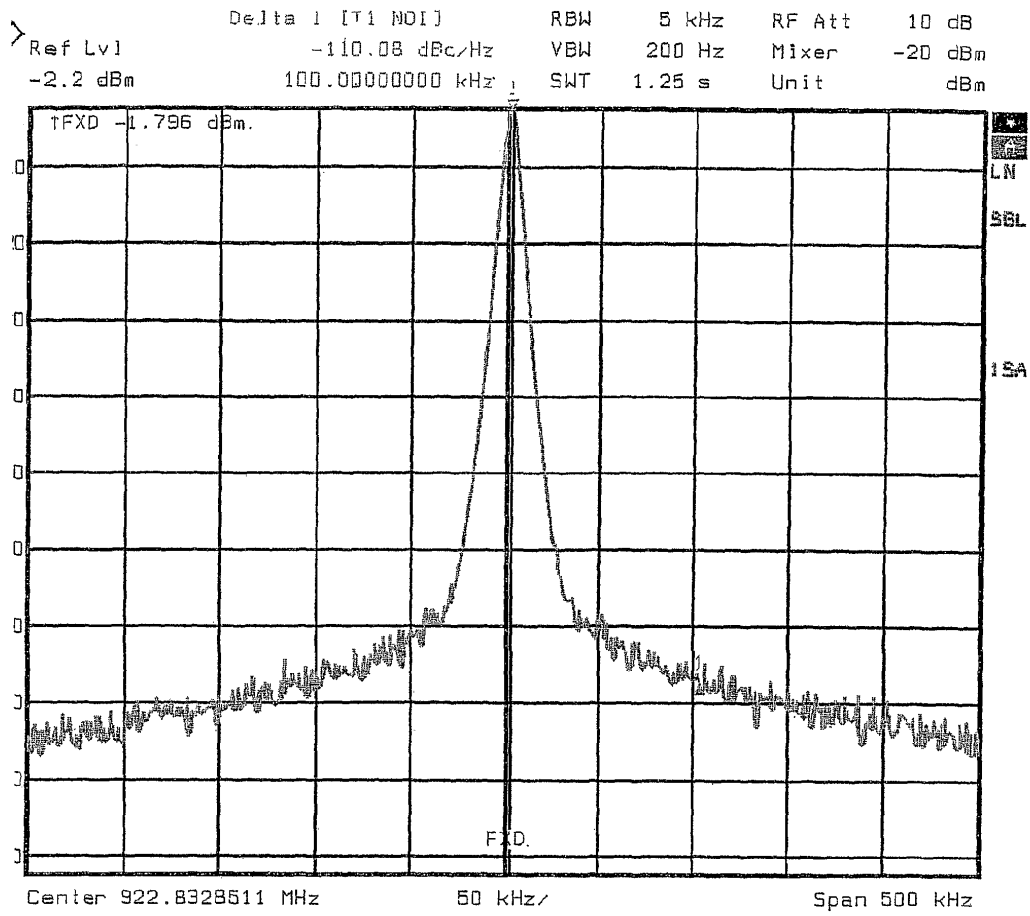
도면1



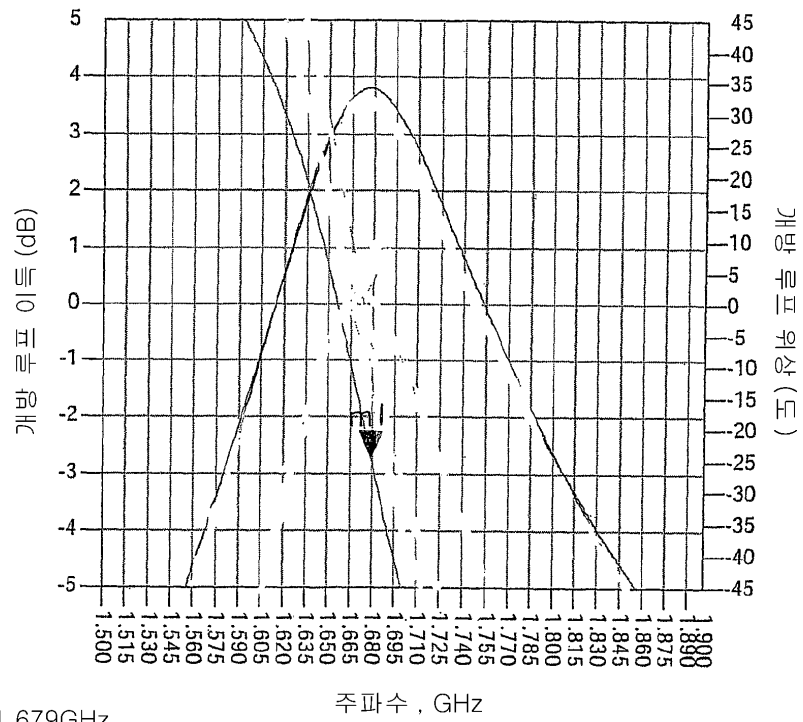
도면2



도면3

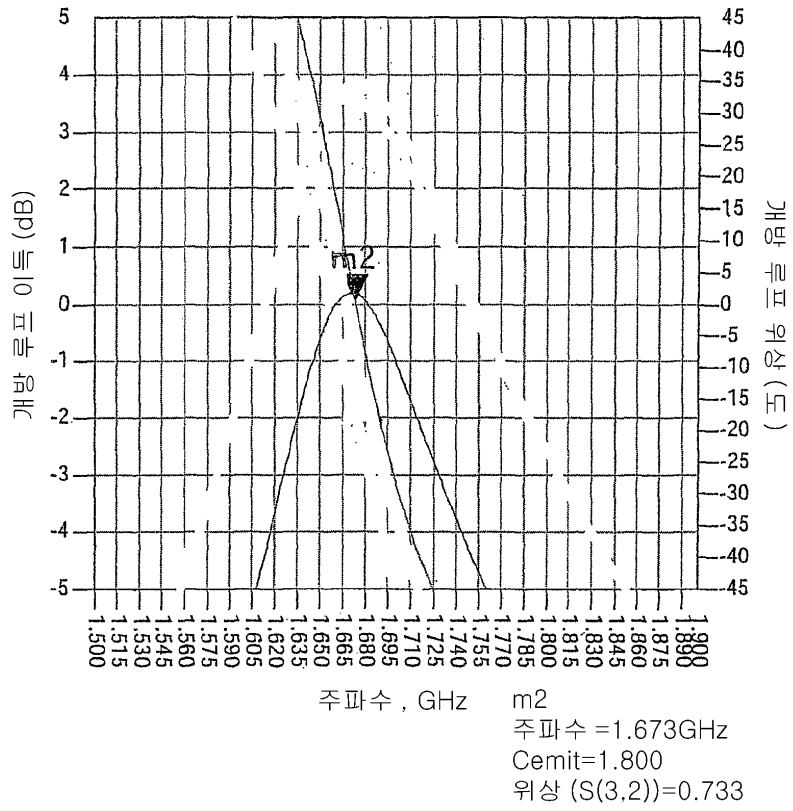


도면4

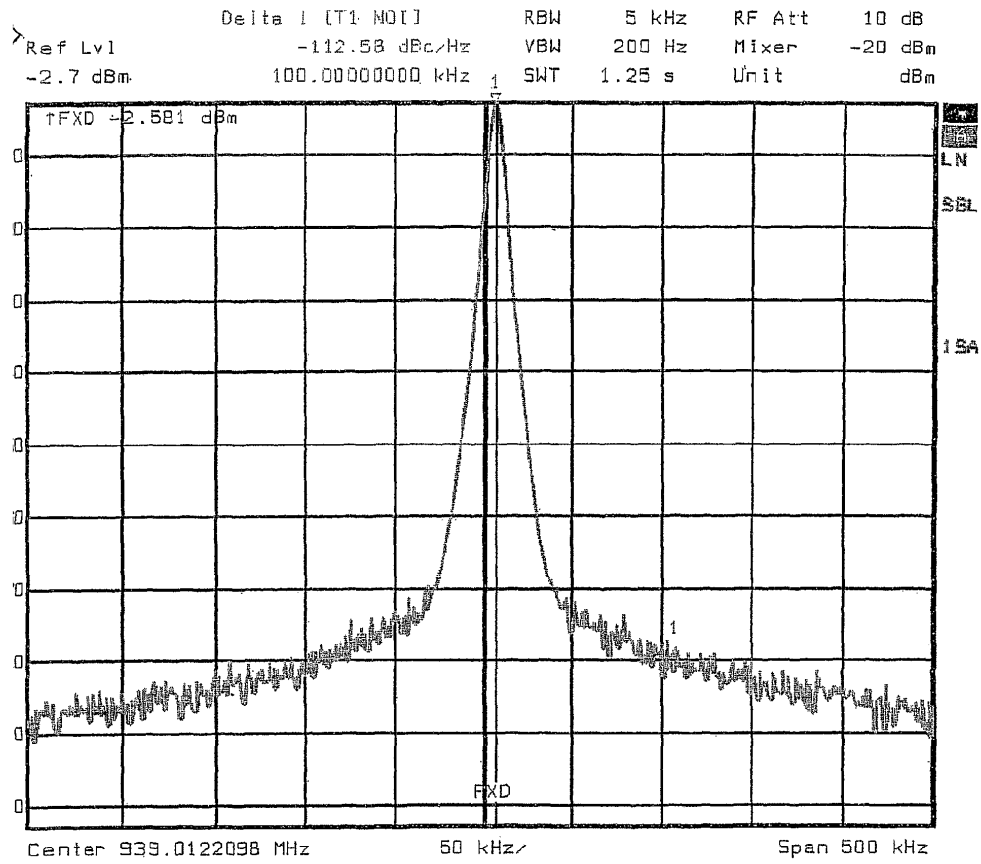


m1
 주파수 = 1.679GHz
 Cemit=12.000
 위상 (S(3,2))=-24.296

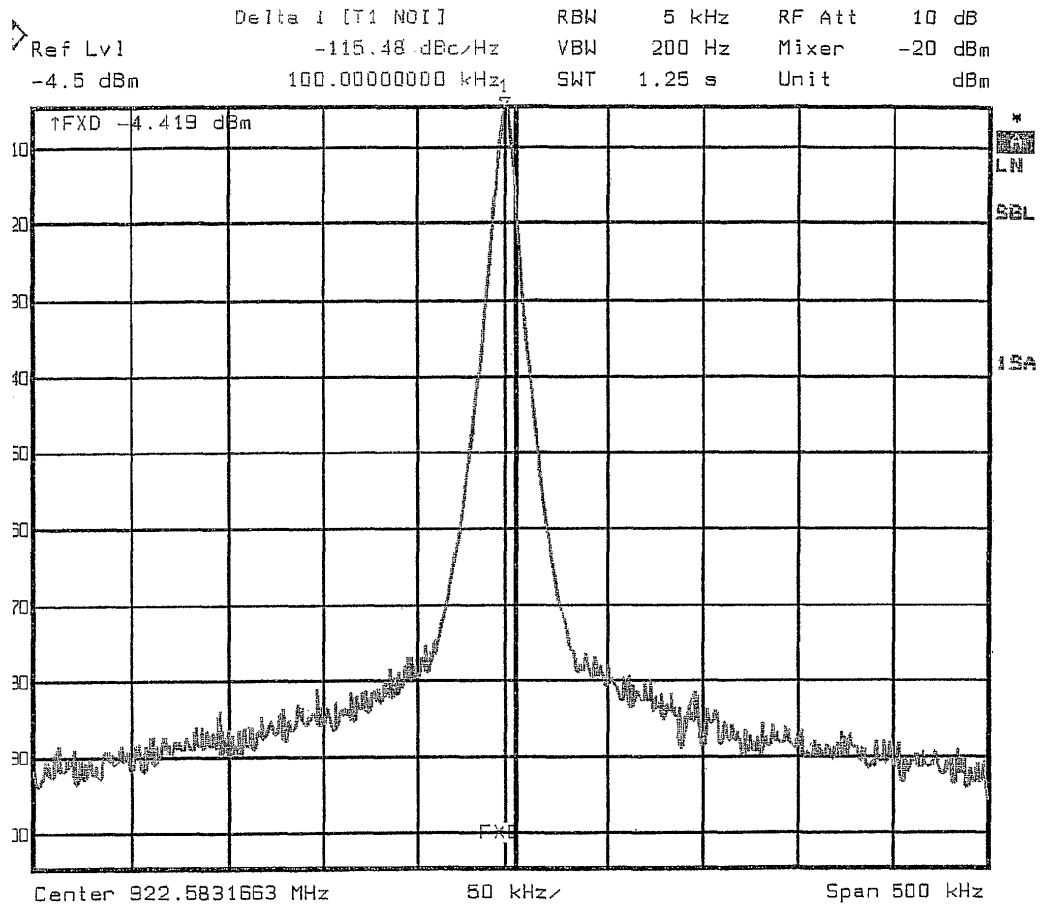
도면5



도면6



도면7



e: