



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월02일
(11) 등록번호 10-1497018
(24) 등록일자 2015년02월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01P 1/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0106156

(22) 출원일자 2013년09월04일

심사청구일자 2013년09월04일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070027543 A*

KR1020120135762 A

KR1020040066523 A

Chien-San Lin 외 2인, "A Full-360
Reflection-Type Phase Shifter with Constant
Insertion Loss", IEEE 2008년2월,
페이지106~108.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

염경환

대전광역시 유성구 덕명로 26, 105동 1901호(덕명
동, 운암네오미아아파트)

정해창

충남 천안시 동남구 터미널6길 12, 40동 3호 305
동 604호 (신부동, 대림아파트)

(74) 대리인

특허법인태동

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 김상철

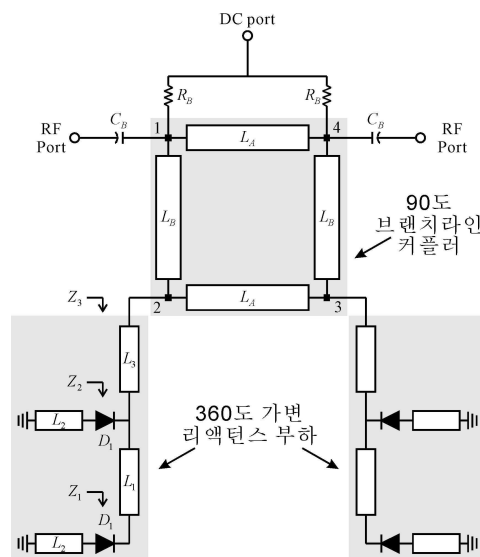
(54) 발명의 명칭 360도 반사형 아날로그 위상 천이기

(57) 요약

본 발명은 360도 반사형 아날로그 위상 천이기에 관한 것으로서, 입출력 포트와 가변 리액턴스 부하 연결을 위한 쌍의 부하 포트를 포함하는 4-포트 구조를 갖는 90도 브랜치라인 커플러와, 상기 한 쌍의 부하 포트에 각각 연결되는 360도 가변 리액턴스 부하를 포함하되, 상기 360도 가변 리액턴스 부하는 전송선(L_1)의 양단에 버랙터 다이오드와 전송선(L_2)이 결합된 임피던스 성분을 각각 연결하여 π 형 부하를 구성하고, 상기 부하 포트와 상기 π 형 부하 간에 전송선(L_3)이 연결되는 것을 특징으로 한다.

상기와 같은 본 발명에 따르면, 1단의 위상 천이기만으로 360도 가변 위상 구현이 가능하여 단가가 낮으면서도 소형으로 제작이 가능하고, 선형적인 위상 변화 특성을 제공할 수 있어 보다 정밀한 위상변이를 제공할 수 있는 효과가 있을 것으로 기대된다.

대표도 - 도3a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012-003205

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 충남대학교산학협력단

연구사업명 일반연구자지원사업 지역대학우수과학자

연구과제명 평판형 복합공진기를 이용한 저위상잡음 전압제어발진기의 설계

기 여 율 1/1

주관기관 한국연구재단

연구기간 2012.05.01 ~ 2015.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

입출력 포트와 가변 리액턴스 부하 연결을 위한 한 쌍의 부하 포트를 포함하는 4-포트 구조를 갖는 90도 브랜치 라인 커플러와, 상기 한 쌍의 부하 포트에 각각 연결되는 360도 가변 리액턴스 부하를 포함하되,

상기 360도 가변 리액턴스 부하는 전송선(L_1)의 양단에 벡터다이오드와 전송선(L_2)이 결합된 π 형 부하를 구성하고, 상기 부하 포트와 상기 π 형 부하 간에 전송선(L_3)이 연결되는 것을 특징으로 하는 360도 반사형 아날로그 위상 천이기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 360도 가변 리액턴스 부하의 입력측에서 들여다본 임피던스가 전압에 따른 리액턴스의 변화로 인하여 반사계수의 각도 변화량이 360도 이상의 값을 갖는 것을 특징으로 하는 360도 반사형 아날로그 위상 천이기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 전송선(L_1), 전송선(L_2), 전송선(L_3)의 특성임피던스 Z_c 및 전기각 θ_c 는 360도 가변 리액턴스 부하의 입력측에서 들여다본 반사계수의 각도 변화가 360도를 갖도록 선정된 다이오드의 리액턴스 변화 특성을 고려하여 결정하는 것을 특징으로 하는 360도 반사형 아날로그 위상 천이기.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 전송선(L_1), 전송선(L_2), 전송선(L_3)은 인덕터와 커패시터를 사용하여 구현되는 것을 특징으로 하는 360도 반사형 아날로그 위상 천이기.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 전송선(L_2)는 비아홀의 인덕턴스로 구현되고, 전송선(L_1)과 전송선(L_3)은 π 형의 집중소자로 구현되는 것을 특징으로 하는 360도 반사형 아날로그 위상 천이기.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 360도 반사형 아날로그 위상 천이기에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 주파수 5.3 GHz에서 브랜치 라인 커플러와 360도 이상의 위상천이를 보일 수 있는 가변 리액턴스 부하를 결합하여 소형화된 위상천이기를 설계할 수 있는 기술에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 위상천이기는 원하는 주파수 대역에서 통과 위상을 변화시키는 회로이다. 아날로그 위상천이기는 주로 벡터(Varactor) 다이오드를 이용하며, 연속적인 위상천이를 가진다.
- [0003] 아날로그 위상천이기는 배열 안테나의 빔조향을 위한 송수신 시스템이나 발진주파수 조정을 위한 페루프형 전압 제어 발진기의 구성 부품으로 주로 응용되고 있다. 이러한 응용을 위한 위상천이기는 위상천이량은 360도 이상이 되어야 하며, 소형의 크기, 저손실의 특성이 요구되고 있다.
- [0004] 도 1은 일반적인 반사형 위상 천이기 구조를 도시한 것이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 일반적인 반사형 위상 천이기는 90도 하이브리드 커플러와 한 쌍의 가변 리액턴스 부하가 결합된 구조를 사용한다. 이때 90도 하이브리드 커플러와 가변 리액턴스 부하는 다양한 형태의 구조를 가질 수 있다. 여기서, 위상 천이량 특성의 경우, 도 1에 나타난 가변 리액턴스 부하를 들여다본 반사계수(Γ_L)에 의해 결정된다. 이 반사계수는 전압에 따른 리액턴스(X_L) 변화량에 의존하며, 360도 이상의 위상 천이를 얻기 위하여 반사계수가 360도 가변 가능한 가변 리액턴스 부하 구조가 필요하다. 가변 리액턴스 부하의 반사계수가 360도의 리액턴스 변화를 갖지 않는다면, 위상 천이기의 단수를 증가시켜야하며, 이는 크기를 키우는 단점이 있다. 그러나 일반적으로 벡터다이오드는 가변 커패시턴스를 제공하기 때문에 180도 이상의 위상 천이를 제공하지 못한다. 또한 벡터다이오드의 가변 커패시턴스 변화 범위의 제한으로 위상 천이량은 이보다 더욱 줄어들게 된다.
- [0005] 따라서, 360도 이상의 위상천이량을 갖기 위해서는 여러 단의 위상 천이기를 직렬 연결로 구성하여 사용하고 있다.
- [0006] 한편, 이러한 종래 위상 천이기의 문제점을 해결하기 위해 도 2와 같은 360도 가변 가능한 가변 리액턴스 부하가 제안된 바 있다.
- [0007] 반사형 위상천이기는 가변 리액턴스 부하의 반사계수의 각도 변화량에 의해 위상천이량이 결정되며, 반사계수의 크기에 따라 삽입 손실이 결정되게 된다. 도 2의 360도 가변 리액턴스 부하는 두 쌍의 벡터 다이오드와 단락 스테브(L_2)가 1/4파장 전송선(L_1)로 연결된 구조를 가진다. 반사계수의 각도가 360도의 변화를 얻기 위해서는 벡터다이오드와 단락 스테브를 들여다본 리액턴스가 $-j50 \sim +j50$ 의 범위에서 변화가 되어야 한다. 벡터 다이오드의 변화량이 이것을 만족할 경우, 360도의 반사계수 변화를 달성할 수 있다. 그러나 발명자들이 Skyworks사의 SMV1231-079 모델의 벡터다이오드를 이용하여 도 2의 가변 리액턴스 부하를 구성하고 설계주파수 5.3 GHz에서 실험해본 결과 리액턴스 변화량이 $-j50 \sim +j50$ 의 범위에 달하지 못하는 것을 알게 되었으며, 바이어스 전압에 따른 리액턴스 변화량이 일정하지 않아 위상천이기에 적용시 비선형적인 위상 변화 특성을 보이게 되는 문제점을 발견하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 이러한 종래 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 벡터다이오드의 반사 신호의 위상 천이를 확장한 것으로, 종래 π 형 가변 리액턴스 부하에 하나의 전송선을 추가하여 제한된 위상 천이를 해결함으로써 360도 이상의 위상 천이를 줄 수 있음과 아울러 위상천이기에 적용시 선형적인 위상 변화 특성을 제공할 수 있는 반사형 아날로그 위상 천이기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 일 측면에 따르면, 본 발명은 입출력 포트와 가변 리액턴스 부하 연결을 위한 한 쌍의 부하 포트를 포함하는 4-포트 구조를 갖는 90도 브랜치라인 커플러와, 상기 한 쌍의 부하 포트에 각각 연결되는 360도 가변 리액턴스 부하를 포함하되, 상기 360도 가변 리액턴스 부하는 전송선(L_1)의 양단에 벡터다이오드와 전송선(L_2)이 결합된 임피던스 성분을 각각 연결하여 π 형 부하를 구성하고, 상기 부하 포트와 상기 π 형 부하 간에 전송선(L_3)이 연결되는 것을 특징으로 하는 360도 반사형 아날로그 위상 천이기가 제공된다.

[0010] 여기서, 360도 위상 천이를 정밀하게 구현하기 위해서 상기 전송선(L_1)의 전기각을 조절하여 벡터다이오드와 전송선(L_2)이 결합된 임피던스 성분이 $-j50 \sim +j50$ 의 리액턴스 궤적을 만족하도록 설정되는 것이 바람직하다.

[0011] 그리고, 전송선(L_1), 전송선(L_2), 전송선(L_3)은 소형화를 위해 동일한 역할을 하도록 인덕터와 커패시터를 사용하여 구현될 수 있다. 구체적으로는, 전송선(L_2)는 비아홀의 인덕턴스로 구현되고, 전송선(L_1)과 전송선(L_3)은 π 형 집중소자로 구현되는 것이 가능하다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따르면, 1단의 위상 천이기만으로 360도 가변 위상 구현이 가능하여 단가가 낮으면서도 소형으로 제작이 가능하고, 선형적인 위상 변화 특성을 제공할 수 있어 보다 정밀한 위상변이를 제공할 수 있는 효과가 있을 것으로 기대된다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 일반적인 반사형 위상 천이기 구조를 도시한 것이다.
 도 2는 종래 360도 가변 리액턴스 부하 구조를 도시한 것이다.
 도 3a는 본 발명의 바람직한 실시예의 360도 반사형 아날로그 위상 천이기의 기본 구조를 도시한 회로도이다.
 도 3b는 도 3a의 360도 가변 리액턴스 부하 구조만을 별도로 도시한 것이다.
 도 4a는 도 3의 Z_1 의 궤적($Z_0 = 50\Omega$)을 도시한 스미스차트이다.
 도 4b는 도 3의 Z_2 의 궤적($Z_0 = 50\Omega$)을 도시한 스미스차트이다.
 도 4c는 도 3의 Z_2 의 궤적($Z_0 = 12.5\Omega$)을 도시한 스미스차트이다.
 도 4d는 도 3의 Z_3 의 궤적을 도시한 스미스차트이다.
 도 5는 전송선 L_3 의 사용 여부에 따른 위상 천이기 특성을 도시한 그래프이다.
 도 6은 가변 리액턴스 부하의 반사계수의 크기에 따른 위상천이기 삽입손실을 도시한 그래프이다.
 도 7a는 집중 소자를 이용하여 전송선의 소형화를 구현하는 개념을 설명하기 위한 도면이다.
 도 7b는 소형화된 가변 리액턴스 부하 회로를 도시한 것이다.
 도 8은 소형화된 90도 브랜치 라인 커플러와 소형화된 360도 가변 리액턴스 부하가 연결된 360도 소형 아날로그 위상천이기의 레이아웃을 도시한 것이다.
 도 9는 도 8의 레이아웃대로 제작된 소형 아날로그 위상천이기를 도시한 것이다.
 도 10은 제작된 소형 아날로그 위상 천이기의 S-파라미터 측정 결과를 도시한 그래프이다.
 도 11은 제작된 소형 아날로그 위상 천이기의 위상 조정 특성 측정 결과를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다.

[0015] 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0016] 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 포함한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가

없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

- [0017] 도 3a는 본 발명의 바람직한 실시예의 360도 반사형 아날로그 위상 전이기의 기본 구조를 도시한 회로도이고, 도 3b는 도 3a의 360도 가변 리액턴스 부하 구조만을 별도로 도시한 것이다.
- [0018] 도 3a에 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예의 360도 반사형 아날로그 위상 전이기는 일반적인 90도 브랜치라인 커플러와 360도 가변 리액턴스 부하가 결합된 좌우 대칭 구조이다.
- [0019] 브랜치라인 커플러는 한쌍의 전송선 L_A 와 또 다른 한쌍의 전송선 L_B 가 교차로 연결된 4-포트 회로이다. 90도 브랜치라인 커플러의 포트 2, 3에 각각의 360도 가변 리액턴스 부하가 연결된다. 90도 브랜치라인 커플러의 포트 1, 4에는 DC 블록용 커패시터 C_B , 바이어스용 저항 R_B 가 각각 연결되며, 바이어스 저항과 연결된 DC 포트로부터 DC 전압이 각각의 360도 가변 리액턴스 부하에 인가된다.
- [0020] 360도 가변 리액턴스 부하는 도 3b에 보인 바와 같이 2개의 버렉터다이오드와 3개의 전송선으로 구성된다. 본 발명은 도 2의 종래 360도 가변 리액턴스 부하의 문제점을 해결하기 위하여, 전송선 L_1 의 전기적 길이를 조정하고 전송선 L_3 를 추가한 것이 특징이다.
- [0021] 하기 표 1에는 가변 리액턴스 부하를 구성하는 전송선(L_1, L_2, L_3)의 임피던스와 전기각을 보였다. 우선 L_2 전송선은 버렉터 다이오드에 0 ~ 10 V 역전압 인가시 나타나는 가변 범위를 단락 임피던스 기준으로 대칭으로 나타내도록 전기각을 설정하였다.
- [0022] 전송선 L_1 의 길이는 버렉터 다이오드의 리액턴스 변화량이 다소 작아 360도 리액턴스 변화를 얻기 위해 조정되었다. 또한, 전송선 L_3 는 임피던스 변환을 통해 비교적 선형적인 리액턴스 변화를 얻기 위하여 삽입되었다.

표 1

	Z_c	θ_c
L_1	50 Ω	35°
L_2	50 Ω	4°
L_3	25 Ω	90°

- [0024] 도 4a는 도 3의 Z_1 의 궤적($Z_0 = 50\Omega$)을 도시한 스미스차트, 도 4b는 도 3의 Z_2 의 궤적($Z_0 = 50\Omega$)을 도시한 스미스차트, 도 4c는 도 3의 Z_2 의 궤적($Z_0 = 12.5\Omega$)을 도시한 스미스차트, 도 4d는 도 3의 Z_3 의 궤적을 도시한 스미스차트이다.
- [0025] 도 4a ~ 4d에는 표 1과 같이 전송선의 임피던스와 전기각을 설정한 후, 그림 3의 기준선에서 0~10 V 역전압 인가(0.2 V 간격)시 가변 리액턴스 부하의 임피던스(Z_1, Z_2, Z_3)를 보인 것이다. 도 4a는 Z_1 의 궤적으로 Z_1 의 경우, 버렉터다이오드 D_1 과 전송선 L_2 가 연결된 구조의 임피던스이다. 버렉터 다이오드는 역-바이어스 상태에서 전압에 따라 커패시턴스가 변화한다. 전송선 L_2 는 단락 스테브로 기저전위를 제공하며, 버렉터 다이오드의 기준 리액턴스를 변화시키는 동작을 한다. 임피던스 궤적의 중간을 스미스차트상 임피던스 단락점에 위치하도록 전송선 L_2 의 전기각을 결정한다. 도 4a에서 Z_1 의 궤적이 단락 임피던스를 기준으로 리액턴스가 대칭적인 형태를 보이는 것을 알 수 있다.
- [0026] 도 3(b)는 Z_2 의 궤적($Z_0 = 50 \Omega$)을 보이며, Z_2 의 경우, D_1 과 L_2 가 결합된 쌍을 전송선 L_1 로 연결한 구조의 임피던스이다. Z_2 의 궤적이 360도의 리액턴스 변화를 얻도록 전송선 L_1 의 전기각을 설정할 수 있다. 만약 Z_1 이 $-j50 \sim +j50$ 의 리액턴스 궤적을 갖는다면, L_1 의 전기각을 1/4파장으로 설정할 경우,
- [0027] 1) $0 \leq Z_1 \leq +j50$ 일 경우, $0 \leq Z_2 \leq +\infty$

[0028]

2) $-j50 \leq Z_1 \leq 0$ 일 경우, $-\infty \leq Z_2 \leq 0$

[0029]

이 되며, 360도의 반사계수 변화를 얻게 된다. 만약 Z_1 의 궤적이 $-j50 \sim +j50$ 의 범위를 만족하지 못한다면 L_1 의 전기각을 조정하여 Z_2 가 360도의 리액턴스 변화를 얻도록 설계할 수 있다. 본 발명에서는 선정된 벡터 다이오드의 특성에 따라 L_1 의 전기각을 조정하여 Z_2 가 360도의 리액턴스 변화를 얻도록 설계하였다.

[0030]

도 4b의 경우, 스미스차트상의 기준임피던스 A를 50옴으로 설정하였을 때의 Z_2 의 궤적이며, 기준임피던스 A를 12.5옴의 임피던스인 B로 옮길 경우, 도 3c의 Z_2 궤적이 되게 된다. 도 3c는 도 3b의 궤적보다 반사계수 Γ 의 크기가 커지고, 전압에 따른 임피던스 변화가 선형적으로 나타나게 된다. 반사계수의 크기가 클수록 위상 천이기의 손실이 줄어들게 되며, 전압에 따른 임피던스 변화가 선형적이면, 위상 천이기의 위상 천이 특성이 선형화된다. 따라서 이와 같은 효과를 주기 위하여 임피던스 변환기 역할을 하는 전송선 L_3 를 추가하였다.

[0031]

도 3d는 Z_3 의 궤적이다. 이는 도 2의 360도 가변 리액턴스 부하의 특성이다.

[0032]

이와 같이, 전송선 L_3 가 추가된 상태의 가변 리액턴스 부하를 위상천이기에 적용하게 되면, 조정 전압에 따른 위상변화량이 선형적으로 나타나게 된다.

[0033]

도 5는 전송선 L_3 의 사용 여부에 따른 위상 천이기 특성을 도시한 그래프이다.

[0034]

도 5는 전송선 L_3 의 존재 여부에 따른 전압에 대한 위상 천이기의 위상천이량 특성 및 삽입손실로서, 이상적인 3 dB coupler를 두고 시뮬레이션 하였다. 앞서 언급한 바와 같이 L_3 의 사용하지 않은 경우, 6~8 V 영역에서 급격한 위상변화와 삽입 손실 변화가 나타나게 되는 반면, L_3 의 사용한 경우, 비교적 완만한 위상 변화와 삽입 손실을 보이는 것을 알 수 있다.

[0035]

도 6은 가변 리액턴스 부하의 반사계수의 크기에 따른 위상천이기 삽입손실을 도시한 그래프이다.

[0036]

반사계수의 크기가 1에 가까울수록 삽입 손실은 작아지게 된다. 설계된 소형화된 90도 브랜치라인 커플러에 도 2의 가변 리액턴스 부하를 사용할 경우, 반사계수의 최소 크기가 0.78로 약 -3 dB의 삽입 손실을 가질 것으로 예상 가능하다. 도 2의 부하의 경우, 0.68의 최소 반사계수의 크기로 약 -4 dB의 삽입 손실을 보일 것으로 예상되며, 개선된 360도 가변리액턴스 부하가 전송선 L_3 로 인하여 위상천이기의 삽입 손실을 줄일 수 있음을 알 수 있다.

[0037]

도 7a는 집중 소자를 이용하여 전송선의 소형화를 구현하는 개념을 설명하기 위한 도면, 도 7b는 소형화된 가변 리액턴스 부하 회로를 도시한 것, 도 7c는 소형화된 가변 리액턴스 부하의 레이아웃을 도시한 것이다.

[0038]

본 발명의 개선된 360도 가변 리액턴스 부하는 전송선을 기반으로 하기 때문에 여전히 크기 면에서는 불리한 점이 있다. 따라서 발명자들은 개선된 360도 가변 리액턴스 부하를 구성하는 전송선(L_1 , L_3)을 집중 소자로 구성된 π 형 회로로 등가하여 소형화하였다. 여기서 L_2 의 경우, 짧은 길이를 가져 비아홀을 통해 인덕턴스(약 0.1 nH)를 갖도록 하였다.

[0039]

도 7a는 집중 소자를 이용한 전송선의 소형화된 π 형 회로를 보였으며, 도 7b는 이와 같은 방법으로 소형화된 가변 리액턴스 부하의 회로를 보이며, 표 2에 회로 값을 나타내었다. 여기서 $C_{\pi 2}$ 는 $C_{\pi 1}$ 과 $C_{\pi 3}$ 의 병렬 합과 같게 하여 소자 수를 줄였다.

표 2

[0040]

	$L_{\pi 1}$ [nH]	$L_{\pi 2}$ [nH]	L_{via} [nH]	$C_{\pi 1}$ [pF]	$C_{\pi 2}$ [pF]	$C_{\pi 3}$ [pF]
Ideal	0.75	0.86	0.1	1.2	1.39	0.19
EM	-	-	-	0.6	0.6	-
측정	-	-	-	0.5	0.7	0.3

[0041]

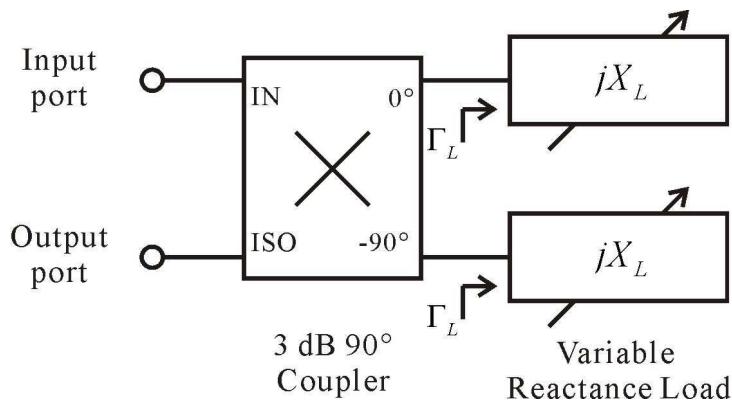
도 8은 소형화된 90도 브랜치 라인 커플러와 소형화된 360도 가변 리액턴스 부하가 연결된 360도 소형 아날로그 위상천이기의 레이아웃을 도시한 것이고, 도 9는 도 8의 레이아웃대로 제작된 소형 아날로그 위상천이기를 도시

한 것이다.

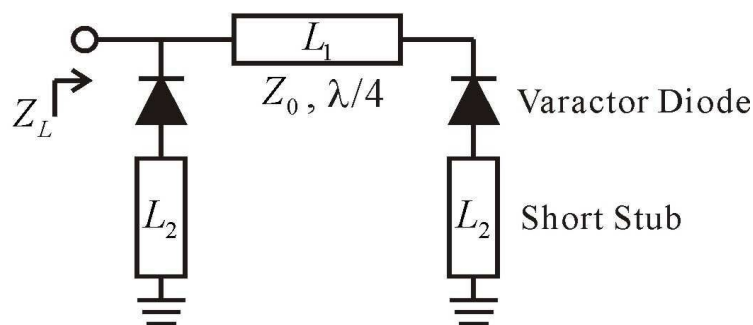
- [0042] 도 10a는 상기 도 9에 보인 위상 천이기에서 90도 브랜치라인 커플러를 분리 측정한 결과이며, 도 10b는 상기 도 9에 보인 위상 천이기에서 360도 가변 리액턴스 부하를 분리 측정한 결과이다. 5.3 GHz에서 측정된 360도 가변 리액턴스 부하는 0~10 V의 전압 가변 범위에서 360도 이상의 리액턴스 변화를 보임을 알 수 있다.
- [0043] 도 11a는 상기 도 9에 보인 위상 천이기의 측정된 S-파라미터이다. 중심 주파수 5.3 GHz에서 삽입 손실은 약 -4~-6 dB, 반사 손실은 -20 dB 이하를 갖는 것을 알 수 있다.
- [0044] 도 11b는 상기 도 9에 보인 위상 천이기의 측정된 전압에 따른 위상 변화 특성이다. 조정 전압 0~10 V에서 위상 천이량은 약 480도로 넓고 선형적으로 나타남을 알 수 있다. 또한, 5.1~5.5 GHz 주파수 대역에서는 약 -3~-8 dB의 삽입 손실, -15 dB 이하의 반사 손실, 420도 이상의 위상천이량을 보임을 알 수 있다.
- [0045] 이상, 본 발명의 실시 형태를 도면을 이용하여 설명하였으나, 구체적인 구성은 본 실시 형태로 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 요지를 일탈하지 않은 범위에 있어서 설계 변경 등이 있어도, 그것들은 본 발명에 포함되는 것이다.

도면

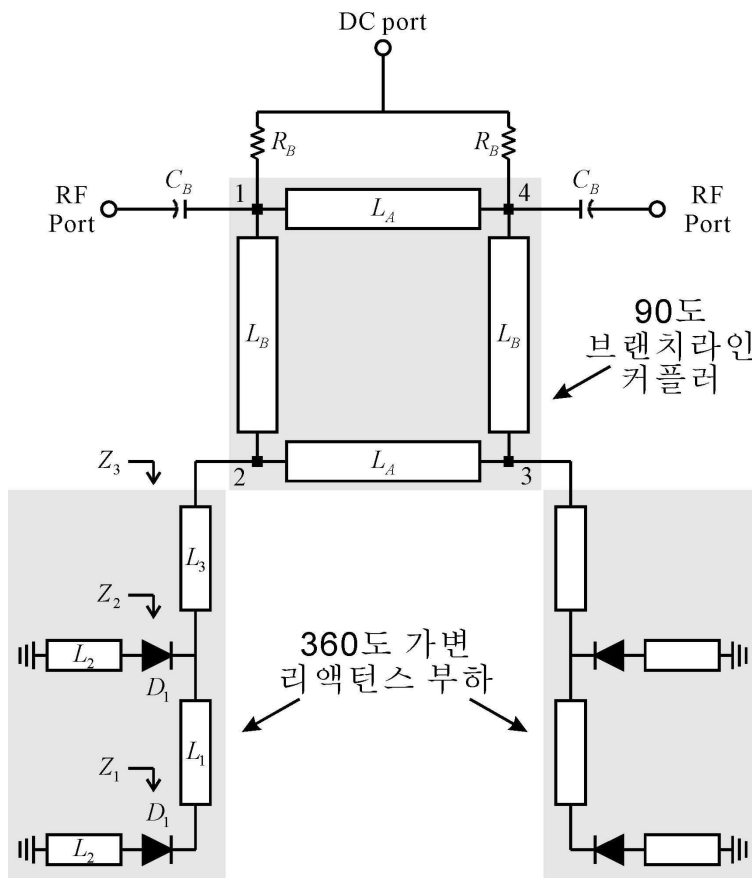
도면1



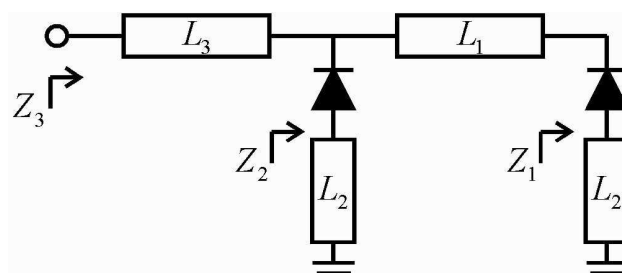
도면2



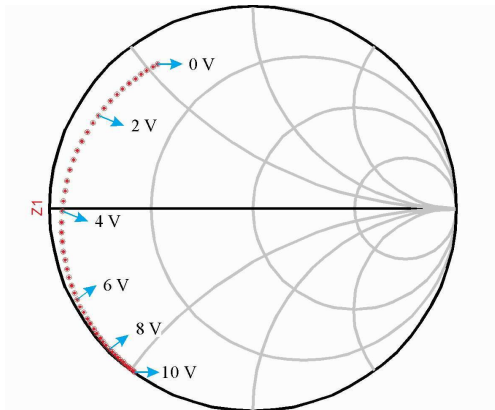
도면3a



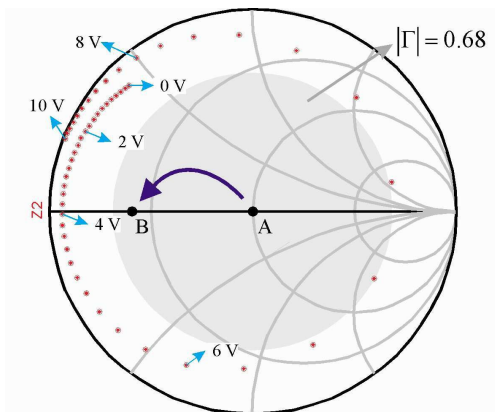
도면3b



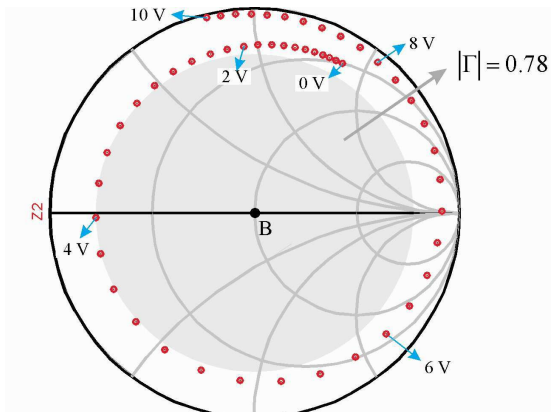
도면4a



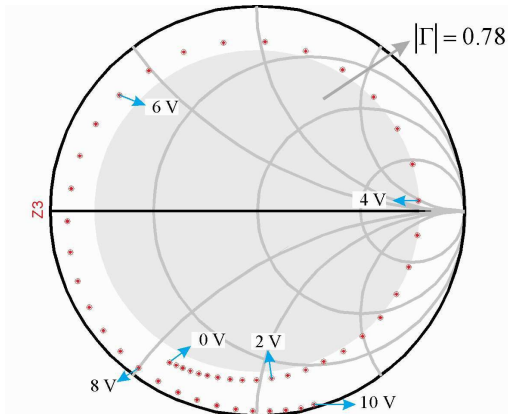
도면4b



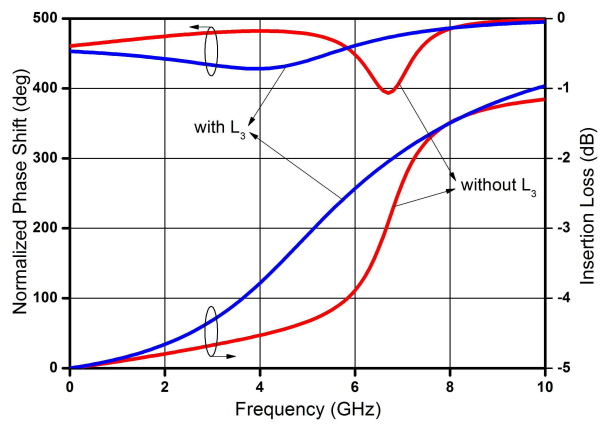
도면4c



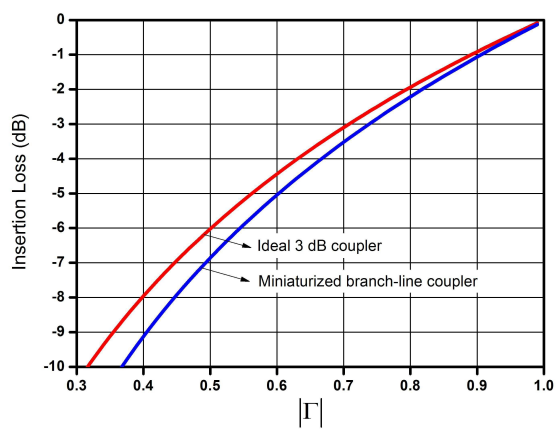
도면4d



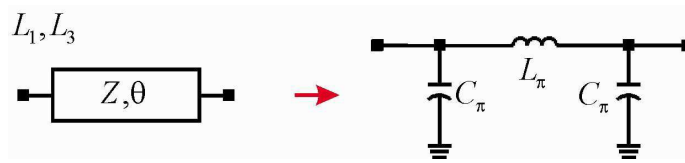
도면5



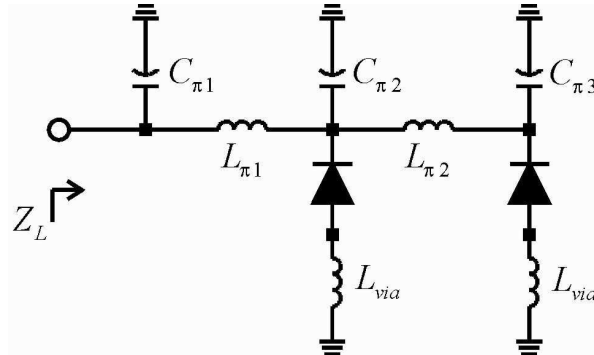
도면6



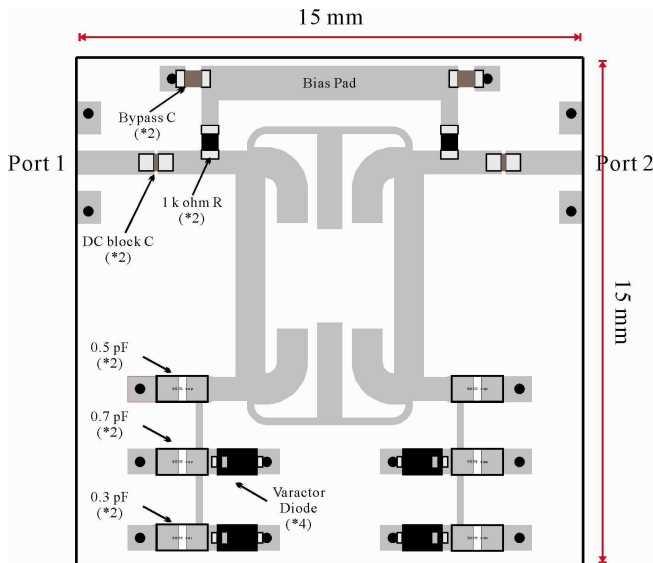
도면7a



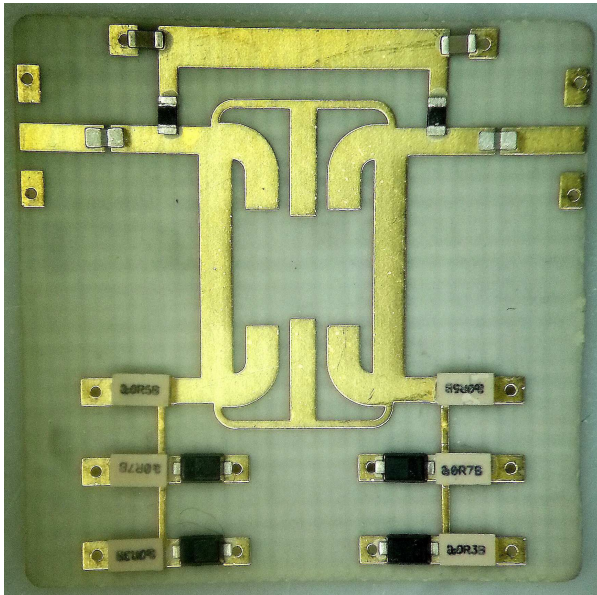
도면7b



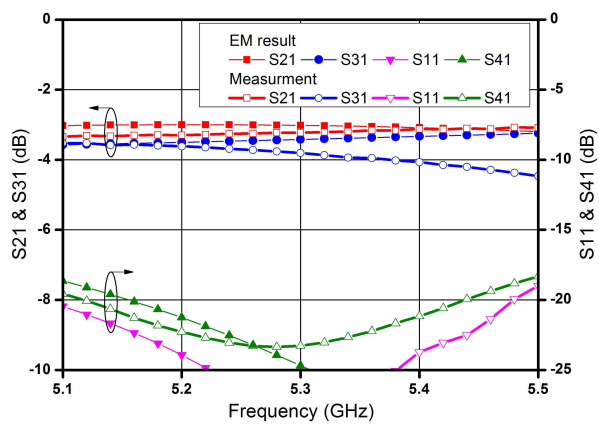
도면8



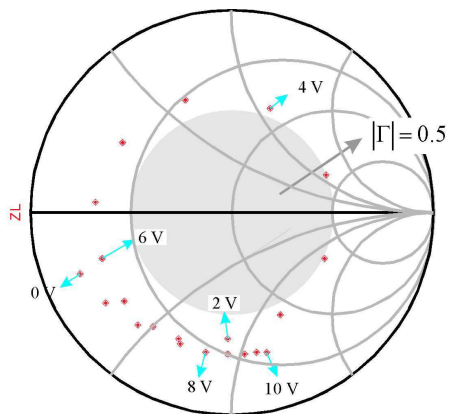
도면9



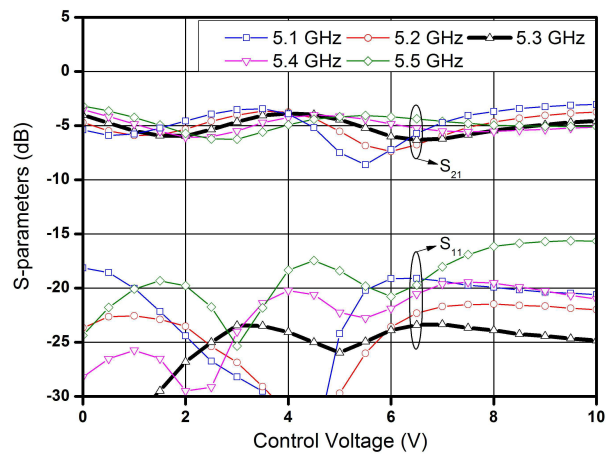
도면10a



도면10b



도면11a



도면11b

