

77GHz 차량 충돌방지를 위한 저 손실 위상 천이기

Low Loss Phase Shifter for 77GHz Automotive Radar

송인상*, 정동윤**, 은기찬**, 이재진**, 조성준**, 김홍이*, 변철우*, 방재훈***, 오인열***, 박철순****

*: 한국정보통신대학교 공학부 지능형RF연구센터, 석사과정

** : 한국정보통신대학교 공학부 지능형RF연구센터, 박사과정

***: 한국정보통신대학교 공학부 지능형RF연구센터, 연구교수

****: 한국정보통신대학교 공학부 지능형RF연구센터, 소장

Key Words : 위상 천이기, 77GHz 자동차 충돌 방지, 저온소성세라믹, 밀리미터파

목 차

1. 서론
2. 이론 및 설계
3. 제작과 측정
4. 결론

1. 서론

77GHz 차량 충돌방지 시스템은 밀리미터파 고주파 신호를 이용하여 차량의 전방의 물체를 감지하여 충돌을 경고하고 차량 속도를 제어하는 기술로서 beamforming 기술이 필수적이다. 여기서 Beamforming 기술이란 Array antenna를 이용하여 beam의 방향을 조절하는 것으로, 위상 천이기(phase shifter)는 beamforming 기술에 있어서 결정적인 영향을 미치는 device이다. 이러한 이유로 인해서 77GHz 차량충돌방지 시스템에 적용을 위하여 다양한 phase shifter가 개발되어왔다[1][2]. 하지만, 전력소모와 크기문제는 해결해야 할 과제로 남아있다.

본 논문에서는 77GHz 자동차 충돌 방지 시스템에 응용을 위하여, 저온소성세라믹(low temperature co-fired ceramic, LTCC)을 이용한 새로운 소형 저 손실 phase shifter를 소개한다. 모든 설계는 3차원 전자장 CAD 프로그램인 CST MWS를 이용하였다.

2. 이론 및 설계

1. 이론

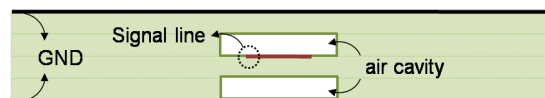
전자장 이론[3]에 의하면, 신호의 위상(θ)은 물리적인 길이(d)와 물질 특성(μ, ϵ)에 의해서 결정되며 다음과 같이 표현된다.

$$\theta = \beta \times d = \omega \sqrt{\mu\epsilon} \times d$$

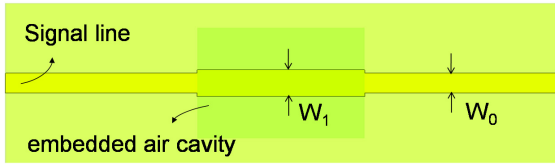
위의 수식(1)으로부터 유전율(ϵ)의 변화는 전기적인 길이 변화를 유도할 수 있으므로, 이러한 개념을 바탕으로 LTCC 기판 기술을 이용하여 기판 내부에 air cavity를 삽입하여 유전율을 변화시킴으로써 phase shifter를 구현할 수 있다. 이러한 phase shift 효과는 μ -strip, strip, CPW 선로와 같은 다양한 전송선로에 적용가능하다.

2. 설계

Air cavity 삽입으로 인한 유전율의 변화 효과를 최대화하기 위해서 strip 선로를 사용하였으며 기본적인 구조는 아래 그림1과 같다. 총 4층의 LTCC substrate를 사용하고, 선로의 위와 아래에 air cavity를 삽입하였다.

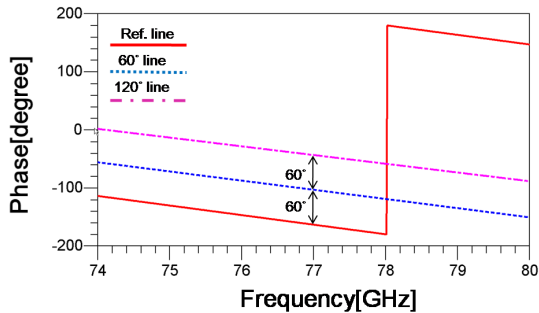


<그림 1> strip phase shifter의 측면 구조도



<그림 2> strip line으로 구현된 phase shifter의 평면도
(W_0 : 50Ω 선로 폭, W_1 : 최적화된 선로 폭)

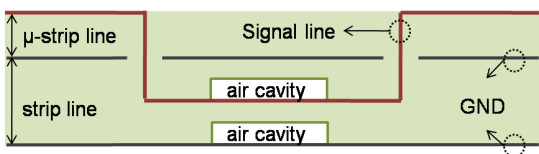
77GHz 중심 주파수에서 기준 선로에 대해서 60°와 120°의 phase shifter를 설계 하였다. 각각 0.8x1mm², 1.3x1mm² 크기의 air cavity가 적용되었으며, 그림2에서 보는 것처럼, air cavity 삽입으로 인한 특성임피던스의 부정합을 완화시키기 위하여 선로의 폭을 최적화(W_1)하였으며, 이론적으로 손실이 없는 air를 삽입하였기 때문에 기준 선로보다 우월한 삽입 손실 특성을 가질 수 있다. 이러한 예상과 같이 3D 전자장 CAD 프로그램을 이용한 설계 결과, 중심주파수에서 기준 선로(0.4dB)에 대하여 각각 0.01dB, 0.05dB의 삽입 손실 특성을 보였다.



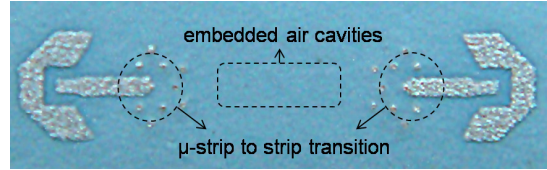
<그림 3> 설계한 phase shifter의 위상 특성 곡선

3. 제작과 측정

새로이 제안된 phase shifter는 물리적인 선로의 길이 차이를 이용하는 meander line과 같이 전 주파수 대역에서 적용될 수 있다. 그러므로 측정을 위한 장비확보가 어려운 77GHz의 phase shifter를 구현하는 대신, 측정 환경이 확보되어 있는 60GHz에서 제작하고 측정하여 그 성능을 검증하였다. 제안된 구조는 strip line을 이용하였기 때문에 GSG Probing을 이용한 측정을 위해서 그림4와 같이 μ -strip to strip transition 구조가 적용되어 back to back 구조로 제작되었다. 그림5에서는 air cavity가 μ -strip line 아래의 strip line에 존재하기 때문에 평면도에서는 air cavity를 확인할 수 없다.

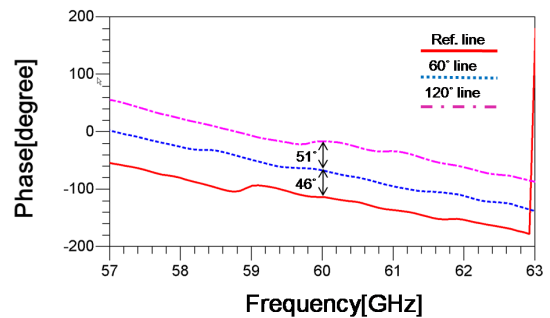


<그림 4> 측정을 위해 back to back으로 제작된 phase shifter의 측면도

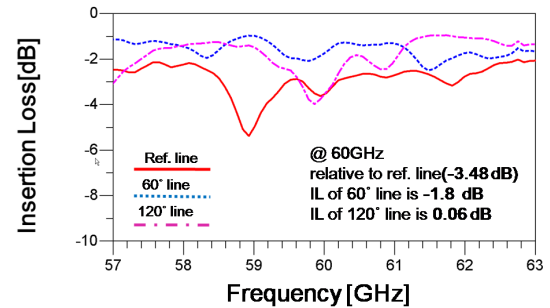


<그림 5> LTCC로 제작된 back to back phase shifter의 평면도

그림6은 중심주파수 60GHz에서 LTCC 공정으로 제작된 phase shifter의 phase 특성을 보여주는 그래프이다. phase 특성 그래프에서 볼 수 있듯이, 실제로 구현되었을 때는 설계에서 예상했던 것보다 약 11°의 phase shift가 덜 발생함을 알 수 있으며, 설계 당시에 이러한 차이가 고려되면, 원하는 크기의 phase shifter를 구현할 수 있다.



<그림 6> 측정된 phase shifter의 위상 특성 곡선



<그림 7> 측정된 phase shifter의 삽입손실 특성

그림7은 제작된 phase shifter의 삽입 손실을 보여주고 있으며, 예상된 결과보다 약 2dB 이상 큰 손실 특성을 보이고 있다. 이는 μ -strip to strip transition만 존재하는 기준 선로의 손실 특성이 약 3.1dB 이상 크게 열화된 것을 볼 때, 삽입된 air cavity의 영향이 아닌 transition 구조에서 발생하는 문제로 판단된다. 따라서, 구현이 어려운 μ -strip to strip transition 없이 strip 구조의 외부회로와 함께 시스템에 적용되거나 비교적 구현이 쉬운 CPW to strip transition을 이용하면 보다 좋은 삽입 손실 특성을 보일 것으로 판단된다.

4. 결론

이 논문을 통해서 77GHz 자동차 충돌 방지 시스템에 적용

될 수 있는 phase shifter를 제안하고 측정을 통해서 그 가능성을 확인하였다. 77GHz 주파수 대역은 파장이 짧고 coupling 효과가 크기 때문에 전체 시스템을 고려한 설계가 반드시 필요하다. 새로이 제안된 strip line의 phase shifter는 기존 선로와 물리적인 길이 차이가 없으므로 소형으로 제작 가능하며 시스템 집적도가 높다. 또한 손실이 없는 공기를 사용하고 부정합을 완화하는 선로 폭의 최적화 기술이 적용되었기 때문에 손실 측면에서도 매우 우수한 기술이다. 이와 같은 점을 감안해 볼 때, 제안된 phase shifter는 77GHz 자동차 충돌방지 시스템 및 밀리미터파 대역 시스템 설계에 효과적으로 적용될 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국 과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.

R11-2005-029-05001-0).

참고문헌

1. J. Cha, Y. Kuga, "A Mechanically Steerable Array Antenna Using Controllable Dielectric Phase Shifters for 77 GHz Automotive Radar Systems," IEEE AP-S International Symposium, pp 859-862, July 2006
2. K. Sato, S. Matsuzawa, Y. Inoue, T. Nomura, "Electronically Scanned Left-Handed Leaky Wave Antenna for Millimeter-Wave Automotive Applications," IEEE International Workshop on Antenna Technology Small Antennas and Novel Metamaterials, pp. 420-423, March 2006
3. Young Chul Lee, and Chul Soon Park, "A Novel High-Q LTCC Stripline Resonator for Millimeter-Wave Applications," IEEE Microw. Wireless Compon. Lett., vol. 13, pp. 499-501, Dec. 2003.
4. Young Chul Lee and Chul Soon Park, "Vialess coplanar probe pad-to-microstrip transitions for 60 GHz-band LTCC applications," in Proc. 36th Eur. Microw. Conf., pp. 1354-1357, September 2006