

마이크로 머시닝 기술을 이용한 밀리미터파 대역 저 손실 결합기에 관한 연구

임병옥, 김성찬, 백태종, 신동훈, 이진구
동국대학교 밀리미터파 신기술

High performance couplers using micromachined transmission lines in millimeter-wave band

Byeongok Lim, Sungchan Kim, Taejong Baek, Donghoon Shin*, Jinkoo Rhee**
Millimeter-wave Innovation technology research center, Dongguk university
E-mail : *donghoon@dgu.edu, **jkrhee@dgu.edu

Abstract

In this study, we fabricated the DAMLs using surface micromachining technology as well a low loss coupler for the millimeter-wave band applications using these DAMLs. The structure of DAML is that a signal line is supported on ground plane by dielectric posts. Therefore it has advantages about the loss characteristic and the stable structure. The other advantage of the DAML process is a simple and convenient technique using 4 mask steps, even if it has a micromachining technology. The lowest loss of the fabricated DAML was obtained 2.2 dB/cm at 110 GHz. To obtain the low loss characteristic, couplers were designed and fabricated by using DAMLs. The fabricated ring hybrid coupler has the coupling of 3.58 dB and the thru of 3.31 dB at 60 GHz. We can also obtain the coupling of 3.42 dB, the thru of 3.82 dB from fabricated branch line coupler at 60 GHz.

I. 서론

본 논문은 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터를 통한 한국과학 재단의 우수 연구센터 지원금에 의하여 수행되었다.

결합기(coupler)는 평형 증폭기(balanced amplifier), 혼합기(mixer), 및 위상 천이기(phase shifter) 등의 집적회로에서 가장 많이 사용되는 소자이다. 또한, 이런 집적회로의 특성에 가장 큰 영향을 주게 된다. 일반적으로, 주파수가 올라갈수록 결합기의 손실은 증가하게 된다. 결합기의 손실 성분의 대부분은 결합기를 구성하는 전송선로에 의해서 생기는 것이다. 전송선로의 손실을 줄이기 위한 연구는 이미 여러 연구기관과 논문을 통해 발표 되어왔다. 이러한 연구의 대표적인 것으로 마이크로 머시닝(micromachining) 기술을 이용한 전송선로를 들 수 있다[1]-[4]. 하지만 기존의 마이크로 머시닝 기술을 이용한 전송선로는 그 제작의 복잡성 및 안정성에서 많은 어려움을 안고 있다.

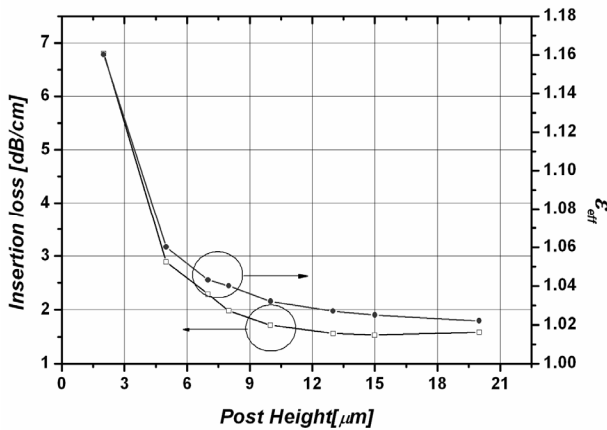
본 논문에서는 마이크로 머시닝 기술을 이용하여 전송선로 DAML(Dielectric supported Air-gapped Microstrip Line)을 소개하였다. DAML 은 유전체 지지대(dielectric post)를 사용하여 신호선과 접지면 사이가 공기로 되어 있어 기판 혹은 유전체에 의한 손실을 최소화하는 구조이다. 또한 DAML 은 기존의 마이크로 머시닝 기술을 이용한 전송선로에 비해 공정 과정이 간단하며, 유전체 지지대에 의한 안정적인 구조를 갖는 것을 특징으로 한다. 본 논문에서 제작된 결합기는 밀리미터파 대역에서 낮은 손실을 갖기 위하여 DAML 구조를 사용하였다.

II. DAML 의 제작

DAML 은 신호선과 접지면 사이가 유전체 지지대를 갖는 구조이다. 이때 유전체 지지대의 높이는 DAML 의 손실특성에 많은 영향을 주게 된다. 따라서 유전체 지지대의 높이를 결정하기 위하여 EM-시뮬레이션을 수행하였다. 그림 1 에 DAML 의 구조와 시뮬레이션 결과를 나타내었다.



(a) DAML 의 구조

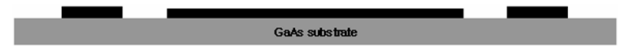


(b) 유전체 지지대의 높이에 따른 손실 특성
그림 1. DAML 의 구조적 특성

그림 1 (b)의 시뮬레이션 결과로부터 유전체 지지대의 높이가 증가할수록 DAML 의 삽입손실은 감소하며, 약 10 μm 이상이 되면 삽입손실의 감소가 거의 변하지 않게 됨을 알 수 있다. 따라서 DAML 의 유전체 지지대 높이는 10 μm 를 사용하였다.

DAML 의 특징은 일반적인 마이크로 머시닝 기술에 비해 간단한 공정과장으로 제작할 수 있다는 장점이 있다. 그림 2 는 DAML 의 제작과정을 보여주고 있다. 제작 과정은 총 4 번의 mask 작업으로 다음과 같다. 첫 번째로, GaAs 기판 위에 접지면 형성을 위하여 금속층을 증착하여 준다(그림 2 (a)). 다음은 증착된 접지면 위에 신호선을 지지해 주기 위한 유전체 지지대를 제작한다. 유전체 지지대로는 낮은 유전체 상수(dielectric

constant)를 갖는 polyimide 를 사용하였다(그림 2 (b)). 희생층을 형성하기 위해 감광막(photo resist)를 사용하여 노광 및 현상 과정을 수행하였다(그림 2 (c)). 전송선 형성을 위해 도금 기반층으로 Ti/Au 를 각각 열 증착 방법을 사용하여 연속적으로 증착하고, 그 위에 도금층을 형성하며 (그림 2 (d)), Au plating 장비를 이용하여 신호선을 제작 후 도금층 및 희생층을 제거함으로써 DAML 의 제작이 완성된다(그림 2 (e)).



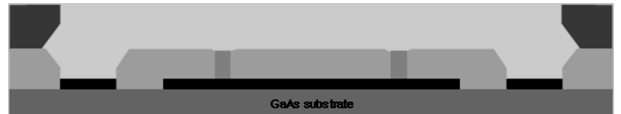
(a) 1 차 mask 공정 : 접지면 제작



(b) 2 차 mask 공정 : 유전체 지지대 제작



(c) 3 차 mask 공정 : 희생층 형성



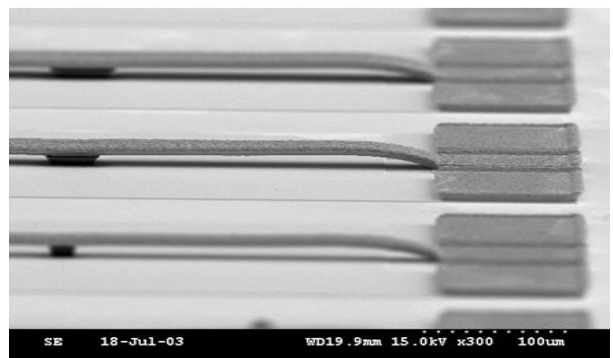
(d) 4 차 mask 공정 : 신호선 제작을 위한 도금층 형성



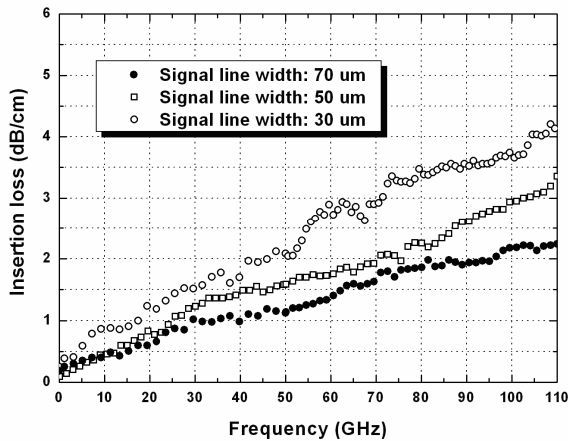
(e) 후처리 공정 : 신호선 제작 및 희생층 제거

Figure 2. DAML 의 제작과정

제작된 DAML 의 SEM 사진과 측정된 결과를 그림 3 에 나타내었다. 신호선과 측정을 위한 CPW pad 와의



(a) 제작된 DAML 의 SEM 사진



(b) 제작된 DAML 의 손실 특성

그림 3. 제작된 DAML

연결이 잘 형성되어 있으며, 신호선이 유전체 지지대에 의해 접지면 위에 안정적으로 띄워져 있는 것을 볼 수 있다.

제작된 DAML 은 Anritsu 사의 ME7808A network Analyzer 를 이용하여 100 MHz 부터 110 GHz 까지 측정 하였다. 제작된 DAML 은 30 μm , 50 μm , 70 μm 의 신호선 폭을 갖고 있었으며, 110 GHz 에서 각각 4.3 dB/cm, 3.5 dB/cm, 2.2 dB/cm 의 손실 특성을 얻을 수 있었다.

III. 밀리미터파 대역 결합기의 제작

밀리미터파 대역 결합기 제작을 위하여 DAML 을 사용하였다. 먼저 결합기 제작을 위하여 DAML 의 폭에 따른 특성 임피던스를 EM-시뮬레이션 하였다. 그림 4 는 시뮬레이션 결과 및 측정결과를 나타내는 것으로

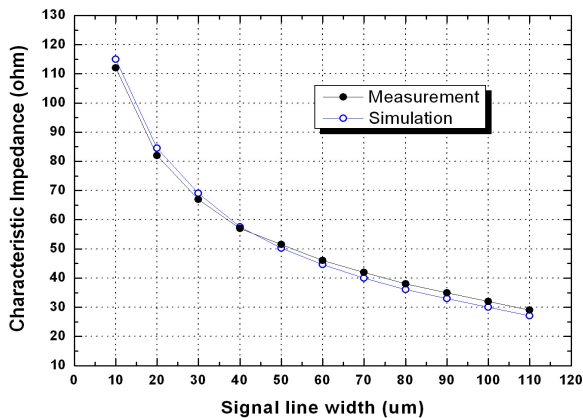
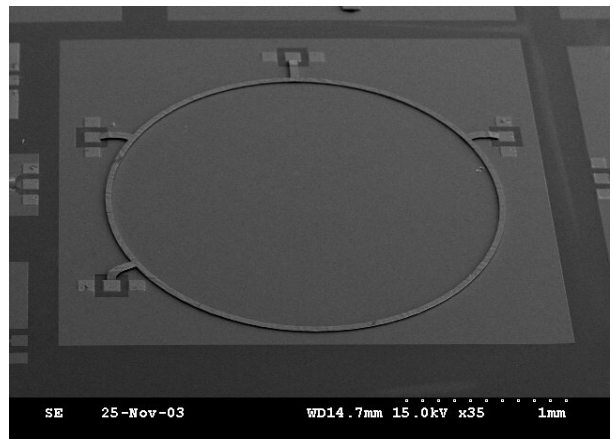


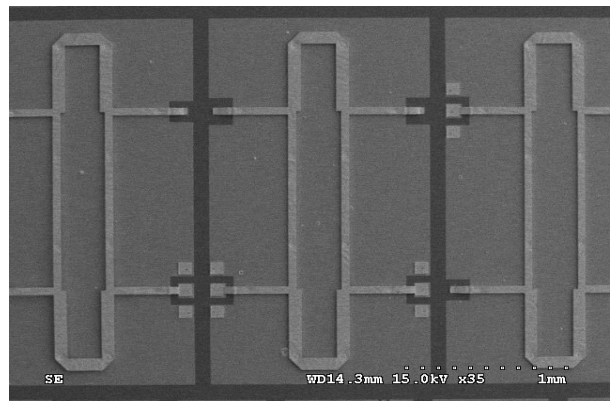
그림 4. DAML 폭 변화에 따른 특성 임피던스 변화

결합기 제작을 위해 30 Ω 부터 120 Ω 까지의 넓은 임피던스 범위를 사용하여 제작 할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

DAML 을 이용하여 제작된 결합기는 중심주파수 60GHz 로 ring-hybrid type 과 branch line type 을 사용하였다. 제작된 결합기의 사진을 그림 5 에 나타내었으며, 전체 크기는 ring-hybrid type 의 경우 2.3 mm \times 2.3 mm 이며, branch-line type 은 1 mm \times 2.5 mm 이다.



(a) 제작된 Ring-hybrid 결합기

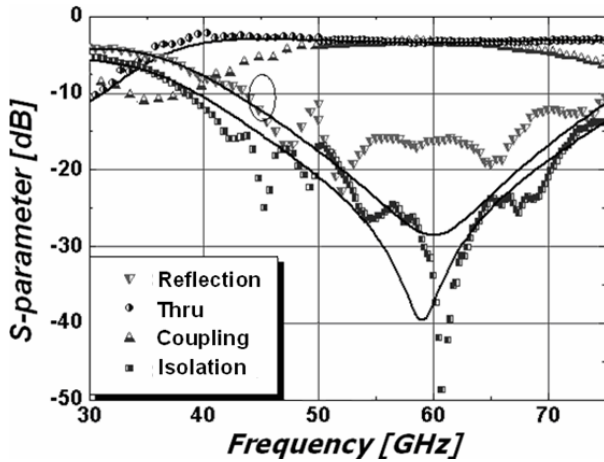


(b) 제작된 Branch-line 결합기

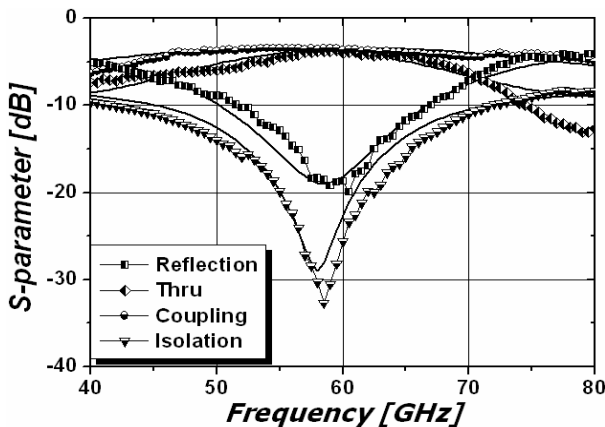
그림 5 DAML 을 이용하여 제작된 결합기의 사진

제작된 결합기의 측정된 결과를 그림 6 에 나타내었다. Ring-hybrid type 의 결합기의 경우 중심주파수 60GHz 에서 3.31 dB 와 3.58 dB 의 thru 특성과 coupling 특성을 각각 얻을 수 있었으며, 16.17 dB 와 33.62 dB 의 reflection 특성과 isolation 특성을 각각 얻을 수 있었다. 제작된 branch-line type 결합기의 thru 특성 및 coupling 특성은 중심 주파수 60 GHz 에서 3.42 dB 와 3.82 dB 를

각각 얻었으며, reflection 특성 및 isolation 특성은 18.69 dB 및 25.65 dB 를 각각 얻을 수 있었다.



(a) 제작된 Ring-hybrid 결합기의 주파수 특성



(b) 제작된 Branch-line 결합기의 주파수 특성

그림 5 DAML 을 이용하여 제작된 결합기의 주파수 특성

V. 결론

본 논문에서는 마이크로 머시닝 기술을 이용한 DAML 을 제작하였으며, 이를 이용한 밀리미터파 대역 결합기를 제작하였다. 제작된 DAML 구조는 유전체 지지대에 의해 안정적으로 유지되면서도, 밀리미터파 대역에서 낮은 손실을 얻을 수 있었다. 또한 4 단계의 mask 공정으로 기존의 마이크로 머시닝 기술을 이용한 전송선로의 제작과정 보다 간단하다는 장점을 갖고 있다.

DAML 을 이용하여 ring-hybrid type 과 branch-line

type 의 밀리미터파 대역용 결합기를 제작하였다. Ring-hybrid type 은 2.3 mm ×2.3 mm, branch-line type 은 1 mm ×2.5 mm 의 크기로 제작되었다. 중심 주파수 60GHz 에 서 ring-hybrid type 은 3.31 dB, 3.58 dB, branch-line type 은 3.42 dB, 3.82 dB 의 thru 특성 및 coupling 특성을 얻을 수 있었다.

DAML 구조를 이용한 밀리미터파 대역용 결합기는 낮은 손실 특성으로 향후 결합기를 이용한 밀리미터파 대역용 집적회로의 성능 향상에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Tien-yu Chang, Chun-Line, and Chun Hsiung Chen "Coplana-waveguide Tandem Couplers with Backside Conductor," IEEE Microwave and Wireless Components Letters, Vol 13, pp214-216, June 2003.
- [2] E. C. Park, Y. S. choi, B. I. Kim , J. B. Yoon, and E. S. Yoon, "A Low Loss MEMS Transmission Line with Shielded Ground," IEEE The Sixteenth Annual International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, MEMS-03 Kyoto., pp136-139, Jan. 19-23, 2003.
- [3] Weller, T.M., L. P. B. Katehi, M. I. Herman, et al., "New Results Using Membrane-Supported Circuits: A Ka-Band Power Amplifier and Survivability Testing," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 44, pp1603-1606, 1996
- [4] Wilke, T.L., S.S. Gearheart, "LIGA Micromachined Planar Transmission Lines and Filters, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 3, pp1681-1688, 1997