

19GHz대역 무선랜용 LTCC 적층형 패치 안테나

염찬규^o · 이윤복 · 김영두 · 이홍민

경기대학교 전자공학과

경기도 수원시 팔달구 이의동 산 94-6번지 (우) 442-760

전화 : (031) 246-8746 / 팩스 : (031) 249-9796

E-mail : progchan@nate.com

LTCC Stacked Patch Antenna for 19GHz Band WLAN

Chan-Kyu Yeom^o · Yun-bok Lee · Young-Do Kim · Hong-Min Lee

Department of Electronic Engineering, Kyonggi University

San 94-6, Yiui-Dong, Paldal-Gu, Suwon-Si, kyonggi-do, Korea

E-mail : progchan@nate.com

Abstract

In this paper, LTCC stacked patch antenna with a radial CPW fed slot and grounded-shorting vertical-via wall for 19GHz band wireless LAN is presented. Suggested antenna employed a patch and grounded-shorting vertical-via wall for radiation element, consist of feeding structure which a radial open feature at the end of the CPW feed line. The optimal design parameters of the antenna using by EM simulation program. We can see that enough to bandwidth 560MHz for 19GHz band WLAN antenna specification by the optimized antenna.

Key words : LTCC, Stacked patch, Radial CPW, Vertical-Via Wall.

I. 서론

기술의 발전에 따라, 점점 더 높은 수준의 시스템의 집적과 소형화에 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 소형화된 시스템에 적합한 소형 안테나에 대한 관심과 연구가 활발하다. 특히 차세대 무선랜 규격으로 많은 연구가 진행되고 있는 19GHz대역은 음성위주의 협대역 통신에서 벗어나 인터넷, 멀티미디어와 같은 광대역 통신으로 주파수 활용범위가 넓어지고 있기 때문에 이러한 시스템에 적용할 수 있는 효율적인 초소형안테나가 필요하다.

저온 동시소성 세라믹(Low Temperature Cofired Ceramic : LTCC) 공정 기술은 LTCC 레이어의 적층과 금속 패턴의 형성이 용이하기 때문에 본 논문에서 제안하는 적층 패치 구조와 수직 비아의 형성

에 적합하다. 이러한 LTCC 공정 기술과 CPW 급전 구조가 갖는 장점은 현재의 기술 추세에 비추어 볼 때 소형화, 모듈화 되어가기 때문에 표면 실장하기 유리하며, 양산 체제가 가능하기 때문에 단가 절감의 효과도 예상된다.^[1]

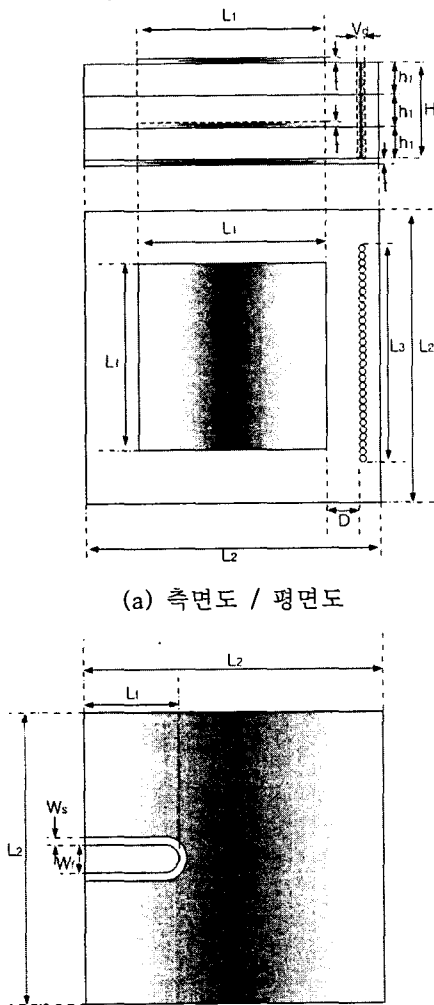
일반적인 패치안테나는 주파수 대역폭이 수%에 지나지 않아 이를 개선하는 방법들이 많이 연구되어왔다. 패치 안테나에서 대역폭을 넓히는 방법에는 튜닝 스테브, 리액티브 로드, 적층 구조를 이용하는 방법과 방사 소자에 슬롯 등을 부설하는 방법이 있으며, 급전 구조에서 개구 결합 또는 직접 결합과 같은 EM 결합 급전을 통해서 대역폭을 넓히는 방법 등이 있다.^[2]

본 논문에서 제안하는 안테나는 급전 구조와 패치 간의 결합, 패치와 접지된 수직-비아 벽간의 전자기

적 결합을 통해서 임피던스 대역폭을 확장할 수 있었다.

II. 제안된 안테나의 구조

그림 1은 제안한 안테나 구조이다. 기판은 교세라社의 LTCC 레이어로 두께 4mils(0.026mm/mil), 유전율 5.6, 손실탄젠트 0.0012의 GL-550인 LTCC 테잎^[4]을 사용하였다.



(a) 측면도 / 평면도

(b). 후면도(급전부)

$L_1 = 120\text{mil}$, $L_2 = 160\text{mil}$, $L_3 = 132\text{mil}$, $h_1 = 4\text{mil}$,
 $t = 1\text{mil}$, $D = 14\text{mil}$, $V_d = 4\text{mil}$, $W_s = 6\text{mil}$,
 $W_f = 14\text{mil}$, $L_f = 44\text{mil}$, [1mil = 0.026mm]

그림 1. 제안된 안테나 구조

기판과 위 패치까지의 전체 높이는 $H+2t$ 이며, 급전 구조는 임피던스 정합특성이 좋은^[5] CPW에 커

패시티브 리액턴스 성분을 갖는 방사형(Radial Structure)으로, 접지면의 크기 $L_2=160\text{mil}$ 이고, 50Ω CPW 급전을 만족하기 위한 슬롯의 폭 W_s 와 급전선의 폭 W_f 는 각각 6mil, 14mil이며, 급전선의 길이는 $L_f=44\text{mil}$ 이다.

적층된 패치의 크기는 전형적인 근사화식 $L = 1/2f_c \sqrt{\mu_0 \epsilon_0 \epsilon_r}$ 을 통해서 $L_1=120\text{mil}$ 로 상하 패치의 크기가 동일하다. 적층 안테나에서 넓은 대역 특성을 얻기 위해서는 입력 임피던스의 궤적이 스미스차트에서 공진 고리를 형성하게 하는 것이 중요하다. 따라서 유전체의 전체 높이는 최소 $0.03\lambda_0$ 보다 두꺼우며, 패치 사이의 적층 거리는 아래와 위 기판 두께의 비에 1:3 정도 거리가 적당하며^[3], 제안된 구조는 $2h_1$ 의 적층 거리를 갖는다.

사각형 패치가 매우 소형이기 때문에 물리적인 크기에 의해 방사 소자의 효율이 열화 되는 것을^[6] 보상해주기 위해 방사 소자에 변형을 가하지 않았다. 접지면과 닿아 있는 수직-비아 벽은 높이 $H=12\text{mil}$, 폭 $V_d=4\text{mil}$ 그리고 길이 $L_3=132\text{mil}$ 로 유전체 내에 유기되는 필드에 의해 모드를 형성한다.

III. 설계 변수에 따른 안테나 특성

제안된 안테나에서 방사형 CPW 라인의 50Ω 임피던스는 다음의 설계방정식에 의해서 구했다.^[7] CPW 선로의 특성 임피던스 Z_0 는 다음과 같다.

$$Z_0 = \frac{30\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \frac{K(k'_0)}{K(k')}$$

$$k' = \sqrt{1 - k_0^2}$$

유효유전율 ϵ_{eff} 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\epsilon_{eff} = 1 + q_1(\epsilon_{r1} - 1)$$

기판의 상하 공간의 커패시턴스는

$$C_{air} = 4\epsilon_0 \frac{K(k_0)}{K(k'_0)}$$

이고,

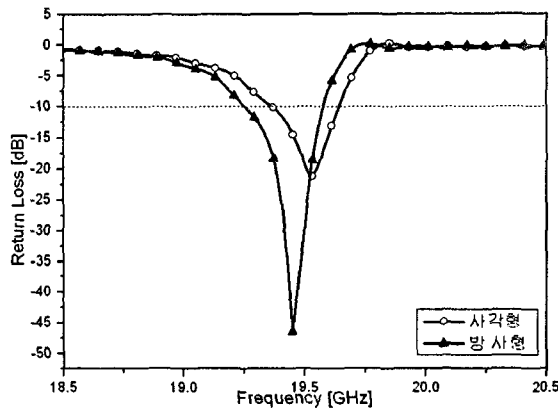
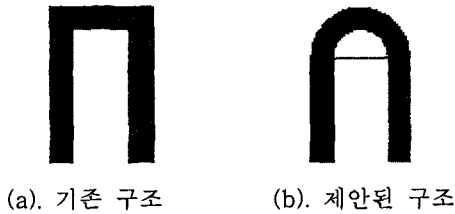
$$q_1 = \frac{1}{2} \frac{k(k_1)}{K(k'_1)} \frac{K(k'_0)}{K(k_0)}$$

$$k_0 = \frac{S}{S+2W}$$

이다. 설계방정식에 의해 슬롯의 폭 W_s , 급전선의

폭 W_f , 급전선의 길이 L_f 가 각각 6mil, 14mil 그리고 44mil로 50Ω 으로 급전 된다.

CPW 중단부가 개방된 커패시턴스 성분을 갖는 사각형 CPW 급전의 기존 구조와 본 논문에서 제안하는 방사형 CPW 구조를 그림 2 (a), (b)에서 보여준다.



(c). (a),(b)구조의 반사 손실 특성

그림 2. 기존 CPW급전 구조와 제안된 구조 비교

사각형의 CPW 구조에 비해서 방사형 CPW 구조에서는 접지면과의 전이를 통해 여러 모드에서 임피던스 정합을 이루기 때문에 임피던스 매칭과 대역폭 특성이 개선되었다. CPW 선로의 커패시턴스 성분을 갖는 구조는 공간 적분 방정식 법에 의해 얻어지고, 결합량은 급전선의 폭(W_f)과 슬롯의 폭(W_s)이 증가함에 따라 비례한다는 것이다. [8],[9]

그림 1에서 접지면에 수직으로 설계된 비아 벽은 유전체 내에서 적층 패치에 의해 유전체 내에 형성되는 필드가 패치의 기본 모드와 인접한 공진 모드를 만든다. 그림 3에서는 접지된 수직-비아 벽의 유무를 통해서 19.35GHz에서의 패치에 의한 모드 이외에 수직-비아 벽에 의한 19.68GHz에서의 공진 모드와 전체 대역폭이 넓어지는 것을 확인할 수 있다. 접지된 수직-비아 벽의 설계 변수는 수직-비아의

직경 V_d , 수직-비아 벽의 높이 H , 수직-비아 벽의 길이 L_3 이다.

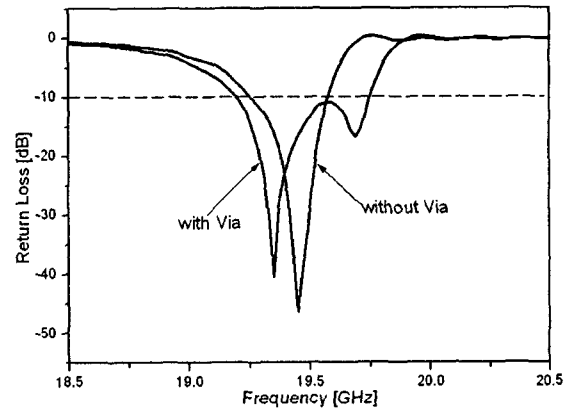


그림 3. 접지된 수직-비아 벽에 의한 영향

V_d 는 LTCC 설계 공식에서^[4] 레이어의 높이와 같게 하는 조건에 따라 4mil로 고정시키고, 높이 H 와 길이 L_3 과 거리에 대해서 EM 시뮬레이션을 통해서 확인한 결과 L_3 는 최적화된 길이인 132mil보다 작은 값에서는 결합량이 적어서 반사 손실 특성이 떨어졌고, 132mil보다 클 때는 132mil일 때와 같은 반사 손실 특성을 보여 L_3 의 값은 임계가 있음을 그림 4를 통해 확인할 수 있었다.

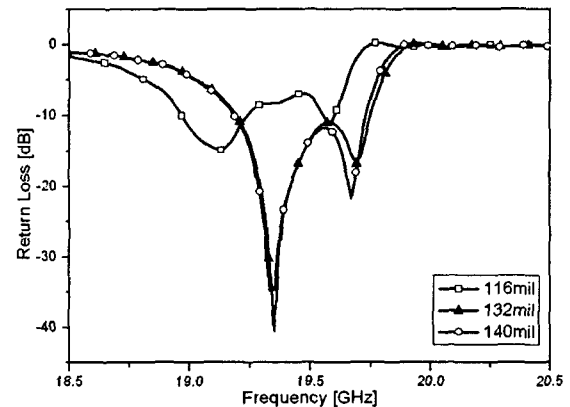
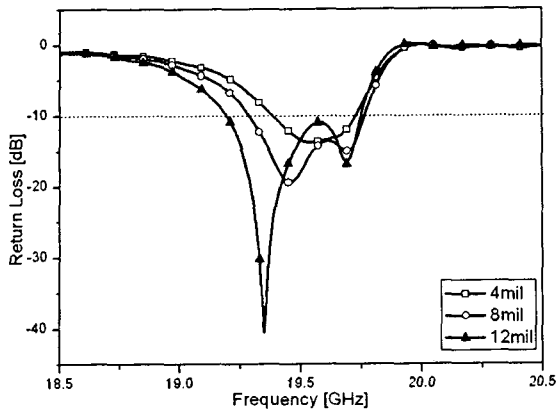
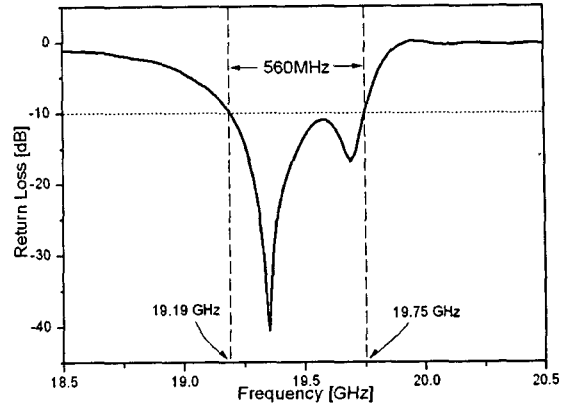


그림 4. 접지된 수직-비아 벽의 길이 L_3 의 영향.

수직-비아 벽이 유전체 내의 필드에 의해 영향을 받기 때문에 비아 벽면의 면적에 영향을 주는 높이 H 가 입력 임피던스에 영향을 준다. 그림 5에서 높이 H 가 유전체의 전체 높이에 해당하는 12mil일 때 가장 좋은 반사손실 특성을 보여준다.



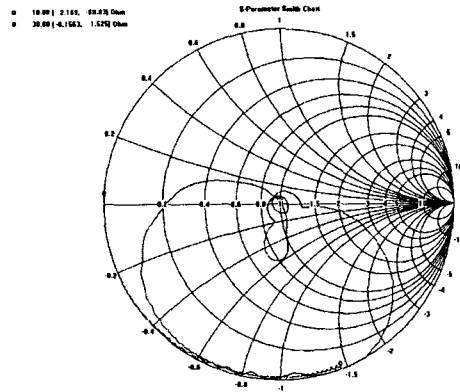
[그림 5]. 접지된 수직-비아 벽의 높이 H의 영향



(a) 반사손실 특성.

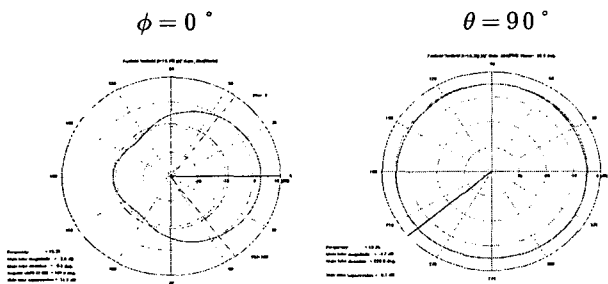
적층된 패치 안테나 최대 이득은 2.8dBi이며, 방사 효율은 90.5%로 매우 우수한 편이다. 방사 패턴은 전형적인 단일 패치 안테나와 매우 유사하게 수평면(H-plane)내 무지향성을 보여주며, 그림 6에 최적화된 안테나의 방사패턴을 보여준다. 지금까지 살펴본 결과 H=12mil, V_d=4mil, L₃=132mil을 갖는 최적화된 안테나의 반사손실 특성과 임피던스 대역폭을 그림 7에 나타내었다.

그림 7의 (a)에서 전체 대역폭은 560MHz이고, 패치에 의한 공진주파수 f₁=19.35GHz와 접지된 수직-비아 벽에 의한 공진주파수 f₂=19.68GHz를 확인할 수 있고, (b)에서 스미스차트의 임피던스 궤적을 통해서 적층 패치에 의해 공진 고리가 형성되는 것을 알 수 있고, 수직-비아 벽에 의한 임피던스 궤적의 변화를 볼 수 있다.



(b). 압력 임피던스 궤적

그림 7. 최적화된 안테나 특성



(a) y-z plane (b) x-y plane

그림 6. f=19.35GHz의 방사패턴

Acknowledgements

This work was supported by grant No.(R05-2002-000-00883-0) from the Basic Research Program of the Korea Science & Engineering Foundation.

IV. 결론

본 논문에서는 방사형 슬롯의 급전 구조와 접지된 수직-비아 벽을 가지는 LTCC 적층형 패치 안테나를 제안하였다. 적층된 패치의 길이 L₁을 120mil로 고정 시킨 후 EM simulator인 CST社의 MWS를 이용하여 패치간의 거리 2h₁를 계산된 값으로 설정하고, 안테나의 중요한 설계변수인 접지된 수직-비아 벽의 L₃와 H를 변화시키면서 안테나의 특성을 고찰하였으며, CPW급전 구조를 갖는 초소형안테나가 표면 실장되는 주변 소자들로의 간섭의 영향을 보

기 위하여 방사특성 또한 확인하였다.

본 고에서는 LTCC 기술을 이용한 19GHz 대역 무선랜 안테나를 살펴봄으로써 향후 높은 주파수 대역에서 요구하는 초소형 안테나의 설계가 가능함을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 박철순, "LTCC 초고주파 System-in-Package 기술", 한국정보통신대학교, 2003 2.
- [2] C.L.Mark, K.M.Luk and K.F.Lee, "Microstrip Line-fed L-strip Patch Antenna," IEE Proceedings-Microwave Antennas and Propagation, Vol. 146, No.4, 1999, pp.282-284.
- [3] E. Tentzeris, R. L. Li, K. Lim, M. Maeng, E. Tsai, G. DeJean, and J. Laskar, "Design of Compact Stacked-Patch Antennas on LTCC Technology for Wireless Communication Applications", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol. 2. 16-21, June 2002.
- [4] National Semiconductor Corporation, "Design Rules For Physical Layout of Low Temperature Cofired Ceramic Modules.", 2000, 5.
- [5] W. Menzel, Grabherr, "A Microstrip Patch Antenna with Coplanar Feed Line", IEEE Microwave and Guided Wave letter, Vol.1, no. 11, pp. 340-342, Nov. 1991.
- [6] H. A. Wheeler, "Fundamental limitations of small antennas", Proceeding. IRE., Vol. 35, pp. 1479-1484, 1947.
- [7] Rainee N. Simons, "Coplanar Waveguide Circuits, Components, and Systems.", Wiley Inter Science, 2001.
- [8] N. I. Dib, W. P. Harokopus Jr, L. P. B. Katehi, C. C. Ling and G. M. Rebeiz, "Study of a Novel Planar Transmission Line", IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig, Vol. 2, pp.623-626, Boston, MA, June 1991.
- [9] N. I. Dib, W. P. Harokopus Jr, G. E. Ponchak and L. P. B. Katehi, "A Comparative Study between Shielded and Open Coplanar Waveguide Discontinuities", Int. J. Microwave Millimeter-wave Computer-Aided Eng, Vol. 2, No 4, pp.331-341, Oct 1992.