



스트립라인과 공통 DGS를 이용한 가지선로 결합기의 설계

임종식*¹, 윤원상**², 최희운***³, 한상민****⁴, 안달*²

Design of a Branch Line Coupler Using Stripline and Common Defected Ground Structure

Jongsik Lim*¹, Won-Sang Yoon**², Heeyoun Choi***³, Sang-Min Han****⁴, and Dal Ahn*²

본 연구는 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.
 (No. NRF-2016R1C1B1013862)

요 약

본 논문에서는 스트립라인 전송선로 구조와 공통 결합접지구조를 이용하여 초고주파 대역에서 가지선로 결합기를 소형화하여 설계하고 실제 제작한 결과에 대하여 기술한다. 마이크로스트립 선로보다 신호의 누설이 적어 전송특성이 우수한 스트립라인 전송선로 구조로 분기선로 결합기를 먼저 설계한다. 여기에 종래에 널리 알려진 전송선로용 주기구조의 일종인 결합접지구조를 두 전송선로에 동시에 적용한 공통 결합접지구조로 사용한다. 이 과정에서 공통 결합접지구조를 적용하여 제작한 결합기는 단일 결합접지구조일 때에 비하여 약 절반의 크기를 갖는다. 성능 측정 결과 각 단자에서의 정합특성은 -25dB 이하, 두 출력단자에서의 신호분배는 -3.3dB 였으며, 격리단자에서의 특성은 -30dB 이하이다. 측정 결과는 회로의 크기가 거의 절반으로 줄어들었음에도 불구하고 예측 결과와 잘 일치하는 동시에 결합기로서의 특성도 우수함을 보여 준다.

Abstract

This paper describes the design of a size-reduced branch line coupler using stripline transmission line structure and common defected ground structure (CDGS) with the fabrication and measurement results. The stripline branch line coupler is designed because there are advantages of stripline with low loss and excellent transmission characteristics comparing them to those of microstrip lines. Furthermore, combining CDGS which is one of periodic structures with into the common ground plane of the multi-layered stripline structure, and folding the circuit, then the size becomes almost half from the previous design. The measurement shows that the port matching is better than -25 dB , the isolation is less than -30 dB , and the power division ratio to the two output ports are -3.3 dB at the design frequency. These excellent measured data are in good agreement with the prediction even after the circuit has been reduced by almost half-size.

Keywords

branch line couplers, stripline, DGS, CDGS

* 순천향대학교 전기공학과

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8728-4979>

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0556-0771>

** 호서대학교 전자디스플레이공학부(교신저자)

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1125-384X>

*** 순천향대학교 대학원 전기통신시스템공학과

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7587-6451>

**** 순천향대학교 정보통신공학과

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7521-6661>

• Received: Jan. 19, 2018, Revised: Mar. 07, 2018, Accepted: Mar. 10, 2018

• Corresponding Author: Won-Sang Yoon

Division of Electronics and Display Engineering, Hoseo University

20, Hoseo-ro 79beon-gil, Baebang-eup, Asan-si, Chungcheongnam-do, Korea,

Tel.: +82-41-560-5661, Email: wsyoon@hoseo.edu

1. 서 론

초고주파 대역의 무선시스템에 대한 수요와 연구 개발에 대한 관심이 비약적으로 증가하고 있다. 무선통신은 물론이고 무선을 이용한 각종 서비스나 응용 등 무선시스템을 필요로 하는 경우들이 지금은 미처 헤아릴 수 없을 정도로 다양하다. 다양한 무선시스템의 성능을 개선하고, 크기를 줄이고, 가격을 낮추는 등의 개선 노력을 통하여 무선시스템 관련 기술도 나날이 발전하고 있다. 초고주파 대역용 무선시스템의 성능 개선이나 소형화는 개별 부품 단위에서 초고주파 회로 자체의 고성능화, 소형화 등의 기술개발이 선행되어야 가능하다. 이는 다수의 개별 회로들이 각각에게 요구되는 본래의 자기 역할을 하면서 시스템을 형성하기 때문이다. 순수한 디지털의 영역이라면 시스템 내의 어느 단계에서라도 에러를 수정하거나 보정하는 다양한 방법이 있었으나, 초고주파 대역용 무선 시스템은 순수한 아날로그 회로들의 조합이 대부분이므로, 개별 회로의 성능 개선이나 소형화 설계가 전체 시스템에 미치는 영향으로 직결된다.

무선시스템을 구성하는데 필요한 초고주파 대역 무선회로들이 다양하게 존재하는데, 특히 전력분배기(Power Dividers), 가지선로 결합기(Branch Line Couplers), 링 하이브리드 결합기(Ring Hybrid Couplers), 방향성 결합기(Directional Couplers) 등이 대표적으로 널리 사용되는 회로들이다[1]-[4]. 이 회로들은 시스템 구성에 있어서 무선신호 전력을 나누거나, 합치거나, 원하는 위상차를 갖도록 분기하거나, 원하는 양만큼 검출되게 하거나 하는 요긴한 기능들을 지니고 있어서 무선시스템 구성에 반드시 필요한 핵심부품들이다.

이중에서 가지선로 결합기(브랜치 라인 결합기)는 두 출력 신호의 위상차가 90도를 갖는 특성을 가지고 있어서, 이 특성을 필요로 하는 상위 레벨의 응용회로인 주파수 혼합기(Frequency Mixers), 전력증폭기(Power Amplifiers), 선형화기(Linearizers), 다층기판 구조의 집적 회로 종류에 매우 널리 사용된다[5][6]. 따라서 여러 가지 기술을 적용한 커플러 회로 자체의 성능 개선 또는 소형화 설계는 추가적인

응용을 위하여 매우 중요한 이슈라고 할 수 있다.

본 논문에서는 이런 배경에서 다층기판 구조의 집적회로 구조에서 유리한 가지선로 결합기의 소형화 설계에 대하여 기술하고자 한다. 집적회로 구조에 유리한 다층 스트립라인 선로 구조와 주기구조의 일종인 결합접지구조(DGS, Defected Ground Structure)를 결합하고, 회로의 면적을 크게 줄이기 위하여 회로를 대칭적으로 접는 3차원적 구성을 적용한다. 그리고 여기에 스트립라인에서의 공통 결합접지구조(CDGS, Common DGS)를 적용하여 소형화 효과를 배가시킨다.

II. 스트립라인 가지선로 결합기의 소형화 설계

가지선로 결합기는 매우 널리 알려져 있고 빈번하게 사용되는 초고주파 무선통신용 부품 가운데 하나이다. 그래서 이론적 고찰이나 기본 회로의 설계 방법에 관해서는 추가적인 설명이 불필요할 정도로 많은 문헌들에서 쉽게 참고할 수 있다[2]. 다만 본 논문에서의 가지선로 결합기는 종래에 널리 사용되는 초고주파 회로용 전송선로인 마이크로스트립(Microstrip)이 아니라 스트립라인(Stripline) 선로 구조로 설계되었다는 점을 밝히고자 한다. 그리고 본 논문에서 최종 소형화된 회로를 설계하기 이전 단계로서 스트립라인 선로 구조로 설계한 기본형 가지선로 결합기 회로에 대한 결과만 간단하게 소개하고자 한다.

그림 1(a)와 (b)는 마이크로스트립과 스트립라인 전송선로 구조인데, W 와 W_s 는 각각 전송선로 패턴의 폭, H 와 H_s 는 각각 유전체의 두께, T 는 전송선로와 접지면 금속의 두께이다. T 는 유전체의 두께에 비하여 매우 얇아서 특성 임피던스나 전송특성에 미치는 영향이 미미하다.

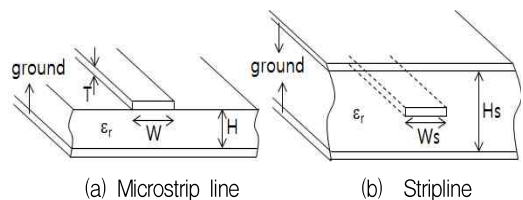


그림 1. 기본적인 초고주파용 전송선로

Fig. 1. Basic structure of microwave transmission lines

마이크로스트립 선로는 제작이 용이하고 비용이 저렴하다는 장점이 있어서 널리 사용된다. 그러나 전송선로면이 외부에 개방되어 있어서 완전한 TEM (Transverse Electromagnetic Wave) 모드가 형성되지 않아서 선로에서의 방사손실(Radiation Loss)이 상대적으로 크다는 단점이 있다[7].

이에 비하여 스트립라인 구조는 전송선로가 유전체와 접지면에 모두 감싸여 있어서 전송선로의 패턴은 외부에서 보이지 않는 구조를 갖는다. 따라서 마이크로스트립 선로보다 구조가 더 복잡하고 제작 비용이 상대적으로 높지만, TEM 모드가 형성되면서 방사손실이 낮다는 장점이 있다. 따라서 다층기판 회로나 저손실용으로 널리 사용된다[8].

연구과정에서 실험실 수준의 프로토타입(In-house Prototype)을 제작하기 위해서 일반적으로 그림 2와 같이 두께(H)와 비유전율(ϵ_r)이 동일한 두 개의 단층기판을 서로 맞닿게 하고 그 안에 전송선로 패턴이 위치하게 한다.

그림 3은 본 논문에서 스트립라인 구조의 가지선로 결합기를 소형화하여 설계하는 절차를 보여주고 있다. 먼저 (a)는 이론대로 설계한 결합기이다. 여기에 전송선로용 주기구조의 일종인 결합접지구조를 (b)처럼 결합시킨다[9]. 주기구조를 전송선로에 결합시키면 등가 회로의 부가효과로 인하여 전송선로의 전기적 길이가 크게 증가하게 된다. 따라서 이론적인 전기적 길이를 맞추기 위해서 물리적 길이를 줄여야 하는데, 이것이 바로 주기적 구조의 결합에 의한 1차적인 소형화 효과이다. 그러므로 동일한 주파수 특성을 갖더라도 길이 L2가 L1보다 훨씬 짧아지게 된다.

여기에 보인 아령형 구조의 DGS는 스트립라인을 구성하는 전송선로의 상면 접지면과 하면 접지면에 동일한 위치에 구현된다. 따라서 가상적인 세로 중심선을 기준으로 좌우대칭 구조를 갖는다. 그러므로 만약에 이 회로를 세로 중심선을 기준으로 접어서 겹치게 구성하면 접지면에 공통의 DGS가 형성되면서 회로의 크기는 (c)에 보인 것처럼 (b)에 비하여 크게 줄어든다. 실제로 경계면 절단면으로부터 약간의 여유를 가져야 하므로 L3는 L2의 절반보다 약간 큰 값을 가진다.

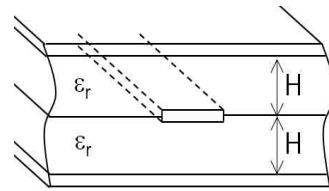
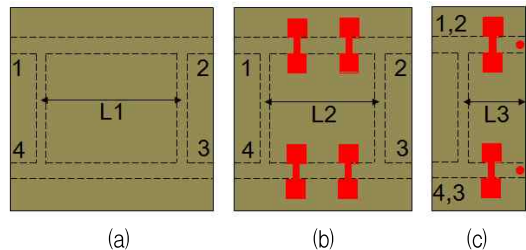


그림 2. 스트립라인 전송선로의 단순 구조

Fig. 2. Simple structure for practical fabrication of stripline transmission lines



(a) (b) (c)

그림 3. 가지선로 결합기의 소형화 단계 (a) 기본 레이아웃 (b) DGS를 삽입한 1차 소형화 (c) 회로를 접고 CDGS를 구현한 2차 소형화

Fig. 3. Graphical steps of the designed size-reduced stripline branch line coupler (a) basic layout (b) 1st size reduction using DGS (c) 2nd reduction by folding the circuit and using CDGS

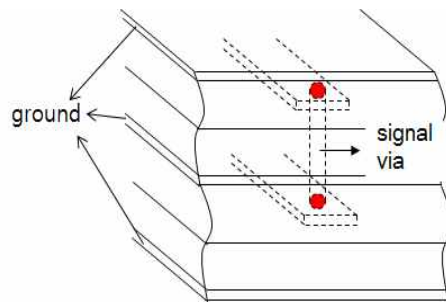


그림 4. 접혀져서 적층을 구성한 스트립라인 선로의 다층 구조와 신호선 비어홀

Fig. 4. Multilayer structure and signal via-hole for connecting signal lines of the folded stripline branch line hybrid

이 때 양쪽 스트립라인 전송선로의 두 신호선 연결은 그림 4와 같이 다층 기판 구조 내에서 신호선 비어홀(Signal Via-hole)을 이용하여 신호를 전달하도록 구성한다. 신호선 비어홀의 우수한 신호 전달 특성은 이미 선행 연구를 통하여 검증된 바 있다 [10][11].

그림 4는 전형적인 다층 구조의 회로로서 여기에 사용되는 전송선로는 당연히 스트립라인 구조가 된다. 이 구조는 무선통신용 부품 및 시스템 제작에서 매우 널리 사용되는 기술인 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramics) 구조의 토대가 된다.

한편 그림 3(c)처럼 구성하면 단자 1과 2, 단자 3과 4가 각각 서로 겹쳐서 제작 및 측정이 곤란하게 된다. 본 논문에서는 프로토타입 제작시 이 문제를 피하기 위하여 단자 2,3의 방향을 90도 만큼 돌려서 단자 1,4와 겹치지 않도록 하였다. 그림 5에서 (a)와 (b)는 두 면에서 단자의 방향을 보여주고 있다. 그러면 실제 측정을 위한 제작이 가능하다.

III. 제작 및 측정 결과

이제 본 절에서는 스트립라인 전송선로와 공통 DGS로 설계한 가지선로 결합기에 대하여 설명하고자 한다. 먼저 표준형 스트립라인 전송선로로 그림 6(a)와 같은 가지선로 결합기를 설계하였다. 이것은 나중에 언급될 소형화된 회로와 비교하기 위한 목적으로 사용된다. 그림에서 보이는 전송선로의 패턴은 그림 1(b)에 설명된 것처럼 두 유전체 층 사이에 구현되므로 실제로는 외부에서 보이지 않는다.

설계 및 측정의 원활성, 그리고 편리한 비교를 위하여 중심주파수는 편의상 1GHz로 하였다. 만약에 실제적인 응용 목적으로 어떤 주파수가 결정되면 그대로 스케일링만 해 주면 되기 때문이다. 설계 및 측정을 위하여 비유전율(ϵ_r)이 2.2이고 유전체 두께가 31mils인 기판을 사용하였다.

그림 6(b)는 결합접지구조를 삽입하여 소형화된 결합기를 보여주고 있다. 한 변이 2.5mm인 정사각형 모양의 결합 영역이 아령형으로 구현되어 있다. DGS는 그림 1(b)에 보인대로 양쪽 접지면에 정확하게 동일한 위치에 구현되어야 원하는 전기적 특성을 얻을 수 있다. DGS를 삽입한 효과를 얻기 위하여, 표준형과 동일한 전기적 길이를 맞추기 위하여 물리적 길이를 감소시킬 수 있는데, 본 연구에서는 회로의 가로축 길이가 50mm에서 40mm로 줄어드는 것을 확인하였다.

그림 6(b)의 회로에 대하여 가상의 수직 중심 대칭선을 기준삼아 접으면 그림 6(c)와 같이 가로의

길이가 약 절반으로 줄어든 회로를 얻을 수 있다.

그리고 접지면의 두 DGS는 겹쳐서 하나로 만나므로 공통 DGS 구조가 된다. 이 때 상,하층의 전송선로간 신호 전달을 위하여 그림 4에서 설명한 신호선 비어홀이 구현된다. 따라서 그림 6(c)는 그림 5에 설명한 두 기판면이 상,하로 서로 겹쳐져 있는 구조이다. 본 연구에서는 가로 부분의 길이가 20mm로 줄어들었으며, 기판 주변의 절단면 여분을 고려하더라도 최대 30mm 이내가 된다. 다만, 측정시 단자 연결용 컨넥터들이 서로 겹치는 것을 방지하기 위하여 그림 5에 보인 것처럼 단자 2,3의 방향을 상하 방향으로 옮겨주었다.

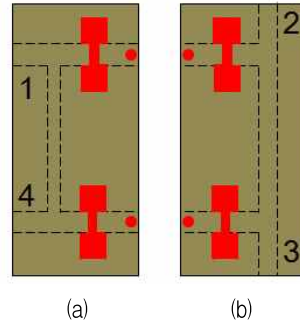


그림 5. 소형화 설계된 결합기의 내부 회로 레이아웃 (a) 단자1과 단자4가 보이는 윗면 (b) 단자2와 단자3이 보이는 아랫면

Fig. 5. Internal layouts on both planes of the size-reduced stripline branch line coupler (a) upper plane for ports 1 and 4 (b) lower plane for ports 2 and 3

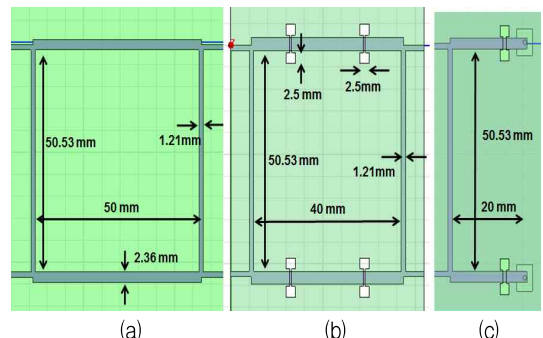


그림 6. 설계된 세 가지 스트립라인 브랜치 라인 커플러 (a) 보통의 표준형 구조 (b) DGS에 의하여 소형화된 설계 (c) DGS와 접힌 구조에 의하여 소형화된 설계

Fig. 6. Designed three stripline branch line couplers (a) normal design (b) reduced design with DGS (c) reduced design with DGS and folded structure

그림 7은 최종적으로 설계된 그림 6(c)에 대하여 Ansys의 HFSS를 이용하여 전자기적 시뮬레이션 (Electromagnetic(EM) Simulation)을 실시한 S-파라미터를 보여주고 있다. 비교의 편의상 중심주파수를 1GHz로 선택하였는데, 시뮬레이션 결과 약간의 주파수 상향 현상이 발생하였으나 동작 주파수에서 가지선로 결합기의 성능이 비교적 우수하게 유지되고 있음을 알 수 있다.

그림 8은 회로를 제작하기 위하여 실제로 예칭 공정을 통하여 구현한 네 층의 PCB의 상, 하면을 보여주고 있다. 그림 4에 보였듯이 스트리플라인 구조를 구성하기 위하여 네 층의 PCB 층이 필요하기 때문이다.

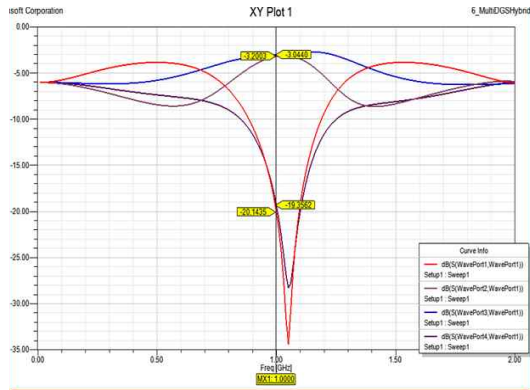


그림 7. 그림 6(c)에 보인 커플러의 시뮬레이션된 S-파라미터

Fig. 7. Simulated S-parameters of the designed branch line coupler shown in Fig. 6(c)

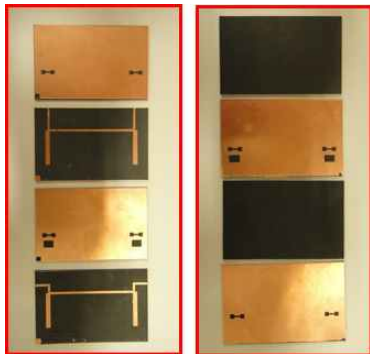


그림 8. 제안된 스트리플라인 브랜치 라인 커플러의 PCB 패턴

Fig. 8. PCB patterns for the proposed stripline branch line coupler

그림 9는 조립이 완성된 프로토타입 회로의 사진이다. 초기 연구 단계이므로 대학 실험실 수준의 제작 설비(In-house Fabrication Facilities)를 이용하였다. 그림 5에서 이미 설명한 바와 같이 회로의 좌측에 단자 1과 4가 연결되어 있고, 상,하에 각각 단자 2와 3이 연결되어 있다. 사진에서는 드러나지 않으나 상기에서 설명한 신호선 비어홀이 제 위치에 구현되어 있고, 또한 각 접지면에는 DGS가 구현되어 있다. 특히 가운데 층의 공통 접지면에는 공통 DGS가 자리잡고 있다.

위와 같이 제작된 회로의 S-파라미터 성능을 벡터 회로망 분석기(VNA, Vector Network Analyzer)로 측정하였다.

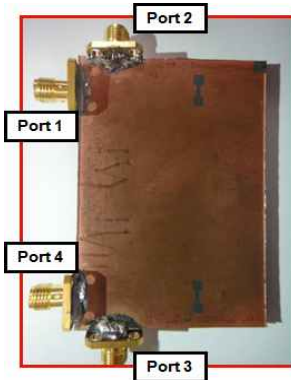


그림 9. 제작된 브랜치 라인 커플러
Fig. 9. Fabricated branch line coupler

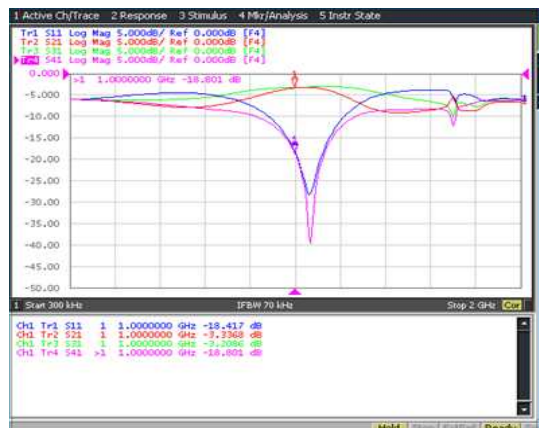


그림 10. 제작된 브랜치 라인 커플러의 측정된 S-파라미터

Fig. 10. Measured S-parameters of the fabricated branch line coupler

그림 10은 실제로 측정된 결과를 보여주고 있다. 중심주파수에서 약 60MHz 정도의 주파수 이동 현상이 보이고 있으나, 그림 7과 유사하면서도 우수한 가지선로 결합기의 특성을 보여주고 있다. 동작 중심주파수에서 두 출력 단자로의 전력분배(S21, S31)는 각각 -3.3dB 내외로 크기가 비슷하며, 단자 정합도(S11)나 격리도(S41)도 -20dB 이하로 우수한 특성을 보이고 있다.

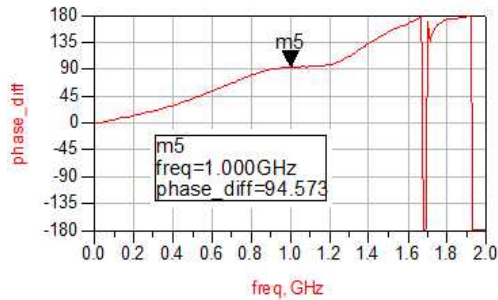


그림 11. 단자2와 단자3에서의 측정된 위상차 특성
Fig. 11. Measured phase difference between port2 and port3

그림 11은 측정된 위상차 특성을 보여준다. 이상적인 값인 90도에서 약 5도 가까이 벗어난 특성을 보여주고 있다. 네 개의 기판을 이용한 다층 스트립라인 회로의 구성, 다층 회로 기판을 접는 공정, 두 전송선로간 신호선 비어홀을 삽입하는 공정, 기타 숙련되지 못한 제작 공정 등에서 발생한 오차로 판단된다. 이것은 보다 정밀한 제작기술로 개선 가능하다고 사료된다. 특히 본 프로토타입 회로를 고정밀 LTCC 공정 기술로 구현할 경우 이 오차는 현저하게 줄어들 것으로 예상된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 다층 회로 기판 구성에 적합한 직층형 스트립라인 구조, 공통 결합접지구조, 회로 기판을 3차원적으로 접는 공정, 그리고 다층 기판을 관통하는 신호선 비어홀 등 다소 복잡한 공정 등을 이용하여 회로의 크기가 표준형에 비하여 현저하게 줄어든 회로 설계 방법을 제안하고, 한 예로서 가지선로 결합기를 직접 제작 및 측정하여 그 타당성을 확인하였다.

회로를 실제로 제작한 결과, 회로의 크기는 평면형 기본 회로에 비하여 약 50% 정도로 줄어들었다. 회로망 분석기로 성능을 측정하였는데, 실제 구성 조건을 EM 시뮬레이터로 계산했던 S-파라미터와 거의 유사한 측정결과를 얻었다. 두 출력단자간 위상차 특성은 이상적인 90도에서 약간 벗어난 95도 정도의 특성을 얻었는데, 회로 구성과 제작 공정의 복잡성, 그리고 제작 기술의 미숙련성 등에 기인하는 것으로 판단된다.

비록 본 논문에서 제작 및 측정된 회로는 정밀도가 떨어지는 프로토타입 수준이지만, 그 기술적 방법은 측정결과를 통하여 충분히 타당하다고 판단된다. 본 논문에서 언급한 다층 회로의 소형화 설계 방법은 LTCC 공정과 같은 고정밀 다층 회로 구성에 그대로 적용가능하다. 따라서 향후에도 지속적인 연구활동을 통하여 그 응용범위를 다양하게 넓힐 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] E. Wilkinson, "An N-Way Hybrid Power Divider", IRE Tr. on Microwave Theory Tech., Vol. MTT-8, pp. 116-118, Jan. 1960.
- [2] C. Tang and M. Chen, "Design of Multipassband Microstrip Branch-Line Couplers With Open Stubs", IEEE Tr. on Microwave Theory Tech., Vol. 57, No. 1, pp. 196-204, Jan. 2009.
- [3] D. M. Pozar, "Microwave Engineering", 3/e, John Wiley and Sons, Inc., New York, 2005.
- [4] L. Young, "The Analytical Equivalence of the TEM-Mode Directional Couplers and Transmission-Line Stepped Impedance Filters", Proceedings of the IEEE, Vol. 110, pp. 275-281, Feb. 1963.
- [5] S. A. Maas, "Nonlinear Microwave and RF Circuits", 2/e, Artech House, 2003.
- [6] H. Choi, Y. Jeong, C. Kim, and J. Kenney, "Efficiency Enhancement of Feedforward Amplifiers by Employing a Negative Group-Delay Circuit", IEEE Tr. on Microwave Theory Tech., Vol. 58, No. 5, pp. 1116-1125, May 2010.
- [7] K. C. Gupta, R. Garg, I. Bahl, and P. Bhartia,

"Microstrip Lines and Slotlines, 2nd edition", Ch. 1 and Ch. 2, Artech House, Boston, pp. 83-85, 1996.

[8] B. C. Wadell, "Transmission Line Design Handbook", Ch.3, Artech House, Boston, 1991.

[9] J. Lim, J. Park, Y. Lee, D. Ahn, and S. Nam, "Application of Defected Ground Structure in Reducing the Size of Amplifiers", IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., Vol. 12, No. 7, pp. 261-263, Jul. 2002.

[10] F. P. Casares-Miranda, C. Viereck, C. Camacho-Peñalosa, and C. Caloz, "Vertical Microstrip Transition for Multilayer Microwave Circuits with Decoupled Passive and Active Layers", IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., Vol. 16, No. 7, pp. 401-403, Jul. 2006.

[11] J. Lim, S. M. Han, W. S. Yoon, and K. Choi, "Design of a 4-Way Power Divider Using the Multi-Layered Stripline and Defected Ground Structure", Journal of KIIT, Vol. 14, No. 1, pp. 11-18, Jan. 2016.

저자소개

임 종 식 (Jongsik Lim)



1991년 2월 : 서강대 전자공학과 (공학사)
 1993년 2월 : 서강대 대학원 전자공학과(공학석사)
 2003년 2월 : 서울대 대학원 전기컴퓨터공학부(공학박사)
 1993년 2월 ~ 2005년 2월 :

한국전자통신연구원 선임연구원
 2005년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기공학과 재직중
 관심분야 : 초고주파 무선 회로/부품 설계, 능동/수동 소자 모델링 및 회로 응용, 주기 구조의 모델링 및 회로 응용 등

윤 원 상 (Won-Sang Yoon)



1997년 2월 : 고려대 전파공학과 (공학사)
 1999년 2월 : 고려대 대학원 통신시스템공학과(공학석사)
 2010년 8월 : 고려대 대학원 컴퓨터·전파통신공학과(공학박사)
 1999년 3월 ~ 2015년 8월 :

한화탈레스(現 한화시스템) 통신연구소 전문연구원
 2015년 9월 ~ 현재 : 호서대학교 전자공학과 재직중
 관심분야 : RF transceivers, Reconfigurable antenna systems, RF sensor systems 등

최 희 윤 (Heeyoun Choi)



2017년 2월 : 순천향대 전기공학과 (공학사)
 2017년 3월 ~ 현재 : 순천향대 대학원 전기통신시스템공학과 (석사과정)
 관심분야 : 초고주파 무선 능동/수동 회로/부품 설계 분야 등

한 상 민 (Sang-Min Han)



1996년 2월 : 고려대 전파공학과 (공학사)
 1998년 8월 : 고려대 대학원 전파공학과(공학석사)
 2003년 8월 : 고려대 대학원 전파공학과(공학박사)
 2003년 10월 ~ 2004년 11월 :

UCLA Post Doctoral Research Fellow
 2005년 1월 ~ 2007년 8월 : 삼성종합기술원 전문연구원
 2007년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 정보통신공학과 재직중
 관심분야 : RF 시스템, Low power RF transceivers, Active integrated antenna systems 등

안 달 (Dal Ahn)



1984년 2월 : 서강대 전자공학과 (공학사)
 1986년 2월 : 서강대 대학원 전자공학과(공학석사)
 1990년 8월 : 서강대 대학원 전자공학과(공학박사)
 1990년 8월 ~ 1992년 8월 :

한국전자통신연구원 선임연구원
 1992년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기공학과 재직중
 관심분야 : RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등