

고주파용 회로기판을 위한 PTFE(Polytetrafluoroethylene) 복합체의 제조 및 유전 특성

윤기현[†] · 정도환 · 양병덕 · 장재혁* · 김종희*
연세대학교 세라믹공학과
*삼성전기 주식회사
(2003년 2월 19일 접수; 2003년 7월 14일 승인)

Preparation and Dielectric Characteristics of PTFE(Polytetrafluoroethylene) Composites for Microwave Circuit Board

Ki Hyun Yoon,[†] Do Hwan Jung, Byung Duk Yang, Jae Hyuk Jang,* and Jong-Hee Kim*

Department of Ceramics Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

*Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd., Suwon City 442-743, Korea

(Received February 19, 2003; Accepted July 14, 2003)

초 록

고주파용 회로기판으로 사용하는 PTFE 복합체를 woven glass fiber를 사용하여 제조하였다. 유전상수는 PTFE 분산액에 woven glass fiber를 함침하는 횟수 증가에 따라 감소하는 특성을 나타내었으며, 3회 함침 횟수부터는 변화율이 감소하였는데, 이것은 PTFE 미세분말이 woven glass fiber의 기공과 굴곡 사이를 충분히 채우기 때문이다. 또한 함침 횟수 증가에 따라 PTFE의 비율이 증가하면서 유전 상수가 감소하여 회로 기판의 전파 전송속도는 증가하였다.

ABSTRACT

The PTFE composites for the microwave printed circuit board were prepared using woven glass fiber. The dielectric constant of the PTFE composites with oven glass fiber tended to decrease with an increase of immersion time, and was saturated at 3 times immersion. It resulted from the fact that fine powders of PTFE filled up at the pore and bend of woven glass fiber sufficiently. As the immersion time increased, the propagation velocity increased due to the reduction of dielectric constant.

Key words : Microwave PCB(Printed Circuit Board), PTFE composite, Woven glass fiber, Propagation velocity

1. 서 론

정보 산업 및 멀티미디어 분야에 있어서 전자 기기, 통신 장비들은 갈수록 높은 주파수 대역을 사용하고 있으며, 이제는 수 GHz~수십 GHz 대역의 주파수를 사용하 기에 이르렀다. 이러한 고주파 대역의 이용에 따라 발생하는 주파수 간섭 및 손실, 열에 의한 기판의 변형 등의 문제점이 없고, 고밀도 표면 실장의 경우 치수 안정성이 높고 가공성, 내열성이 우수한 재료들이 요구된다. 기존에 상용화된 에폭시를 사용한 인쇄회로 기판은 이러한 고주 파 특성을 만족시킬 수 없어 PTFE (Polytetrafluoroethylene) 재질의 인쇄회로기판을 통신장비에 사용해 오고 있는데, PTFE 재질의 인쇄회로기판에서 요구되는 성능은 다음과 같다. 첫째, 낮은 유전상수를 가져야 한다. 저 유전상수의

고주파회로 원판은 높은 signal propagation velocity, 낮은 손실, rise-time degradation의 절감 등 전기적 특성을 개선 시킬 수가 있다.^{1,2)} 둘째, 낮은 열팽창률을 가져야 한다. Z-축으로의 열팽창률이 낮아야 surface mount reliability, through-hole interconnection 등을 향상시켜주며, 낮은 열팽 창률을 갖는 package와 열팽창률을 match시켜서 solder joint에서의 stress를 최소화 시켜준다.³⁾ 본 연구에서는 현재 많이 사용되고 있는 woven glass fiber-PTFE 복합체 제조에 있어서 woven glass fiber를 PTFE 분산액을 함침 시킨 횟수에 따른 PTFE 복합체의 유전 특성을 측정하였다. 고주파용 회로 기판의 특성 중에서 전기적 특성의 균 일성과 GHz 영역대에서의 특성은 실제 사용에 있어서 매우 중요한 요소이나 이런 부분에 있어서 많은 연구가 되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 함침 회수에 따른 PTFE 복합체의 물리적 특성과 GHz 영역대에서의 유전 특성을 분석하여 고주파 회로기판용 PTFE 복합체 제조의 최적 조건을 고찰하고 함침 횟수가 물성에 미치는 영향을 규명하였다.

[†]Corresponding author : Ki Hyun Yoon
E-mail : khyoon@yonsei.ac.kr
Tel : +82-2-2123-2847 Fax : +82-2-392-1680

2. 실험방법

PTFE micro powder가 60 wt% 포함된 분산액에 5 cm×5 cm의 크기로 절단한 woven glass fiber를 10분 동안 함침 시킨 후 건조하여 50°C의 dry oven에서 30분 동안 건조를 시켜 prepreg를 제조하였다. 건조된 prepreg를 PTFE 분산액에 다시 함침시키고 건조하는 작업을 반복하여 함침 횟수를 1번, 2번, 3번, 4번까지 변화시켜 각각 prepreg를 제조하고, PTFE 분산액 속의 wetting agent를 제거하기 위하여 280°C에서 30분간 중간 열처리를 하였다. 열처리된 prepreg는 전체 기판의 두께가 0.7~1.2 mm 정도의 두께가 될 수 있도록 4장을 겹쳐 hot press 장치 위에 적층시키고, 2 ton/m²의 압력을 가한 상태에서 340°C까지 승온 시킨 후 30분간 유지하였다. 적층된 PTFE 기판을 압력을 가한 상태에서 150°C까지 공냉을 시키고, 그 이후 냉각수를 이용하여 냉각시켰다. 실제 고주파 영역에서의 특성을 평가하기 위해 10 GHz에서 유전상수 및 기판의 전파전송속도를 측정 하였다. PTFE 복합체를 각각의 조성에 따라 prepreg와 동박을 함께 적층하고 hot press를 이용하여 접착시키고 20×10 mm의 크기로 절단하였다. 10 GHz에서의 유전상수 측정은 PTFE 복합체가 10 GHz 영역에서 $\lambda/4$ 공진이 일어나게 3 mm 넓이의 microstrip line을 설계하여 network analyzer(HP, 8720C, U.S.A.)를 사용하여 공진주파수를 측정하여 유전상수를 구하였다.⁴⁾ 또한, 동일한 시편으로 microstrip line을 왕복하는데 걸리는 시간을 측정하여 전파전송속도를 측정하였다. 복합체의 유전 손실 값은 ring resonator 법을 이용하여 구하였다.

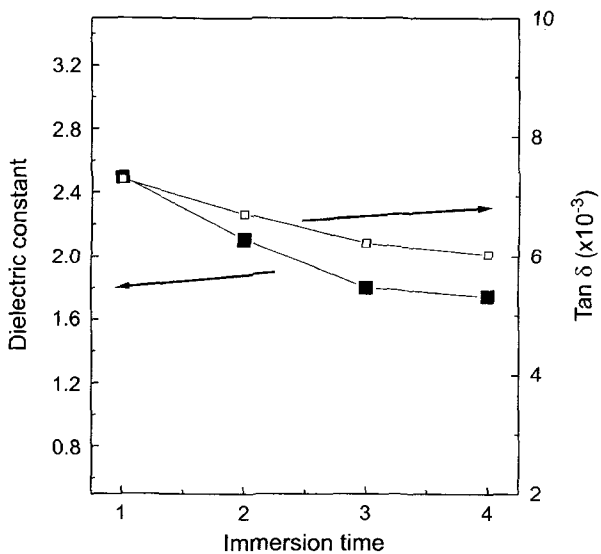


Fig. 1. Dielectric constant and dielectric loss of PTFE composites with woven glass fiber as a function of immersion time at 10 GHz and 2.8 GHz, respectively.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 woven glass fiber를 PTFE 분산액에 함침한 횟수 변화에 따른 10 GHz에서 유전상수 값과 2.8 GHz에서 유전 손실 값을 나타낸 것이다. 유전상수가 2 정도인 PTFE와 유전상수가 6~7 정도인 woven glass fiber로 이루어진 복합체의 유전상수와 유전 손실값은 woven glass fiber를 PTFE 분산액에 함침한 횟수변화에 따라 미세하게 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 함침 횟수가 증가함에 따라 유전 상수와 유전 손실값이 낮은 PTFE 층이 증가하므로 유전상수는 함침 횟수에 따라 점점 작아지게 된다.^{5,6)} PTFE 복합체의 유전상수는 3회 함침한 경우부터 감소폭이 줄어들었는데 이것은 3회 함침까지는 미세한 PTFE 입자가 woven glass fiber의 기공과 굴곡 부분을 채우기 때문에 흡착량이 많은데 비해, 그 이상에서는 흡착되는 양이 적어지기 때문으로 판단되었다. 이것을 확인하기 위해 SEM을 이용하여 PTFE 복합체의 미세구조를 살펴 보았다.

Fig. 2에서 거친 단면을 가지고 굴곡을 그리며 연속적으로 연결된 부분이 woven glass fiber를 나타내며 woven glass fiber 사이를 메우고 있는 것이 PTFE이다. 그림에서 보면 woven glass fiber를 PTFE 분산액에 함침한 횟수가 증가함에 따라 PTFE가 증가함을 볼 수가 있으며 특히 2번 함침한 시편의 미세구조와 3번 함침한 시편의 미세구조에서는 PTFE 층의 차이를 볼 수가 있다. 즉, 1번, 2번 함침한 PTFE 복합체의 미세구조에서는 woven glass fiber 굴곡 사이를 PTFE layer가 충분히 채우지 못하고 있으나, 3번 이상 함침한 PTFE 복합체의 미세구조를 보면 PTFE가 woven glass fiber의 굴곡을 채우고 PTFE 층을 이루고 있는 것을 볼 수가 있다. 따라서 woven glass fiber를 PTFE 분산액에 3회 이상 함침시켜야 PTFE 입자가 기공과 굴곡을 충분히 채워 치밀한 구조를 이루고 안정적인 기계적, 열적 특성을 나타낼 수 있다.

함침횟수에 따라 PTFE 복합체의 인장강도는 약 80 MPa에서 74 MPa로 미세하게 감소하였고, 열팽창률은 73 ppm/°C에서 32 ppm/°C로 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 열팽창률은 3회 함침한 경우부터 크게 감소하였는데 이는 미세구조에서 분석한 결과와 일치하는 것으로, PTFE 층이 열팽창률이 크지만 PTFE 미세 입자가 woven glass fiber의 빈공간과 굴곡을 채워 더욱더 치밀한 구조를 갖게 되기 때문으로 판단되었다.⁷⁾

Fig. 3은 woven glass fiber를 PTFE 분산액에 함침한 횟수에 따른 전파 전송속도를 나타내었다. 위쪽의 그래프는 이론적인 전파 전송속도이고,⁸⁾ 아래쪽의 그래프는 실험값이다. 기판의 전파 전송속도는 유전상수에 반비례하므로 PTFE 분산액에 함침 횟수가 증가할수록 이론적인 값과 실험적인 값의 전파전송속도는 점점 증가를 하는데, 실험

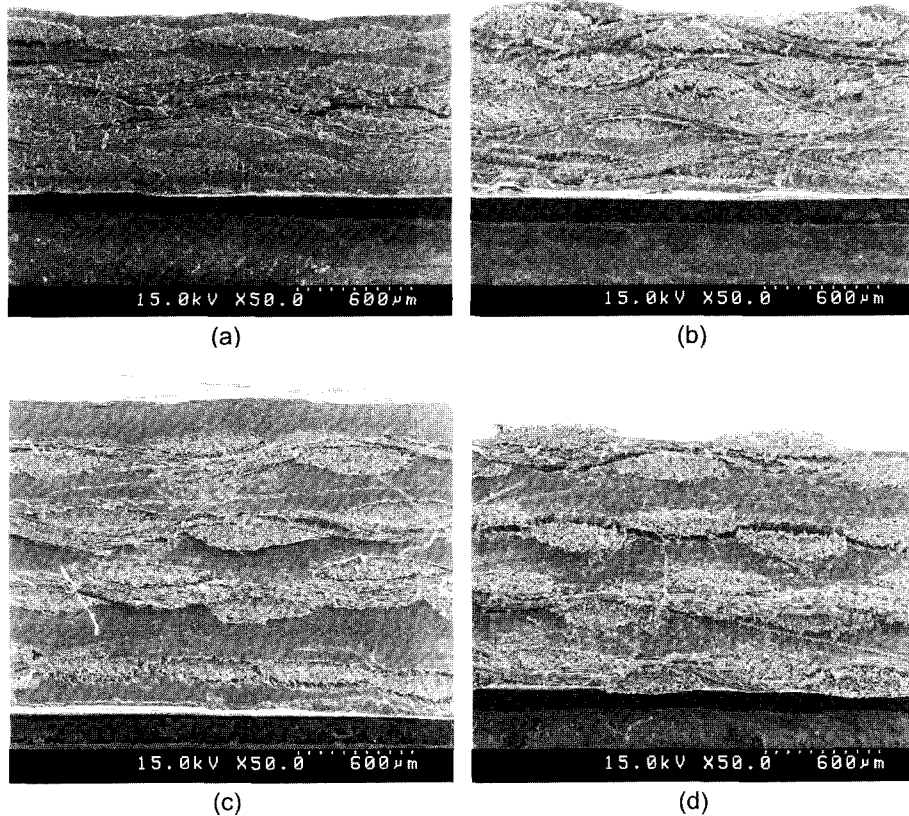


Fig. 2. Photographs of the cross section of woven glass fiber as a function of immersed number in PTFE solution. (a) 1 time immersion, (b) 2 times immersion, (c) 3 times immersion, and (d) 4 times immersion.

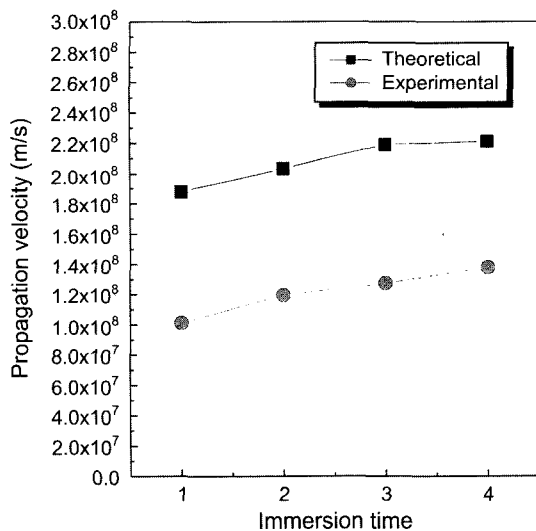


Fig. 3. Propagation velocity of PTFE composites with woven glass fiber as a function of immersion time.

치와 이론적인 값들의 함침 횟수 변화에 따른 전파전송 속도의 감소 폭은 0.4×10^8 m/s 정도로 둘다 비슷하게 감

소를 하여 함침 횟수의 변화가 등박과 PTFE 복합체와의 계면 특성에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 이것은 PTFE 복합체의 형태가 층상구조를 이루고 있어, PTFE와 등박의 계면은 함침 횟수와 관계없이 동일하기 때문으로 판단된다.

4. 결 론

고주파용 회로기판에 사용되는 PTFE 복합체 재료를 woven glass fiber와 PTFE 분산액을 이용하여 제조하고, woven glass fiber를 PTFE 분산액에 함침 시키는 횟수 변화에 따라 복합체에 미치는 영향을 분석하였다. 함침 횟수가 증가할수록 저유전율의 PTFE 함량의 증가에 따라 10 GHz에서 유전율은 점차 감소하였다. 3회 함침 횟수부터 PTFE 미세 입자가 woven glass fiber의 기공과 굴곡을 고르게 채워 유전 상수의 감소율이 줄어들었다. 또한 PTFE 분산액에 함침 횟수가 증가할수록 복합체의 유전 상수가 감소하여 기판의 전파속도는 증가하는 경향을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 21세기 프론티어연구개발사업의 일환인 '차세대소재성형기술개발사업단'의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

1. Arthur. David J, Mosko. John C, Jackson. Connie S, and Traut. G. Robert, "Electrical Substrate Material," U. S. Patent 4,849,284 (1989).
2. Fischer. Paul, "High Capacitance Laminates," U. S. Patent 4,996,097 (1991).
3. Arthur. David J and Swei. Gwo S, "Ceramic Filled Fluoropolymeric Composite Material," U. S. Patent 5,024,871 (1991).
4. T. C. Edwards, "Foundation for Microstrip Circuit Design," pp. 34-57, John Wiley & Sons, 1981.
5. Carroll. James R, McGinnis. Leon W, Miller. Terry L, and Norris. Michael B, "Glass Fiber Reinforced Fluoropolymeric Circuit Laminate," U. S. Patent 4,886,699 (1989).
6. Arthur. David and Swei. Gwo S, "Electrical Substrate Material," U. S. Patent 5,149,590 (1992).
7. Carroll. James R, McGinnis. Leon W, Miller. Terry L, and Norris. Michael B, "Glass Fiber Reinforced Fluoropolymeric Circuit Laminate," U. S. Patent 4,886,699 (1989).
8. David M. Pozar, "Microwave Engineering," pp. 205-11, Addison-Wesley, 1990.