



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년10월10일
(11) 등록번호 10-1071844
(24) 등록일자 2011년10월04일

(51) Int. Cl.

H03F 3/60 (2006.01) H01P 7/08 (2006.01)

H01P 3/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0016434

(22) 출원일자 2009년02월26일

심사청구일자 2009년02월26일

(65) 공개번호 10-2010-0097480

(43) 공개일자 2010년09월03일

(56) 선행기술조사문헌

KR100688605 B1*

JP2004153815 A*

KR100394328 B1*

US4764740 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

세원텔레텍 주식회사

경기 안양시 동안구 관양2동 881번지

(72) 발명자

김철동

경기도 과천시 중앙동 67 주공아파트 1007-402

정용채

전라북도 전주시 덕진구 덕진1가 664-14 전북대학교

(74) 대리인

임준호

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 정병홍

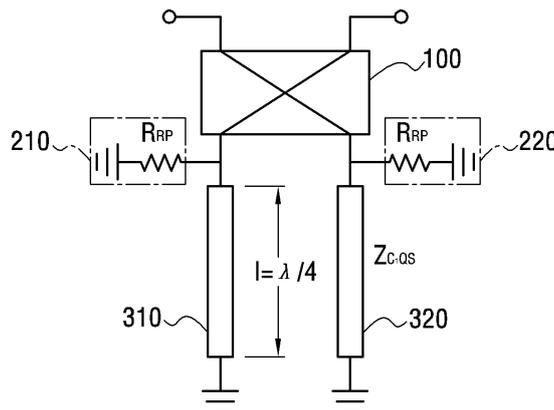
(54) 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로

(57) 요약

본 발명은 전송 신호가 회로나 시스템을 통과 시에 소요되는 균지연 시간이 음이 값을 갖도록 하는 회로로서, 회로 설계시 사용가능한 소자 값이 제한되는 것을 개선하고, 광대역에서도 삽입 손실을 줄이므로 일반적인 회로와의 합성 등을 통해 전달시간이 제로(0)인 통신 시스템이나, 선형전력증폭 시스템을 구축할 수 있는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로에 관한 것이다.

이를 위해 본 발명에서는 입력된 신호를 분기하는 90° 하이브리드와; 90° 하이브리드의 결합단 및 전송단에 연결되어 음의 균지연 시간을 조정하는 시간조정부와; 90° 하이브리드의 결합단 및 전송단에 연결된 전송선로를 포함한 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로를 제공한다.

대표도 - 도7



특허청구의 범위

청구항 1

입력된 신호를 분기하여 출력하는 90° 하이브리드와;
 90° 하이브리드의 결합단과 전송단에 연결되어 음의 균지연 시간을 조정하며, 저항으로 이루어진 시간조정부와;
 90° 하이브리드의 결합단과 전송단에 연결된 전송선로;
 를 포함하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로.

청구항 2

입력된 신호를 분기하여 출력하며 서로 직렬 연결된 다수의 90° 하이브리드와;
 각각의 90° 하이브리드 결합단과 전송단에 연결되어 음의 균지연 시간을 조정하며, 저항으로 이루어진 시간조정부와;
 각각의 90° 하이브리드의 결합단과 전송단에 연결된 전송선로와;
 다수의 90° 하이브리드 직렬 연결에 따른 삽입손실을 보상하는 이득증폭기;
 를 포함하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 시간조정부는 저항과 기생 인덕턴스 성분을 보상하는 캐패시터가 병렬로 연결된 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 전송선로는 90° 하이브리드의 결합단과 전송단에 시간조정부와 병렬 연결한 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 전송선로는 시간조정부와 직렬 연결한 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 전송선로는 종단이 단락된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기인 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로.

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 전송선로는 종단이 단락된 $\lambda/2$ 길이의 전송선로 공진기인 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로.

청구항 9

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 전송선로는 종단이 개방된 $\lambda/2$ 길이의 전송선로 공진기인 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로.

청구항 10

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 전송선로는 종단이 단락된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기인 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로.

청구항 11

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 전송선로는 종단이 개방된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기인 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 군지연 회로.

청구항 12

제 2 항에 있어서, 상기 이득증폭기는 각 90° 하이브리드의 입력단에 각각 설치한 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 군지연 회로.

청구항 13

제 2 항에 있어서, 상기 이득증폭기는 각 90° 하이브리드의 출력단에 각각 설치한 것을 특징으로 하는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 군지연 회로.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 음의 군지연 회로에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 회로 설계시 사용가능한 소자 값이 제한되는 것을 개선하고 광대역에서도 삽입 손실을 줄이므로 일반적인 회로와의 합성 등을 통해 전송 신호의 전달시간이 제로(0)인 통신 시스템이나, 선형전력증폭 시스템을 구축할 수 있는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 군지연 회로에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 군지연(Group Delay: GD)은 피드포워드 선형 전력 증폭기(Feedforward Linear Power Amplifier: FFW LPA)와 같이 광대역 신호 상체를 얻기 위하여 진폭과 위상만큼이나 정확하게 정합이 되어야 할 중요한 속성이다.

[0003] 일 예로 주 전력 증폭기 (Main Power Amplifier)의 출력 단에 군지연 소자가 존재할 경우, 군지연 소자는 피드포워드 선형 전력 증폭기의 효율성을 심각하게 낮추는 주요 원인으로 작용한다.

[0004] 한편, 음의 군지연 (Negative Group Delay: NGD)은 대개 일상 생활에서 존재하는 평범한 물질들이 가질 수 없는 때때로 혼란스러운 개념이기도 하다. 음의 군지연이 길지로 보기에 특수 상대성 이론과 인과성을 따르지 않는 것처럼 보일 수 있기 때문에 논쟁의 여지가 있을 수 있으나, 이러한 논쟁점들은 많은 연구자들이 다양한 실험 결과와 논문 등을 통해 그에 대한 논리적인 설명을 제시함에 따라 정리가 된 상태이다.

[0005] 한 연구에서는 예외적인 확산 특성을 갖는 물질의 경우 특정 주파수에서 군속도가 진공 상태에서 빛의 속도인 c 보다 크거나, 심지어는 음의 값을 갖는 것으로 관찰되었으며, 이러한 현상은 초광속이라고 정의되었다. 연구자들은 이러한 음의 군지연 또는 초광속 효과를 다양한 형태의 전기 회로에 응용하고자 하는 노력을 기울여 왔다.

[0006] 이전에도 음의 군지연을 FFW LPA에 응용한 사례가 있었으나, 매우 좁은 대역폭(2MHz의 2-톤 간격), 입/출력 반사 특성의 저하, 집중소자의 주요한 문제점인 사용 가능한 소자 값의 제한, 그리고 직관적인 설계 일반식이 제시되지 않았다는 점들로 인하여 선형 전력 증폭기에는 적합하지 않았다.

[0007] 일 예로 하나의 주파수 할당 신호(1FA)의 대역폭이 대략 5MHz에 달하는 광대역 코드 분할 다중접속 (Wideband Code Division Multiple Access: WCDMA) 신호와 같은 광대역 신호를 증폭하는 LPA 시스템의 경우, 매우 협소한 대역폭, 집중소자의 주요 문제점으로 인하여 음의 군지연을 적용하는데 적합하지 못하고, 또한 혼변조 왜곡 신호의 대역폭까지 감안한다면, 기존의 연구에서 제안된 회로를 이용할 경우 대역폭 요구 조건은 더욱 만족시키기 어려운 문제점이 발생되었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0008] 본 발명은 전술한 바와 같은 종래의 제반 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 시간 지연을 갖는 일반적인 회로와 합성할 경우에 기본적인 정수의 합을 통해 전달 시간이 제로인 시스템을 설계할 수 있는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로를 제공하는데 있다.
- [0009] 또한 본 발명의 목적은 집중소자로 인해 회로 설계시 사용 가능한 소자 값이 제한되는 문제점을 해결할 수 있는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로를 제공하는데 있다.
- [0010] 더욱이 본 발명의 또 다른 목적은 엄격한 평탄도 요구조건을 만족시면서 광대역의 음의 균지연 시간 응답을 얻을 수 있는 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로를 제공하는데 있다.

과제 해결수단

- [0011] 전술한 본 발명의 목적은 입력된 신호를 분기하여 출력하는 90° 하이브리드와; 90° 하이브리드의 결합단 및 전송단에 연결되어 음의 균지연 시간을 조정하는 시간조정부와; 90° 하이브리드의 결합단 및 전송단에 연결된 전송선로를 포함한 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로를 통해 달성할 수 있다.
- [0012] 또한 본 발명은 입력된 신호를 분기하여 출력하는 90° 하이브리드와; 90° 하이브리드의 결합단 및 전송단에 연결되어 음의 균지연 시간을 조정하는 시간조정부와; 90° 하이브리드의 결합단 및 전송단에 연결된 전송선로를 포함한 전송선로 공진기를 이용한 반사형 음의 균지연 회로와 반사형 음의 균지연 회로의 삽입손실을 보상하는 이득증폭기를 포함한 회로를 음의 균지연 회로를 통해 달성할 수 있다.

효과

- [0013] 본 발명은 음의 균지연 회로를 통해 시간 지연을 갖는 일반적인 회로와 합성할 경우 전달 시간이 제로인 통신 시스템을 실현할 수 있는 매우 유용한 효과가 있다.
- [0014] 본 발명은 분산소자인 전송선로 공진기를 통해 음의 균지연 회로 설계시 사용 가능한 소자 값이 제한되는 단점을 해소한 매우 유용한 효과가 있다.
- [0015] 본 발명은 매우 엄격한 요구조건을 필요로 하는 광대역의 경우에도 서로 다른 주파수에서 음의 균지연 시간을 갖는 음의 균지연 회로들의 직렬 접속을 통해 광대역 음의 균지연 응답을 얻을 수 있는 매우 유용한 효과가 있다.
- [0016] 본 발명은 시간조정부의 캐패시터를 통해 칩 저항의 기생 인덕턴스 성분을 보상하므로 보다 신뢰성 높은 음의 균지연 회로를 구현할 수 있는 유용한 효과도 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0017] < 제 1 실시예 >
- [0018] 먼저, 본 발명에 따른 전송선로 공진기를 적용한 병렬 반사형 음의 균지연 회로를 기술하기 이전에 본 발명에 적용되는 이론과 그 결과를 수학적 1~7과 도 1~7을 통해 설명한다.
- [0019] 도 1은 집중소자로 이루어진 병렬 반사형(Reflective Parallel: RP) 음의 균지연회로의 등가회로로서, 기본적인 구조는 RLC 병렬 공진회로의 형태로 이루어진다.
- [0020] 여기서 병렬 반사형(RP) 음의 균지연회로의 입력 임피던스는 아래의 수학적 1과 같이 표현이 가능하다.

수학식 1

$$Z_{in,RP} = \frac{1}{Y_{in,RP}} = \frac{1}{R_{RP} + j\left(\omega L_{RP} - \frac{1}{\omega C_{RP}}\right)}$$

[0021]

[0022] 수학식 1을 이용하여 입력 반사계수 Γ_{RP} 의 진폭과 위상 성분을 아래의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\Gamma_{RP} = \frac{Y_{in,RP} - Y_0}{Y_{in,RP} + Y_0} = \frac{\sqrt{\left[(R_{RP}Y_0 - 1)\omega L_{RP}\right]^2 + \left[(\omega^2 L_{RP} C_{RP} - 1)R_{RP}\right]^2}}{\sqrt{\left[(R_{RP}Y_0 + 1)\omega L_{RP}\right]^2 + \left[(\omega^2 L_{RP} C_{RP} - 1)R_{RP}\right]^2}} \angle \phi_{in,RP}$$

[0023]

[0024] 수학식 2에서 간략화된 반사계수의 위상 성분은 아래의 수학식 3으로 표현될 수 있다.

수학식 3

$$\phi_{in,RP} = -\tan^{-1}\left(\frac{(\omega^2 L_{RP} C_{RP} - 1)R_{RP}}{(R_{RP}Y_0 - 1)\omega L_{RP}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{(\omega^2 L_{RP} C_{RP} - 1)R_{RP}}{(R_{RP}Y_0 + 1)\omega L_{RP}}\right)$$

[0025]

[0026] 균지연을 구하기 위하여 수학식 3을 각 주파수 ω 에 대하여 편미분을 취한 후 공진 주파수 조건($\omega_0^2 = 1/L_{RP}C_{RP}$)을 대입하면, 아래의 수학식 4와 같은 균지연 시간을 얻을 수 있다.

수학식 4

$$GD_{RP}\Big|_{\omega=\omega_0} = -\frac{d\phi_{in,RP}}{d\omega}\Big|_{\omega=\omega_0} = \frac{4R_{RP}^2 Z_0 C_{RP}}{R_{RP}^2 - Z_0^2}$$

[0027]

[0028] 그리고 공진 주파수에서 반사계수 값을 아래의 수학식 5에서와 같이 저항 R_{RP} 에 대한 함수로 표현할 수 있다.

수학식 5

$$\Gamma_{RP}\Big|_{\omega=\omega_0} = \frac{1 - R_{RP}Y_0}{1 + R_{RP}Y_0}$$

[0029]

[0030] 도 2는 수학식 4를 이용하여 C_{RP} 와 R_{RP} 에 따른 균지연 시간을 MATLAB으로 연산하여 나타낸 것이고, 도 3은 수

학식 5를 이용하여 R_{RP} 에 따른 반사계수를 MATLAB으로 연산하여 나타낸 것이다.

[0031] 도시된 바와 같이 음의 균지연 크기는 $R_{RP} < 50$ 인 범위 내에서 R_{RP} 와 C_{RP} 에 비례함을 알 수 있다. 그러나 반사형 회로에서 반사 손실은 곧 삽입 손실을 의미하므로, 음의 균지연 값이 커질수록 신호의 감쇄량 역시 커진다는 사실을 알 수 있으며, 이는 음의 균지연과 신호 감쇄 사이에서 적절한 타협(Trade-Off)을 필요로 한다.

[0032] 이와 같이 집중소자로 이루어진 회로는 그 설계과정에서 사용 가능한 소자 값이 제한되는 단점이 있다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 분산 소자 형태로 변환하는 방법이 필요하다.

[0033] 도 4, 5는 분산 소자로 변환된 전송선로 공진기의 대표적인 사례를 나타낸 것으로, 도 4는 전기각이 $\lambda/4$ 의 홀수 배인 단락 선로를 나타낸 것이고, 도 5는 전기각이 $\lambda/2$ 의 정수 배인 개방선로의 사례를 나타낸 것이다. 여기서 회로의 소형화를 위하여 $n=1$ 인 경우를 주로 이용한다.

[0034] 다양한 마이크로웨이브 회로 설계의 경우, 종단이 개방 또는 단락된 $\lambda/4$ 또는 $\lambda/2$ 길이의 전송 선로는 특정 주파수에서 공진기로 이용될 수 있다.

[0035] 도 1에서 도시한 병렬 반사형 집중소자 음의 균지연 회로의 등가회로는 $\lambda/4$ 단락 전송선로 (Quarter-wavelength shorted transmission line: QS), 또는 $\lambda/2$ 개방 전송선로 (Half-wavelength open transmission line: HO)의 형태로 변환이 가능하다. 각 선로의 특성 임피던스는 아래의 수학적 식 6, 7과 같이 공진조건 하에서 C_{RP} 에 대한 함수로 표현할 수 있다.

수학적 식 6

$$Z_{0,HO} = \frac{1}{(2\omega_0 C_{RP} / \pi)}$$

[0036]

수학적 식 7

$$Z_{0,QS} = \frac{1}{(4\omega_0 C_{RP} / \pi)}$$

[0037]

[0038] 여기서 한 가지 유의해야 할 점은 구현 가능한 전송선로 공진기의 특성 임피던스를 얻기 위해서는 적절한 범위의 C_{RP} 를 선택해야 한다.

[0039] 도 6은 기본회로의 시뮬레이션 회로를 나타낸 것으로, 집중소자 구조의 병렬 반사형 음의 균지연 회로의 시뮬레이션 회로도 와 전송선로 공진기를 적용한 음의 균지연 회로도이다.

[0040] 여기서 상기한 수학적 식 4와 도 2를 이용하여 -8ns 를 얻기 위한 소자 값 $R_{RP}=47.2\Omega$, $C_{RP}=1.107\text{pF}$, $L_{RP}=1.107\text{nH}$ 를 얻을 수 있고, 수학적 식 5를 이용하여 중심주파수 2.14 GHz 에서 반사 손실이 -30.81dB 이 될 것이라는 사실을 예측할 수 있다.

[0041] 그리고 수학적 식 7을 이용하여 집중 소자 값을 분산소자 형태인 전송선로 공진기로 변환하고, 변환된 $\lambda/4$ 단락 (QS) 전송선로의 계산된 특성 임피던스는 60.16Ω 임을 알 수 있다.

[0042] 이하, 본 발명의 실시예를 도 8 내지 도 11을 참조하여 상세하게 설명한다.

- [0043] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 90° 하이브리드와 전송선로 공진기를 이용한 병렬 반사형 음의 균지연 회로를 나타낸 것으로, 도시된 바와 같이 크게 90° 하이브리드(100), 제1,2 시간조정부(210)(220), 제1,2 전송선로(310)(320)로 이루어진다.
- [0044] 먼저, 90° 하이브리드(100)는 입/출력 반사계수의 특성을 개선시키기 위하여 적용한 것으로, 입력된 신호를 분기하여 제1,2 시간조정부(210)(220)로 각각 출력한다.
- [0045] 제1,2 시간조정부(210)(220)는 음의 균지연 시간을 조정하기 위하여 상기한 90° 하이브리드(100)의 결합단과 전송단에 각각 연결된 것으로, 저항(R_{RP})으로 구성한다.
- [0046] 제1,2 전송선로(310)(320)는 공진을 발생시키기 위한 것으로, 본 발명에서는 그 일 예로 종단이 단락된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기를 90° 하이브리드(100)의 결합단과 전송단에 제1,2 시간조정부(210)(220)와 병렬로 각각 연결한다.
- [0047] 한편, 상기한 제1,2 전송선로는 종단이 단락된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기이외에 도 8에 도시한 바와 같이 종단이 개방된 $\lambda/2$ 길이의 전송선로 공진기를 이용할 수도 있다.
- [0048] 도 9는 Agilent사의 ADS2008a를 이용한 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로, 집중소자로 이루어진 병렬 반사형 음의 균지연 회로와 본 발명에 따른 전송선로가 적용된 병렬 반사형 음의 균지연 회로의 각 반사계수와 군속도를 시뮬레이션을 통해 서로 비교하여 나타낸 것이다.
- [0049] 도시된 바와 같이 중심주파수에서 단위 셀은 -8ns의 균지연, 약 31dB의 삽입손실을 가지고 있다. 예상치인 -8ns와의 차이인 1ns의 오차는 90° 하이브리드(100)와 다른 연결 소자로 인한 값으로 추정되나, 그 영향은 미미하다.
- [0050] 이와 같이 본 발명에서 제안하는 회로 합성식을 이용한 계산 결과와 시뮬레이션 결과가 일치함을 알 수 있다. 또한 집중소자에서 제1,2 전송선로(310)(320)인 분산소자의 변환 또한 동일한 특성을 유지하면서 등가적으로 이루어졌음을 관찰할 수 있다.
- [0051] 따라서 본 발명의 전송선로 공진기를 이용한 병렬 반사형 음의 균지연 회로는 특정 주파수 대역에서 음의 균지연 효과를 얻을 수 있다. 이를 통해 기존의 집중소자의 단점인 사용 가능한 소자 값의 제약을 극복할 수 있고, 일반적인 회로와 합성할 경우, 기본적인 정수의 합에 의해서 전달시간이 제로(0)인 통신 시스템이나 선형전력증폭 시스템을 구축할 수 있다.
- [0052] 특히 마이크로웨이브와 초고주파 회로를 설계하는데 있어서 매우 유용하게 사용될 수 있는 장점이 있다.
- [0053] < 제 2 실시예 >
- [0054] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 90° 하이브리드와 전송선로 공진기를 이용한 2단 병렬 반사형 음의 균지연 회로를 나타낸 것으로, 도시된 바와 같이 크게 제1,2 90° 하이브리드(110)(120), 제1,2,3,4 시간조정부(210)(220)(230)(240), 제1,2,3,4 전송선로(310)(320)(330)(340), 제1,2 이득증폭기(410)(420)로 이루어진다.
- [0055] 먼저, 제1,2 90° 하이브리드(110)(120)는 입/출력 반사계수의 특성을 개선시키기 위하여 적용한 것으로, 입력된 신호를 분기하여 제1,2 시간조정부(210)(220)와 제3,4 시간조정부(230)(240)로 각각 출력하고, 서로 직렬 연결한다.
- [0056] 제1,2,3,4 시간조정부(210)(220)(230)(240)는 음의 균지연 시간을 조정하기 위하여 상기한 제1,2 90° 하이브리드(110)(120)의 결합단과 전송단에 연결된 것으로, 제1,2 시간조정부(210)(220)는 제1 90° 하이브리드(110)의 결합단과 전송단에 연결하고, 제3,4 시간조정부(230)(240)는 제2 90° 하이브리드(120)의 결합단과 전송단에 연결한다.
- [0057] 그리고 제1,2,3,4 시간조정부(210)(220)(230)(240)는 각각 저항(R_{RP})과 캐패시터(C_{COMP})로 병렬 구성하며, 캐패시터(C_{COMP})는 칩 저항의 기생 인덕턴스 성분을 보상하는 역할을 수행하게 한다.
- [0058] 제1,2,3,4 전송선로(310)(320)(330)(340)는 공진을 발생시키기 위한 것으로, 본 발명에서는 그 일 예로 종단이 단락된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기를 적용하였다. 따라서 제1,2 전송선로(310)(320)는 제1 90° 하이브리드

(110)의 결합단과 전송단에 제1,2 시간조정부(210)(220)와 병렬로 각각 연결하고, 제3,4 전송선로(330)(340)는 제2 90° 하이브리드(120)의 결합단과 전송단에 제3,4 시간조정부(230)(240)와 병렬로 각각 연결한다.

[0059] 제1,2 이득증폭기(410)(420)는 음의 균지연 회로들의 삽입손실을 보상하기 위한 것으로, 제1 이득증폭기(410)는 제1 90° 하이브리드(110)의 입력단에 연결하고, 제2 이득증폭기(420)는 제2 90° 하이브리드(120)의 입력단(또는 제1 90° 하이브리드(110)의 출력단)에 연결한다.

[0060] 한편, 상기한 제1,2,3,4 전송선로(310)(320)(330)(340)는 종단이 단락된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기 이외에 종단이 개방된 $\lambda/2$ 길이의 전송선로 공진기를 이용할 수 있고, 더 넓은 주파수 대역폭을 위해 서로 다른 공진 주파수 특성을 갖는 전송선로를 이용할 수도 있으며, 전송선로는 병렬 연결 이외에 직렬로도 연결할 수 있다.

[0061] 도 11, 12는 본 발명에 따른 전달계수 및 군속도의 특성을 나타낸 시뮬레이션과 측정 결과를 나타낸 그래프이다. 도시된 바와 같이 측정결과 균지연 -7.12ns , 삽입손실 1.76dB 의 결과를 얻었으며, 시뮬레이션 결과와 거의 일치함을 알 수 있다.

[0062] 동작 주파수 대역인 $2.14 \pm 0.0015\text{GHz}$ 에서는 $\pm 0.6\text{dB}$ 의 삽입 손실 진폭 평탄도와 $\pm 0.24\text{ns}$ 의 균지연 평탄도를 유지하면서 -7.36ns 의 균지연 특성과 1.76dB 의 삽입 손실이 측정되었다. 시뮬레이션을 통해서 예상치와 비교해 볼 때에 1ns 의 오차가 발생하였으나, 이는 제1,2 90° 하이브리드(110)(120), 제1,2 이득증폭기(410)(420) 등의 연결 소자들에 의하여 발생된 것으로 추정되며, 그 영향은 미미하다.

[0063] 이와 같이 본 발명의 전송선로 공진기를 이용한 2단 병렬 반사형 음의 균지연 회로는 특정 주파수 대역폭에서 음의 균지연 효과를 얻을 수 있다. 이를 통해 기존의 집중소자의 단점인 사용 가능한 소자 값의 제약을 극복할 수 있고, 일반적인 회로와 합성할 경우, 기본적인 정수의 합에 의해서 전달시간이 제로(0)인 통신 시스템을 구축할 수 있다.

[0064] 특히 마이크로웨이브와 초고주파 회로 및 선형전력증폭 시스템을 설계하는데 있어서 매우 유용하게 사용될 수 있는 장점이 있다.

[0065] 더욱이 본 발명은 시간조정부의 캐패시터를 통해 칩 저항의 기생 인덕턴스 성분을 보상하므로 보다 신뢰성 높은 음의 균지연 회로를 구현할 수 있는 장점도 있다.

[0066] < 제 3 실시예 >

[0067] 먼저, 본 발명에 따른 전송선로 공진기를 적용한 직렬 반사형 음의 균지연 회로를 기술하기 이전에 본 발명에 적용되는 이론과 그 결과를 수학적 8~14와 도 15~17을 통해 설명한다.

[0068] 도 13은 집중소자로 이루어진 직렬 반사형(Reflective Serial: RS) 음의 균지연회로의 기본회로를 나타낸 것으로, 기본적인 구조는 RLC 직렬 공진회로의 형태로 이루어져 있다. 직렬 반사형 음의 균지연 회로의 입력 임피던스는 아래의 수학적 8과 같이 표현이 가능하다.

수학적 8

$$Z_{in,RS} = R_{RS} + j \left(\omega L_{RS} - \frac{1}{\omega C_{RS}} \right)$$

[0069]

[0070] 수학적 8을 이용하여 입력 반사계수 Γ_{RS} 의 진폭과 위상 성분을 아래의 수학적 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$\Gamma_{RS} = \frac{Z_{in,RS} - Z_0}{Z_{in,RS} + Z_0} = \frac{\sqrt{[(R_{RS}Z_0 - 1)\omega C_{RS}]^2 + [(\omega^2 L_{RS} C_{RS} - 1)R_{RS}]^2}}{\sqrt{[(R_{RS}Z_0 + 1)\omega C_{RS}]^2 + [(\omega^2 L_{RS} C_{RS} - 1)R_{RS}]^2}} \angle \phi_{m,RS}$$

[0071]

[0072] 수학식 9에서 간략화된 반사계수의 위상 성분은 아래의 수학식 10으로 표현된다.

수학식 10

$$\phi_{m,RS} = -\tan^{-1}\left(\frac{(\omega^2 L_{RS} C_{RS} - 1)}{(R_{RS}Z_0 - 1)\omega C_{RS}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{(\omega^2 L_{RS} C_{RS} - 1)}{(R_{RS}Z_0 + 1)\omega C_{RS}}\right)$$

[0073]

[0074] 균지연을 구하기 위하여 수학식 10을 각 주파수에 대하여 편미분을 취한 후 공진 주파수 조건($\omega_0^2 = 1/L_{RS}C_{RS}$)을 대입하면, 아래의 수학식 11과 같은 균지연 시간을 얻을 수 있다.

수학식 11

$$GD_{RS} \Big|_{\omega=\omega_0} = -\frac{d\phi_{m,RS}}{d\omega} \Big|_{\omega=\omega_0} = -\frac{4Z_0 L_{RS}}{R_{RS}^2 - Z_0^2}$$

[0075]

[0076] 또한 공진 주파수에서 반사계수 값을 아래의 수학식 12와 같이 저항 R_{RS} 에 대한 함수로 표현할 수 있다.

수학식 12

$$\Gamma_{RS} \Big|_{\omega=\omega_0} = \frac{R_{RS} - Z_0}{R_{RS} + Z_0}$$

[0077]

[0078] 도 14는 수학식 11을 이용하여 L_{RS} 와 R_{RS} 에 따른 균지연 시간을 MATLAB으로 연산하여 나타낸 것이고, 도 15는 수학식 12를 이용하여 R_{RS} 에 따른 반사계수를 MATLAB으로 연산하여 나타낸 것이다.

[0079] 도시된 바와 같이 음의 균지연 크기는 $R_{RS} > 50$ 범위 내에서 R_{RS} 에 반비례하고 L_{RS} 에 비례한다. 반사형 회로에서 반사 손실은 곧 삽입 손실을 의미하므로, 음의 균지연 값이 커질수록 신호의 감쇄량 역시 커진다는 사실을 알 수 있으며, 이는 음의 균지연과 신호 감쇄 사이에서 적절한 타협(Trade-Off)을 필요로 한다.

[0080] 이미 기술한 바와 같이 집중소자로 이루어진 회로는 그 설계과정에서 사용 가능한 소자 값이 제한되는 단점이 있다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 분산 소자 형태로 변환하는 방법이 필요하다.

[0081] 직렬 반사형 집중소자를 적용한 음의 균지연회로의 등가회로는 중단이 개방된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로(Quarter-wavelength open transmission line: QO), 또는 중단이 단락된 $\lambda/2$ 길이의 전송선로(Half-wavelength short

transmission line: HS) 형태로 변환이 가능하다.

[0082] 각 전송선로의 특성 임피던스는 아래의 수학식 13, 14 에서와 같이 공진 조건 하에서 L_{RS} 에 대한 함수로 표현할 수 있다. 여기서 한 가지 유의해야 할 점은 구현 가능한 전송선로 공진기의 특성 임피던스를 얻기 위해서는 적절한 범위의 L_{RS} 를 선택해야 한다는 점이다.

수학식 13

[0083]
$$Z_{0, QO} = 4\omega_0 L_{RS} / \pi$$

수학식 14

[0084]
$$Z_{0, HS} = 2\omega_0 L_{RS} / \pi$$

[0085] 도 16은 본 발명에 따라 종단이 개방된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기를 적용한 직렬 반사형 음의 균지연 회로를 나타낸 것으로, 90° 하이브리드(100), 제1,2 시간조정부(210)(220), 제1,2 전송선로(310)(320)로 이루어진다.

[0086] 먼저, 90° 하이브리드(100)는 입/출력 반사계수의 특성을 개선시키기 위하여 적용한 것으로, 입력된 신호를 분기하여 제1,2 시간조정부(210)(220)로 각각 출력한다.

[0087] 제1,2 시간조정부(210)(220)는 음의 균지연 시간을 조정하기 위하여 상기한 90° 하이브리드(100)의 결합단과 전송단에 각각 연결된 것으로, 저항(R_{RP})으로 구성한다.

[0088] 제1,2 전송선로(310)(320)는 공진을 발생시키기 위한 것으로, 본 발명에서는 그 일 예로 종단이 개방된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기를 제1,2 시간조정부(210)(220)의 저항에 각각 직렬로 연결한다.

[0089] 한편, 상기한 제1,2전송선로는 종단이 개방된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기이외에 도 17에 도시한 바와 같이 종단이 단락된 $\lambda/2$ 길이의 전송선로 공진기를 이용할 수 있다.

[0090] 이와 같이 본 발명의 전송선로 공진기를 이용한 직렬 반사형 음의 균지연 회로는 제1 실시예와 마찬가지로 특정 주파수 대역에서 음의 균지연 효과를 얻을 수 있다. 이를 통해 기존의 집중소자의 단점인 사용 가능한 소자 값의 제약을 극복할 수 있고, 일반적인 회로와 합성할 경우, 기본적인 정수의 합에 의해서 전달시간이 제로(0)인 통신 시스템이나, 선형전력증폭 시스템을 구축할 수 있다.

[0091] 특히 마이크로웨이브와 초고주파 회로를 설계하는데 있어서 매우 유용하게 사용될 수 있는 장점이 있다.

[0092] 한편, 이상에서와 같이 기술한 본 발명의 여러 실시 예는 바람직한 일 예를 설명한 것에 불과한 것으로, 본 발명의 적용범위는 이와 같은 것에 한정되는 것은 아니며, 동일사상의 범주 내에서 적절하게 변경 가능한 것이다.

[0093] 일 예로 더 넓은 주파수 대역폭을 필요로 할 경우, 서로 다른 공진 주파수 특성을 갖는 전송선로 공진기를 적용한 병렬/직렬 반사형 음의 균지연 회로와 삽입 손실 보상용 소신호 증폭기를 직렬 연결하므로 원하는 광대역 주파수 응답 특성을 얻을 수 있는 등 동일사상의 범주 내에서 적절하게 변경 가능한 것이다.

도면의 간단한 설명

[0094] 도 1은 집중소자로 이루어진 병렬 반사형 음의 균지연회로 기본회로도.

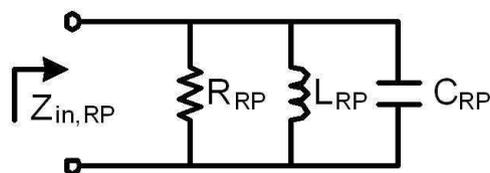
[0095] 도 2는 C_{RP} 와 R_{RP} 에 따른 균지연 시간을 나타낸 그래프.

[0096] 도 3은 R_{RP} 에 따른 반사계수를 나타낸 그래프.

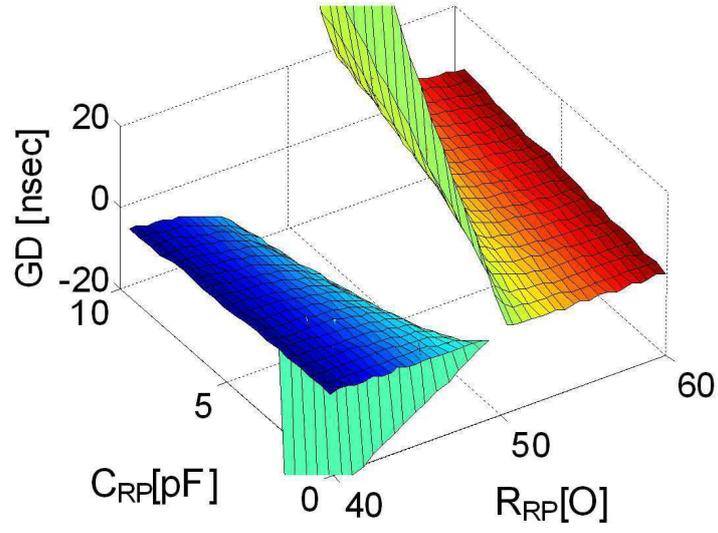
- [0097] 도 4는 전기각이 $\lambda/4$ 의 홀수 배인 단락 선로를 나타낸 회로도.
- [0098] 도 5는 전기각이 $\lambda/2$ 의 정수 배인 개방선로의 사례를 나타낸 회로도.
- [0099] 도 6은 등가회로의 시뮬레이션 회로를 나타낸 것으로, 집중소자 구조의 병렬 반사형 음의 균지연 회로의 시뮬레이션 회로와 전송선로 공진기를 적용한 음의 균지연 회로도이다.
- [0100] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 90° 하이브리드와 종단이 단락된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기를 이용한 병렬 반사형 음의 균지연 회로도.
- [0101] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 90° 하이브리드와 종단이 개방된 $\lambda/2$ 길이의 전송선로 공진기를 이용한 병렬 반사형 음의 균지연 회로도.
- [0102] 도 9는 집중소자로 이루어진 병렬 반사형 음의 균지연 회로와 본 발명에 따른 전송선로가 적용된 병렬 반사형 음의 균지연 회로의 각 반사계수와 군속도를 시뮬레이션을 통해 서로 비교한 그래프.
- [0103] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 90° 하이브리드와 전송선로 공진기를 이용한 2단 병렬 반사형 음의 균지연 회로도.
- [0104] 도 11은 본 발명에 따른 전달계수 및 군속도의 특성을 나타낸 시뮬레이션 그래프.
- [0105] 도 12는 본 발명에 따른 전달계수 및 군속도의 측정된 결과를 나타낸 그래프.
- [0106] 도 13은 집중소자로 이루어진 직렬 반사형 음의 균지연회로의 기본회로도.
- [0107] 도 14,15는 L_{RS} 와 R_{RS} 에 따른 균지연 시간과 R_{RP} 에 따른 반사계수를 나타낸 그래프.
- [0108] 도 16은 본 발명에 따라 종단이 개방된 $\lambda/4$ 길이의 전송선로 공진기를 적용한 직렬 반사형 음의 균지연 회로도.
- [0109] 도 17은 본 발명에 따라 종단이 단락된 $\lambda/2$ 길이의 전송선로 공진기를 적용한 직렬 반사형 음의 균지연 회로도.
- [0110] < 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >
- [0111] 100: 90° 하이브리드 110,120 : 제1,2 90° 하이브리드
- [0112] 210,220,230,240 : 제1,2,3,4 시간조정부
- [0113] 310,320,330,340 : 제1,2,3,4 전송선로
- [0114] 410,420 : 제1,2 이득증폭기

도면

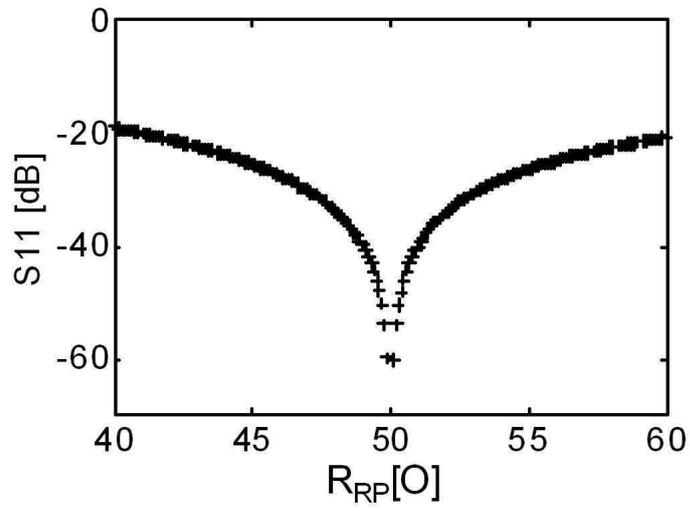
도면1



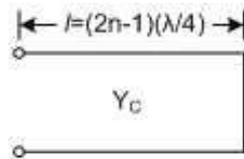
도면2



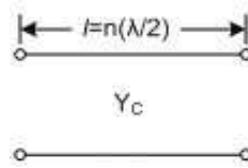
도면3



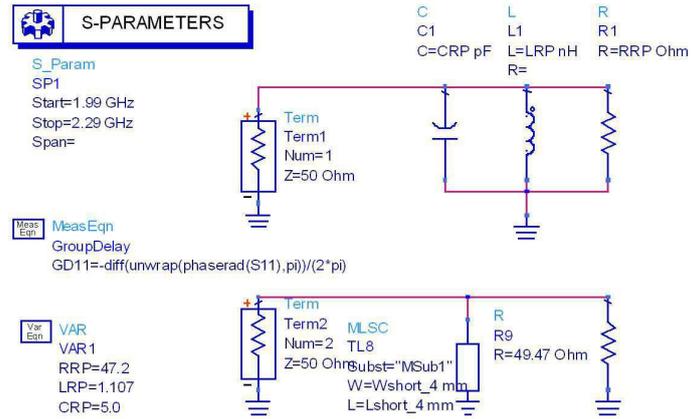
도면4



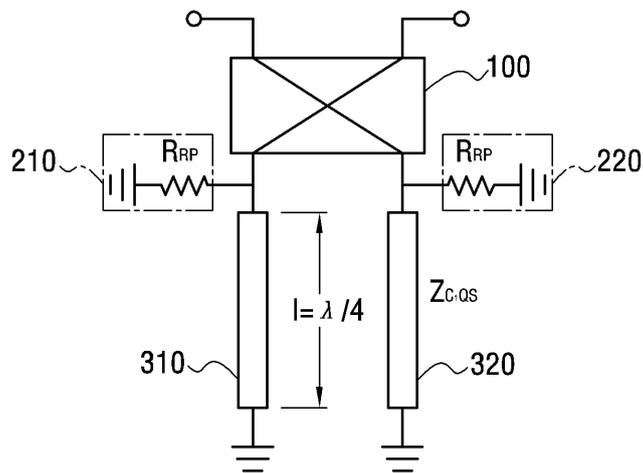
도면5



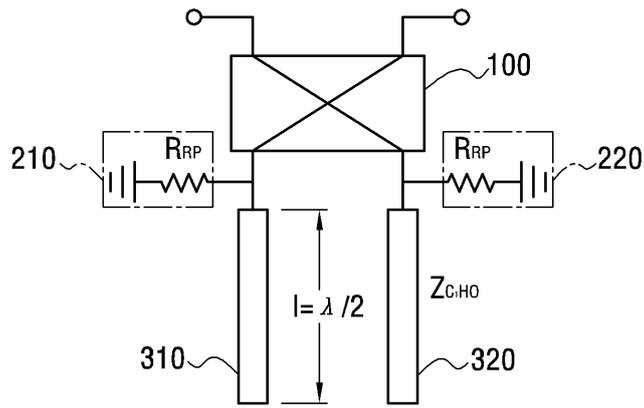
도면6



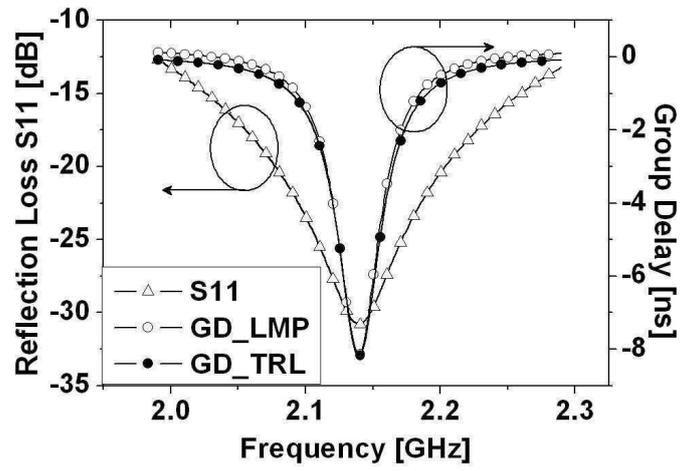
도면7



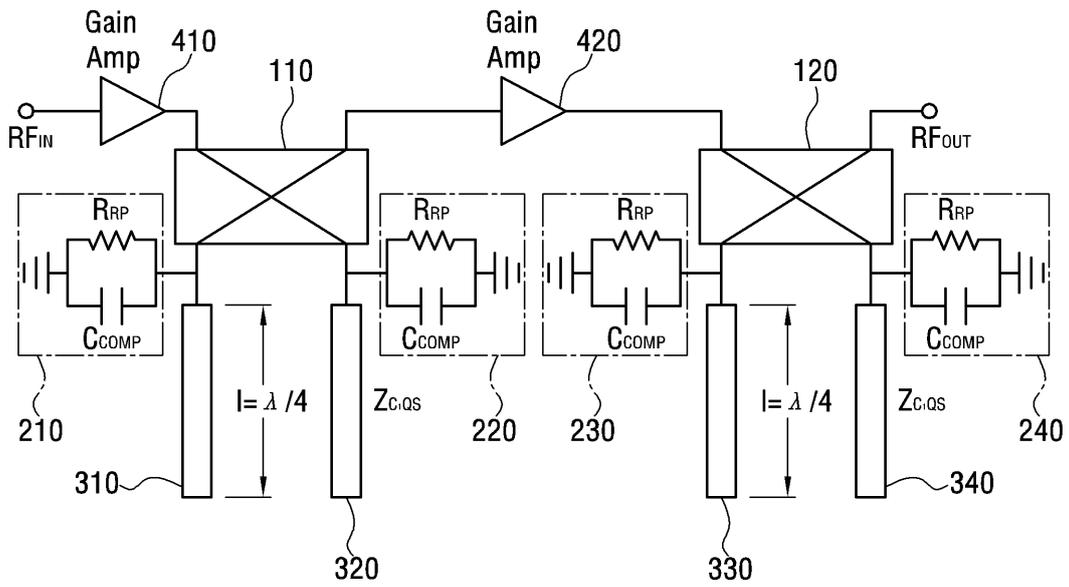
도면8



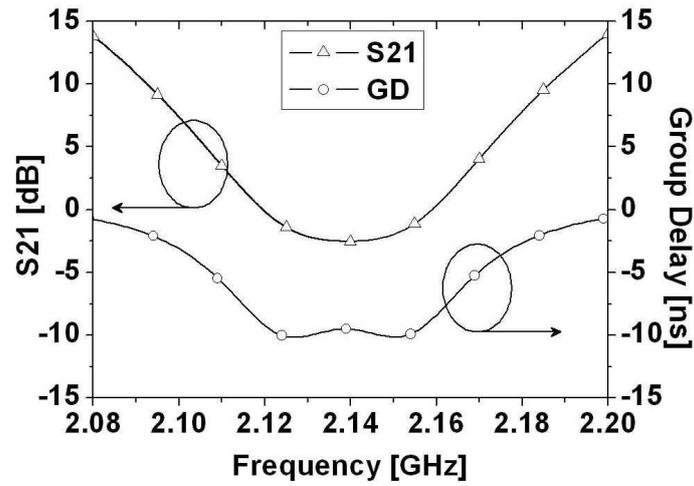
도면9



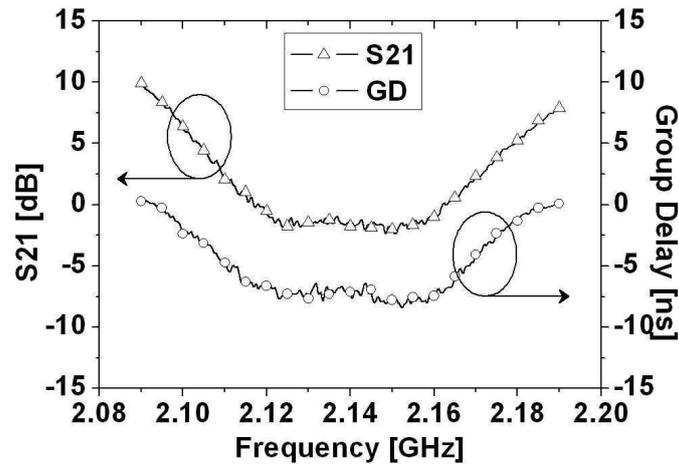
도면10



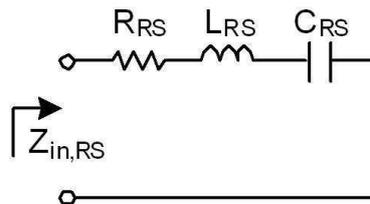
도면11



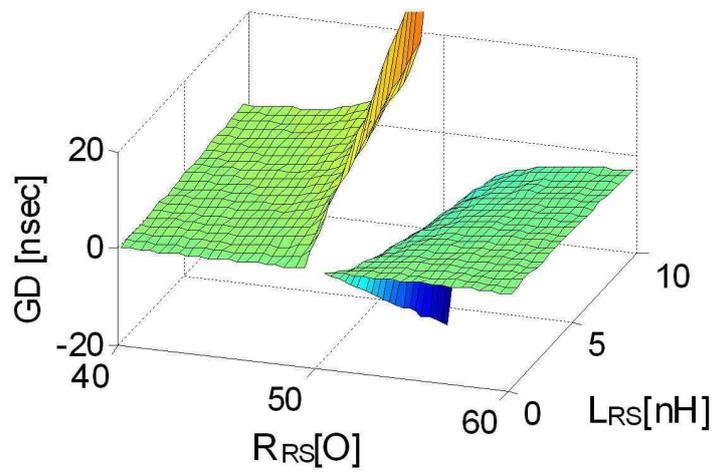
도면12



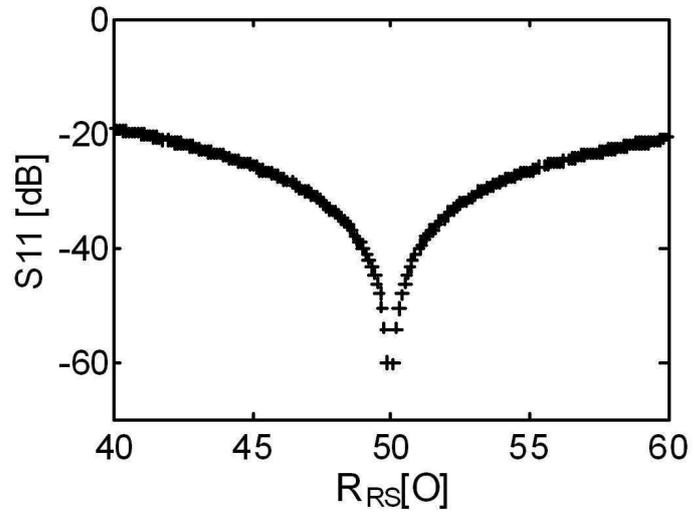
도면13



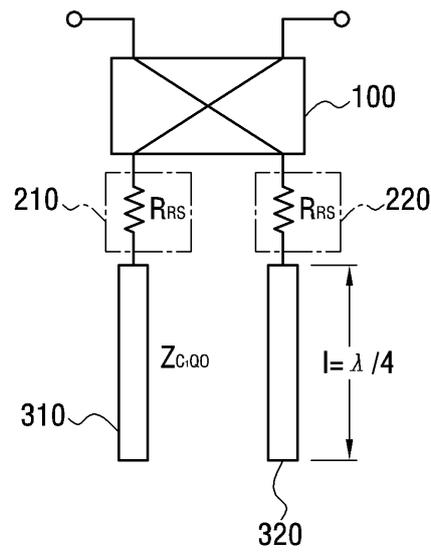
도면14



도면15



도면16



도면17

