

공면 방식의 유전체 장벽 방전 플라즈마 발생기의 X-Band내 RCS 저감 성능

Coplanar Dielectric-Barrier-Discharge(DBD) Plasma Generator for X-Band Radar Cross Section(RCS) Reduction

조창석 · 오태주 · 안욱현 · 육종관 · 이장재* · 유신재* ·
임진우** · 하정제** · 배지훈** · 유흥철** · 이용식

Changseok Cho · Taejoo Oh · Wookhyun Ahn · Jong-Gwan Yook · Jangjae Lee* · Shinjae You* ·
Jinwoo Yim** · Jungje Ha** · Gihun Bae** · Heung Cheol You** · Yongshik Lee

요 약

본 논문에서는 레이더 단면적(radar cross section: RCS) 저감을 위한 공면(coplanar) 방식의 유전체 장벽 방전(dielectric barrier discharge: DBD) 플라즈마 발생기를 제안하고 그 효과를 실험적으로 검증한다. 플라즈마 발생기의 두 전극을 공면 구조의 핑거 형태로 배치하였으며, 전극 위에 입힌 0.254 mm 두께의 폴리이미드 필름이 유전체 장벽으로 작동하여 두 전극에 바이어스를 인가할 경우, 전극 사이에 플라즈마가 발생한다. 이러한 플라즈마 발생기를 타겟 앞에 위치시킴으로써 플라즈마 발생으로 인한 타겟의 RCS 저감효과를 얻을 수 있다. 두 전극이 같은 평면에 배치되는 공면구조로 인해서 기존의 평행판 커패시터 형태의 발생기와 달리 도체 목표물에만 적용 가능하거나 추가적인 도체 구조가 필요하지 않다. 두께가 2.4 mm인 FR-4 기판에 폭이 3 mm인 핑거를 3 mm 간격으로 교차 배열하여 총 200×200 mm² 크기로 발생기를 제작하였으며, 동일한 크기의 구리 기판 타겟의 RCS 변화를 0.3 기압에서 RCS 감소 효과를 실험적으로 검증하였다. 그 결과, X-band(8~12 GHz)에서 모노스태틱 RCS가 최대 2.6 dB 감소하는 결과를 얻었다.

Abstract

This paper presents a dielectric-barrier-discharge (DBD) plasma generator using a coplanar method for reducing the radar cross section (RCS). Two electrodes of the plasma generator are placed in the form of a finger structure, and a 0.254 mm thick polyimide film is coated over the electrodes to act as the dielectric barrier. When a potential bias is applied, plasma is generated between the electrodes. By placing the plasma generator in front of a target, the RCS of the target is reduced by plasma generation. Fingers of widths 3 mm each were cross-arranged on 2.4 mm thick FR-4 substrates at 3 mm intervals to produce generators with a total size of 200×200 mm². to experimentally verify the effects of RCS reduction at 0.3 atmospheric pressure for copper substrate targets of the same size. Thus, the monostatic RCS of a target of size 200×200 mm² was reduced by up to 2.6 dB in the X-band (8~12 GHz).

Key words: Plasma, Coplanar DBD, RCS Reduction

「본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 항공 피탐지 감소기술 특화연구실 사업의 일환으로 수행되었습니다.」

연세대학교 전기전자공학과(Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

*충남대학교 물리학과(Department of Physics, Chungnam Natinal University)

**국방과학연구소(Agency for Defence Development)

· Manuscript received October 8, 2021 ; Revised November 1, 2021 ; Accepted December 9, 2021. (ID No. 20211008-089)

· Corresponding Author: Yong-Shik Lee (e-mail: yongshik.lee@yonsei.ac.kr)

I. 서 론

전장에서 비행체의 생존성은 레이더에 비행체가 얼마나 정확하게 나타나는지에 달려 있다. 레이더에 비행체가 드러나는 순간 위치, 속도 및 방향 등 비행체에 대한 많은 정보가 드러나기 때문에 전쟁 상황에서 생존성 확보가 어려워지기 때문이다. 그리하여, 비행체의 생존성을 높이기 위하여 RCS(radar cross section)을 감소시키는 전자기적 스텔스 연구가 활발히 이루어지고 있다. 비행체의 RCS를 낮추게 되면, 레이더에서 발사한 전자기파가 비행체를 맞고 반사되는 정도가 낮아지기 때문에, 레이더에 되돌아오는 전자기파 양이 줄어들어 비행체를 탐지하기가 힘들어지게 되기 때문이다.

이러한 RCS 감소를 이용한 스텔스 기술은 지금까지 다양한 방법으로 많이 연구되었다. 주로, 비행체의 구조를 변형시켜 전파를 난반사시키거나, 레이더 흡수 물질(radar absorbing material: RAM)을 이용하는 방법들이 있다^{[1][2]}. 하지만, 이러한 방법들은 비행기의 동역학적 구조에 영향을 미쳐 동체 적용에 한계가 존재하며, 짧은 내구성과 높은 유지 비용으로 인해 장기적으로 사용하기 어렵다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 최근에 플라즈마를 이용한 RCS 저감시키는 방법이 연구되고 있다^{[3][4]}. 플라즈마는 고전압을 이용하여 공기를 이온화시켜 만드는 준중성의 기체이다. 준중성을 띄는 기체이지만 일부 이온화된 전자와 이온에 의해 손실 탄젠트가 변하기 때문에 전자기파를 감쇄시키는 효과가 있다^[5]. 이러한 플라즈마의 유전체적 특성을 드루드 모델에 의해 발생하는 플라즈마의 전자밀도에 따라 특정한 유전율 값으로 모델링이 가능하다^[6]. 또한, 발생시키는 환경의 부피나 모양에 맞게 플라즈마를 발생 가능하며, 크기나 무게에 대한 제약이 적어서 플라즈마 발생기를 비행체에 탈·부착하여 사용할 수 있는 장점이 있다.

또한, 다양한 플라즈마 발생기의 구조와 플라즈마를 결합하여 RCS 저감 성능을 확보한 연구 결과도 존재한다. 핑거 형태의 전극을 사용하여 DBD 발생기를 제작, 평행판 축전 플라즈마를 발생시켜 Ku-band에서 구동주파수에 따라 최대 4.1 dB의 RCS 저감 효과를 검증하였다^[7].

하지만, 200×200 mm² 넓은 영역을 평행판 축전 방전 방식을 통해 방전하기 때문에 안정적인 방전이 힘들며,

타겟과 일정 간격을 유지한 채로 방전하여 구조적 안정성이 떨어진다는 단점이 있다. 또한, 타겟이 전도성 물체이어서 발생기의 일부인 접지면으로 활용 가능해야 하거나, 또는 추가적인 접지면이 필요하다. 타겟이 전도성이더라도 플라즈마를 발생시키기 위한 고전압 바이어스를 직접 인가해야 하기 때문에 실용성이 떨어질 수 있다. 따라서, 안정적이며 비행체에 직접 인가하지 않고 플라즈마를 발생시킬 수 있는 발생기에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 비행체의 RCS 저감을 위한 공면 구조 DBD 플라즈마 발생기를 제안한다. 타겟의 성질과 관계없이 공면 구조의 전극 사이에 플라즈마를 발생시켜 RCS 저감을 이루어낼 수 있다. 간격이 3 mm인 핑거 형태 전극을 교차시키는 방식으로 X-band에 최적화하여 설계하였다. 이러한 발생기를 이용하여 플라즈마를 발생시킬 경우 200×200 mm² 크기의 구리 도체판의 RCS가 최대 2.8 dB 감소하는 것을 실험적으로 검증하였다. 본 연구에서는 제작된 DBD 플라즈마 발생기를 이용해 X-band에서의 RCS 저감 효과를 분석하고, 측정 데이터와 모의실험 결과를 비교하여 검증하며, 앞으로 RCS 저감 방법으로서의 가능성을 확인하였다.

II. 제안된 공면구조 DBD 플라즈마 발생기 및 실험 환경

본 논문에서 제안한 DBD 플라즈마 발생기의 구조는 그림 1(a)와 같다. 크기가 200×200 mm²이고, 두께가 2.4 mm인 FR-4 유전체 위에 공면 구조의 핑거 형태로 폭이 3 mm인 전극 30개를 3 mm 간격으로 교차로 배치하였다. 이러한 발생기를 200×200 mm² 크기의 구리 평판 타겟 앞에 배치하여 저감 효과를 확인할 수 있도록 제작하였다. 제작한 구조 좌, 우측에 위치한 두 전극에 바이어스로 전압을 인가하면, 전극과 전극 사이의 3 mm 영역에 플라즈마가 발생한다. 즉, 공면 구조의 전극을 활용함으로써 전도성이 아닌 타겟에도 적용시킬 수 있으며, 전도성 타겟인 경우에도 플라즈마를 발생시키기 위해서 타겟에 고전압 바이어스를 직접 인가하지 않아도 된다는 큰 장점이 있다.

그림 1(b)의 설계한 전극은 폭이 3 mm인 간격으로 전

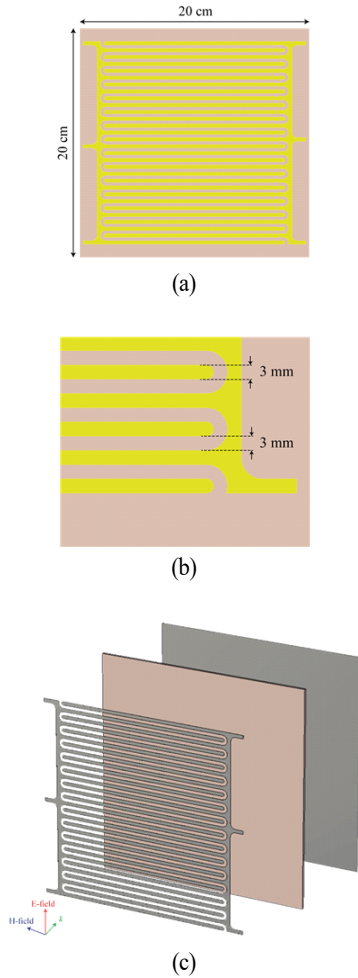


그림 1. (a) 제안된 공면 구조 DBD 플라즈마 발생기, (b) 전극 구조, (c) 플라즈마 발생 영역
Fig. 1. (a) Fabricated coplanar DBD plasma generator, (b) electrode structure. (c) Generated plasma area.

극을 배치하였는데, X-band에서 RCS 저감을 시킬 수 있으면서 플라즈마 발생을 최적화시킨 간격이다. 그림 1(c)는 평면형 타겟 앞에 위치시킨 예이다. 앞에서 언급한 대로 평행판 커패시터 구조의 DBD 발생기와 달리 타겟을 접지면으로 활용하지 않으므로 타겟이 전도성을 띄거나 전도성을 띄는 별도의 접지면을 필요로 하지 않는다.

그림 2는 설계한 폭이 3 mm 전극을 각 1, 3, 5 mm 간격으로 전극을 배치하여 설계하였을 때 각 플라즈마 발생기의 RCS 모의실험 결과이다. 전극 간격에 따라 RCS가 감소하는 대역이 달라지는 것을 확인할 수 있다. 1 mm

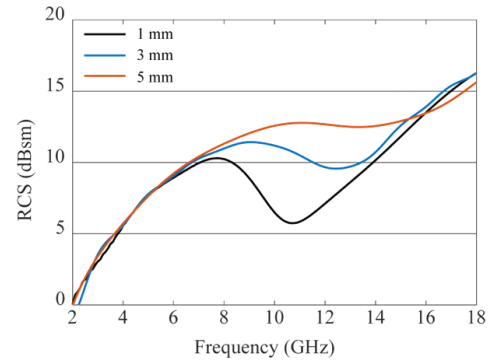


그림 2. 전극 간격에 따른 플라즈마 발생기의 RCS
Fig. 2. RCS by electrode gap on DBD plasma generator.

간격의 경우, X-band 내에서 큰 RCS 감소 효과를 보이지만, 플라즈마가 전극과 전극 사이에 발생하기 때문에 플라즈마 발생량이 가장 적다. 또한, 고전압을 인가하기 때문에 1 mm 간격에서는 아크 발생으로 인해 플라즈마 발생이 어려워 플라즈마에 의한 RCS 저감 효과를 극대화시킬 수 없었다. 5 mm 전극 간격은 가장 높은 대역에서 RCS 감소 효과를 보인다. 또한, 플라즈마 발생 영역은 가장 넓지만, 넓은 전극 간격에 의해 인가되는 전기장의 크기가 적어져서 발생하는 플라즈마의 전자밀도가 낮다. 그로 인해, 플라즈마에 의한 저감 효과를 극대화시키기 어려웠다. 그래서 전극 간격을 3 mm로 최적화하여 플라즈마 발생시키지 않더라도 전극을 부착하는 것만으로 X-band에서 구리 평판에 대한 RCS 저감 효과를 얻을 수 있었으며, 플라즈마 발생시 추가적인 효과로 인해서 저감 효과를 극대화시킬 수 있었다.

그림 3은 제안한 공면 구조 DBD 플라즈마 발생기의 제작된 모습이다. 그림 1(a)의 구조에 유전율 3.5의 폴리이미드 필름을 부착하여 유전체 장벽으로 동작하도록 제작하였다. 유전체 장벽 방전은 인가 전압에 의해 움직이는 전자가 유전체 장벽에 축적되어 보다 안정적이고 균일한 방전을 가능하게 한다. 또한, 절연체로써 전극 간의 아크 방전의 발생을 막아주는 역할도 한다. 총 필름 두께는 0.0508 mm로 파장 대비 굉장히 얇은 유전체 장벽이기 때문에, 기존 플라즈마 발생기의 RCS에 영향은 주지 않는다.

그림 4는 제작된 플라즈마 발생기의 플라즈마 발생 실험 및 RCS 측정을 위한 모노스태틱 측정 환경을 나타낸

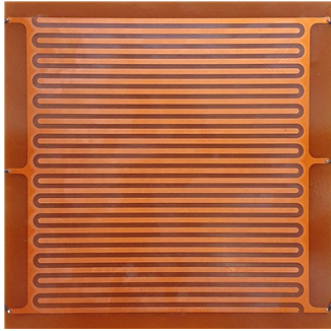


그림 3. 제작된 공면 방식의 DBD 플라즈마 발생기
Fig. 3. Fabricated coplanar DBD plasma generator.

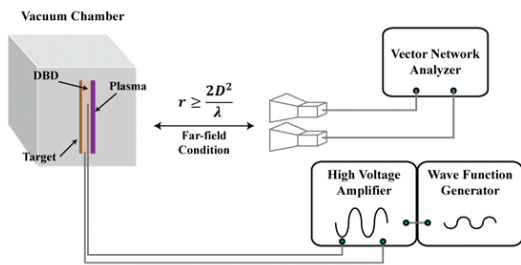


그림 4. RCS 측정 실험 환경
Fig. 4. Experimental setup of RCS measurement.

다. 실제 비행 환경에서의 플라즈마 발생 환경을 조성하기 위해 $400 \times 300 \times 400 \text{ mm}^3$ 크기의 아크릴 진공 챔버를 사용하였으며, 챔버 내 기압을 0.3 atm 으로 낮춘 상태에서 실험을 진행하였다.

RCS 측정은 Anritsu 사의 MS4640B 벡터 네트워크 분석기와 X-band에서 이득이 $15 \sim 18 \text{ dBi}$ 인 DRH 안테나(이득) 쌍을 사용하여 원거리장(far-field) 조건을 만족시키는 거리에서 RCS를 측정하였다^[8]. 또한 RCS 측정 중 아크릴 챔버 등 주변 클러스터의 영향을 최소화하기 위해 타임 게이팅 방법을 사용하여 플라즈마 발생기에서 반사된 신호만 선별하여 이를 후처리함으로써 타겟의 RCS를 추출하였다^[9].

III. 실험 결과 및 분석

그림 5는 제안된 발생기에서 플라즈마를 발생시킨 상태를 보여준다. 이때 인가한 신호의 구동주파수는 1 kHz

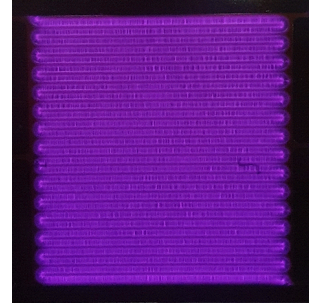


그림 5. 플라즈마가 발생한 발생기
Fig. 5. DBD plasma generator (plasma-on state).

이며, 전압은 12 kVpp 로 인가한 신호의 주파수 및 전압을 변화시켜가며 육안상 최적점이 되는 조건을 선정하였다.

그림 6은 제작된 플라즈마 발생기를 타겟에 부착한 뒤 플라즈마 발생 전후의 RCS를 측정한 결과이다. 파선은 모의실험 결과이며, 실선은 그림 4의 측정환경을 사용하여 RCS를 측정한 결과이다. 타겟으로 사용된 $200 \times 200 \text{ mm}^2$ 구리 평판의 모의실험과 측정 값이 잘 일치하는 것을 확인할 수 있으며, 이를 통해 실험을 위한 캘리브레이션이 잘 진행되었다는 것을 알 수 있다. 플라즈마를 발생시키기 전 Plasma Off 상태의 RCS는 발생기의 전극과 FR-4 유전체 기판에 의해 입사 신호가 산란되어 타겟인 $200 \times 200 \text{ mm}^2$ 구리 평판보다 RCS가 소폭 감소한다. Plasma Off 상태에서의 측정 결과, 역시 모의실험 결과와 거의 유사한 것을 확인할 수 있다. 플라즈마를 발생시키

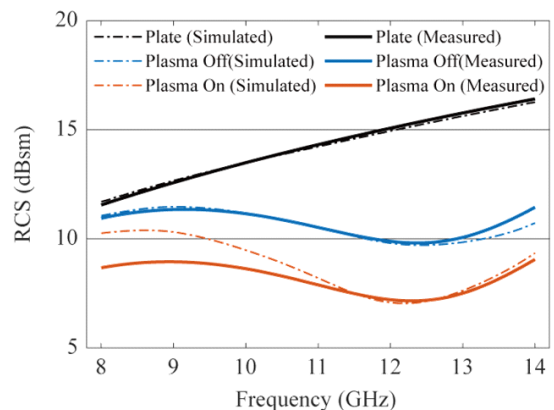


그림 6. 플라즈마 발생에 따른 플라즈마 발생기의 RCS
Fig. 6. RCS of plasma generator before and after plasma generation.

게 되면 전 대역에서 고루 RCS가 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 플라즈마 주파수 $\omega_p = \text{Grad/s}$ 인 모의 실험 결과와 일치하는 것을 확인하였다.

플라즈마는 발생시키는 환경의 방전 기압에 따라 충돌 주파수가 정해진다. 실험에서 발생시킨 방전 기압은 0.3 기압으로 이 때의 충돌주파수는 684 GHz이다^[10].

$$\epsilon_p = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + j\omega\nu_m} \quad (1)$$

그림 7은 방전 기압에 따른 플라즈마 발생기의 예상 RCS를 나타낸 그래프이다. 이 때, 플라즈마 주파수는 175 Grad/s로 고정하였다. 방전 기압이 낮아짐에 따라 RCS 저감 효과가 상승하는 것을 확인할 수 있다. 이는 충돌주파수가 감소함에 따라 식 (1)의 드루드 모델에서 추출 가능한 손실 탄젠트가 증가하기 때문이다. 하지만, 기압을 변화시키게 되면, 파센 법칙에 의해 방전이 시작되는 전압이 낮아지고, 아크 방전이 발생하기 쉬워지기 때문에 인가할 수 있는 최대 전압이 낮아지게 된다. 플라즈마의 전자밀도는 발생기에 인가되는 전압이 높을수록 증가하는데, 최대 인가 전압이 감소하다보니 생성되는 전자밀도 역시 감소하게 된다.

그림 8은 그림 6에서 플라즈마 발생 전후 RCS의 차이를 나타낸 것으로 플라즈마가 발생으로 인해서 DBD가

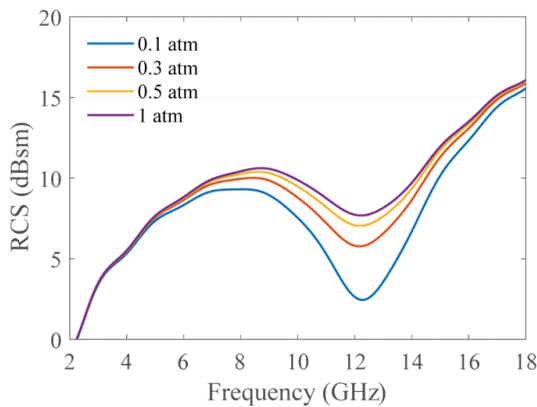


그림 7. 방전 기압에 따른 플라즈마 발생기의 RCS 모의실험 결과 ($\omega_p = \text{Grad/s}$)

Fig. 7. Simulation results of plasma generator RCS by discharging pressure ($\omega_p = \text{Grad/s}$).

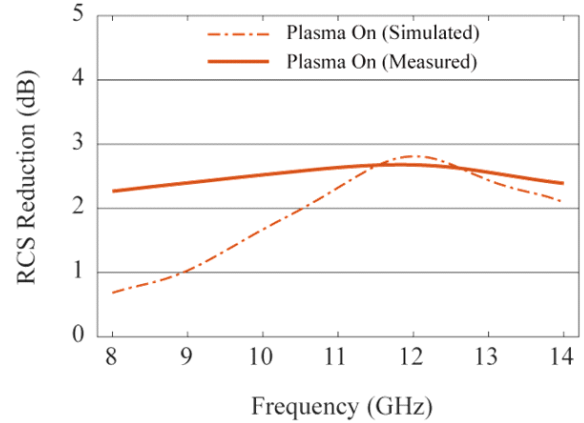


그림 8. 플라즈마를 이용한 RCS 감소량

Fig. 8. RCS reduction by plasma.

부착된 구리 평판의 RCS가 X-band 전 대역에서 고르게 감소하며, 최대 2.6 dB 감소함을 알 수 있다. 실험 결과와 모의 실험의 결과가 차이가 발생하는데, 그 이유는 실내 환경에서 측정하기 때문에 타임 게이팅 방법을 사용하여 발생기의 반사 신호만 측정해도 실내 환경에서의 반사, 아크릴과 플라즈마 발생기 사이의 다중 반사 등 에러가 포함된 것으로 추정된다.

표 1은 측정된 발생기의 RCS와 모의실험 결과를 통해 발생한 플라즈마의 플라즈마 파라미터 및 전자기적 파라미터를 추출한 값이다.

모의 실험 결과와 비교를 통해 플라즈마 파라미터를 추출한 뒤, 식 (1)의 드루드 모델을 사용하여 발생한 플라즈마의 전자기적 파라미터를 추출할 수 있다. 그 결과, 제안한 발생기를 통해 발생한 플라즈마는 X-band 내에서 손실 탄젠트가 0.63에서 최대 0.95에 해당하는 유전체로서 상당히 높은 손실 탄젠트 값을 가진다. 그로 인해 입사하는 신호의 반사를 줄여 RCS를 감소시키게 된다^[11].

표 1. 측정된 플라즈마의 파라미터

Table 1. Parameters of measured plasma.

Wave frequency	ω	8 GHz	10 GHz	12 GHz
Plasma parameters	ω_p	175 Grad/s		
	ν_p	684 GHz		
Epsilon and loss tangent	ϵ'	0.94	0.94	0.94
	$\tan \delta$	0.95	0.76	0.63

IV. 결 론

본 논문에서는 공면 구조 DBD 플라즈마 발생기를 제안하여 플라즈마의 발생 여부에 따른 모노스태틱 RCS 감소 특성을 실험적으로 검증하였다. 제안한 플라즈마 발생기는 $200 \times 200 \text{ mm}^2$ 의 FR-4 기판에 핑거 형태의 전극을 통해 이루어져 있다. X-band 레이다 신호 감쇠에 최적화된 3 mm의 전극 간격과 2.4 mm 두께의 기판을 사용하여 타겟인 $200 \times 200 \text{ mm}^2$ 구리 평판의 RCS를 감소시킨다. 공면 구조의 전극을 사용하기 때문에 타겟에 전압을 인가하여 플라즈마를 발생시킬 필요 없이 두 전극에 바이어스를 인가하여 기판 위에 플라즈마를 발생시킬 수 있다. 또한, 넓은 영역의 플라즈마를 발생하여 방전이 불안정한 평행판 플라즈마에 비해 두께가 얇지만, 그만큼 안정적으로 플라즈마를 발생시킬 수 있다. 제시한 실험 환경에서 최적의 플라즈마 발생 조건을 찾아 RCS 측정 실험을 진행하였으며, 안정적으로 플라즈마가 발생하는 것을 확인하였다. 플라즈마 발생 여부에 따라 발생 시 X-band 내에서 최대 2.6 dB의 RCS 감소 효과를 확인하였다. 플라즈마 발생 전, 모의실험 결과와 측정 결과가 거의 유사함을 확인하였으며, 플라즈마 발생 후 역시 RCS 저감 효과가 있음을 실험적으로 증명하였다. 향후 더 나은 플라즈마에 의한 저감 효과를 확보하기 위해 발생 가능한 플라즈마 두께를 늘려나가는 방향으로 하며, 비행 상태에서 안정적으로 플라즈마를 발생시키기 위한 유동 환경에서의 안정된 방전 방법을 고려하여 연구가 진행되어야 할 것이다.

References

- [1] N. Vohra, M. El-Shenawee, "K- and W-band free-space characterizations of highly conductive radar absorbing materials," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 70, pp. 1-10, 2021.
- [2] H. Mosallaei, Y. Rahmat-Samii, "RCS reduction of canonical targets using genetic algorithm synthesized RAM," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 48, no. 10, pp. 1594-1606, Oct. 2000.
- [3] K. Payne, K. Xu, J. H. Choi, and J. K. Lee, "Electrically tunable microwave absorber based on discrete plasma-shells," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 67, no. 10, pp. 6523-6531, Oct. 2019.
- [4] L. W. Cross, M. J. Almalkawi, and V. K. Devabhaktuni, "Development of large-area switchable plasma device for X-band applications," *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 41, no. 4, pp. 948-954, Apr. 2013.
- [5] J. H. Lee, J. Kim, Y. Kim, S. Kim, D. S. Kim, and Y. Lee, et al., "Attenuation effects of plasma on Ka-band wave propagation in various gas and pressure environments", *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 18, no. 1, pp. 63-69, Jan. 2018.
- [6] M. A. Lieberman, A. J. Lichtenberg, *Principles of Plasma Discharges and Materials Processing*, Hoboken, NJ, 2nd ed. pp. 464-466, 2005.
- [7] S. Song, C. Cho, T. Oh, S. Kim, W. Ahn, and J. G. Yook, et al., "Effect of driving frequency on reduction of radar cross section due to dielectric-barrier-discharge plasma in Ku-band," *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 49, no. 5, pp. 1548-1556, May 2021.
- [8] J. H. Lee, J. Ha, W. Shin, D. S. Kim, and Y. Lee, "Experimental configurations for measuring RCS of dielectric-barrier-discharge plasma generator," in *The Proceeding of the International Conference on Electronics, Information, and Communication 2017*, Phuket, Jan. 2017, pp. 152-153.
- [9] Y. H. Noh, C. S. Park, K. J. Kim, Y. H. Jang, and J. G. Yook, "Measurement method for monostatic radar cross section of a scaled aircraft model in non-anechoic environment," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 30, no. 7, pp. 583-590, Jul. 2019.
- [10] K. H. You, S. J. You, D. W. Kim, B. K. Na, B. H. Seo, and J. H. Kim, et al., "Measurement and analysis of electron-neutral collision frequency in the calibrated cutoff probe", *Physics of Plasmas*, vol. 23, no. 3, p. 033509, Mar. 2016.
- [11] H. Singh, S. Antony, and R. M. Jha, *Plasma-based Radar Cross Section Reduction*, Singapore, Springer, pp. 22-25, 2016.

조 창 석 [연세대학교/석·박사 통합과정]

<https://orcid.org/0000-0002-9616-8072>



2020년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학사)
2020년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 석·박사 통합과정
[주 관심분야] 플라즈마, RCS 해석

육 중 관 [연세대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0001-6711-289X>



1999년 3월~2000년 2월: 광주과학기술원 조교수(공학박사)
2000년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수
2012년~2013년: IEEE Distinguished Lecturer (EMC Society)
[주 관심분야] 수치해석, 마이크로파 구조 해석 및 설계, EMI/EMC, HEMP, RF, 바이오/가스 센서 등

오 태 주 [연세대학교/석사과정]

<https://orcid.org/0000-0003-3847-5557>



2020년 2월: 광운대학교 전자융합공학과 (공학사)
2020년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
[주 관심분야] RCS 해석, RF System

이 장 재 [충남대학교/석·박사 통합과정]

<https://orcid.org/0000-0002-0298-5638>



2015년 2월: 충남대학교 물리학과 (이학사)
2015년 2월~현재: 충남대학교 물리학과 석·박사통합과정
[주 관심분야] 플라즈마 시뮬레이션, 플라즈마 소스 개발

안 욱 현 [연세대학교/석·박사 통합과정]

<https://orcid.org/0000-0001-8728-9713>



2018년 2월: 한국항공대학교 전자 및 항공전자공학과 (공학사)
2018년 2월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 석·박사 통합과정
[주 관심분야] 수치해석, 플라즈마, FDTD, RCS 해석

유 신 재 [충남대학교/부교수]

<https://orcid.org/0000-0002-8306-7643>



2000년 2월: 충남대학교 물리학과 (이학사)
2005년 8월: 한국과학기술원 물리학과 (이박사)
2006년 8월: 한국과학기술원 물리학과 (Postdoctoral Fellow)
2007년 6월: 포항공과대학교 전기공학부 (Postdoctoral Fellow)
2014년 8월: KRISS 선임연구원
2018년 8월: 충남대학교 조교수
2018년 9월~현재: 충남대학교 부교수
[주 관심분야] 플라즈마 소스 개발, 플라즈마 진단 및 시뮬레이션, 반도체 공정, 플라즈마 공정 이상 감지

임 진 우 [국방과학연구소/선임연구원]

<https://orcid.org/0000-0002-0356-8502>



2004년 2월: 홍익대학교 기계공학과 (공학사)
2012년 2월: 서울대학교 항공공학과 (공학박사)
2012년 4월~현재: 국방과학연구소 선임연구원
[주 관심분야] 저피탐 비행체, 공기역학,

스텔스(RCS, IR)

유 홍 철 [국방과학연구소/수석연구원]

<https://orcid.org/0000-0003-3327-9944>



1988년 2월: 한국항공대학교 항공기계공학과 (공학사)
1990년 2월: 한국항공대학교 항공공학과 (공학석사)
1990년 3월~현재: 국방과학연구소 수석연구원
[주 관심분야] 저피탐 비행체, 공기역학,

스텔스

하 정 제 [국방과학연구소/선임연구원]

<https://orcid.org/0000-0001-8831-0633>



2009년 2월: 연세대학교 전기전자공학부 (공학사)
2011년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)
2017년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
2017년 8월~현재: 국방과학연구소 선임

연구원

[주 관심분야] 저피탐 비행체, 스텔스(RCS)

이 용 식 [연세대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0003-2623-3569>



1998년 2월: 연세대학교 전파공학과 (공학사)
2004년 4월: 미국 University of Michigan (공학박사)
2004년 10월: Purdue University, Post-doctorial Research Associate
2005년 7월: EMAG Technologies, Inc., Senior

Research Engineering

2005년 9월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 정교수

[주 관심분야] 초고주파 회로, Antenna, WPT

배 지 훈 [국방과학연구소/선임연구원]

<https://orcid.org/0000-0003-1093-2656>



2010년 1월: Purdue University Aeronautical and Astronautical Engineering (공학사)
2012년 5월: Purdue University Aeronautical and Astronautical Engineering (공학석사)
2012년 10월~현재: 국방과학연구소 선임연구원

[주 관심분야] 저피탐 비행체, 스텔스(RCS)