

비아 가이드 마이크로스트립 구조를 이용한 소형화된 초고주파 회로 설계

¹김현수, ²윤원상+, ¹임종식, ¹한상민*

¹순천향대학교 ICT융합학과, ²호서대학교 전자공학과

*smhan@sch.ac.kr

Compact Microwave Circuit Design on Via-Guided Microstrip Lines

¹Hyeonsu Kim, ²Won-Sang Yoon+, ¹Jongsik Lim, and ¹Sang-Min Han*

¹Soonchunhyang University, ²Hoseo University

요약

본 논문은 전기적 파장이 짧은 비아 가이드 마이크로스트립 선로(Via-Guided Microstrip line, VGM)를 제안하고 이를 활용한 마이크로파 회로의 소형화 설계를 다룬다. 제안된 VGM은 짧은 비아 간격과 마이크로스트립까지의 거리를 가지며, 추가적인 결합 커패시턴스에 의해 두껍고 높은 유전율을 가진 기판에서 짧은 전기적 파장을 구현할 수 있다. 특성 분석 결과, 비아 가이드 마이크로스트립 branch-line 하이브리드 커플러가 기존 마이크로스트립 선로의 동일 회로에 비해 36.8%의 크기 감소로 설계 및 구현되었다.

I. 서론

마이크로파 회로의 소형화는 공진기의 전기적 파장에 의해 제한되며, 이를 해결하기 위한 다양한 인공 전송선로(TL) 기법이 연구되어 왔다.[1], [2] 기존의 전송선로는 소형화를 위해 다양한 연구들이 진행되었으나, 설계에 어려움이 있다.[3] 본 논문에서는 비아 가이드 마이크로스트립 선로(VGM)를 제안하며, 이를 통해 짧은 전기적 파장을 구현할 수 있다. VGM은 손실이 적고 선형 위상을 유지하는 quasi-TEM 모드를 특징으로 한다. 제안된 VGM은 폭넓은 주파수 대역에서 전기적 길이를 감소시키며, 다양한 마이크로파 회로 설계에 적용될 수 있다.

II. 비아 가이드 마이크로스트립 선로 및 마이크로파 회로 설계

본 논문에서 제안된 VGM은 선로 양측에 주기적으로 비아를 배치하여 quasi-TEM 모드를 유지하는 구조로 설계되었다. VGM은 기존 마이크로스트립 선로에 비해 추가적인 커패시턴스가 발생하여 전기적 파장이 짧아지는 특성을 가진다. VGM의 전송특성은 등가 회로 모델을 기반으로 분석되었으며, 주요 파라미터는 Q3D Extractor를 이용하여 추출되었다. 이 모델을 기반으로 특성 임피던스(Z_0)와 유도 파장(λ_g)을 계산한 결과, 제안된 VGM은 기존 마이크로스트립 선로 대비 약 9.2%의 전기적 파장이 짧아진 것을 확인하였다. 비아 간격(s)과 거리(d)를 조절할수록 커패시턴스가 증가하고, 소형화율이 높아졌으며, 기판의 유전율(ϵ_r) 및 두께(h)가 증가함에 따라 전기적 파장 감소율도 증가하였다. 또한, VGM을 이용하여 설계된 Wilkinson 전력 분배기와 branch-line 하이브리드 커플러에서는 각각 기존 회로 대비 27.16% 및 36.8%의 소형화율을 확인하였다. 시뮬레이션 결과, 제안된 구조는 소형화뿐만 아니라 손실 및 위상 특성에서도 기존 구조 대비 우수한 성능을 확인하였다.

III. 결론

본 논문에서는 전기적 파장이 짧은 비아 가이드 마이크로스트립 선로(VGM)를 제안하였다. 제안된 구조는 손실이 적고 선형 위상 특성을 가지며, 분석 가능한 등가 회로 모델을 통해 설계가 가능하다. VGM의 등가 회로 모델과 주

요 파라미터를 이용하여 특성 임피던스 및 유도 파장을 해석하였다. 등가 소자 분석을 통해 제안된 TL의 전기적 길이가 커패시턴스 증가에 따라 감소함을 확인하였다. 구현된 VGM hybrid는 동일한 MS 회로 대비 최대 36%의 크기 감소를 달성하였다. 제안된 VGM 구조는 짧은 전기적 파장을 가지는 다양한 소형 마이크로파 회로 및 장치 설계에 기여할 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 학·석·사 연계 ICT 핵심인재양성사업의 연구결과(IITP-2025-2024-00436500)와 2025년도 정부 재원(과학기술정보통신부 여대학원생 공학연구팀제 지원사업)으로 과학기술정보통신부와 한국여성과학기술인육성재단의 지원을 받아 수행되었습니다(WISET-2025-172호).

참고 문헌

- [1] M. Bertrand, H. E. Dirani, E. Pistono, D. Kaddour, V. Puyal, and P. Ferrari, "A 3-dB coupler in slow wave substrate integrated waveguide technology," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett.*, vol.29, no.4, pp. 270-272, Apr. 2019.
- [2] E. Rahimi and M. H. Neshati, "Development of a slow-wave artificial dielectric substrate-based microstrip line in X band," *AEU-Int. H. Electron. Commun.*, vol. 170, Oct. 2023.
- [3] T. Jang, J. Choi, and S. Lim, "Compact coplanar waveguide (CPW)-fed zeroth-order resonant antennas with extended bandwidth and high efficiency on vialess single layer," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 2, pp. 363-372, Feb. 2011.