

고이득 특성을 갖는 성형 빔 안테나에 대한 연구

A Study on the Shaped-Beam Antenna with High Gain Characteristic

엄순영 · 윤재훈 · 전순익 · 김창주

Soon Young Eom · Je Hoon Yun · Soon Ick Jeon · Chang Joo Kim

요 약

본 논문은 단위 방사 소자의 이득을 증가시키기 위한 성형 빔 안테나에 관한 것이다. 제안하는 안테나 구조는 크게 여기 소자와 다층 원형 도체 배열 구조로 구성된다. 광대역에 걸쳐 전자파 전력이 다층 원형 도체 배열로 방사하기 위한 여기 소자로 스택 마이크로스트립 패치 소자가 사용되었으며, 고이득 빔 성형을 위한 지향 소자의 역할을 담당하는 다층 원형 도체 배열 소자들은 여기 소자 위에 주기적으로 유한하게 적층되었다. 제안하는 안테나가 고이득 특성을 얻기 위해서는 여기 소자와 다층 원형 도체 배열 소자들 간의 효율적인 전력 결합이 이루어져야 하며, 이를 위해 주어진 설계 규격에 따라 여기 소자 및 다층 원형 도체 배열 소자들의 설계 변수들은 함께 최적화되어야 한다.

본 연구에서는 고이득 성형 빔 안테나는 9.6~10.4 GHz 주파수 대역 및 선형 편파 조건하에서 최적화 설계되었으며, 또한 안테나의 다층 원형 도체 배열 소자들을 구현하는 2가지 방법 즉, 얇은 유전체 필름을 이용하는 방법과 유전체 폼을 이용하는 방법들도 제안되었다. 특히, 유전체 필름을 이용하는 안테나에 대해서는 컴퓨터 시뮬레이션 과정을 통해, 원형 도체 배열 소자들의 적층 수에 따른 안테나의 전기적인 성능 변화들을 보여주었다.

유전체 필름(Type 1)과 유전체 폼(Type 2)을 이용한 2종류의 안테나 시제품들을 제작하였으며, 얇은 유전체 필름을 이용한 안테나 시제품에 대해선 시뮬레이션 된 전기적 성능 결과와 비교를 위해 원형 도체 배열 적층 수에 따른 안테나의 전기적인 성능 변화들을 실험하였다. 측정된 이득 성능은 시뮬레이션 이득 성능과 거의 유사한 결과를 보여주었으며, 원형 도체 적층 수에 따라 안테나 이득 변화는 주기성을 보였다. 10 GHz 중심 주파수에서 측정된 Type 1 안테나의 전기적 성능은 원형 도체 배열을 10개 적층(disk10)하였을 때, 15.65 dBi의 최대 안테나 이득과 11.4 dB 이상의 입력 반사 손실 성능을 보여 주었으며, 다층 원형 도체 배열 구조에 의해 약 5 dB의 이득 향상 효과를 얻을 수 있었다. 또한, 원형 도체를 12개 적층하였을 때, 외곽 유전체 링 효과에 의해 Type 1 안테나는 Type 2 안테나보다 상대적으로 약 1.35 dB 만큼 이득이 더 높았으며, 각 안테나의 3 dB 빔 폭은 각각 약 28°와 36°로 측정되었다.

Abstract

This paper describes a shaped-beam antenna for increasing the antenna gain of a radiating element. The proposed antenna structure is composed of an exciting element and a multi-layered disk array structure(MDAS). The stack microstrip patch elements were used as the exciter for effectively radiating the electromagnetic power to the MDAS over the broadband, and finite metallic disk array elements - which give the role of a director for shaping the antenna beam with the high gain - were finitely and periodically layered onto it. The efficient power coupling between the exciter and the MDAS should be carried out in such a way that the proposed antenna has a high gain characteristic. The design parameters of the exciter and the MDAS should be optimized together to meet the required specifications to meet the required specifications.

한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunications Research Institute)

· 논문 번호 : 20061116-144

· 수정완료일자 : 2007년 1월 2일

In this study, a shaped-beam antenna with high gain was optimally designed under the operating conditions with a linear polarization and the frequency band of 9.6~10.4 GHz. Two methods constructed using thin dielectric film and dielectric foam materials respectively were also proposed in order to implement the MDAS of the antenna. In particular, through the computer simulation process, the electrical performance variations of the antenna with the MDAS realized by the thin dielectric film materials were shown according to the number of disk array elements in the stack layer. Two kinds of antenna breadboard with the MDAS realized with the thin dielectric film and dielectric foam materials were fabricated, but experimentation was conducted only on the antenna breadboard(Type 1) with the MDAS realized with the thin dielectric film materials according to the number of disk array elements in the stack layer in order to compare it with the electrical performance variations obtained during the simulation.

The measured antenna gain performance was found to be in good agreement with the simulated one, and showed the periodicity of the antenna gain variations according to the stack layer number of the disk array elements. The electrical performance of the Type 1 antenna was measured at the center frequency of 10 GHz. As the disk array elements became the ten stacks, a maximum antenna gain of 15.65 dBi was obtained, and the measured return loss was not less than 11.4 dB within the operating band. Therefore, a 5 dB gain improvement of the Type 1 antenna can be obtained by the MDAS that is excited by the stack microstrip patch elements. As the disk array elements became the twelve stacks, the antenna gain of the Type 1 was measured to be 1.35 dB more than the antenna gain of the Type 2 by the outer dielectric ring effect, and the 3 dB beam widths measured from the two antenna breadboards were about 28° and 36° respectively.

Key words : Shaped-Beam Antenna, Multi-Layered Disk Array Structure(MDAS), Stack Microstrip Patch Elements, High Gain, Radiation Pattern

I. 서 론

일반적으로, 평면 배열 안테나에서 원하는 이득을 얻기 위해선 안테나 배열 소자 수를 늘리게 되며, 이때 단위 방사 소자의 이득으로부터 안테나 배열 소자간 간격이 결정된다. 그러나, 공간 급전이 아닌 직접 급전 방식은 배열 소자 수가 늘어나면 급전 선로의 도체 손실, 유전체 손실, 전송 선로간 간섭 효과 등에 의해 급전 손실이 커진다. 이러한 관점에서, 단일 소자의 이득을 최대한 크게 하여 안테나 효율을 증가시킬 수 있는데, 이것은 고이득 방사 소자를 이용한 배열 설계는 소자간 간격이 상대적으로 커지므로 전체 배열 소자 수가 줄어들어 안테나 급전 효율이 증가되기 때문이다.

단일 방사 소자의 고이득 특성을 얻는 방법으로 여기 방사 소자 위에 유전체 층을 형성하는 구조^{[1],[2]}, 유전체 층을 주기적으로 형성하는 구조^[3] 그리고 야기 우다 배열^[4]과 같이 반사 및 지향 소자들을 기생 소자들로 이용하는 구조로 고전적으로 선형 도체 배열을 이용하는 구조와 빔 틸팅을 위하여 마이크로스트립 패치 소자들을 이용하는 구조 등이 있

다. 이러한 유전체 덮개층을 이용하는 구조는 유전체의 온도 변화에 따른 전기적인 특성이 민감하여 높은 주파수 대역 응용에 제한을 받으며, 또한 낮은 주파수 대역 응용에서는 안테나가 상대적으로 무거워지고, 유전체 재질이 비싼 단점이 있다. 또한, 고이득 특성을 얻기 위해서는 고 유전율을 갖는 매질을 사용하여야 하는데 이것은 협대역 특성을 제공한다.

본 논문에서는 이러한 단점들을 해결하면서 우수한 고이득 특성을 얻기 위하여 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자 위에 지향 소자로 다층 원형 도체를 사용하는 방사 소자 구조를 새롭게 제안하였다. 다층 원형 도체 배열 구조는 얇은 유전체 필름 또는 유전체 폼(foam) 재질을 사용하여 구현될 수 있으므로 가볍고 저렴하며, 또한 외부 온도 특성에 거의 영향을 받지 않는다. 그리고, 다층 원형 도체 지향 소자들은 자유 공간상에서의 자연적인 상호 결합 특성에 의하여 정방향으로 안테나 빔을 형성하므로 방사 효율이 높다. 본 논문에서는 제안하는 고이득 특성의 성형 빔 안테나 구조의 설계 변수 변화에 대한 안테나 특성에 대하여 고찰하였으며, 또한 그 가능성을 실험적으로 확인하였다.

II. 고이득 성형 빔 안테나 설계

2-1 안테나 구조

본 논문에서 제안하는 고이득 특성의 성형 빔 안테나 구조는 그림 1과 같으며, 안테나 구조는 크게 전력 여기 부분과 지향 방사 부분으로 나눌 수 있다. 여기 부분은 단일 또는 스택 마이크로스트립 패치 소자를 사용하며, 지향 방사 부분은 다층 원형 도체 배열을 정방향으로 적층하는 것으로 구성된다. 즉, 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자 위에 전파 진행 방향으로 지향 소자(director elements) 또는 기생 소자(parasitic elements)인 원형 도체들을 주기적 또는 비주기적 간격으로 적층함으로써 안테나의 이득 특성을 향상시키는 것이다.

일반적으로, 광대역 여기 특성을 위해 단일형 대신에 스택형 마이크로스트립 패치 소자가 사용되며, 표면파 억압의 효율적인 여기를 위해 스택 마이크로스트립 패치 소자는 cavity 내에 삽입된다. 이중 공진 구조의 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자의 설계 변수는 다층 원형 도체 배열 지향 소자들이 존재하는 조건하에서 동작 주파수 대역폭 내에서 입사 전력이 잘 여기되도록 매개 변수들이 결정되어야 한다. 이때, 여기 소자인 스택 마이크로스트립 패치 소

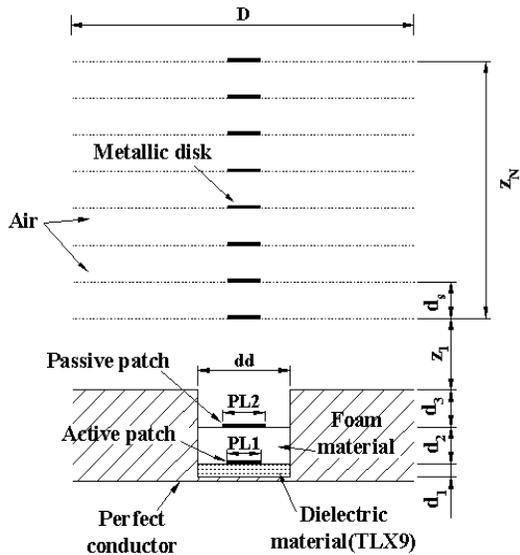


그림 1. 고이득 성형 빔 안테나 구조
Fig. 1. High gain shaped-beam antenna structure.

자의 이득 특성은 사용되는 유전체 매질의 전기적, 물리적 특성에 따라 약간의 차이는 있으나 통상적으로 약 8~10 dBi의 이득을 얻을 수 있다. 지향 방사 부분인 다층 원형 도체 배열 지향 소자들은 고이득 특성을 위해 여기 구조의 정방향으로 적층되며, 지향 소자들의 물리적 매개 변수들은 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자의 설계 조건 하에서 최적화되어야 한다. 이러한 다층 원형 도체 배열 소자들의 최적화를 위해서 반드시 균일한 매개 변수들을 가질 필요는 없으나, 공진 조건 치수보다는 작아야 한다.

다층 원형 도체 배열 구조가 정방향으로 빔을 지향성 있게 형성하기 위해서는 상호 결합에 의해 지향 소자들이 거의 일정한 진폭에 점진적 위상 천이 값들을 가져야 한다. 만약에, 원형 도체 수를 계속적으로 증가하더라도 이득이 거의 변화하지 않는 이유는 마이크로스트립 패치 여기 소자로부터 멀리 떨어진 지향 소자일수록 소자간 결합에 의한 전류 진폭이 작아지기 때문이다. 다층 원형 도체 배열 지향 소자들을 전파 진행 방향으로 적층하여 수 dB 이상의 이득 향상 효과를 가져올 수 있다.

2-2 안테나 설계 변수

제안된 고이득 성형 빔 안테나 구조에 대한 전기적 설계는 중심 주파수 10 GHz, 설계 대역폭은 8 % (9.6~10.4 GHz) 를 고려하고 있으며, 안테나의 편파 특성은 선형 편파를 갖는다고 가정한다. 만약에 원형 편파 특성을 갖는 안테나를 설계하기 위해서는 여기 소자만 원형 편파를 발생하도록 설계하면 된다.

그림 1의 고이득 성형 빔 안테나 구조에서 cavity 내에 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자의 초기 설계 변수들은 다층 원형 도체 배열 구조가 없는 상태에서 결정된다. 원 형태의 cavity의 직경과 동축 급전의 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자의 설계 변수들은 상용 시뮬레이터인 CST Microwave Studio 를 사용하여 시뮬레이션을 통해 얻어진다. 시뮬레이션을 통해 얻어진 cavity 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자의 설계 변수값들은 다음 표 1에 요약하여 보여진다. 이러한 다층 원형 도체 배열 구조와 연동되면서 안테나의 전기적 성능을 최적화하기 위해서 여기 소자의 설계 변수들은 약간 조정될 수 있다.

여기 소자로부터 전력을 공급 받는 다층 원형 도

표 1. 여기 소자의 설계 변수값
Table 1. Design parameter values of the exciter.

항 목	변수명	설계 변수값
능동 패치 소자	PL1	10.05 mm(W) × 10.05 mm(L)
수동 패치 소자	PL2	11.15 mm(W) × 11.15 mm(L)
급전 위치	-	0.0 mm(@ horizontal offset), 5.075 mm(@ vertical offset)
설계 RF 기관	d_1	TLY5A($\epsilon_{r1}=2.17$, $d_1=0.508$ mm, $T=0.5$ oz.),
패치간 이격	d_2	2.66 mm
패치 이격 재료	-	Dielectric foam($\epsilon_{r2}=1.1$)
수동 패치부터 Cavity까지 높이	d_3	1 mm
Cavity의 내경 (비 도체, 공기)	dd	30 mm ($1 \lambda_o @ 10$ GHz)
Cavity의 외경 (도체)	D	90 mm ($3 \lambda_o @ 10$ GHz)

체 배열 구조의 설계 변수들로는 원형 도체 소자 직경, 초기 위치, 소자간 간격, 적층 소자 수가 있으며, 이러한 설계 변수들은 고이득 특성을 얻기 위하여 최적화된다^{[5]~[7]}. 최적화 우선 조건에는 다층 원형 도체 배열 구조가 저속과 진행 지향 소자 역할을 하기 위한 기본 조건들 $z_{n+1} - z_n < 0.5 \lambda$, $2r < 0.5 \lambda$ 을 반영하였으며, 나머지 설계 변수값들은 시뮬레이션 과정으로부터 결정된다. 최적화 선택된 다층 원형 도체 배열의 설계 변수값들은 표 2에 요약하여 제시하였다.

2.3 최적화 시뮬레이션

다층 원형 도체 배열을 구현하는 방법에는 얇은 유전체 필름을 이용하는 방법과 유전체 폼 재료를

표 2. 다층 원형 도체 배열의 설계 변수값
Table 2. Design parameter values of the MDAS.

항목		변수명	초기 설계 변수값	
			$f=1.0 f_o$	$f=10$ GHz
다층 원형 도체 배열 구조	직경	$2r$	0.3λ	9 mm
	층 수	N	1~15	
	초기 위치	z_1	0.3λ	9 mm
	최종 위치	z_N	1.7λ	51 mm
	층간 간격	d_s	0.1λ	3 mm

이용하는 방법이 있다. 그림 2는 시뮬레이션에 사용된 고이득 성형 빔 안테나 모델들을 보여준다. 그림 2(a)는 얇은 유전체 필름을 이용하여 구현된 고이득 안테나(Type 1)로서, 원형 도체의 적층을 얇은 유전체 필름층과 이를 지지하기 위한 베크라이트 유전체를 사용하여 구현한 것이다. 얇은 유전체 필름은 두께가 약 0.03 mm이고, 유전율이 2.25이며, 외곽에는 필름을 지지하기 위하여 유전율이 3.64인 베크라이트(bakelite) 재질의 유전체가 사용되었다. 반면에, 그림 2(b)는 원형 도체 적층을 위해 유전체 폼 재료를 이용하여 구현된 고이득 안테나(Type 2)로서, 시뮬레이션에는 유전체의 폼의 유전율도 반영되었다. 접지판이 유한한 그림 2의 두 안테나 모델에 대한 전기적인 성능은 삼차원 EM 상용 시뮬레이터인 CST Microwave Studio™를 사용하여 시뮬레이션 되었다.

다음은 그림 2(a)의 필름 구현 방식의 고이득 성형 빔 안테나에 대한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 안테나의 원형 도체 배열의 적층 수에 따른 입력 반사

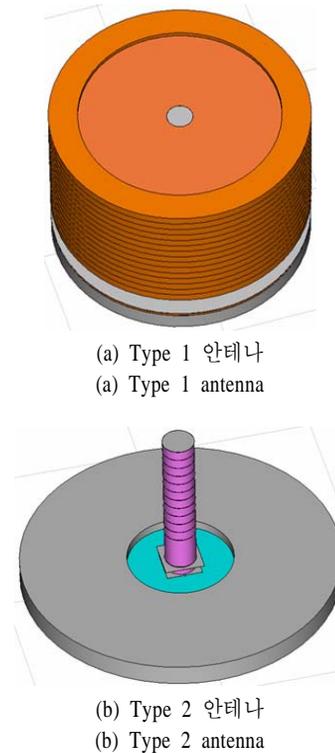
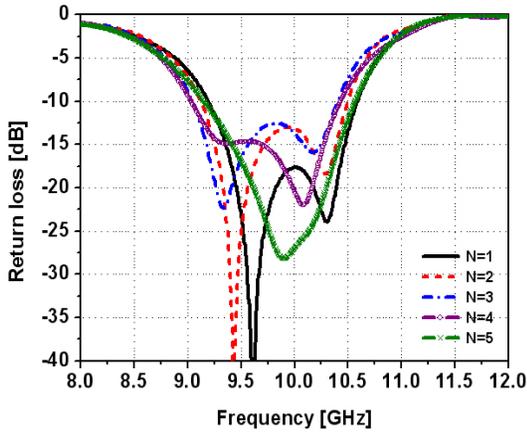
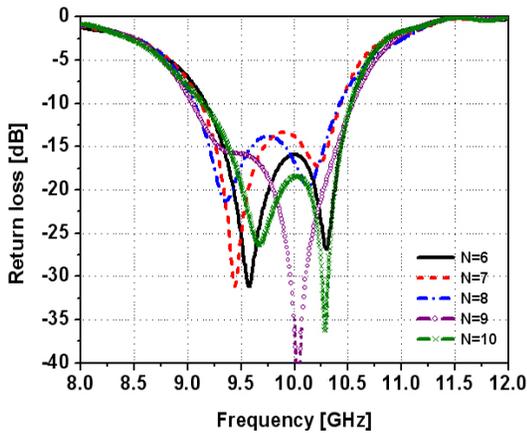


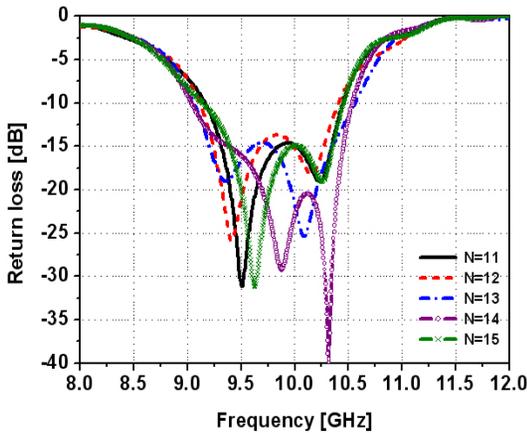
그림 2. 두 종류의 고이득 성형 빔 안테나 구조
Fig. 2. Two kinds of high gain shaped-beam antenna structures.



(a) N1~N5



(b) N6~N10



(c) N11~N15

그림 3. Type 1 안테나의 시뮬레이션 입력 반사 손실 성능
 Fig. 3. Simulated input return loss performance of Type 1 antenna.

손실 성능에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 3에 제시하였다. 시뮬레이션 결과로부터 원형 도체 배열의 적층 수에 따라 입력 반사 손실 성능이 영향을 받고 있으며, 약간의 주파수 하향 설계 특성을 보임을 알 수 있다. 9.6~10.4 GHz 동작 대역 내에서 10 dB 이상의 성능을 보여주고 있다.

또한, Type 1 안테나의 원형 도체 배열의 적층 수에 따른 방사 패턴 성능에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 4에 제시하였다. 시뮬레이션 결과로부터 원형 도체 배열 적층 수가 증가하면서 안테나 이득이 증가하는 현상을 확인할 수 있다.

Type 2 안테나의 경우에는 대표적인 시뮬레이션 결과로서, 원형 도체 수가 12개 적층되었을 때의 이득 성능을 그림 5에 보여주고 있다. 참고로, E-plane 교차 편파 성능은 시뮬레이션 결과 -40 dB 이상이므로 그림 5의 그래프에는 나타나 있지 않다.

그림 4와 그림 5의 시뮬레이션 결과로부터, 원형 도체가 구현된 유전체 필름을 지지하기 위해 사용된 외곽 링의 유전율에 의해 안테나 이득 특성 및 패턴이 영향을 받음을 알 수 있다. 즉, 외곽 유전체 링에 의해 정방향 쪽으로 빔 패턴이 모아지면서 이득 특성이 약간 증가함을 알 수 있다. 이러한 사실은 외곽 링 유전체의 유전율과 설계 치수가 안테나 빔 패턴 특성에 영향을 줄을 의미한다. 이러한 영향이 없는 고이득 안테나 구조에 대해서는 이미 참고문헌 [8]에 발표된 바 있다. 즉, 접지판이 무한히 크며 원형 도체 구현을 위해 유전체 필름과 외곽 유전체 링을 사용하지 않으며, 공기중에 원형 도체들이 적층되는 이상적인 고이득 특성의 원형 도체 배열 구조를 Ansoft Maxwell(Ensemble) 상용 시뮬레이터를 사용하여 시뮬레이션 한 것이다. 시뮬레이션 결과들은 원형 도체 적층 수에 따라 유사한 이득 특성 변화를 보여주나, 상대적으로 이득 값들이 작음을 알 수 있다.

외곽 링의 유전체 효과 및 접지판의 크기에 따른 MDAS의 이득 특성 차이를 알아보기 위해, 그림 4와 참고문헌 [8]의 시뮬레이션 결과들로부터 원형 도체 적층 수에 따른 이득 값을 추출하여 비교한 그래프를 그림 6에 보여준다.

그림 6의 이득 비교 그래프로부터, 두 경우에 대해 약간의 이득 편차를 보임을 알 수 있다. 얇은 유전체 필름 층과 베크라이트 유전체를 사용한 MDAS

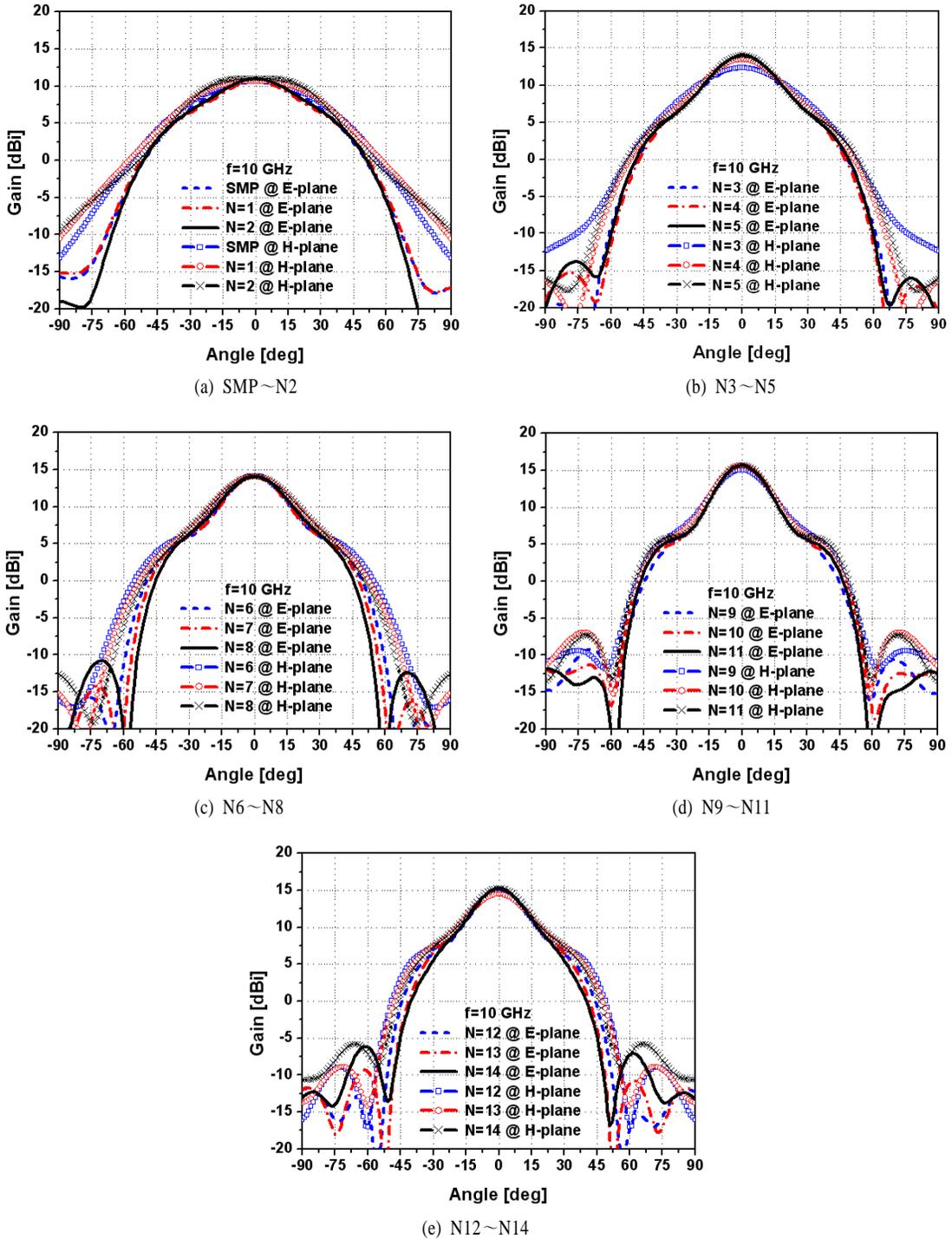


그림 4. Type 1 안테나의 시뮬레이션 방사 패턴 성능

Fig. 4. Simulated radiation pattern performance of Type 1 antenna.

구조가 공기 중에 원형 도체가 적층되는 MDAS 구조보다 이득이 더 증가하는 이유는 주변 베크라이트

유전체가 방사 패턴 특성에 영향을 주기 때문이다. 즉, 마이크로스트립 적층 여기 소자로부터 방사된

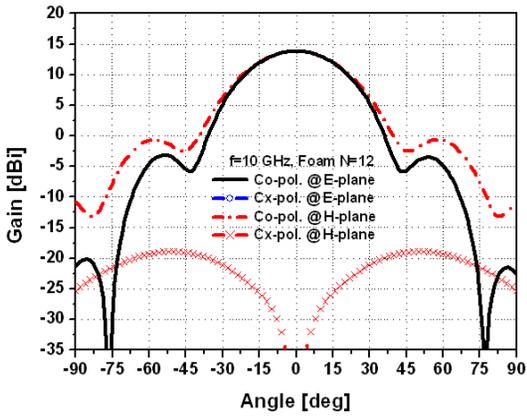


그림 5. Type 2 안테나의 시뮬레이션 방사 패턴 성능(N=12)

Fig. 5. Simulated radiation pattern performance of Type 2 antenna(N=12).

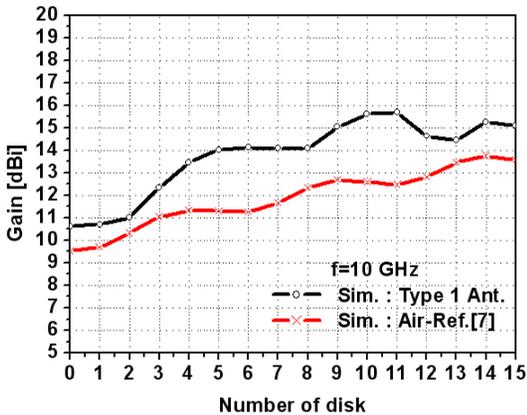


그림 6. 원형 도체 적층 수 변화에 따른 시뮬레이션 이득 비교

Fig. 6. Antenna gain comparison simulated by the variations of metallic disk stack number.

표면파와 공간파 전력의 주변 유전체와 상호 작용을 하여 방사 패턴 특성에 영향을 주기 때문이다. 또한, 외곽 유전체 링 효과 외에도 접지판의 크기도 이득 특성 차이에 약간 영향을 주었을 것이다. 두 경우의 이득 차이는 $N=2$ 일 때, 최소 0.68 dB 그리고 $N=11$ 일 때, 최대 3.21 dB만큼 이득 차이를 보여준다.

그림 4의 시뮬레이션 된 고이득 방사 패턴 특성을 살펴보면, 다층 원형 도체 배열 구조를 이용함으로써 약 5 dB까지 이득 향상을 가져올 수 있음을 알 수 있다. 원형 도체 적층 수에 따라 안테나 이득이 증가

하다가 안테나 이득이 유지되거나 오히려 감소하는 구간도 보임을 알 수 있다. 즉, cavity 표면으로부터 $0.5, 1.0, 1.5 \lambda_0$ 간격으로 이득 향상이 이루어지며, $0.75, 1.25, 1.75 \lambda_0$ 간격으로 약간의 이득 감소(열화) 현상을 볼 수 있다. 그리고, 원형 도체 배열 수를 전파 진행 방향으로 적층할수록 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자로부터 전력 결합량(전송 전력량)이 감소하여 이득 향상에 덜 영향을 줄을 예측할 수 있다. 결론적으로, 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자 위에 다층 원형 도체들을 배열함으로써 필요로 하는 고이득 빔 패턴을 형성할 수 있음을 알 수 있다.

III. 안테나 제작 및 실험

본 논문에서 제안하는 고이득 성형 빔 안테나의 전기적인 성능 실험을 위해 그림 2에서 보여주는 고



(a) Type 1 안테나
(a) Type 1 antenna



(b) Type 2 안테나
(b) Type 2 antenna

그림 7. 고이득 성형 빔 안테나 시제품 사진

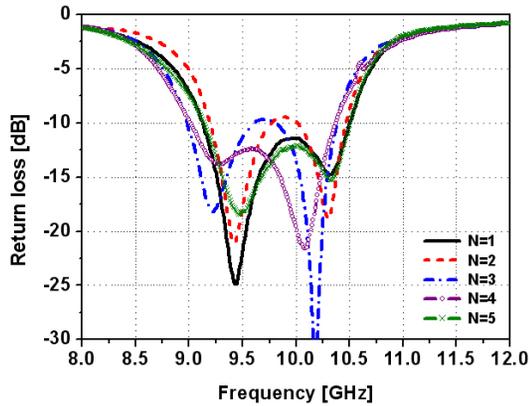
Fig. 7. Photos of high gain shaped-beam antenna breadboards.

이득 안테나 구현 방법으로 제작된 고이득 성형 빔 안테나 시제품들은 그림 7에 보여진다. 각 안테나

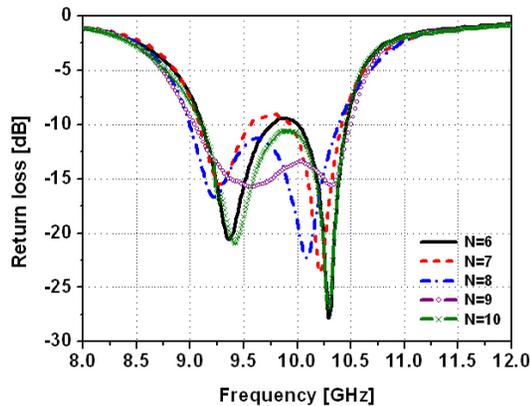
시제품들은 동일하게 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자와 다층 원형 도체 배열층으로 구성된다.

고이득 성형 빔 안테나의 여기 소자는 스택 마이크로스트립 패치 구조이며, 직경 30 mm($1 \lambda_0$, @10 GHz)인 원형 cavity 기구물 내에 삽입된다. 지향 여기 소자는 가로 및 세로 길이가 각각 11.15 mm인 정사각형 패치이며, 두께 0.02 mm 얇은 유전체 필름층(유전율 2.25) 상에 구현되었으며, 능동 여기 소자는 가로 및 세로 길이가 각각 10.15 mm인 정사각형 패치이며, 유전체 20 mils인 TLY5A(유전율 2.17) 기판상에 구현되었다.

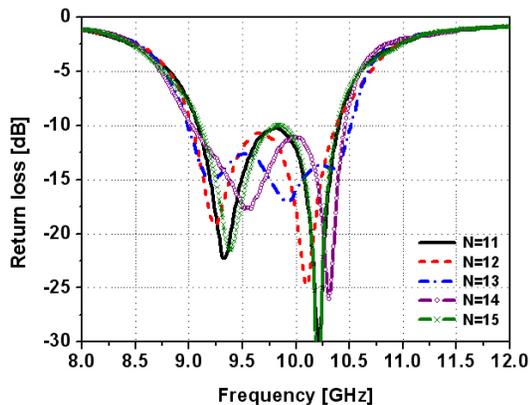
그림 7(a)의 Type 1 안테나 구조는 원형 도체를 전과 진행 방향으로 등간격으로 적층시키기 위하여 원형 도체를 두께 0.02 mm인 얇은 유전체 필름층(유전율 2.25)상에 구현하였다. 이러한 두께의 유전체는 안테나의 전기적인 성능에는 거의 영향을 주지 않는다. 또한, 얇은 필름층과 원형 도체 층간의 간격을 일정하게 유지하기 위하여 각각 두께가 1.5 mm인 베크라이트 재질(유전율 3.64)의 유전체 링을 사용하였으며, 각 필름 층은 베크라이트 유전체 링 사이에 삽입된다. 이러한 유전체 링은 고이득 안테나의 전기적인 성능에 영향을 줄 수 있으므로 유전체 링의 재질과 직경 등은 세심하게 고려되어야 한다. 만약에, 특정한 유전체 링의 재질과 직경 변화 등에 대하여 고이득 안테나 특성은 구형 빔 패턴의 안테나 특성을 가질 수도 있다. 그림 7(b)의 Type 2 안테나 구조에서는 원형 도체 배열들이 직경 9 mm, 두께 0.1 mm인 얇은 원형 도체(황동 재질)로서 제작되었으며, 원형



(a) N1 ~ N5



(b) N6 ~ N10



(c) N11 ~ N15

그림 8. Type 1 안테나의 측정된 입력 반사 손실 성능
Fig. 8. Measured input return loss performance of Type 1 antenna.



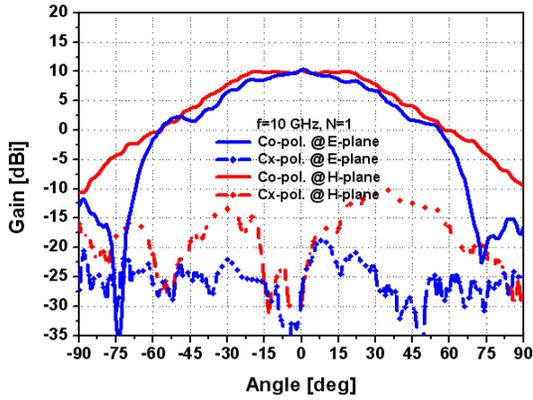
그림 9. 안테나 챔버에 설치된 Type 1 안테나 사진
Fig. 9. Photo of Type 1 antenna installed on antenna chamber.

도체들은 두께가 3 mm 이고 직경이 10 mm 인 유전체 품 이격 재료와 접착제를 사용하여 적층되었다.

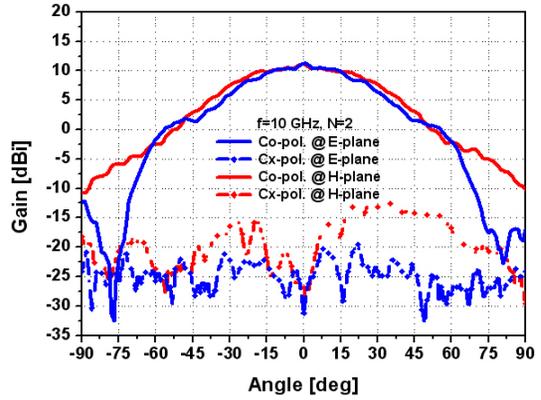
고이득 안테나 시제품의 측정된 입력 반사 손실 성능은 그림 8에 제시하였다. 측정된 입력 반사 손실 성능은 9.6~10.4 GHz 내에서 9.1 dB 이상임을 알 수 있다.

그림 9는 무반사실 안테나 챔버에 설치된 Type 1 안테나의 사진을 보여준다. 안테나의 방사 패턴 측정은 원접계 측정 방법으로 이루어졌으며, 각 원형

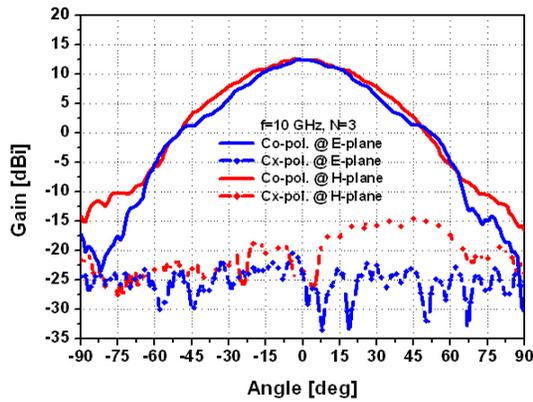
는 9.6~10.4 GHz 내에서 9.1 dB 이상임을 알 수 있다. 그림 9는 무반사실 안테나 챔버에 설치된 Type 1 안테나의 사진을 보여준다. 안테나의 방사 패턴 측정은 원접계 측정 방법으로 이루어졌으며, 각 원형



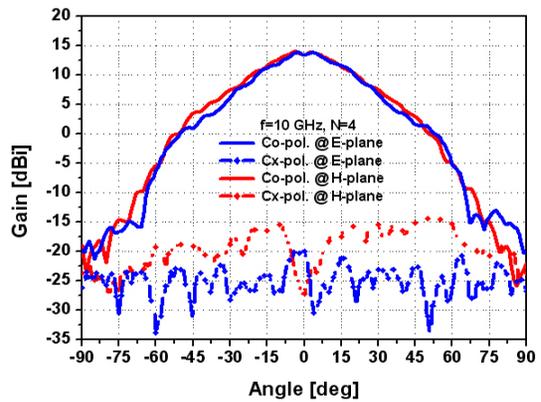
(a) $N=1$



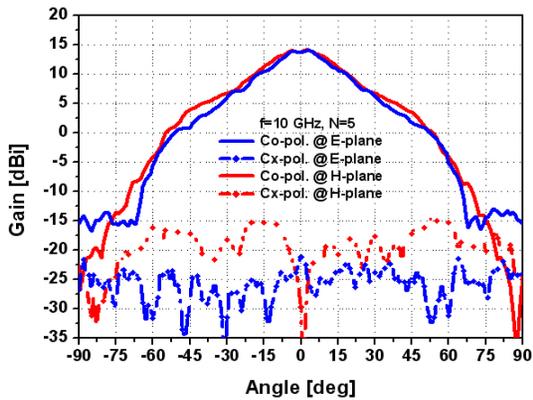
(b) $N=2$



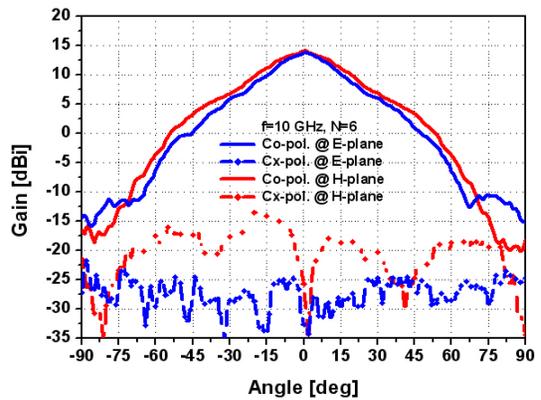
(c) $N=3$



(d) $N=4$



(e) $N=5$

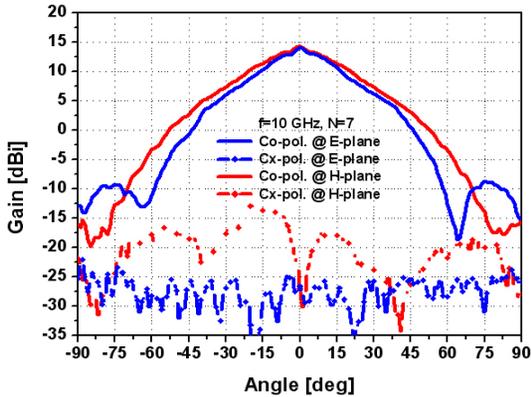


(f) $N=6$

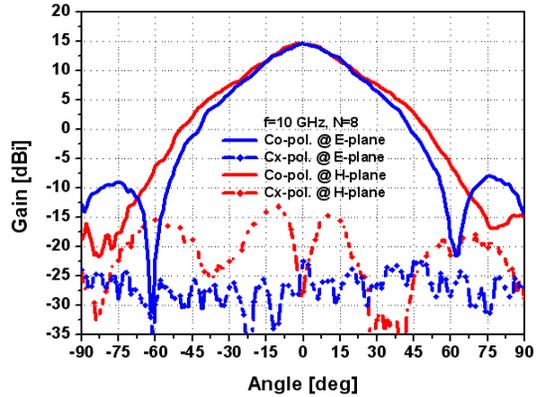
도체 필름 층을 적층하면서 안테나 방사 패턴들을 측정하였다.

Type 1 안테나 시제품의 다층 원형 도체 배열 층 수 변화에 대한 방사 패턴 측정 결과들은 그림 10에 보여지며, 1~4개의 원형 도체 적층 수에 대해서는

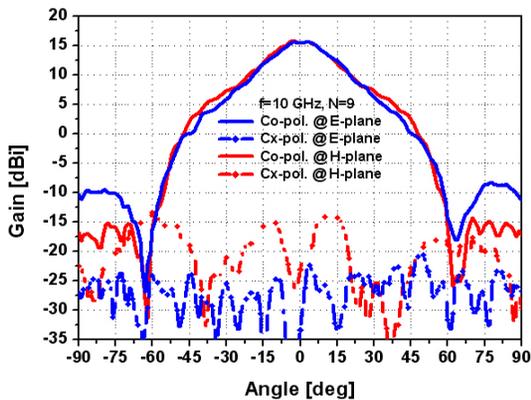
안테나 이득이 증가, 5~7개의 원형 도체 적층 수에 대해서는 안테나 이득이 유지, 8~11개의 원형 도체 적층 수에 대해서는 다시 안테나 이득이 증가 그리고 12~15개의 원형 도체 적층 수에 대해서는 안테나 이득이 약간 감소된 후 유지되는 현상을 보여주



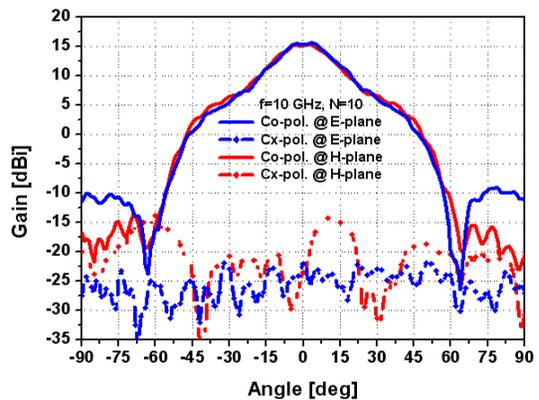
(g) $N=7$



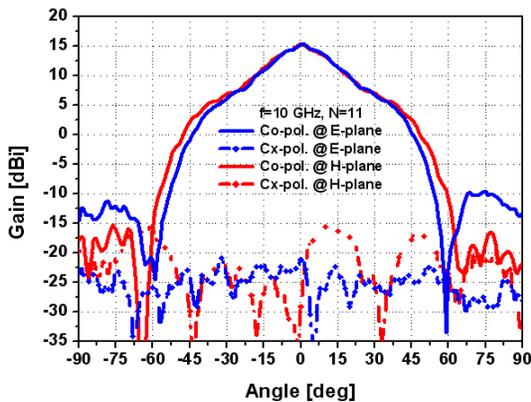
(h) $N=8$



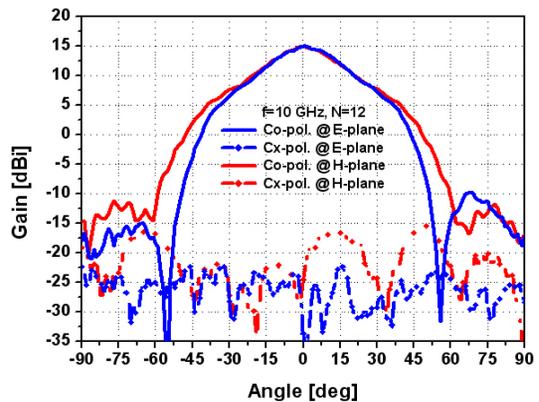
(i) $N=9$



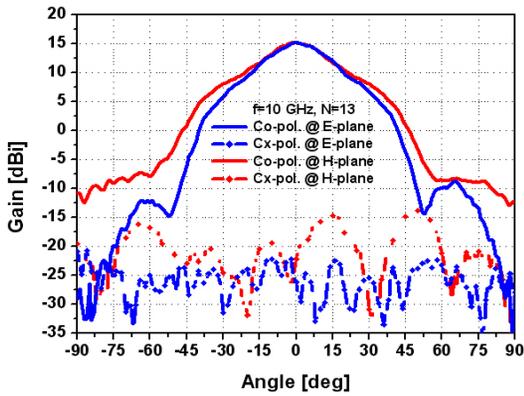
(j) $N=10$



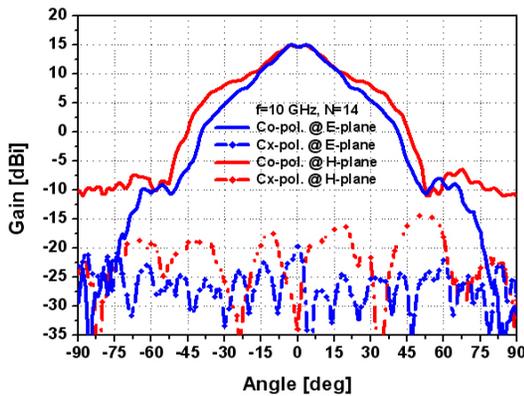
(k) $N=11$



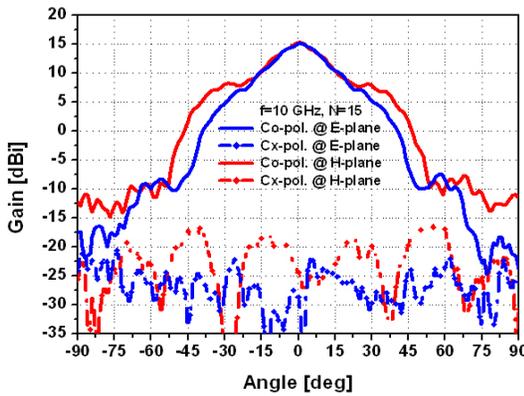
(l) $N=12$



(m) $N=13$



(n) $N=14$



(o) $N=15$

그림. 10. Type 1 안테나의 측정된 방사 패턴 성능
Fig. 10. Measured radiation pattern performance of Type 1 antenna.

고 있다. 이득이 감소한 이유는 외곽 유전체 링에 의해 3 dB 빔 폭 밖으로 여기 전력을 상대적으로 높게 방사하기 때문이다. 또한, 1~15개의 원형 도체 적층

수에 대한 정방향에서의 교차 편파 특성은 E-plane에 대해서는 33.5 dB 이상, 그리고 H-plane에 대해서는 35.9 dB 이상의 매우 양호한 성능을 보여 주었다.

Type 2 안테나 시제품은 상대적으로 원형 도체들을 적층하면서 방사 패턴 성능을 측정하기가 까다로워 원형 도체 적층 수 $N=12$ 에 대해서만 이루어졌으며, 그 측정 결과는 그림 11에 보여진다.

원형 도체 적층 수 $N=12$ 일 때, Type 1과 Type 2 안테나의 방사 패턴 측정 결과 비교는 그림 12와 같으며, 측정된 비교 결과로부터 원형 도체를 12개 적층하였을 때, Type 1 안테나는 Type 2 안테나보다 상대적으로 약 1.35 dB만큼 이득이 더 높음을 알 수 있다. 이것은 유전체 필름을 지지하기 위해 사용된 외곽 유전체 링의 유전율이 안테나 방사 패턴에 영향을 주어 정 방향 쪽으로 빔 패턴이 모아지면서 이득이 증가했기 때문이다. 이러한 사실은 외곽 링 유전체의 유전율과 설계 치수가 안테나 빔 패턴 성능에 영향을 줄을 의미한다. 그림 12의 방사 패턴들로부터 Type 1과 Type 2 안테나의 3 dB 빔 폭은 각각 약 28° 와 36° 로 측정되었다.

그림 13은 다층 원형 도체배열 층 수 변화에 따른 고이득 빔 성형 안테나의 정방향에서 측정된 안테나 이득 값들을 시뮬레이션 값과 비교하여 보여준다.

그림 13의 이득 비교 그래프로부터, 원형 도체들을 10~11개 정도 적층하였을 때 최대 안테나 이득 분포를 보이며, 그 이상부터는 필름층 지지를 위해

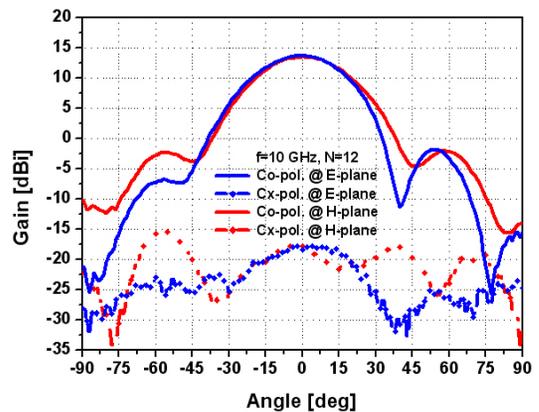
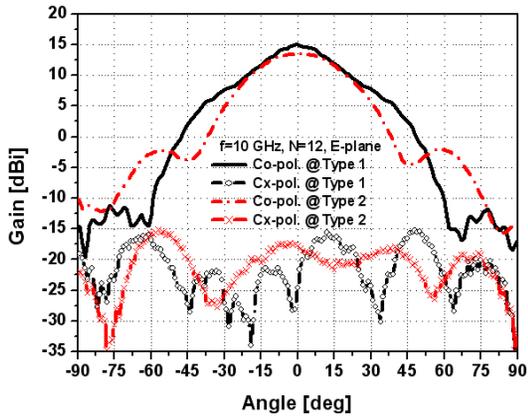
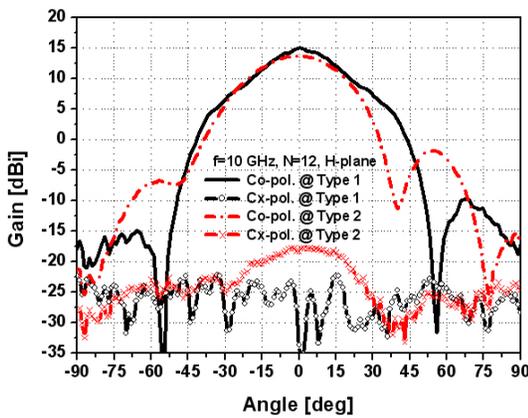


그림. 11. Type 2 안테나의 $N=12$ 에서 측정된 방사 패턴 성능

Fig. 11. Radiation pattern performance of Type 2 antenna measured at $N=12$.



(a) E-plane



(b) H-plane

그림. 12. Type 1과 Type 2 안테나의 측정된 방사 패턴 비교(N=12)

Fig. 12. Performance comparison of radiation patterns of Type 1 and Type 2 antennas measured at $N=12$.

사용된 유전체 링 효과에 의해 이득이 약간 감소하거나 유지하는 분포를 보임을 알 수 있다. 측정 이득은 원형 도체 배열을 10개 적층(disk10)하였을 때, 15.65 dBi의 최대 안테나 이득을 얻었으며, 이것은 시뮬레이션 값과 비교하여 거의 동일한 값이다. 또한, 원형 도체 배열을 10개 적층(disk10) 하였을 때 입력 반사 손실 성능은 그림 8(b)로부터 11.4 dB 이상임을 확인할 수 있다. 시뮬레이션 이득과 측정 이득은 전체적으로 잘 일치하고 있으며, 원형 도체를 8개 적층(disk8) 하였을 때 최대로 약 0.5 dB의 이득 오차가 발생함을 알 수 있다. 그림 13의 비교 그래프를 살펴보면, 안테나 이득 변화가 증가 그리고 유지

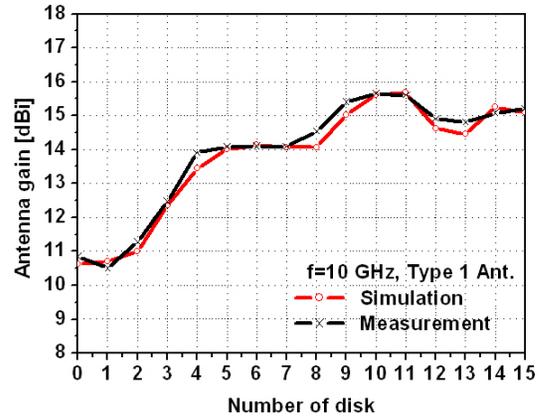


그림 13. 원형 도체 적층 수 변화에 따른 측정 및 시뮬레이션 이득 비교

Fig. 13. Antenna gain comparison measured and simulated by the variations of metallic disk stack number.

또는 증가 그리고 감소 등의 약한 주기성을 보여줄 수 있다. 결론적으로, 원형 도체들을 전과 진행 방향으로 적층함으로써 약 5 dB의 이득 향상 효과를 가져옴을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 유한 다층 원형 도체 배열과 그것의 효율적인 방사를 위해 스택 마이크로스트립 패치 여기 소자를 사용하는 새로운 고이득 성형 빔 안테나 구조를 제안하였다. 제안하는 안테나가 고이득 특성을 얻기 위해서는 여기 소자와 다층 원형 도체 배열 소자들 간의 효율적인 전력 결합이 이루어져야 하므로 여기 소자 및 다층 원형 도체 배열 소자들의 설계 변수들을 동시에 최적화하였다. 또한, 고이득 성형 빔 안테나의 다층 원형 도체 배열 소자들을 구현하기 위해 얇은 유전체 필름을 이용하는 방법과 유전체 폼을 이용하는 방법을 제안하였으며, 각각의 안테나 시제품을 설계 및 제작하여 전기적인 성능들을 측정하고 시뮬레이션 결과들과 비교 분석하였다.

측정된 안테나 성능은 시뮬레이션 성능과 거의 유사한 결과들을 보여주었으며, 특히 안테나 이득 성능은 원형 도체 적층 수에 따라 안테나 이득 변화의 주기성을 보여 주었다. 얇은 유전체 필름을 사용하여 제작된 안테나(Type 1)는 원형 도체 배열을 10

개 적층하였을 때, 10 GHz 중심 주파수에서 최대 15.65 dBi의 안테나 이득 성능을 보여 줌으로써 다층 원형 도체 배열 구조가 약 5 dB의 이득 향상 효과를 제공함을 알 수 있었다.

향 후 고이득 성형빔 안테나에 대한 연구는 다층 원형 도체 배열 소자들에 대한 효율적인 구현 방법과 유전자 알고리즘과 같은 다 변수 최적화에 유리한 알고리즘을 이용한 안테나 설계 변수들의 최적화에 대한 연구들이 더 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] X. H. Shen, P. Delmotte, and G. A. E. Vandenbosch, "Effect of superstrate on radiated field of probe fed microstrip patch antenna", *IEE Proc. Microwave Antennas Propagation*, vol. 148, no. 3, Jun. 2001.

[2] W. K. Choi et al., "A high-gain microstrip patch array antenna using a superstrate layer", *ETRI Journal*, vol. 25, no. 5, pp. 407-411, Oct. 2003.

[3] H. Y. Yang, N. G. Alexopoulos, "Gain enhancement methods for printed circuit antennas through multiple superstrates", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*,

vol. 35, pp. 860-863, Jul. 1987.

[4] H. Yagi, "Beam transmission of ultra short waves", *Proc. IEEE*, vol. 72, no. 5, pp. 634-645, May 1984.

[5] S. P. Skobelev, S. Y. Eom, and H. K. Park, "Shaping of flat-topped element patterns in a planar array of circular waveguides using a multilayered disk structure: Part i-theory and numerical modeling", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 51, pp. 1040-1047, May 2003.

[6] S. Y. Eom et al., "Shaping of flat-topped element patterns in a planar array of circular waveguides using a multilayered disk structure: Part II-experimental study and comparison", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 51, pp. 1048-1053, May 2003.

[7] S. Y. Eom et al., "Multi-disk radiating structure with a flat-topped element pattern for a planar array antenna", *IEE Electronics Letters*, vol. 38, no. 2, pp 60-61, Jan. 2002.

[8] S. Y. Eom et al., "High gain radiating structure using multi-layered metallic disks", *IEEE AP-Symposium*, vol. 2, pp. 1595-1598, Jun. 2004.

엄 순 영



1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
 1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

1991년 8월~1993년 7월: 이탈리아 Alenia Spazio사와 VS-AT(DAMA-SCPC) 시스템 국제공동개발
 [주 관심분야] 초고주파 수동/능동 부품 및 시스템, 안테나 시스템, 위성/이동 통신 RF 시스템 등

윤 재 훈



1984년 2월: 중앙대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년 2월: 중앙대학교 전자공학과 (공학석사)
 1998년 8월: 중앙대학교 전자공학과 (공학박사)
 1990년 2월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

2002년 2월~현재: ETRI journal 편집위원
 2006년 2월~현재: UST 이동통신/방송학과 교수
 [주 관심분야] 표준전자파발생기술, 전자파적합성기술, 안테나교정기술, EM해석기술 등

전 순 익



1984년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)

1996년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)

2003년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)

1990년 9월~현재: 한국전자통신연구원 안테나기술연구팀 팀장, 책임연구원

[주 관심분야] 초고주파 수동/능동 부품 및 시스템, 안테나 시스템, CR 시스템 등

김 창 주



1980년: 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)

1988년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)

1993년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1979년 12월~1983년 3월: 국방과학연구소 연구원

1983년 3월~현재: 한국전자통신연구원 전파기술연구그룹장

[주 관심분야] 전파신호처리, CDMA 신호해석