

Radar Detector의 국부 발진단에 적용 가능한 X, K, Ka 대역 L 모양의 소형 Shorted Pin Patch

Compact L Shape Shorted Pin Patch for Local Oscillator Port of X-, K-, Ka-Band Radar Detector

고승태 · 김한용* · 이현택* · 박재규* · 이정해

Seung-Tae Ko · Han-Yong Kim* · Hyun-Taek Lee* · Jae-Kyu Park* · Jeong-Hae Lee

요 약

본 논문에서는 radar detector에 사용 가능한 국부 발진단용 소형화된 L 모양 shorted pin patch를 제안하였다. Shorted pin patch는 일반적인 구형 patch가 가지는 open-open 공진 형태가 아닌 short-open 공진 형태를 가지고 작동한다. L 모양의 shorted pin 배열은 기본 모드(X-band), 2nd and 3rd 모드에서 $\lambda/4$ 및 $3\lambda/4$ 의 공진 구조를 가지게 되어 일반적인 구형 patch보다 소형화가 가능하다. 최적화된 L 모양 소형 shorted pin patch는 국부 발진단의 발진 주파수 대역(X, K and Ka band)에서 공진이 일어나 향상된 반사 손실을 가지게 되고, 이에 따라 기존 대비 향상된 radar detector의 감도는 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

Abstract

In this paper, a compact L-shaped shorted pin patch to be used at local oscillator port in radar detector is proposed. Shorted pin patch operates as short-open cavity while conventional patch operates as open-open cavity. Shorted pins are L-shaped to obtain quarter wave length and three-quarter wave length resonance for the fundamental(X-band) and 2nd(3rd)(K- and Ka-band) mode resonance frequency, respectively. Thus, the proposed patch can be compact. It is also possible to operate at triple band(X-, K-, Ka-band) with small return loss in radar detector. It is expected that shorted pin patch could improve radar detector sensitivity.

Key words : Shorted Pin Patch, Short-Open Resonance, Radar Detector, Triple Band, Radar Detector Sensitivity

I. 서 론

초고주파 기술을 이용한 응용 제품인 radar detector(RD)는 차량 운행시 속도 측정용 스피드 건에서 발생하는 신호를 미리 감지하여 음성, 문자, 신호음 등으로 운전자에게 알려줌으로써 차량 사고를 사전에 방지해 주는 기능을 하는 장치이다. 국내는 RD의 사용을 불법으로 규정하고 있으나, 미국, 일본, 대만 등의 여러 국가에서는 차량 사고의 감소를 목

적으로 RD의 사용을 합법화하고 있고, 그 시장은 계속 커지고 있는 실정이다^[1]. 하지만 이런 RD는 사용 주파수가 높고 기본적으로 다중 대역을 사용하기 때문에 모든 대역에서 높은 감도를 얻기는 상당한 어려움이 따른다. 이런 문제점 해결 방안의 일환으로 국부 발진단으로부터 전달되는 전력의 반사 손실을 감소시킨다. 결국 믹서에 공급되는 국부 전력이 증가되고 믹서의 변환 손실을 줄임으로 RD의 감도를 높일 수 있다. 기존 RD 제품의 국부 발진단은 다중

홍익대학교 전자정보통신공학과(Dept. of Electronic Information and Communication Engineering, Hongik University)

*백금T&A(BG T&A)

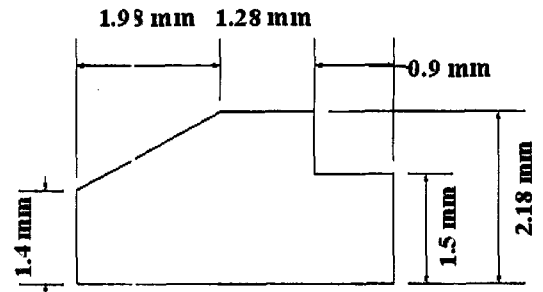
· 논문 번호: 20070518-02S

· 수정완료일자: 2007년 8월 8일

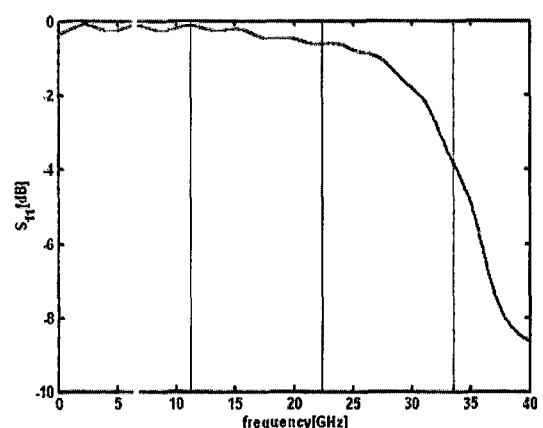
대역에서(X-, K-, Ka band) 큰 반사 손실 때문에 믹서 국부 발진단에 공급되는 전력이 적으므로 변환 손실이 커지게 되고 감도가 감소된다. 또한, 다중 대역에서 좁다 향상된 동작을 요구하는 다른 장치들은 상대적으로 큰 부피를 요구함으로써 RD에 적용시키기에 부적절하다.

RD에서 기본적으로 사용하는 국부 발진단 주파수는 11.17 GHz±200 MHz(X-band), 22.24 GHz±400 MHz(K-band), 33.51 GHz±600 MHz(Ka-band)이고, 이들 대역에서 모두 적은 반사 손실을 가지게 되면 기존보다 향상된 RD 감도를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 이를 위해 국부 발진단에 사용될 수 있는 삼중 대역 공진(X-, K-, Ka band) 소형 L 모양 shorted pin patch를 제안하였다. 기본적으로 구형 patch는 공진 구조를 가지고 방사하기 때문에 다중 대역에서 활용이 가능하고 patch에 short pin을 삽입하면 open-short 공진기의 λ/4, 3λ/4 공진 길이에서 공진을 유도하므로 소형화가 가능하다.

본 논문에서는 우선 일반적인 patch와 shorted pin patch의 공진 메커니즘을 해석하여 비교하여 L 모양



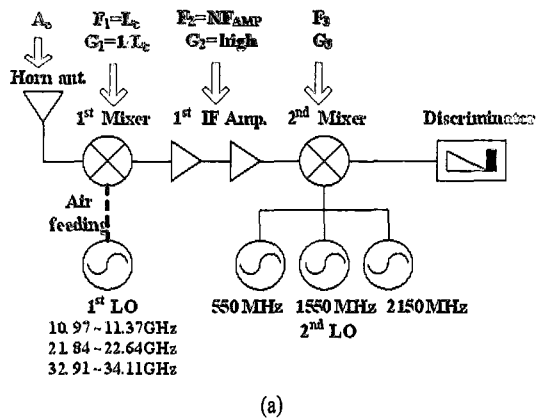
(a)



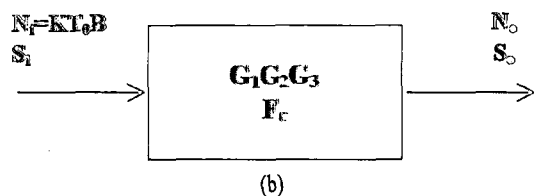
(b)

그림 2. (a) 현재 제품화된 국부 발진단 patch, (b) 반사 손실 시뮬레이션 결과

Fig. 2. (a) Present patch for local oscillator port, (b) Simulated result of return loss.



(a)



(b)

그림 1. (a) Radar detector 기본 블록 다이어그램, (b) 다단 연결 시스템 등가 회로

Fig. 1. (a) Basic block diagram of Radar detector, (b) Equivalent circuit of cascade system.

의 short pin 구조를 제안하였고, RD에 사용되는 대역에서 동작하기 위한 shorted pin patch를 설계하였다. 이론적인 분석을 통해 최적화된 shorted patch는 국부 발진단이 발진하는 주파수에서 정확히 공진이 일어나게 됨으로써 믹서에 보다 큰 전력을 전달하는 것이 가능하게 되었다.

II. Radar Detector의 감도

Radar detector의 성능의 정도를 나타내는 우선적인 척도는 감도이다. 그림 1은 기본적인 RD 회로의 블록 다이어그램을 나타낸 것이다. 첫 번째 믹서와 첫 번째 국부 발진단은 air feeding의 형식으로 되어 있기 때문에 patch의 구조를 사용한다. 그림 1(a) 구조를 다단 연결 시스템 잡음지수를 블록 다이어그램으로 표현하면 그림 1(b)와 같은 형태로 된다. 1st IF

AMP의 이득 G_2 가 2nd mixer의 잡음지수를 감당할 수 있을 만큼 크다고 가정하면 잡음지수 F_c 는 $L_c \cdot NF_{AMP}$ 로 줄일 수 있다. 1st IF의 단측파대를 사용하는 경우는 잡음지수가 양측파대보다 2배 커지므로 잡음지수 $F_c = 2L_c \cdot NF_{AMP}$ 로 되고, 이것은 잡음지수 정의($F_c \cdot S_o/N_o = S_i/N_i$)와 같다. 이것을 정리하면 최종적으로 식 (1)과 같은 RD 감도식이 나오게 된다^[1].

$$P_d = (S_o/N_o) - A_o + kTB + Lc_{1st} + NF_{AMP} + 3[\text{dBm/cm}^2] \quad (1)$$

여기서 P_d 는 RD 안테나단 최소 입사 전력 밀도, S_o/N_o 는 출력 신호와 출력 잡음 비, A_o 는 안테나 유효 면적, kTB 대역폭 B 에 대한 온도 잡음 전력, Lc_{1st} 첫 번째 믹서의 변환 손실, NF_{AMP} 는 첫 번째 증폭기의 잡음지수, 3(dB)는 첫 번째 IF의 이미지 잡음이다. 식 (1)에서 RD 안테나단 최소 입사 전력 밀도 P_d 가 작을수록 RD의 감도는 높아지게 된다. 따라서 첫 번째 믹서의 저 변환 손실, 고 이득의 안테나, 증폭기의 낮은 잡음지수가 필요하다^[2]. 감도에서 중요한 요소인 변환 손실은 믹서의 포화 전력 이하에서는 공급되는 전력이 증가하면 감소하게 된다^[3]. 본 연구에서 고려된 RD의 국부 발진단 patch 구조는 그림 2(a)이다. 그림 2(b)는 반사 손실을 시뮬레이션한 결과이다. 이 결과를 살펴보면 X-band에서 -0.12 dB, K-band에서 -0.62 dB, Ka-band에서 -3.82 dB로 매우 큰 값을 가져 믹서에 충분한 전력을 공급하지 못하고 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 믹서 변환 손실을 감소하기 위해 삼중 대역에서 모두 공진하여 향상된 반사 손실을 가지고 소형화된 L 모양의 shorted pin patch를 설계하였다.

III. L 모양 Shorted Pin Patch의 공진 모드 해석

일반적인 구형 patch는 유전체로 채워진 cavity와 유사하여 고차 공진이 발생하는 원인을 cavity 모델로 해석할 수 있다. 그림 3은 일반적인 구형 patch의 모습과 그 공진 모드이다($2L > W > L$). 입력 라인이 W 의 중앙에 있을 경우 $W > L$ 이어도 기본 모드가 여기 되지 않으므로 W 방향의 반파장 공진은 일어나지 않는다. 따라서 기본 모드는 L 방향으로 반 파장의 주파수에서 공진이 일어나고 두 번째, 세 번째 모드는

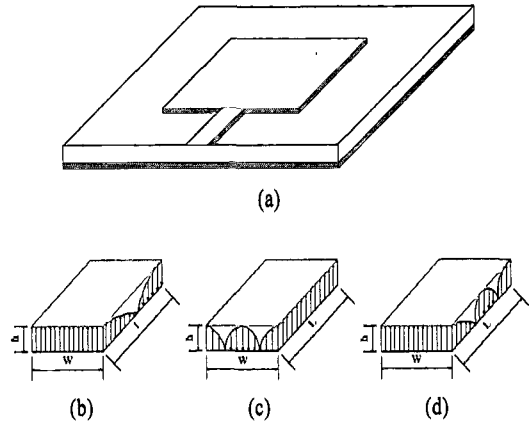


그림 3. (a) 일반적인 구형 patch, (b) 기본 모드, (c) 두 번째 모드, (d) 세 번째 모드

Fig. 3. (a) Conventional rectangular patch, (b) Dominant mode, (c) 2nd mode, (d) 3rd mode.

L 및 W 방향으로 한 파장의 주파수에서 공진이 일어난다. 여기서 patch를 직육면체라고 생각하면 위와 아래는 short 경계 면이 되고, 양 옆, 앞, 뒷면은 open 경계 면이 되어 모든 모드의 공진은 open-open으로 이루어진다. 여기서 전계는 접지 면과 윗면 patch에 사이에 수직으로 형성되기 때문에 open 면에서는 최대값을 가지게 된다. 이것은 근사적인 모델로 입력 어드미턴스와 공진 주파수의 계산은 실제와 잘 일치한다^[4].

본 논문에서는 patch 크기를 소형화하기 위해 기존의 patch가 가지는 open-open 공진이 아닌 patch의 open 경계 면에 적당한 수의 short pin을 인가하여

표 1. 일반적인 patch와 shorted pin patch 공진 주파수 비교

Table 1. Comparison of resonance frequencies of conventional and shorted pin patch.

	일반 patch	L 모양 shorted pin patch
기본 모드	L 방향으로 $\lambda/2$ 공진	L 방향으로 $\lambda/4$ 공진
두 번째 모드	W 방향으로 λ 공진	W 방향으로 $3\lambda/4$ 공진
세 번째 모드	L 방향으로 λ 공진	L 방향으로 $3\lambda/4$ 공진
공진 형태	$n\lambda/2$	$(2n+1)\lambda/4$

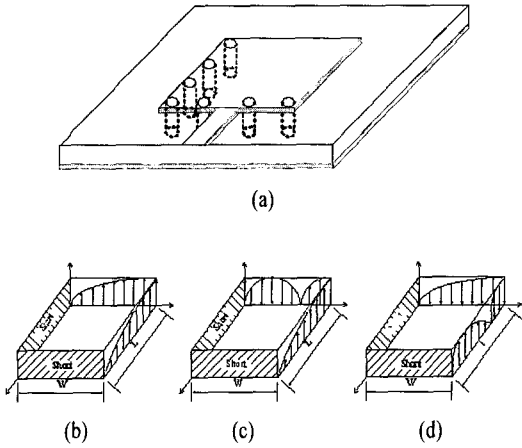


그림 4. (a) L 모양의 shorted pin patch, (b) 기본 모드, (c) 두 번째 모드, (d) 세 번째 모드
 Fig. 4. (a) L shape shorted pin patch, (b) Dominant mode, (c) 2nd mode, (d) 3rd mode.

short-open 공진을 이용한다. 그림 4(a)는 원래의 open 된 patch의 네 개의 면 중 가로, 세로에서 각 하나의 면에 short pin을 인가한 형태로 L 모양의 shorted pin patch 구조이다. 이로써 W 방향의 pin들은 기본 모드와 세 번째 모드 공진 길이를 감소시키고 L 방향의 pin들은 두 번째 모드의 공진 길이를 감소시킨다. Short pin을 인가한 patch는 그림 4(b)~(d)와 같이 전계가 형성된다. Patch의 전계는 아래 접지 면과 윗면의 patch 사이에 수직으로 형성되기 때문에 short pin이 삽입된 면은 전계가 바라보는 관점에서 수평 성분이 된다. 따라서 경계 조건에 의해서 short pin이 삽입된 면에서는 전계가 형성될 수 없다. 이와 같은 성질이 일반적인 patch의 open-open 공진에서 short-open 공진으로 바뀌게 된다. 따라서 shorted pin patch의 공진 주파수는 표 1과 같이 되어 patch의 크기가 감소됨을 알 수 있다. RD에서 사용하는 주파수에서 L 모양 shorted pin patch를 제작하게 되면 이상적일 경우, 일반적인 경우보다 L 길이는 1/2, W 길이는 3/4 만큼 줄어들어 전체 면적 W와 L이 1:1 비율일 때 약 65% 이상 감소하게 된다.

그림 5는 같은 크기의 일반적인 patch와 L 모양 shorted pin patch의 구조를 비교하였다. 향상된 반사 손실을 위하여 patch에서 가장 많이 사용되는 정합 방법으로 최적화된 급전 홈을 삽입하였다^[5]. Short pin의 반 지름은 0.05 mm이고 공진 주파수에서 충분한

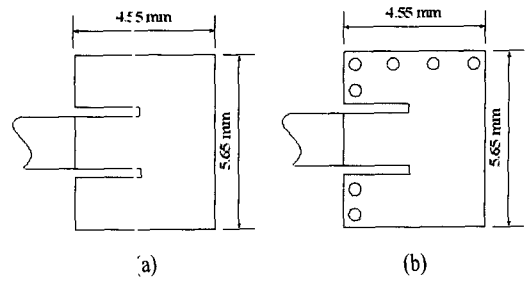


그림 5. (a) 일반적인 구형 patch, (b) L 모양의 shorted pin patch
 Fig. 5. (a) Conventional rectangular patch, (b) L shape shorted pin patch.

표 2. 계산치와 시뮬레이션 사이에 주파수 비교
 Table 2. Comparison of calculated and simulated resonance frequencies.

	일반 구형 patch		L 모양 shorted pin patch	
	계산치	시뮬레이션	계산치	시뮬레이션
기본 모드	21.28 GHz	20.3 GHz	10.64 GHz	12.3 GHz
두 번째 모드	34.27 GHz	33.4 GHz	26.70 GHz	25.8 GHz
세 번째 모드	42.56 GHz	40.6 GHz	31.92 GHz	30.4 GHz

히 short pin 삽입 면을 short 면으로 볼 수 있도록 가로 4개×세로 4개 총 7개가 삽입되도록 설계하였다. 일반적인 구형 patch를 공진기 모델로 해석하여 공진 주파수를 식 (2)를 이용해 구하게 되고 그 결과를 이용하여 L 모양 shorted pin patch의 공진 주파수를 계산하면 표 2와 같다.

$$(f_r)_{mnp} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu\epsilon}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{h}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{L}\right)^2 + \left(\frac{p\pi}{W}\right)^2} \quad (2)$$

계산치와 시뮬레이션에서 차이가 발생하는 원인은 short 면을 강제적으로 만들어주는 pin의 반지름이 이상적으로 작지 않기 때문에 발생하는 오차이다. 시뮬레이션 상에 물리적인 두께를 무시하고 경계 면을 short로 해주다면 오차가 줄어들지만 실질적으로 제작을 하여 사용하는 장치이기 때문에 현실성에 부적절하다. 그런 점을 감안한다면 오차를 무시하고 shorted pin patch는 앞에서 정의한 바와 같이 공

진 구조를 가진다고 할 수 있다. 그림 6은 일반적인 patch와 L 모양 shorted pin patch의 공진 모드를 시뮬레이션 결과를 비교한 그림이다. 1st 모드는 patch의 L 방향으로의 단면적을 기준으로 전계 강도를 본 것이다. 일반적인 구형 patch는 양 open 면에서 최대 전계를 가지고 정확히 반 파장 형태의 전계로 형성된다.

L shape short pin patch는 왼쪽 면에서 전계가 없고 정확히 $\lambda/4$ 파장의 공진이 이루어진다. 2nd, 3rd 모드에서도 일반적인 patch의 경우 open-open 공진으로 W, L 방향으로 한 파장 공진이 일어나는 것을 볼 수 있다. L shape short pin patch의 경우 open면에서는 최대 전계가 나타나고 short 면에서는 전계가 형성되지 않기 때문에 open-short 공진이 일어나 $3\lambda/4$

공진을 정확히 보여준다. 이것은 이론적인 공진 모드와 동일하게 전계 분포를 가지고 있다는 것을 확인할 수 있다.

IV. L 모양 Shorted Pin Patch의 최적화

앞에서 해석한 공진 공식을 이용하여 RD에서 사용하는 발진 주파수에서 발진하는 L 모양의 shorted pin patch를 설계하였다. 설계 기준은 각 대역 중심 주파수에서 반사 손실이 -10 dB 이하의 값을 가지도록 하였다. 사용된 기판은 유전율=2.5, 높이=0.54 mm이다. 최종적으로 최적화 된 shorted pin patch는 그림 7과 같다. Pin 개수는 3개이고 급전 홈은 삽입하지 않았다.

Shorted pin patch의 공진 주파수는 기본적으로 patch의 W와 L에 의존도가 가장 높지만 pin 개수와 pin들 사이의 거리, 반지름 등도 변수로 작용한다^[6]. 이러한 성질과 더불어 RD에 사용되는 국부 발진 주파수 대역에 모두 만족하기 위해선 이상적인 모델에서 최적화가 필요하다. 최적화된 shorted pin patch의 전체 크기는 일반적인 구형 patch의 기본 모드 동작 주파수를 기준으로 약 74 %의 면적이 감소되었다.

V. 시뮬레이션 및 측정 결과

위 RD 사용 주파수에 최적화된 L 모양의 shorted

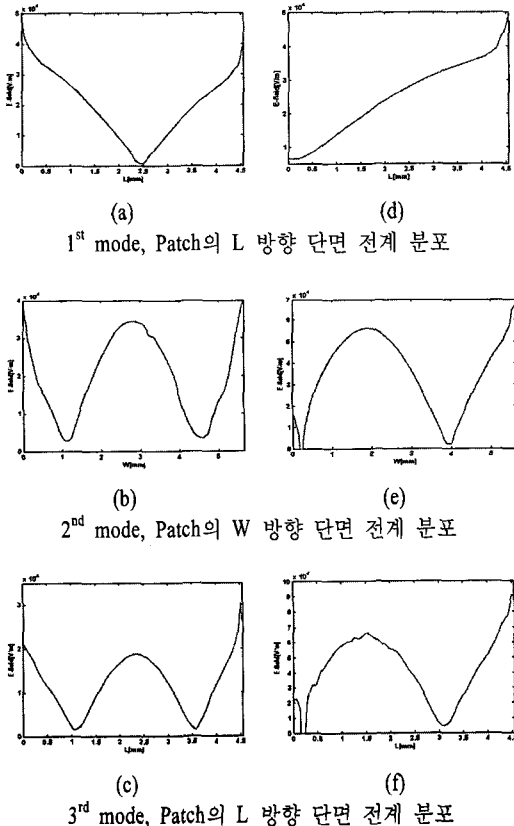
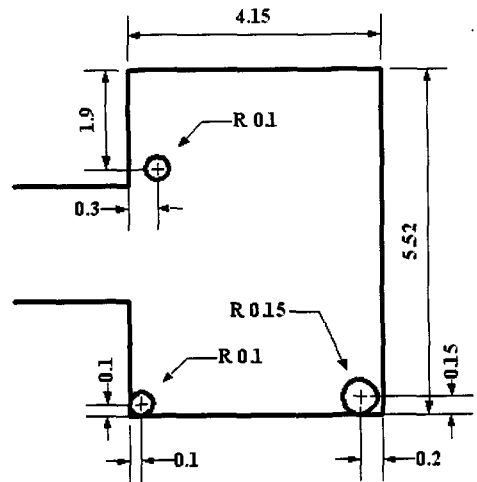


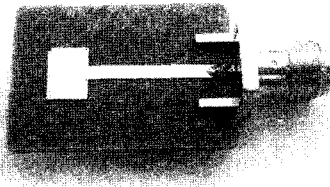
그림 6. (a), (b), (c) 일반적인 구형 patch 1st, 2nd and 3rd mode, (d), (e), (f) L 모양 shorted pin patch 1st, 2nd and 3rd mode

Fig. 6. (a), (b), (c) 1st, 2nd, and 3rd mode of conventional rectangular patch, (d), (e), (f) 1st, 2nd, and 3rd mode of L shape shorted pin patch.

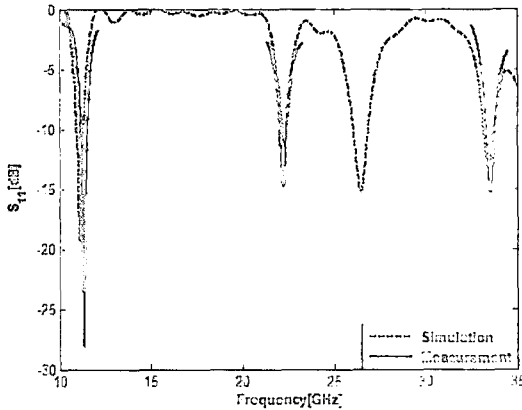


(단위: mm)

그림 7. 최적화된 L 모양 shorted pin patch
 Fig. 7. Optimized L shape shorted pin patch.



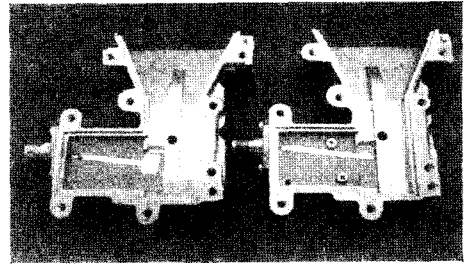
(a)



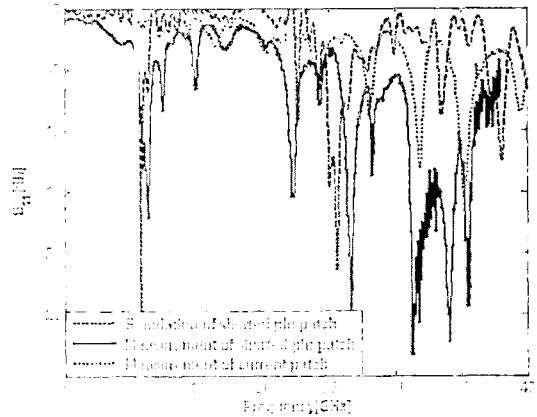
(b)

그림 8. (a) 제작한 L 모양 shorted pin patch, (b) 시뮬레이션과 측정 반사 손실 비교
Fig. 8. (a) Fabricated L shape shorted pin patch, (b) Comparison of calculated and simulated return loss.

pin patch의 실제 제작된 모습이 그림 8(a)이다. 그림 8(b)는 shorted pin patch의 반사 손실을 시뮬레이션과 측정 결과를 비교한 것이다. 시뮬레이션 결과를 보면 전 대역 중심 주파수에서 정확하게 공진이 일어나고 반사 손실은 X-band에서 -19.35 dB, K-band에서 -11.06 dB, Ka-band에서 -13.51 dB가 발생한다. 측정 결과를 보면 기본 모드 공진은 11.34 GHz에서 일어나고 반사 손실은 -28.14 dB, 두 번째 모드는 22.25 GHz에서 -14.86 dB, 세 번째 모드는 33.55 GHz에서 -15.31 dB로 측정되었다. 비 대역폭은 -5 dB 기준으로 기본 모드에서 시뮬레이션 6.44 %, 측정 6.08 %, 두 번째 모드에서 시뮬레이션 3.94 %, 측정 4.22 %, 세 번째 모드에서 시뮬레이션 4.35 %, 측정 3.40 %이다. RD가 사용하는 주파수의 비 대역폭은 X, K, Ka-band에서 약 3.58 %이다. 따라서 최적화된 shorted pin patch의 비 대역폭은 시뮬레이션 및 측정



(a)



(b)

그림 9. (a) 실제 RD에 삽입한 L 모양 shorted pin patch(사진 왼쪽)와 기존 patch(사진 오른쪽), (b) 시뮬레이션과 측정 반사 손실 비교
Fig. 9. (a) RD with L shape shorted pin patch(left) and RD with current patch(right), (b) Comparisor of calculated and simulated return loss.

결과, 수치 모두 RD에서 사용하는 대역을 만족한다.

그림 9는 실제 최적화된 L 모양 shorted pin patch를 RD에 삽입하여 적용시킨 모습과 시뮬레이션과 측정치의 반사 손실 비교 그림이다. 그림 9(a)를 보면 실질적으로 국부 발진기 회로단은 생략되었고 입력 라인을 유지한 채 patch만 제작하였다. 왼쪽 patch는 현재 제품으로 사용 중인 patch이고, 오른쪽은 본 논문에서 제작한 L 모양 shorted pin patch이다. 지금 사용 중인 patch의 면적이 제안한 patch보다 작은 것을 알 수 있다. 하지만 제안한 patch도 다른 외관의 크기 변화 없이 바로 사용 가능한 면적이 확인된다. 그림 9(b)에서 L 모양 shorted pin patch가 RD에 삽입되어도 기본적인 동작 주파수에서 좋은 반사 손실을 보여주고 있고 RD 기구의 영향 때문에 여러 기생 공진 효과가 전 대역에서 발생하는 것을 확인할

수 있다. 지금 현재 RD에서 사용하고 있는 patch는 그림 2(b)에서 본 바와 같이 RD에 삽입되어도 X, K-band에서는 큰 반사 손실을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 결과적으로 최적화된 L 모양 shorted pin patch를 대체함으로써 RD에서 사용하는 주파수에서 향상된 반사 손실을 얻어내고 현재 제품이 가지는 감도를 향상시킬 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 삼중 대역 (X-, K-, Ka-band)에서 반사 손실 적은 소형 L 모양의 shorted pin patch 국부 발진단을 제안하였다. 연구된 patch는 short pin의 인가로 open-open이 아닌 short-open 공진이 발생하여 $\lambda/4$, $3\lambda/4$ 공진 길이에서 공진을 유도하므로 소형화가 가능하다. 특히 patch의 W 길이에 의존된 공진은 옆 선상에 배열된 short pin의 영향을 받고 L 길이에 의존된 공진은 앞면 선상에 배열된 short pin의 영향을 받는 것으로 확인되었다. 제안된 구조를 RD 국부 발진단에 적용하기 위해 X-, K-, Ka-band에서 동작 가능하게 patch의 폭과 길이 short pin의 개수, pin들 사이의 거리, 반지름 등 다른 변수들을 이용해 기본, 두 번째, 세 번째 모드를 독립적으로 조절하였다. 이런 특성을 이용하여 최적화된 L 모양 shorted pin

patch는 국부 발진단이 사용하는 전 대역에서 향상된 반사 손실을 가지게 됐고, 기존의 구형 patch에 비해서 면적이 74 % 축소되어 RD 국부 발진단에 적용할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] G. D. Martinson, M. M. Burin, "Radar detector technology", *Applied Microwave*, pp. 68-85, 1990.
- [2] 정우성, "이중편파 Patial H-plane 혼 안테나", 홍익대학교 대학원 석사학위 취득 논문, p. 1, 2005년.
- [3] Stephen A. Maas, *Microwave Mixers*, Boston, London: Artech House, 1993.
- [4] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, New York: Wiley, 2005.
- [5] 유지연, "FDTD를 이용한 마이크로스트립 안테나 급전 홈의 최적 크기에 관한 연구", 홍익대학교 대학원 석사학위 취득 논문, 1999년.
- [6] S. H. Al-Charchafchi, B. M. Al-Arjani, "Microstripline fed compact patch antenna", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, pp. 668-671, vol. 2, 1998.

고 승 태



2006년 2월: 홍익대학교 전자전기 공학부 (공학사)
 2006년 3월~현재: 홍익대학교 전자통신공학과 석사과정
 [주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 회로설계, 안테나 설계

김 한 용



2007년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 1993년 8월~1998년 9월: 기륭전자 근무
 1998년 9월~2000년 1월: 마이크로나인 근무
 2000년 1월~2002년 4월: 대경전자

근무

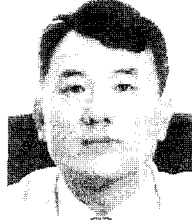
2002년 4월~현재: 백금T&A 근무
 [주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 회로설계, 무선통신

이 현 택



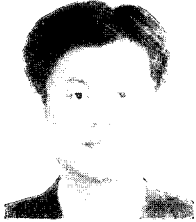
1991년 2월: 한국해양대학교 전자
통신공학과 (공학사)
1990년 12월~1998년 6월: 기통전
자(주) Microwave 연구실
1998년 7월~현재: 백금T&A 연구
소
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리
미터파 회로설계, 안테나 무선 통신

이 정 해



1985년 2월: 서울대학교 전기공학
과 (공학사)
1988년 2월: 서울대학교 전기공학
과 (공학석사)
1996년 3월: UCLA 전기공학과 (공
학박사)
1993년 3월~1996년 2월: General
Atomics 교환연구원
1996년 3월~1996년 8월: UCLA 전기공학과 Postdoctor
1996년 9월~현재: 홍익대학교 전자전기공학부 부교수
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 회로설계, 밀리
미터파 진단, Meta-material

박 재 규



1990년 2월: 경북대학교 전자공학
과 (공학사)
1991년 1월: (주)대릉정밀(현 (주)라디
스) 연구소 근무
1995년 9월~현재: 백금T&A 연구
소장
[주 관심분야] 무선 통신 시스템
소프트웨어