
Via-Hole 접지를 고려한 K-대역 인터디지털 대역통과 필터분석

심재우*, 이영철*, 김영진**

The Analysis of Interdigital Bandpass Filter for K-band

Jae-Woo Sim, Young-Chul Rhee, Yung-Jin Kim

요 약

본 논문에서는 비아-홀 접지를 고려한 K-대역 인터디지털 대역통과필터를 설계하였다. 중심 주파수가 19.6GHz에서 25~30%대역만을 통과시키기 위해 6차 인터디지털 대역통과 필터를 마이크로 스트립라인으로 구성하였으며 비아-홀의 수에 따른 필터의 특성을 분석하였다. 비아-홀 접지와 인터디지털형 대역통과필터는 설계 최적화 과정을 통하여 통과대역에서 중심주파수와 대역폭관계를 만족시킬 수 있었으며 실제 제작 후 측정결과 중심주파수는 19.15GHz 삽입손실은 -4.1dB, 반사계수는 -16.7dB로 비아-홀 접지의 영향을 고려한 설계가 이루어짐을 증명하였다.

ABSTRACT

In this paper, we have designed a bandpass filter with via-holes ground on K-band To pass only the 25~30% of the bandwidth at the center frequency of 19.6GHz, we have designed a six-order interdigital bandpass filter using microstrip lines. Simulation results of optimization according to via-holes size and numbers of interdigit bandpass filter shows a excellent agreement with theoretical values on passband frequency.

* 경남대학교 정보통신공학부

** 동의대학교 전자공학과 교수

Experimental results of BP filters show that measured center frequency is 19.15GHz, insertion loss, -4.1dB, reflection coefficient, -16.7dB. It proved that the vis-holes ground size and numbers must be considered to design the bandpass filter.

I. 서 론

최근 무선통신시장의 급격한 발전으로 인하여 마이크로파를 비롯한 전파통신시스템에 적용되는 능동소자 모듈은 경제성을 고려하여 MMIC를 중심으로 저가-고성능(low cost-high performance)을 기반으로 모듈이 설계되고 있으며 이에 따라 마이크로파 통신시스템은 하나의 기판 위에 원하는 대역을 통과시키는 대역통과필터(BPF)를 저 잡음증폭단(LNA)과 함께 전단부(Front-End)에 설계함으로써 직접변환(direct conversion)에 의한 수신단 설계방안을 구성할 수 있다. RF 및 마이크로파 대역의 Tx/Rx에서 가장 많이 이용되는 대역통과필터의 형태는 인터디지털(interdigital :IDT)형이며 IDT형 대역통과필터(IDT-BPF)는 마이크로스트립 선로 위에서 TEM-모드, $\lambda/4$ 공진기를 배열에 의하여 설계된다 [1,2]. 최근에는 L대역을 중심으로 IDT형태의 대역통과필터를 LTCC(low-temperature-cofired-ceramic)에 적용하여 다층기판에서의 고농축효과와 저 손실(low loss)특성을 나타내고 있으며 마이크로파 및 밀리미터파 대역에까지 응용하여 LTCC를 적용한 MCM(multichip module)은 채널 대역폭 및 분리도(isolation)에서 우수성이 예측되고 있다[3].

이와 같은 LTCC를 적용한 MCM설계를 적용함에 있어서 고려되어야 할 사항은 비아-홀 접지(via-holes grounding) 문제이다. 비아-홀 접지는 3차원적 모드해석과 정합법[4]을 중심으로 분석되었으며 비아-홀의 크기와 형태에 대한 특성을 이론적으로 FDTD[5], Full-Wave Solver 및 유한 요소법을 고려한 FDTD해석[6,7]에 의한 비아-홀 특성관계를 분석으로 비아-홀 자체에 대한 특성분석을 하였다. 본 연구에서는 이러한 비아-홀에 대한 연구 배경을 가지고 마이크로파 통신시스템의 전단부에 적용되는 대역통과필터에 비아-홀의 주파수특성을 고려하여 비아-홀의 크기와 개수에 따른 영향관계를 분석하여 설계대역 주파수에서 제작의 간편

성, 작은 삽입손실, 통과 대역에서 선형적인 위상 특성, 평탄한 군지연 특성을 나타내는 IDT형 대역통과필터를 설계하고자 한다. 설계된 대역통과필터는 중심주파수 19.6GHz에서 최대 30%의 대역폭의 특성과 -3dB이하의 반사계수 특성을 나타내도록 비아-홀 접지에 의한 주파수특성을 마이크로파 프로그램 ADS를 이용하여 최적화시키고 설계된 K-대역 대역통과필터를 마이크로스트립 선로상에 구현하여 실험적으로 영향관계를 분석하고자 한다.

II. 마이크로스트립 비아-홀 접지의 모델링

비아-홀은 마이크로스트립선로 상에서 전송선로와 층(layer)을 이루고 있는 접지면 사이에 수직으로 원통(cylindrical)형태의 단락회로(short)를 구성하여 접지시키는 방법으로 비아-홀 접지에 대한 주파수 특성을 나타내기 위하여 비아-홀의 크기와 형태 및 기하학적인 특성에 따른 해석은 여러 가지 방법으로 해석이 가능하며, 해석을 위하여 적용되는 일반적인 비아-홀의 기하학적인 구조는 그림(1)과 같이 나타낼 수 있다[8]. 그림(1-b)에서 D는 홀의 직경, H는 마이크로스트립 선로의 높이, T는 비아-홀을 구성하는 금속(구리)의 두께, W는 비아면(via pad)의 폭을 나타내며, 비아-홀 접지에 대한 해석은 전파해법[8](full-wave solver)을 이용하여 비아-홀 접지에 대한 등가회로를 나타내면, 그림(1-c)에서와 같이 인덕터와 저항이 직렬연결로 나타낼 수 있다. h=마이크로스트립의 높이, r은 via-hole의 반지름 및 f는 중심주파수로 표기할 때 비아-홀의 접지의 인덕터 저항은 각각 다음 식과 같이 주어진다[9].

$$L_{via} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left[h \cdot \ln \left(\frac{h + \sqrt{r^2 + h^2}}{r} \right) + \frac{3}{2} (r - \sqrt{r^2 + h^2}) \right]$$

$$R_{via} = R_{dc} \sqrt{1 + \frac{f}{f_\delta}}, \quad f_\delta = \frac{1}{\pi u_0 \sigma t^2}$$

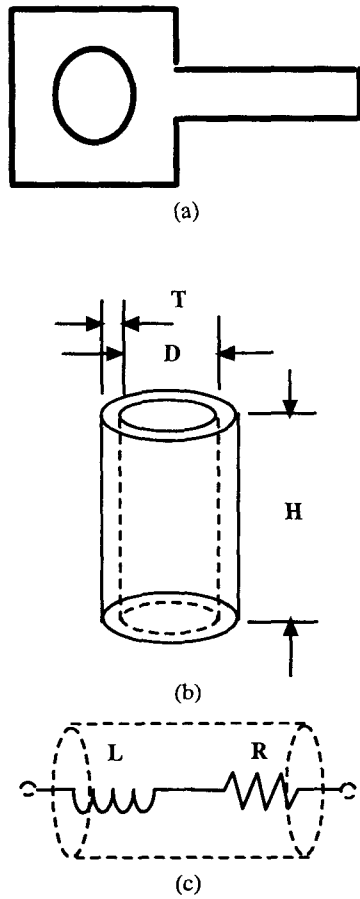


그림 (1) 마이크로스트립선로상의 비아-홀의 구조 (a)(b)와 등가회로(c)
 Fig. 1 Via-Hole structure on microstripline(a)(b) and Equivalent Circuit(c)

Ⅲ. 인터디지트형 K-대역 대역통과필터설계

마이크로스트립 선로를 이용한 IDT 대역통과필터를 설계하기 위하여 우선적으로 고려해야할 사항은 설계하려는 필터의 특성과 필요충분조건으로 중심주파수와 대역폭, IDT의 수를 결정하는 극점(pole)의 수를 고려해야 하며 대역내에서의 삽입손실(insert loss) 대역 외에서의 최소감쇠(minimum attenuation), 그룹지연(group delay)을 설정해야 한다. 일반적으로 IDT-대역통과필터의 형태는 대역통과의 대역폭비에 따라 그림(2)에서와 같이 협대역과 광대역특성의 형태로 IDT 대역통과필터를 설

계할 수 있으므로 설계 조건에 따라 IDT형태가 결정된다. 본 연구에서는 19.6GHz의 중심주파수에 30%의 대역폭을 나타내어 K-대역용 하향변환기의 증폭기 뒷 단에서 증폭된 신호 중 원하는 신호만을 통과시키는 차단특성이 우수하고 협대역에서 비교적 우수한 균일이득과 저 삽입손실의 IDT대역통과필터 특성을 얻기 위하여 6차의 인터디지트형태를 갖는 대역통과 필터를 설계하고자 한다. IDT형 대역통과필터를 설계하기 위한 기본이론과 설계공식은 이미 널리 알려져 있으므로, 참고문헌 [1]을 이용하여 주어진 설계조건과 특성에 적합한 IDT 대역통과필터의 설계 파라미터는 다음 식과 같다.

$$\theta_1 = \frac{\pi}{2} \frac{\omega_1}{\omega_0} = \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{\omega}{\omega_0}\right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{J_{k,k+1}}{Y_A} \Big|_{k=2to n-3} = \frac{1}{g_0 \sqrt{g_k g_{k+1}}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{J_{n-2,n-1}}{Y_A} \Big|_{k=1, to, n-1} = \frac{1}{g_0} \sqrt{\frac{g_0 g_2}{g_{n-2} g_{n+1}}} \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{J_{n,n+1}}{Y_A} = \frac{1}{\sqrt{g_n g_{n+1} \omega_1}} \dots\dots\dots (4)$$

$$N_{k,k+1} \Big|_{k=2to n-2} = \sqrt{\left(\frac{J_{k,k+1}}{Y_A}\right)^2 + \left(\frac{\omega_1 g_2 \tan \theta_1}{2g_0}\right)^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{Z_1}{Z_A} = \omega_1 g_0 g_1 \tan \theta_1 \dots\dots\dots (6)$$

$$\frac{Y_2}{Y_A} = \frac{\omega_1 g_2}{2g_0} \tan \theta_1 + N_{23} - \frac{J_{23}}{Y_A} \dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{Y_k}{Y_A} \Big|_{k=3 to n-2} = N_{k-1,k} + N_{k,k+1} - \frac{J_{k-1,k}}{Y_A} - \frac{J_{k,k+1}}{Y_A} \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{Y_{n-1}}{Y_A} = \frac{\omega_1 (2g_0 g_{n-1} - g_2 g_{n+1}) \tan \theta_1}{2g_0 g_{n+1}} + N_{n-2,n-1} - \frac{J_{n-2,n-1}}{Y_A} \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{Z_n}{Z_A} = \omega_1 g_n g_{n+1} \tan \theta_1 \dots\dots\dots (10)$$

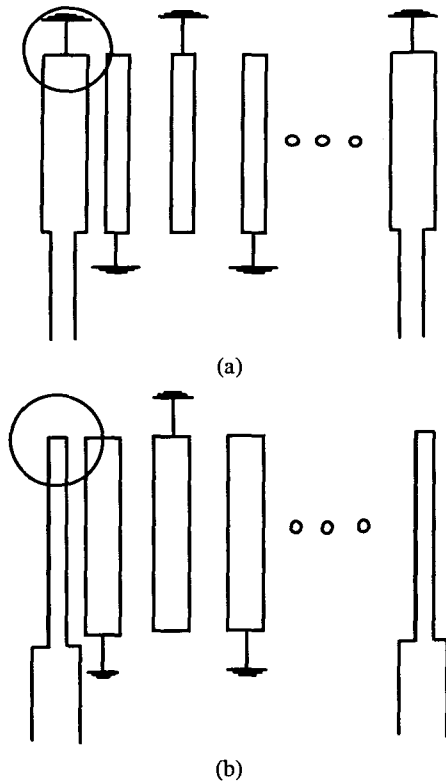


그림 (2) 인터디지트형 대역통과필터의 형태(a) 협대역 ($W < 0.3$) (b) 광대역($W > 0.3$)
 Fig. 2. Type of Interdigit bandpass filter (a) Narrow band($W < 0.3$) (b) wideband($W > 0.3$)

윗 식에서 $\omega = \omega_1 - \omega_2$ 로 대역폭이며, g_0, g_1, \dots, g_{n+1} 평탄 저역통과 필터의 기본 소자값, $J_{k,k+1}$ 어드미턴스의 인버터, θ_1 전기적인 길이, Y_A 특성어드미턴스이다. 식 (7~9) 는 필터의 어드미턴스이며 Y_A, Y_B 는 종단된 마이크로스트립 선로의 특성어드미턴스이다. 식 (5) 를 이용하여 선로간의 자기-커패시턴스(self-capacitance) 값을 구하면

$$\frac{C_1}{\epsilon} = \frac{367.7}{\sqrt{\epsilon r}} \frac{Y_A(1-\sqrt{h})}{(Z_1/Z_A)} \dots\dots\dots (11)$$

$$\frac{C_2}{\epsilon} = \frac{367.7}{\sqrt{\epsilon r}} Y_A h \left(\frac{Y_2}{Y_A} \right) - \sqrt{h} \frac{C_1}{\epsilon} \dots\dots\dots (12)$$

$$\frac{C_k}{\epsilon} \mid_{k=3 \text{ to } n-2} = \frac{367.7}{\sqrt{\epsilon r}} Y_A h \left(\frac{Y_k}{Y_A} \right) \dots\dots\dots (13)$$

$$\frac{C_{n-1}}{\epsilon} = \frac{376.7}{\sqrt{\epsilon r}} Y_A h \left(\frac{Y_{n-1}}{Y_A} \right) - \sqrt{h} \frac{C_n}{\epsilon} \dots\dots\dots (14)$$

$$\frac{C_1}{\epsilon} = \frac{367.7}{\sqrt{\epsilon r}} \frac{Y_A(1-\sqrt{h})}{(Z_1/Z_A)} \dots\dots\dots (15)$$

이 되며 식(11 ~ 15) 는 마이크로스트립 선로의 각각에 대한 자기 캐패시턴스 값을 의미한다. 여기서 ϵ 는 유전율을 의미하며 ϵr 은 매질의 비유전율이고, h 어드미턴스 변환계수이다[1]. 한편 상호-캐패시턴스(mutual capacitance)는

$$\frac{C_{12}}{\epsilon} = \frac{376.7}{\sqrt{\epsilon r}} Y_A \frac{\sqrt{h}}{(Z_1/Z_A)} \dots\dots\dots (16)$$

$$\frac{C_{k,k+1}}{\epsilon} \mid_{k=2 \text{ to } n-2} = \frac{376.7}{\sqrt{\epsilon r}} Y_A h \left(\frac{J_{k,k+1}}{Y_A} \right) \dots\dots\dots (17)$$

$$\frac{C_{n-1,n}}{\epsilon} = \frac{376.7}{\sqrt{\epsilon r}} Y_A \frac{\sqrt{h}}{(Z_1/Z_A)} \dots\dots\dots (18)$$

으로 나타낸다. 두 개의 캐패시턴스 값은 필터에서 공진기의 폭과 길이 및 간격을 결정하는 데 이용된다. 임피던스 인버터와 캐패시터에 관한 수식을 이용하여 IDT 대역통과 필터의 첫 번째 단과 마지막 단에 대한 선로의 폭을 구할 수 있으며 비대칭 병렬 결합선로 각단의 두께를 구하는 식과 두 번째 단부터 끝에서 앞단까지 (즉 $k, k-1$ 까지의 두께) 폭에 대한 식을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{w_a}{b} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{b} \right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{c_a}{\epsilon} \right) - \frac{c_{fe}}{\epsilon} - \frac{c_f}{\epsilon} \right] \dots\dots\dots (19)$$

$$\frac{w_b}{b} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{b} \right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{c_b}{\epsilon} \right) - \frac{c_{fe}}{\epsilon} - \frac{c_f}{\epsilon} \right] \dots\dots\dots (20)$$

$$\frac{w_k}{b} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{b} \right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{c_a}{\epsilon} \right) - \frac{(c_{fe})_{k-1,k}}{\epsilon} - \frac{(c_{fe})_{k,k+1}}{\epsilon} \right] \dots\dots\dots (21)$$

윗 식에서 $w_a/b, w_b/b$ 이 $0.35[1-t/b]$ 보다 작다면

$$\frac{w}{b} = \frac{0.07[1 - \frac{t}{b}] + \frac{w}{b}}{1.2} \dots\dots\dots(22)$$

을 적용한다. 위 식에서 c_a 는 $2(c_p^a + c_f + c_{fe})$, c_b 는 $2(c_p^b + c_f + c_{fe})$ 이며 c_p^b , c_f , c_{fe} 는 마이크로 스트립 선로에서 비대칭 병렬결합 선로에 의한 값으로 n단부터 n-1 단까지의 폭과 사이 값은 c_a 대신에 c_{ab} 을 대체하여 구할 수 있다. 여기서 $c_{ab} = (c_{fo} - c_{fe})$ 이다. 마이크로스트립 선로간의 간격 $s_{n,n+1}$ 은 정규화 된 상호 캐패시턴스를 이용하여 결합선로에서의 데이터 곡선식에 의하여 구한다.

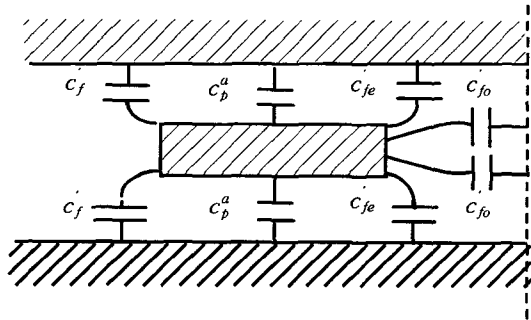


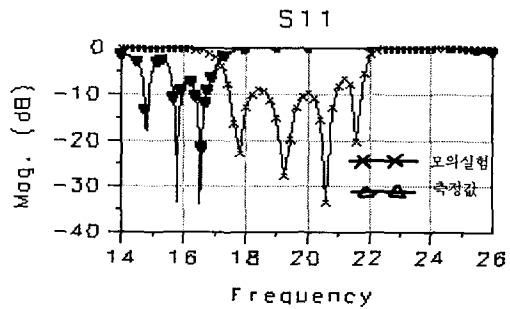
그림 3. 결합 선로와 자기 및 상호 캐패시턴스
Fig. 3 Coupled-stripline elements and self and mutual capacitances

IV. 비아-홀접지를 고려한 K-대역 IDT-BPF의 실험 및 고찰

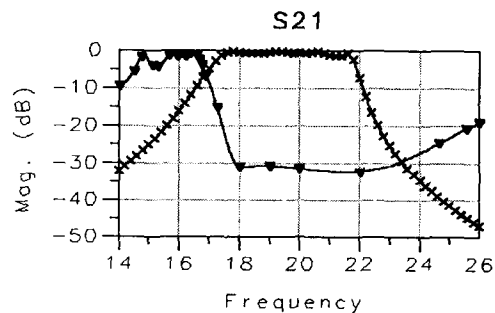
K-대역용 인터디지트 대역통과 필터를 설계하기 위하여 중심 주파수는 19.6GHz으로 설정하였으며 원하는 대역폭은 최대 30%로써 광대역 특성이 나타나도록 하였다. IDT형 대역통과필터의 설계에서 첫 단은 개방된 형식이고, 원하는 대역이외의 주파수에서의 낮은 감쇠특성과 중심주파수에서의 낮은 반사계수를 가지기 위해 6차 IDT로 설계하였다. 이 때의 계산 값은 표(1)와 같이 나타낼 수 있으며 ADS 프로그램에 의하여 모의실험한 결과와 6차 IDT 대역통과필터의 물리적인 크기를 식(19)~(22)를 이용하여 구한 계산식에 의해서 제작한 후 측정된 실험결과를 그림(4)과 같다. 그림(4)에서 모의

표 1. 계산식에 의한 캐패시턴스와 IDT의 수치값
Table. 1 Calculated capacitances and Interdigit sizes.

k	$\frac{C_{fe}}{\epsilon}$	$\frac{\Delta C}{\epsilon}$	S (mm)	W (mm)
1	0.14	0.86	0.14	0.3
2	0.32	0.27	0.56	0.33
3	0.39	0.16	0.65	0.70
4	0.42	0.14	0.78	0.87
5	0.42	0.16	0.65	0.87
6	0.39	0.27	0.56	0.70
7	0.32	0.36	0.14	0.33
8	0.14	0	0	0.3



(a)



(b)

그림 (4) 모의실험과 측정된 대역통과필터의 특성 비교

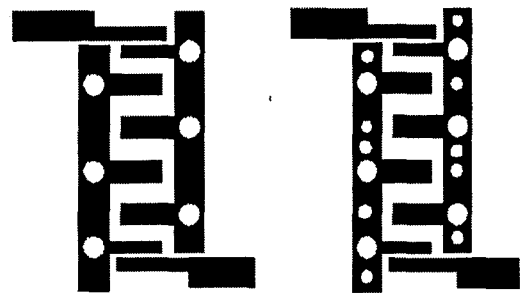
Fig. 4. Comparison of simulated and measured bandpass filter characteristics.

실험과 실험측정한 값에 대하여 입출력단에서의

S11과 S21을 비교분석할 때 극점과 삽입손실 모형이 대역통과필터의 특성과 유사하게 나타나고 있으나 모의실험에서 중심주파수가 19.6GHz이었고 제작 후 측정 결과 중심주파수가 15.7GHz로 3.9GHz 만큼 아래에서 나타났으며 대역폭의 경우 본 연구의 최대폭을 30%범위로 설정하였으나 모의실험에서는 27% 대역폭을 나타내었고 실제 제작후 측정결과는 13%의 대역폭을 나타내고 있다.

이와 같은 결과는 IDT 대역통과필터가 공진 Q 값에 관련된 어드미턴스의 관계, IDT 형태에서 개방스트립과 접지사이의 공진효과 및 마이크로스트립의 유전손실에 따른 영향과 주파수가 높아짐에 따른 삽입손실과 반사손실의 증가로 인한 오차로 분석된다. 모의실험과 실제 제작에 따른 측정값 사이의 오차를 최적화 시키고 IDT 대역통과필터의 설계에 있어서 적용되는 비아-홀 접지를 설계하므로써 필터의 중심주파수의 이동, 대역내에서의 삽입손실 그리고 반사계수등에 대한 영향을 알아보고자 인터디지트 대역통과필터의 등가회로에 비아-홀 접지의 등가 파라미터를 부가시켜 모의실험을 하였다. 비아-홀 접지를 고려한 대역통과필터의 레이아웃 설계에서 개방스트립과 접지 사이의 간격을 정확하게 계산하고, 마이크로 스트립라인의 폭, 각 단의 상호 캐패시턴스 값을 고려하여 그림(5)와 같이 최적화시켜 계산할 수 있다. 그림(5)는 설계된 K-대역 IDT 대역통과필터의 접지단에 직경이

0.7mm인 6개의 비아-홀 접지와 0.7mm의 6개와 0.4mm 10개의 비아-홀 접지를 갖는 대역통과필터를 보여 주고 있다. 최적화 과정을 통해서 얻은 IDT 대역통과필터의 모의실험과 측정결과의 비교는 표2와 같으며 ADS를 이용한 모의실험 결과는 그림(6)과 같다.



(a) 0.7 mm 비아-홀 (6개) (b) 0.7 mm 비아-홀 (6개) 및 0.4 mm 비아-홀 (10개)

그림 (5) 설계된 비아-홀 접지를 갖는 대역통과필터의 레이아웃

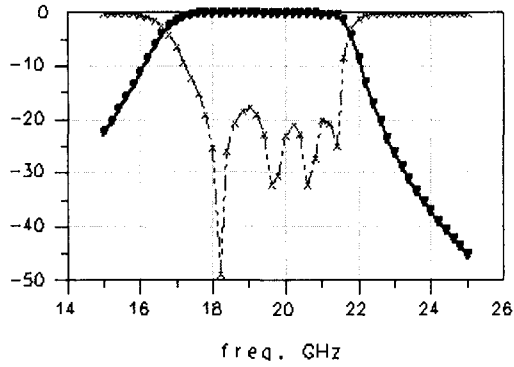
Fig. 5. Layout of K-band interdigit bandpass filter with via-holes ground.

표2에서와 같이 6개와 16개의 비아-홀 접지를 갖는 필터의 경우, 모의실험의 결과 중심주파수, 대역폭, 삽입손실 및 반사계수는 각각 설계목표에

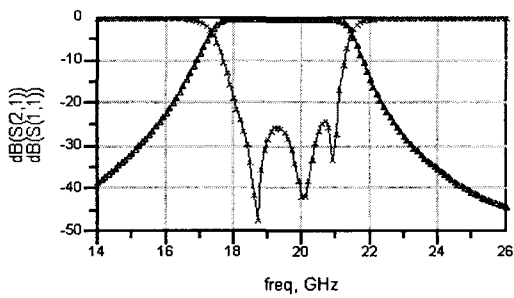
표 2. 설계된 비아-홀 접지를 갖는 대역통과필터의 규격

Table 2. Designed Bandpass filter with via-holes

	목표사양 (Spec.)	without via-hole		0.7mm via-hole(6)		0.7mm via-hole(6) 0.4mm via-holes(10)	
		측정값 Measured	모의실험 Simulated	측정값 Measured	모의실험 Simulated	측정값 Measured	모의실험 Simulated
중심주파수 Center freq.	19.6 GHz	15.7 GHz	19.5 GHz	22.5 GHz	19.6 GHz	19.15 GHz	19.6 GHz
대역폭 Bandwidth	27 %	11 %	27 %	27 %	27 %	13 %	27 %
삽입손실 Insertion loss	-0.3 dB	-2.1 dB	-0.2 dB	-2.86 dB	-0.2 dB	-4.1 dB	-0.2 dB
반사계수 Return loss	-20 dB	-5.7 dB	-10.95 dB	-17.1 dB	-20.95dB	-16.7 dB	-25.1 dB



(a) 6개의 비아-홀 (S21, S11)

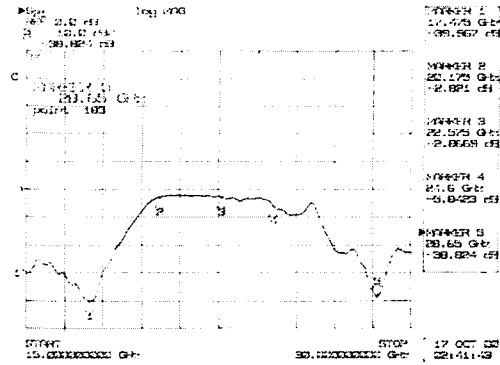


(b) 16개의 비아-홀 (S21, S11)

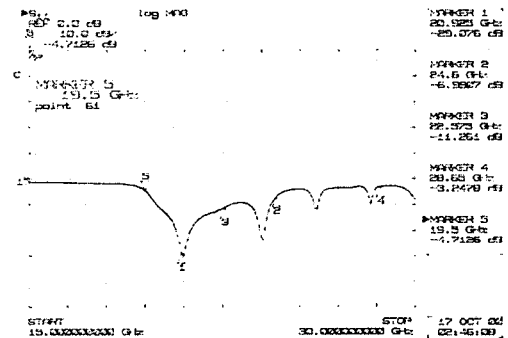
그림 (6) 비아-홀 접지 IDT 대역통과필터의 모의 실험 결과

Fig. 6 Simulated result of IDT bandpass filter with via-holes ground.

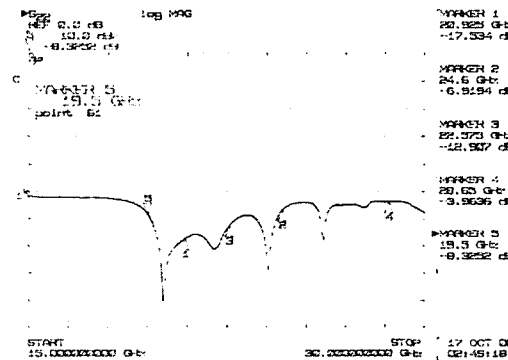
는 달성하였으며 실험 제작한 대역통과필터의 특성은 모의실험한 결과와 비교적 큰 차이를 나타내고 있다. 6개의 비아-홀을 갖는 필터의 경우 중심 주파수가 2.9GHz 정도 상향되어 나타났으나 대역폭, 삽입손실 및 반사계수는 제작상에서 나타나는 콘넥터손실 및 선로손실등을 고려할 때 이론값을 만족시킨 것으로 판단할 수 있으며, 16개의 비아-홀 접지를 갖는 대역통과필터의 경우 비교적 필터의 중심주파수를 만족시켰으나, 많은 수의 비아-홀 접지에서의 금속성에 의한 손실이 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그림(8)은 16개의 비아-홀을 갖는 필터를 제작하여 VNA로 측정한 결과를 보여주고 있으며, 모의실험의 결과 16개의 비아-홀을 갖는 대역통과필터의 중심주파수는 19.6GHz, 반사



(a) S21



(b) S11



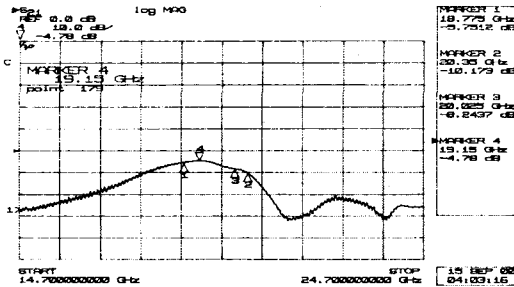
(c) S22

그림 (7) 6개 비아-홀접지를 갖는 K-대역 대역통과필터의 실험결과

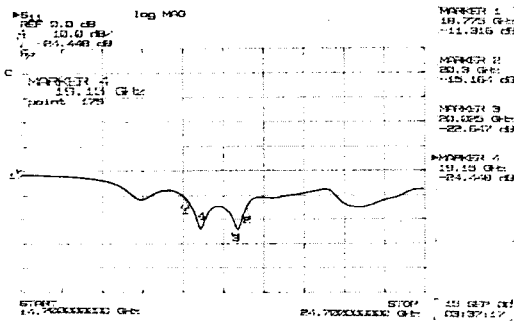
Fig. 7 Experiment results of K-band BPF with 6th via-holes ground

계수는 -25.95dB, 삽입손실은-0.2dB 대역폭은 약

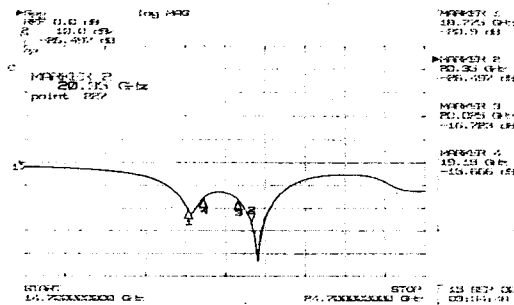
27%를 나타내었으나 제작 후 측정결과 중심주파수는 19.15GHz 삽입손실은 -4.1dB, 입력반사계수는 -15.1dB, 출력반사계수는 -16.7dB 대역폭은 13%의 결과를 얻게 되었다. 그림(9)은 제작된 K-대역 대역통과필터를 보여 주고 있다.



(a) S21



(b) S11



(c) S22

그림 (8) 16개 비아-홀접지를 갖는 K-대역 대역통과필터의 실험결과
Fig. 8 Experiment results of K-band BPF with 16th via-holes ground.

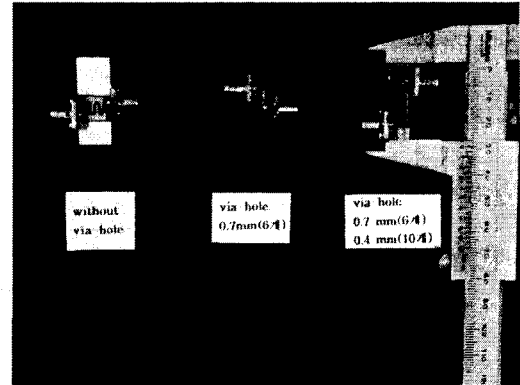


그림 (9) 실제 제작된 K-대역 BPF
Fig. 9 Designed K-band Bandpass filter

IV. 결 론

마이크로스트립 선로를 이용한 비아-홀 접지방안은 기술적으로 이미 잘 알려져 있으며 수치적 방법으로 비아-홀 접지 자체의 주파수특성에 대한 분석은 이루어졌으나 비아-홀 접지의 크기와 수에 따른 영향을 분석해 보기 위하여 인터디지트형 대역통과필터에 대한 주파수 특성을 고찰하였다. K-대역 인터디지트형 대역통과필터는 주파수 특성상 필터의 공진회로가 인터디지트의 자기 캐패시턴스와 결합선로간의 상호 캐패시턴스등의 파생 캐패시턴스에 매우 민감한 특성을 나타내므로 비아-홀 접지의 등가 인덕턴스와 등가저항값이 대역통과필터의 특성에 영향을 주고 있음을 확인 할 수 있었다. 중심주파수 19.6GHz, 대역폭 27%, 삽입손실 -0.3dB 및 반사계수 -20dB를 설계목표로 규정하고 6차 인터디지트 결합선로를 갖는 체비셰프형 대역통과필터에 0.7mm 직경을 갖는 비아-홀 접지 6개를 설계하였을 때와 0.7mm 직경의 홀 6개와 0.4mm 직경의 홀 10개의 합 16개의 비아-홀 접지를 갖는 필터에 대하여 모의실험과 제작 측정하여 비교분석한 결과 비아-홀 접지를 고려한 최적화과정에 따라 매우 민감하게 중심주파수와 대역폭에 영향을 주고 있음을 알 수 있으며 반사계수에도 영향을 주고 있으며 삽입손실은 비교적 측정값이 일정하게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

비아-홀 접지의 정확한 해석에 따른 주파수 영

향관계 및 비아-홀의 크기와 개수등은 필터의 전달 함수 및 반사계수와 삽입손실을 개선시킬 수 있으며 정확한 중심주파수와 대역폭 및 차단점등을 설정하는 데 큰 영향을 미치므로 K-대역 이상의 주파수대역에서는 모의실험 결과와 제작 후 측정결과를 비교 분석하여 오차를 최소화하는 인터디지트 대역통과 필터연구가 이루어져야 함을 알 수 있다. 본 연구에서 비아-홀 접지의 크기와 수에 대한 연구는 경험적 방법에 의한 비아-홀 접지방안을 설계상으로 구체화시킬 수 있으므로 향후 MMIC 설계에도 적용할 수 있으리라 예상된다.

참고문헌

[1] G.L.Matthaei, "Design of wide-band (and narrow)-band-pass microwave filters on insertion loss basis," IRE Trans, ON Microwave Theory and Technique , Vol .8 pp 580 -593 ; November, 1960.

[2] G.Alessio and G.Troise, "Interdigital Design Forms Low-cost Bandpass Filter." Micro wave & RF Design, pp78-83 Sep. 1997.

[3] S.Cheung, " Design Interdigital Bandpass Filters using LTCC Circuits, "Microwave & RF Design pp 79-86 August 1999.

[4] P.Kok and D.D.Zutter,; Capacitance of a Circular Symmetric Model of a Via Hole Including Finite Ground Plane Thickness," IEEE Trans.on Microwave Theory and Techniques, Vol.39, No.7 pp 1229-1234 July 1991.

[5] F.Alessandri, m.Mongiardo and R.Sorrention, "Full-Wave Modeling of Via-Hole Grounds in Microstrip by Three-Dimensional Mode Matching Technique."IEEE MTT-S Digest pp 1237-1240 1992.

[6] R.H.Jansen, " A Full-Wave Electromagnetic model of Cylindrical and Conical Via Holes Grounds for use in Interactive MIC/MMIC Design,"IEEE MTT-S Digest, pp 1233-1236. 1992.

[7] D.Koh, H.B.Lee T.Itoh, " A Hybrid Full-Wave Analysis of Via-Hole Froinds Using Finite Difference and Finite-Element Time-Domain Methods," IEEE Trans.on Micro wave Theory and Techniques, Vol.45 , No.12 pp 2217-2222 Dec.1997.

[8] D.G. Swanson., "Grounding Microstrip Lines With Via Holes." IEEE Trans.on Microwave Theory and Techniques , Vol.40, No.8 pp 1719-1721 Aug.1992.

[9] M.E.Goldfarb & R.A.Pucel, " Modeling Via Hole Grounds in Microstrip." George L.Mathaei "Interdigital band-pass filter" IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques , Vol MTT-10 pp 479-491 Nov 1962.



심재우(Jae-Woo Sim)
2000 2월경남대학교 전자공학과 졸업
2000 11월 현재 경남대학교 전자통신연구실 석사과정

*관심분야 : 마이크로파 통신모듈개발



이영철(Young-Chul Rhee)
소속 : 경남대학교 정보통신공학과 교수



김영진(Yung-Jin Kim)
1968년 2월 : 광운대학교 응용 전자공학과 (공학사)
1980년 10월 : 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학 석사)
1997년 8월 : 경남대학교 대학

원 전자공학과 (공학박사)
1971년 9월~1972년 8월 : 주월한국군 사령부 방송
국(국방부 : 3급을)
1972년 9월~1972년 12월 : 월남보건성 의료정비창
(USAID : 전자담당)

1976년 3월~1979년 2월 : 경동공업전문대학 전자
학과 조교수
1979년 3월~현재 : 동의대학교 전자공학과 교수
*관심분야 : 회로 및 시스템, 이동통신망