(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0135762
(43) 공개일자 2012년12월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03H 9/66 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0054663
(22) 출원일자 2011년06월07일
심사청구일자 2011년06월07일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
김문일
경기도 성남시 수정구 복정로106번길 5-10, 402호 (복정동)
최승호
서울특별시 서대문구 가재울로 45, 현대아파트 104동 1001호 (남가좌동)
이국주
경기도 의정부시 신곡동 신명아파트 107동 503호
(74) 대리인
특허법인주원

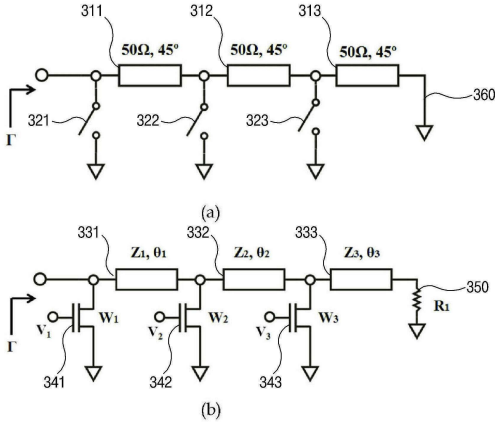
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **스위치-라인 형태의 반사부하를 이용한 반사형 위상변환기**

(57) 요 약

본 발명은 스위치-라인 형태의 반사부하를 이용한 반사형 위상변환기를 공개한다. 본 발명은 위상 변환기의 반사부하를 CMOS 스위치를 이용하여 스위치-라인 형태로 구성함으로써 360도 위상변화를 얻을 수 있다. 또한, 본 발명은 스위치-라인 형태를 구성하는 각 CMOS 스위치를 디지털 신호를 이용하여 제어가 가능하므로, 위상 조절용 바이어스 전압의 제어가 간편하다. 또한, 본 발명은 스위치 라인 형태의 반사 부하에 포함되는 CMOS 스위치의 게이트폭 및 보상 저항의 크기와 반사 부하에 포함되는 지연 소자 의 임피던스와 위상 지연값(전기적 길이)를 조절함으로써, 반사계수의 크기를 일정하게 유지하면서도, 반사계수의 위상변화 정도를 이상적으로 90도씩 변화시켜 360도 위상 변화가 가능하다.

대 표 도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	000419990110
부처명	중소기업청
연구사업명	산학연공동기술개발사업
연구과제명	위치표적 무인경계센서 개발
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2010.06.01 ~ 2011.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

하이브리드 커플러와 반사부하를 포함하는 위상 변환기로서,

상기 반사부하는

직렬로 연결된 복수의 지연 소자;

상기 복수의 지연 소자에 각각 대응되도록, 각 지연 소자 전단 노드에 연결된 복수의 스위치를 포함하고,

상기 복수의 스위치는 CMOS 스위치들로 구현되는 것을 특징으로 하는 위상 변환기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 하이브리드 커플러와 연결된 입력단에 가까울수록 게이트폭이 작은 CMOS 스위치가 배치되는 것을 특징으로 하는 위상 변환기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 하이브리드 커플러와 연결된 입력단에 가까울수록, 임피던스가 작은 지연 소자가 배치되는 것을 특징으로 하는 위상 변환기.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 하이브리드 커플러와 연결된 입력단에 가까울수록, 위상 지연값이 큰 지연 소자가 배치되는 것을 특징으로 하는 위상 변환기.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 직렬로 연결된 지연 소자의 말단과 접지 사이에, 상기 CMOS 스위치가 ON 된 상태에서의 저항보다 작은 저항값을 갖는 보상 저항을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 위상 변환기.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 복수의 스위치는 CMOS 스위치들로 구현되고, 상기 하이브리드 커플러와 연결된 입력단에 가까울수록 게이트폭이 작은 CMOS 스위치가 배치되며,

상기 입력단에 가까울수록 임피던스는 작고 위상 지연값은 큰 지연 소자가 배치되는 것을 특징으로 하는 위상 변환기.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 위상변환기에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 반사부하를 이용한 반사형 위상변환기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 광대역 주파수 대역을 사용해 고용량 데이터 전송이 가능한 밀리미터파 대역의 근거리 무선통신 시스템에 대한 관심이 높아지고 있으며, 밀리미터파 대역 통신에서는 제한된 출력신호를 사용해 효율적인 통신이 가능한 빔-포밍 안테나 기법이 주로 채택되고 있다. 빔-포밍 안테나 기법은 배열 안테나의 위상을 조절해 안테나의 빔-패턴을 조절하는 방법으로, 위상변환기가 전체 시스템의 성능을 좌우하는 주요 회로이다.

[0003] 다양한 형태의 위상변환기 중에서 반사형 위상변환기는 다른 종류의 위상변환기와 비교해 손실이 적으며 소형의 회로 설계가 가능한 것으로 알려져 있다. 반사형 위상변환기는 도 1과 같이 1개의 90도 하이브리드 커플러(Hybird Coupler)(100)와 2개의 동일한 반사부하(300)로 구성된다.

[0004] 반사형 위상변환기에서 출력 신호는 전적으로 반사부하(300)의 반사계수(Reflection Coefficient, Γ)에 의해 결정되므로, 위상변환기의 성능은 전적으로 반사부하의 특성에 의존하게 된다.

[0005] 반사부하의 설계 방법으로 가장 간단하면서도 일반적으로 사용되는 것은, 도 2에 도시된 바와 같은, 바랙터 다이오드(Varactor Diode)를 반사부하로 사용하는 것이다. 이와 같은 방법을 사용할 경우, 연속적인 위상변화를 얻을 수 있으며 각 위상에 따른 손실 편차가 적은 장점이 있지만, 위상 조절 범위가 180도 내외인 단점이 있다. 실제 빔-포밍 안테나 시스템에서는 연속적인 위상변화 보다는 360도의 조절 범위를 갖는 위상변환기가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 360도의 위상 변화가 가능한 위상 변환기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 위상 변환기는, 하이브리드 커플러와 반사부하를 포함하는 위상 변환기로서, 상기 반사부하는, 직렬로 연결된 복수의 지연 소자; 상기 복수의 지연 소자에 각각 대응되도록, 각 지연 소자 전단 노드에 연결된 복수의 스위치를 포함하며, 상기 복수의 스위치는 CMOS 스위치들로 구현된다.

[0008] 또한, 상기 하이브리드 커플러와 연결된 입력단에 가까울수록 게이트폭이 작은 CMOS 스위치가 배치되는 것이 바람직하다.

[0009] 또한, 상기 하이브리드 커플러와 연결된 입력단에 가까울수록, 임피던스가 작은 지연 소자가 배치되는 것이 바람직하다.

[0010] 또한, 상기 하이브리드 커플러와 연결된 입력단에 가까울수록, 위상 지연값이 큰 지연 소자가 배치되는 것이 바람직하다.

[0011] 또한, 상기 직렬로 연결된 지연 소자의 말단과 접지 사이에, 상기 CMOS 스위치가 ON 된 상태에서의 저항보다 작은 저항값을 갖는 보상 저항을 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0012] 또한, 상기 복수의 스위치는 CMOS 스위치들로 구현되고, 상기 하이브리드 커플러와 연결된 입력단에 가까울수록 게이트폭이 작은 CMOS 스위치가 배치되며, 상기 입력단에 가까울수록 임피던스는 작고 위상 지연값은 큰 지연 소자가 배치되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0013] 본 발명은 위상 변환기의 반사부하를 CMOS 스위치를 이용하여 스위치-라인 형태로 구성함으로써 360도 위상변화를 얻을 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 스위치-라인 형태를 구성하는 각 CMOS 스위치를 디지털 신호를 이용하여 제어가 가능하므로,

위상 조절용 바이어스 전압의 제어가 간편하다.

[0015] 또한, 본 발명은 스위치 라인 형태의 반사 부하에 포함되는 CMOS 스위치의 게이트폭 및 보상 저항의 크기와 반사 부하에 포함되는 지연 소자 의 임피던스와 위상 지연값(전기적 길이)를 조절함으로써, 반사계수의 크기를 일정하게 유지하면서도, 반사계수의 위상변화 정도를 이상적으로 90도씩 변화시켜 360도 위상 변화가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 전형적인 반사부하를 이용한 위상 변환기의 구성을 도시하는 도면이다.

도 2는 종래 기술에 따라서 바랙터 다이오드를 이용하여 반사형 위상변환기의 반사부하를 구현한 일 예를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에서 사용된 CMOS 스위치를 이용한 스위치-라인 형태의 반사부하의 구성예를 도시한 도면이다.

도 4는 CMOS 스위치를 이용하여 도 3의 (a)에 도시된 이상적인 반사 부하를 구현한 경우에, 반사 계수의 위상 및 크기를 도시한 도면이다.

도 5는 상술한 본 발명의 실시예에 따라서, CMOS 스위치의 게이트 폭과, 지연 소자의 임피던스 및 위상 지연값이 조절된 반사부하의 반사계수의 위상 및 크기를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.

[0018] 도 1은 전형적인 반사부하를 이용한 위상 변환기의 구성을 도시하는 도면이다. 본 발명은 도 1에 도시된 바와 같은 반사형 위상 변환기에서 이용되는 반사부하(LOAD)를 구성하는 방법과, 이러한 방법에 의해서 구성된 반사부하를 포함하는 위상 변환기에 관한 것이다.

[0019] 본 발명의 위상 변환기는 도 1에 도시된 바와 동일하게, 1개의 90도 하이브리드 커플러(Hybird Coupler)(100)와 2개의 동일한 반사부하(300)로 구성된다.

[0020] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에서 사용된 CMOS 스위치를 이용한 스위치-라인 형태의 반사부하의 구성예를 도시한 도면이다.

[0021] 도 3의 (a)는 이상적인 스위치가 적용된 경우의 반사 부하의 구성을 도시하는 도면이고, 도 3의 (b)는 기생 커패시터와 저항 성분으로 인한 손실이 존재하는 CMOS 스위치가 적용된 경우의 반사 부하의 구성을 도시하는 도면이다.

[0022] 먼저, 도 3의 (a)를 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 반사 부하는 직렬로 연결된 3개의 지연 소자(Delay Line)(311, 312, 313)와, 각 지연 소자(311, 312, 313)의 직전 노드에 연결된 3개의 CMOS 스위치(321, 322, 323)로 구성된다. 즉, 직렬로 연결된 지연 소자들(311, 312, 313) 사이에 2개의 CMOS 스위치(322, 323)가 연결되고, 하나의 CMOS 스위치(321)는 하이브리드 커플러(100)와 연결된 입력단에 연결된다. 이 때, 지연 소자들(311, 312, 313)은 마이크로 스트립라인으로 구현될 수 있고, 각각의 지연 소자들(311, 312, 313)은 50옴의 저항과 45도의 위상 지연을 나타낸다.

[0023] 도 3의 (a)에 도시된 예에서, 신호가 지연 소자(311, 312, 313)를 통과할때마다 지연 소자(311, 312, 313)에 대응되는 위상 지연 및 손실이 발생하고, 스위치를 통해서 접지면에서 반사될때마다 180도의 위상 지연이 발생한다.

[0024] 예를 들어, 부하에 대해서 180도의 위상 지연(-180도)을 발생시키고자 하는 경우에, 첫 번째 스위치(321)를 ON 시키면, 입력된 신호는 첫 번째 지연 소자(311)를 통과하지 않고 스위치(321)를 통해서 접지에서 반사되어 180도의 위상 지연(-180도)이 발생한 후 출력된다.

[0025] 부하에 대해서 270도의 위상 지연(-270도)을 발생시키고자 하는 경우에, 첫 번째 스위치(321)를 OFF시킨 상태에서 두 번째 스위치(322)를 ON 시키면, 입력된 신호는 첫 번째 지연 소자(311)를 통과하면서 45도의 위상지연이 발생한 후, 스위치(322)를 통해서 접지에서 반사되어 180도의 위상 지연(-180도)이 추가로 발생한 후, 다시 첫

번째 지연 소자(311)를 통과하면서 45도의 위상지연이 추가로 발생한 후 출력된다. 따라서, 최종적으로 270도의 위상 지연(-270도)이 발생하게 된다.

[0026] 동일한 방식으로, 세 번째 스위치(323)만을 ON 시키면 360도의 위상 지연(-360도)이 발생하고, 모든 스위치를 OFF시킨 상태를 유지하면 90도의 위상 지연(-90도)이 발생한다.

[0027] CMOS 스위치를 이용하여 도 3의 (a)에 도시된 이상적인 반사 부하를 구현한 방식에 따라서 실험한 결과, 반사계수의 위상 및 크기를 도 4에 도시하였다. 도 4를 참조하면, 실험결과 반사 계수의 위상이 정확하게 90도씩 지연되지 않음을 알 수 있고, 반사 계수의 크기가 일정하지 않음을 알 수 있다. 이는 실제로는 CMOS 스위치가 이상적으로 동작하지 않기 때문이다.

[0028] 이상적으로, CMOS 스위치(341, 342, 343)는 Off 상태에서 Open 임피던스를 특성을 나타내야 하지만, 실제로는 기생 커패시터 성분이 나타나며 밀리미터파 대역에서는 기생 캐패시터에 의한 위상변화가 초래되며, ON 상태에서는 저항 성분이 발생하여 각 상태에서의 반사계수 손실 편차를 발생시킨다.

[0029] CMOS 스위치에서 게이트 폭이 증가하면 Off 상태의 기생 캐패시터가 증가하는 반면 On 상태의 저항이 감소하며, 게이트 폭 감소는 반대로 기생 캐패시터를 감소시키고 저항을 증가시킨다. 따라서, 본 발명은 CMOS 스위치(341, 342, 343)의 게이트 폭(W1, W2, W3)을 조절하여 반사부하의 반사계수 특성을 조절하였다.

[0030] 구체적으로, 스위치-라인 형태의 반사부하에 포함된 CMOS 스위치(341, 342, 343) 각각은 Off 상태인 경우에 신호를 통과시키고, On 상태에서는 접지면과 단락되어 신호를 반사시킨다. 반사 계수의 위상은, 반사부하의 입력단으로부터 병렬로 설치된 CMOS 스위치(341, 342, 343)가 On 상태로 동작해 반사가 발생한 지점까지의 전기적 길이에 의해서 반사계수의 위상이 결정되고, 해당 구간을 신호가 이동하는 동안 발생하는 손실에 의해 반사계수의 크기가 결정된다.

[0031] 해당 구간의 손실은 지연 소자(331, 332, 333)의 손실과 병렬로 설치된 CMOS 스위치(341, 342, 343)의 On 상태 저항에 의한 손실로 구분된다. 만약, 동일한 게이트 폭을 사용할 경우 CMOS 스위치에 의한 손실은 동일하기 때문에 지연 소자 길이 차이에 의한 손실 편차가 발생해서, 입력단에서 가장 가까운 스위치가 On 상태로 동작할 때 가장 적은 손실이 발생한다.

[0032] 따라서, 본 발명의 바람직한 실시예서는, 각 위상 상태에 대한 반사계수 손실 편차를 최소화하기 위해서, 입력단과 더 가까운 스위치가 더 큰 저항값을 갖도록, 입력단에 가까울수록 더 작은 게이트 폭을 갖는 CMOS 스위치를 배치하였고, 입력단에서 멀어질수록 더 작은 저항값을 갖도록, 게이트폭이 더 큰 CMOS 스위치를 배치하였다.

[0033] 또한, 상기와 같은 게이트폭 변화는 반사계수의 위상 왜곡현상 관점에서도 양호한 효과를 나타낸다. Off 상태의 CMOS 스위치의 캐패시터 성분은 지연 소자(331, 332, 333)의 임피던스(Z1, Z2, Z3)와 전기적 길이(Θ1, Θ2, Θ3)를 변형시켜 반사부하의 위상 왜곡을 발생시킨다. 입력단과 가장 가까운 스위치(341)는 Off 상태일 경우에 항상 신호가 이동하는 지연 소자에 포함되어 있기 때문에 위상 왜곡에 가장 큰 영향을 미친다.

[0034] 따라서, 본 발명의 바람직한 실시예는 상기한 바와 같이, 입력단에 가까울수록 Off 상태일 때 커패시터 성분이 더 적은 좁은 게이트 폭의 스위치가 배치되기 때문에 위상 왜곡 현상을 최소화 할 수 있다.

[0035] CMOS 스위치의 On 상태 저항과 지연 소자의 손실 중에서, 스위치에 의한 손실 비율이 상대적으로 더 크기 때문에, 모든 스위치가 Off 상태로 반사부하 종단부가 단락된 경우의 반사 손실이 중간단의 On 상태 저항을 사용한 반사의 경우보다 적은 손실을 발생시킨다. 따라서, 본 발명의 바람직한 실시예는 반사부하 종단부를 단락시키는 대신 CMOS 스위치의 On 상태 저항보다 약간 작은 보상 저항(R1)(350)을 추가해 반사계수 크기의 편차를 감소시킬 수 있다.

[0036] 상술한 바와 같이, CMOS 스위치의 게이트폭 조절과 보상저항 추가는 주로 각 상태에 대한 반사계수 크기의 편차를 조절할 수 있다.

[0037] 한편, CMOS 스위치의 기생 커패시터 성분에 의한 위상 왜곡 현상을 개선하기 위해서, 본 발명의 바람직한 실시예는 각 지연 소자 의 임피던스와 위상지연(전기적 길이(Θ))을 조절하였다.

[0038] 위상 왜곡 현상이란 반사부하로부터 얻을 수 있는 반사계수 위상차가 정확한 90도 차이가 되지 않는 것을 의미한다. 상기와 같은 위상왜곡 현상은 지연 소자(331, 332, 333)의 임피던스(Z1, Z2, Z3)와 전기적 길이(Θ1, Θ2, Θ3)의 조절을 통해 개선 가능하다.

[0039] 지연 소자(331, 332, 333)의 임피던스(Z1, Z2, Z3)는 지연소자의 직렬 인덕턴스 성분과 병렬 커패시턴스 성분에

의해서 결정 된다($Z_0=\sqrt{\frac{L}{C}}$). Off 상태인 병렬 CMOS 스위치에 의한 라인 임피던스 변화는 기존 설계 값보다 임피던스가 작아지게 만들기 때문에 이를 보상하기 위해서 일반적으로 사용되는 50옴 임피던스보다 큰 라인 임피던스값의 지연 소자를 이용해야 한다.

[0040] 또한, 반사부하의 종단으로 갈수록 게이트폭 변화에 의해 병렬 CMOS 스위치의 커패시터값이 증가하므로 각 지연 소자의 임피던스값인 Z1, Z2, Z3는 점차적으로 증가하도록 설계하는 것이 바람직하다.(Z1 < Z2 < Z3)

[0041] 이와 마찬가지로 전기적 길이($\theta=\omega\sqrt{LC}$)는 CMOS 스위치에 의해 추가된 Off 상태 캐패시터에 의해 증가하기 때문에 최초 설계의 45도 보다 작게 설계하며, 반사부하의 입력단에서 종단으로 갈수록 전기적 길이(Θ)가 점차적으로 감소하도록 설정되는 것이 바람직하다.(Θ1 > Θ2 > Θ3)

[0042] 도 5는 도 3의 (b)와 같이, 상술한 본 발명의 실시예에 따라서, CMOS 스위치의 게이트 폭과, 지연 소자의 임피던스 및 위상 지연값이 조절된 반사부하의 반사계수의 위상 및 크기를 도시한 도면이다.

[0043] 도 5의 (a)를 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 CMOS 스위치의 게이트폭 및 지연 소자의 임피던스 및 위상 지연값이 조절된 경우에는, 위상 지연이 정확하게 90도씩 변화되고, (b)를 참조하면 반사계수의 크기가 거의 일정함을 알 수 있다. 특히, 이상적인 스위치 특성을 가정하여 설계한 도 4의 실험 결과와 비교하면, 도 4에 도시된 이상적인 CMOS 스위치를 가정한 경우 각 상태에서의 위상변화가 동일하지 않으며, 60 GHz에서 약 2.9 dB의 손실 편차를 나타내지만, 도 5에 도시된 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 각 파라미터가 변경된 경우에, 정확한 90도 위상변화와 손실 편차 0.3 dB로 반사계수의 왜곡 현상이 크게 개선되었음을 알 수 있다.

[0044] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 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 실시예들은 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.

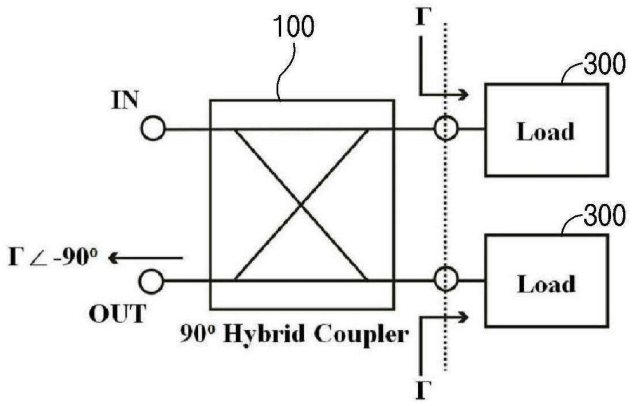
부호의 설명

[0045]

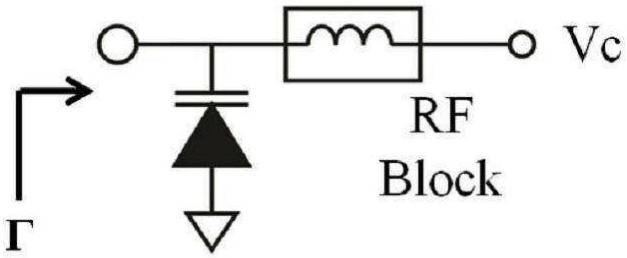
100	하이브리드 커플러
300	반사 부하
311, 312, 313, 331, 332, 333	지연소자
321, 322, 323	이상적인 스위치
341, 342, 343	실제 CMOS 스위치

도면

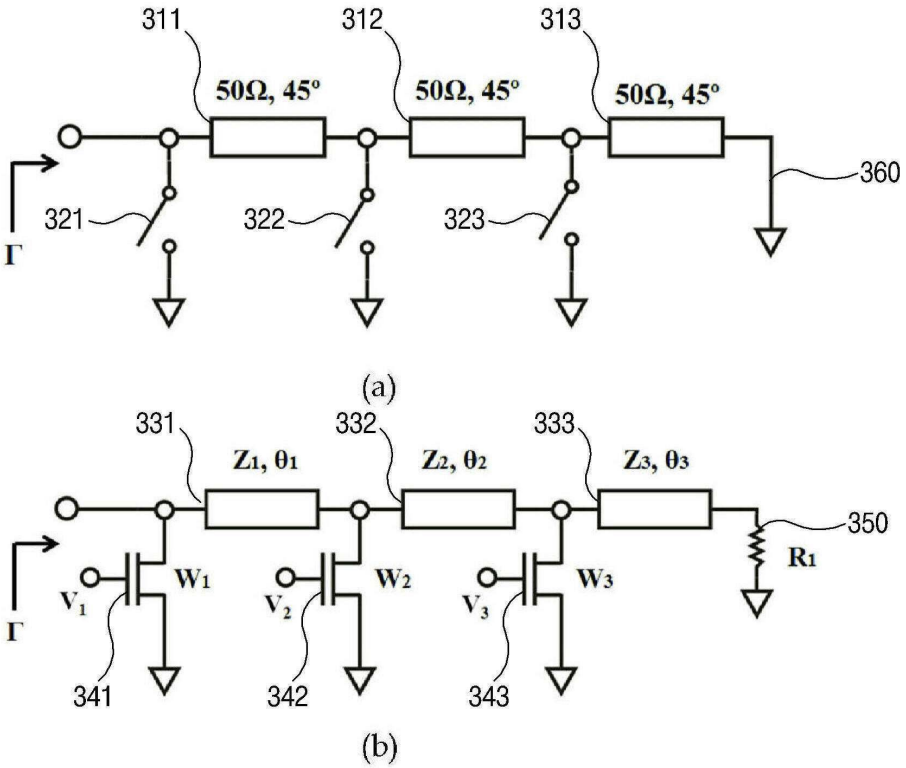
도면1



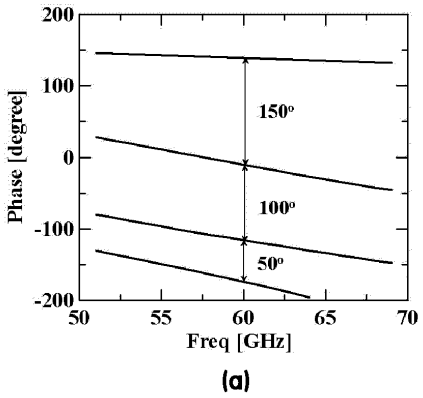
도면2



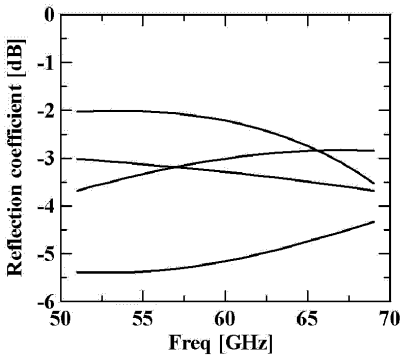
도면3



도면4

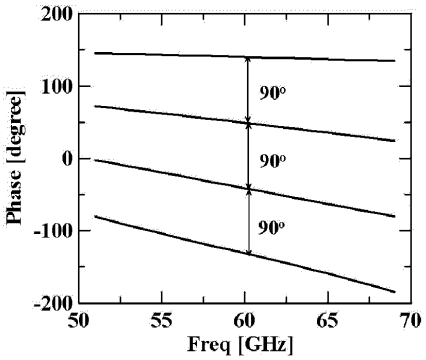

200
100
0
-100
-200
Phase [degree]
150°
100°
50°
50
55
60
65
70
Freq [GHz]

(a)

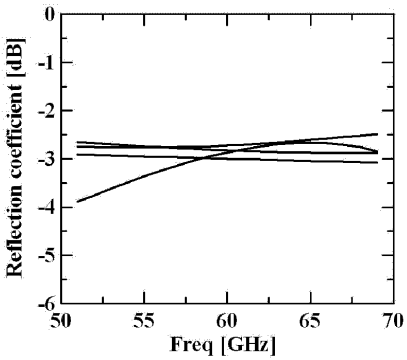

0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
Reflection coefficient [dB]
50
55
60
65
70
Freq [GHz]

(b)

도면5


200
100
0
-100
-200
Phase [degree]
90°
90°
90°
50
55
60
65
70
Freq [GHz]

(a)


0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
Reflection coefficient [dB]
50
55
60
65
70
Freq [GHz]

(b)