

## 고출력 2.85 GHz TE<sub>10</sub>-TEM 모드 변환기 시뮬레이션 및 분석

### Simulation and Analysis of a High-Power 2.85-GHz TE<sub>10</sub>-TEM Mode Converter

김 동 우 · 김 택 현\* · 오 순 수

Dong-Woo Kim · Taek-Heon Kim\* · Soon-Soo Oh

#### 요 약

고출력마이크로웨이브(HPM)는 넓은 영역에서 응용되어지고 있지만, 높은 출력을 사용하기 때문에 특별한 요구규격을 만족해야한다. 특히 고출력 시스템을 설계 시 가장 중요하게 고려되어야 하는 부분 중 하나는 절연파괴 현상이다. 본 논문은 고출력 시스템에 사용될 수 있는 모드변환기를 여러 구조에서 분석하였고, 진공 장치가 필요하지 않는 구조를 설계하였다. 최종 제안된 모델은 구형도파관에서 TE<sub>10</sub> 모드로 고전력을 인가하여 TEM 모드로 출력되는 TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub>-TEM 모드변환기이다. 시뮬레이션 결과, 제안된 모드변환기의 반사계수, S<sub>11</sub>은 -20 dB 이하를 만족하고, 절연파괴 현상이 발생하는 최대 임계 전압을 초과하지 않는다. 본 논문에서 분석된 모드변환기 구조는 다양한 산업분야에서 고출력마이크로웨이브 시스템에 응용할 수 있을 것이다.

#### Abstract

High-power microwaves are used in several applications, but require special systems because of their high power. When designing such systems, the phenomenon of breakdown is the most important consideration. In this study, the structures of two mode converters used in high-power systems are analyzed, and a structure that does not require vacuum equipment is designed. The designed structure is a TE<sub>10</sub>-TEM mode converter that outputs TEM from the incident TE<sub>10</sub> with high power. The reflection coefficient, S<sub>11</sub>, of the proposed model is satisfied below -20 dB and does not exceed the maximum threshold voltage. The proposed mode converter can be applied to high-power microwave systems in various industries.

Key words: Mode Convertor, HPM Antenna, Waveguide, Dielectric Breakdown

#### I. 서 론

최근 고출력마이크로웨이브(high-power microwave: HPM)의 소스를 이용한 활용성은 국방, 보안, 토목 등의 영역에

서 응용분야를 넓히고 있다. 이에 따라 안테나 설계하는 것이 큰 관심이지만, 높은 출력을 사용하기 때문에, 고출력 내구성과 고출력 방사가능 범위 내 소형 등 특별한 요구규격을 만족하여야 한다. 대표적인 안테나는 블라스프

「이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017-0-00983, 방송통신산업기술개발)」

조선대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Chosun University)

\*한국전자통신연구원 부설연구소(The Affiliated Institute of Electronics and Telecommunications Research Institute)

· Manuscript received April 15, 2019 ; Revised May 7, 2019 ; Accepted July 15, 2019. (ID No. 20190415-040)

· Corresponding Author: Soon-Soo Oh (e-mail: ssOH@chosun.ac.kr)

안테나, 모드 변환 안테나(동축 빔회전 안테나), 방사 혼 모드 컨버터, 고출력 방사형 나선 배열 슬롯 안테나이다<sup>[1]~[9]</sup>. 참고문헌의 안테나들은 HPM 소스를 활용하며 특히, 특정한 모드의 입력을 받아야 한다. 원형도파관에서 구형도파관<sup>[1]</sup>, 원형도파관에서 곡선으로 잘려진 블라스프 안테나<sup>[2]</sup>, TEM 모드를 입력으로 받아야 하는 고출력 나선 배열 슬롯 안테나<sup>[3]~[9]</sup>. 등이 있다. HPM 소스를 안테나로 전달시켜주는 대표적인 트랜지션으로 도파관 모드 변환기가 있으며, 이는 안테나와 입력소스 사이의 전력을 전달하는 도파관이며, 소스로부터 인가된 원시 모드를 특정 모드로 변환시켜 활용되고 있다.

현재 도파관 구조의 모드 변환기는 국외 및 국내에서 연구가 계속 진행 중이다<sup>[10]~[14]</sup>. 참고문헌 [10] 및 [11]은 TM<sub>01</sub>-TE<sub>11</sub>의 모드 변환기로 설계되었으며, 중간에 원형 TEM, 구형 TEM, 그리고 TE<sub>10</sub> 모드가 순차적으로 변환된다. 참고문헌의 모드변환기는 일정한 기울기를 갖는 원형도파관으로 설계되었다. 진공상태를 감안하면 500 MW 정도까지 전력을 충분히 전송할 수 있다<sup>[12]</sup>. 참고문헌 [13]은 X-band의 고출력 전송을 위한 원형도파관 구조의 TM<sub>01</sub>-TE<sub>11</sub> 직접 모드변환기를 설계한 것이다. 참고문헌 [14]는 TEM-TE<sub>11</sub>의 모드변환기를 설계하였으며, 원형도파관 내부에 부채꼴의 전계 분포를 유도하기 위해 매칭포스트 및 내심을 삽입하였다. TEM으로 입력된 고출력의 전계는 부채꼴 모양의 전계 분포 패턴을 거쳐서 TE<sub>11</sub> 모드를 형성한다.

고전력 시스템을 설계 시 중요하게 고려되어야 하는 부분 중 하나는 절연파괴이다. 절연파괴 현상은 시스템 내부의 파를 흡수하거나 반사하여 효율을 급격히 저하시킨다. 절연 파괴를 방지하기 위한 설계의 대표적인 방법은 도파관 및 안테나 내부를 고진공으로 유지시키는 것이다. 이와 같은 방법을 활용 시 장점은 절연파괴 전압은 크게 높아져 안정적인 시스템 운용이 가능하다. 그러나 고진공상태를 유지하기 위한 유지 보수 또한 만만치 않으며, 도파관 및 안테나 규모가 크면 클수록 필요한 진공 펌프의 개수가 불가피하게 많아진다. 또한 순도 높은 절연 가스로 채워진 가스백을 유지해야 된다는 인력 소모와 추가 유지비용도 발생한다는 것이다<sup>[14]</sup>. 표 1은 각 물질별 유전율 및 한계 유전강도를 보이고 있다<sup>[15]</sup>. 만약 일

반적인 공기에 3.2 MV/m 이상의 전계가 가해지면 절연파괴 현상이 보임을 예측할 수 있다.

본 논문은 고전력 시스템에 전달하는 매개체 중 하나인 도파관의 모드 변환기를 참고문헌 [14]에 기반으로 시뮬레이션을 통해 분석하였다. TEM 모드 입력의 안테나를 동작시키기 위해 설계된 모드 변환기는 HPM의 입력 전력인 TE<sub>10</sub>모드에서 구형도파관의 TE<sub>11</sub> 모드를 거쳐 최종적으로 동축형태의 TEM 모드로 출력되는 구조이다. 공기 상에서 허용입력전원을 초과 시 절연파괴 현상의 발생이 우려되므로 전계 분포 시뮬레이션을 통한 검증은 필수적이다. 시뮬레이션에서 1 V를 기준으로 공기에서의 절연파괴 전압은 1,314 V/m이며, 전계분포 추출 시 최대 전계값은 반드시 절연파괴 전압의 미만값이 도출되어야 한다. 마진을 고려하여 목표의 최대 전계값은 1,200 V/m 이하이다.

EM 시뮬레이션의 대표적인 상용 프로그램인 HFSS와 CST를 활용하였다. 이 두 개는 각각 FEM(Finite Element Method)과 FDTD(Finite Difference Time Domain) 해석방법의 대표적인 프로그램이다. 이 두 개의 시뮬레이션을 활용하여 이중검증을 수행하였고, 이는 단일 시뮬레이션 결과보다 더욱 정확한 신뢰성을 제공할 것이다.

분석한 모드 변환기는 TE<sub>10</sub> 모드가 주 모드인 구형도파관에서 TEM 모드로 변환되는 동축 도파관 형태로 이루어진다. 또한 보통의 공기 상태에서 절연파괴 현상이 발생하지 않을 정도의 임계 전압 이하의 전계 분포를 시뮬레이션을 통해 입증함으로써 고진공상태가 필요치 않는 모드 변환기 구조를 소개할 것이다.

표 1. 절연체의 비유전율 및 유전강도<sup>[15]</sup>

Table 1. Dielectric relative permittivity and strength<sup>[15]</sup>.

| Dielectric  | Relative permittivity( $\epsilon_r$ ) | Dielectric strength(V/m) |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Air         | 1.0                                   | $3 \times 10^6$          |
| Mineral oil | 2.3                                   | $15 \times 10^6$         |
| Paper       | 2.0~4.0                               | $15 \times 10^6$         |
| Polystyrene | 2.6                                   | $20 \times 10^6$         |
| Rubber      | 2.3~4.0                               | $25 \times 10^6$         |
| Glass       | 4.0~10.0                              | $30 \times 10^6$         |
| Mica        | 6.0                                   | $200 \times 10^6$        |

## II. TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub>-TEM 모드 변환기 설계

### 2-1 TE<sub>11</sub>-TEM 모드 변환기

그림 1은 고출력 초고주파 활용 및 높은 전기장 집중 분포를 완화하기 위하여 참고문헌 [14]에서 제시된 설계된 구조를 보여준다. 그림 2는 TE<sub>11</sub> 모드에서 TEM 모드 변환기 형태이며, 1/2등분, 1/4등분 부채꼴형 도파관이라고 일컫는다. TE<sub>11</sub> 모드는 부채꼴형 도파관을 지나 내심이 끝나는 지점에 이르면 위상차가 180° 차이가 발생하며 TEM 모드로 변환된다. 핀의 중단부는 등글게 하여 최대 전기장 세기를 분산시켰다. 표 2는 그림 2의 최적화 된 파라미터이며, 각 수치를 2.85 GHz에서의 파장 비율로써 표기하였다.

그림 3과 그림 4는 HFSS와 CST을 이용하여 설계한 모드 변환기의 시뮬레이션 결과이다. 입력전원은 시뮬레이션에서 1 V로 설정하였다. FEM와 FDTD의 산란계수 결과

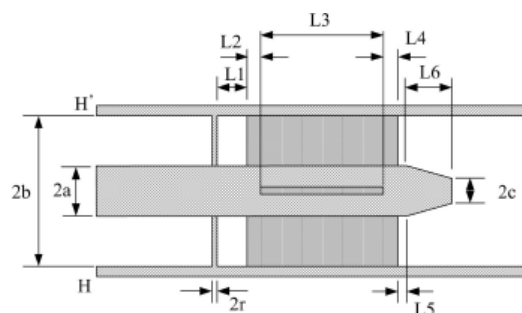
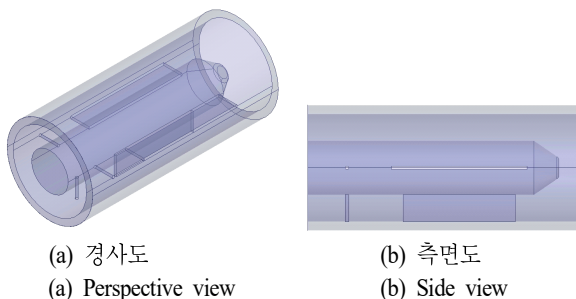


그림 1. TE<sub>11</sub>-TEM 모드변환기 도면

Fig. 1. A drawing of TE<sub>11</sub>-TEM mode convertor.



(a) 경사도

(a) Perspective view

(b) 측면도

(b) Side view

그림 2. 2.85 GHz용 TE<sub>11</sub>-TEM 모드변환기 시뮬레이션

Fig. 2. Simulation of TE<sub>11</sub>-TEM mode convertor at operation 2.85 GHz.

표 2. 2.85 GHz용 TE<sub>11</sub>-TEM 모드변환기 파라미터

Table 2. The parameters of TE<sub>11</sub>-TEM mode convertor at 2.85 GHz.

| Parameter | Length (mm) | Ratio of wavelength ( $\lambda$ ) | Parameter | Length (mm) | Ratio of wavelength ( $\lambda$ ) |
|-----------|-------------|-----------------------------------|-----------|-------------|-----------------------------------|
| $a$       | 30          | -                                 | $L_3$     | 126         | 1.17                              |
| $b$       | 60          | -                                 | $L_4$     | 13          | 0.12                              |
| $r$       | 2           | 0.02                              | $L_5$     | 4           | 0.04                              |
| $L_1$     | 50          | 0.48                              | $L_6$     | 28          | 0.27                              |
| $L_2$     | 13          | 0.12                              | $c$       | 12          | 0.11                              |

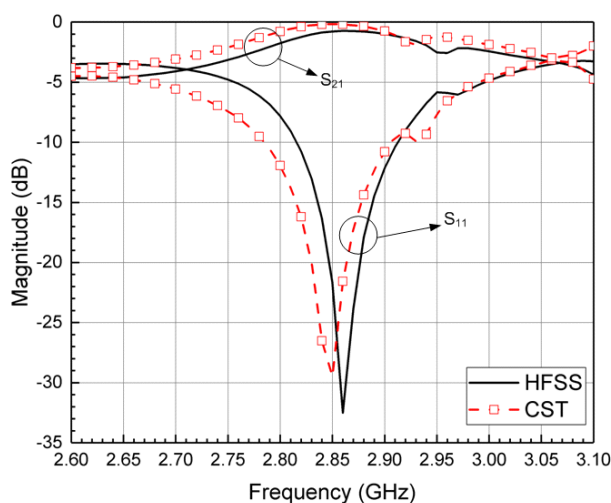


그림 3. 2.85 GHz용 TE<sub>11</sub>-TEM 모드변환기 산란 파라미터 시뮬레이션 결과

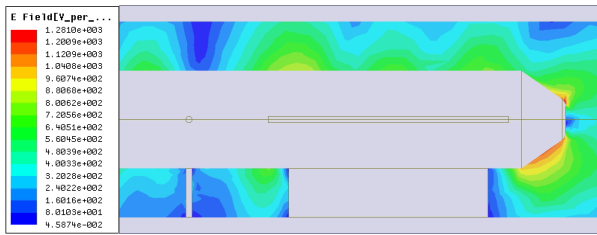
Fig. 3. The simulation results of  $S$ -parameter of TE<sub>11</sub>-TEM mode convertor for operation 2.85 GHz.

를 비교하면,  $S$ -parameter에서 커브 경향은 서로 다르지만 목표 주파수인 2.85 GHz에서 반사계수는 -20 dB 이하, 전달계수는 0 dB에 근접한 값을 보였다.

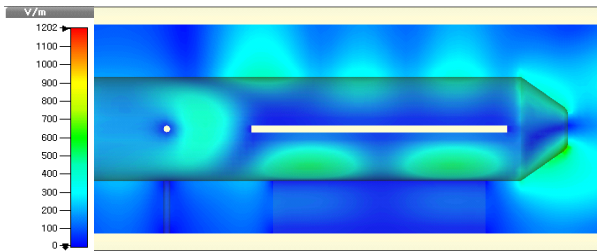
HFSS와 CST의 전계분포 시뮬레이션 결과, 각각 1,281 V/m, 1,202 V/m로 도출되었다.

### 2-2 TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub> 모드변환기 설계

HPM 소스는 구형도파관 WR284 규격을 따라 TE<sub>10</sub> 모드로 발생한다. 따라서 최종적으로 설계된 모드 변환기는



(a) HFSS

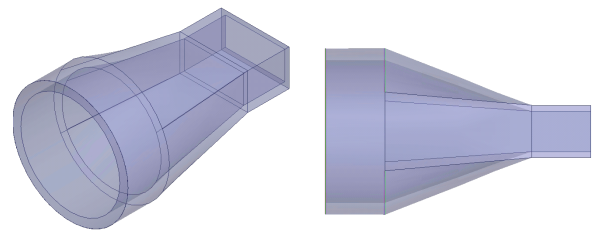


(b) CST

그림 4. 2.85 GHz의 TE<sub>11</sub>-TEM 모드변환기 전계분포 시뮬레이션 결과

Fig. 4. The simulation results of E-field TE<sub>11</sub>-TEM mode convertor at 2.85 GHz.

TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub>-TEM 순서로 모드 변환이 이뤄진다. TE<sub>10</sub> 모드로 인가된 전력은 테이프 방식의 천이구조를 통과하며, TE<sub>11</sub> 모드로 전환되고, 설계된 부재꼴 도파관을 지남으로써 TEM 모드 전력을 최종적으로 안테나로 전달시킬 것이다. 그림 5는 2.85 GHz에서 동작하는 TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub> 모드 변환기를 구현한 것이다. 위의 설계된 TE<sub>11</sub>-TEM 모드 변환기의 원형도파관 입력에 결합하여 TE<sub>11</sub> 모드로 전달할 것이다. 설계된 변환기는 구형도파관의 50 mm, 테이프 변환 구간의 124 mm, 그리고 원형도파관의 50 mm의 길이를 가지며, 총 길이는 224 mm이다. 구형도파관과 원형도파관의 50 mm는 제작을 고려하여 길이를 동일하게 설계하였다. 시뮬레이션 결과, HFSS와 CST 둘 다 반사계수는 -20 dB 이하, 최대 전계 분포는 각 1,009 V/m와 802 V/m 값을 보였다. 이와 같은 전계 분포의 최대점이 보이는 곳은 TE<sub>10</sub> 모드로 전파를 전달하는 구형도파관 부분에서 관찰되며, TE<sub>11</sub> 모드로 변환되었을 때는 전계 분포가 많이 하락되었다. 또한 설계 구조가 모드 변환이 완벽히 이루어졌음을 FDTD와 FEM의 두 개 해석 방법을 비교하여 증명하였다.

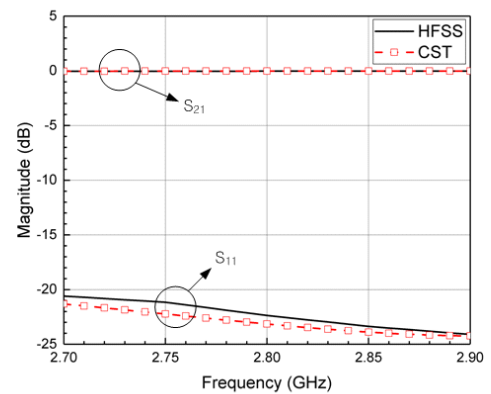


(a) 경사도

(a) Perspective view

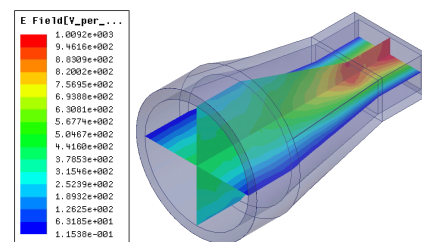
(b) 측면도

(b) Side view



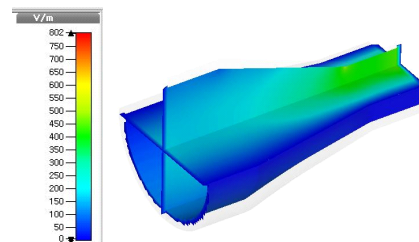
(c) 산란 파라미터

(c) S-parameter



(d) HFSS의 전계분포

(d) E-field of HFSS



(e) CST의 전계분포

(e) E-field of CST

그림 5. TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub> 모드변환기

Fig. 5. The TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub> mode convertor.

### 2-3 TEM-TE<sub>11</sub>-TE<sub>10</sub> 모드변환기 설계

그림 6은 최종 설계된 TEM-TE<sub>11</sub>-TE<sub>10</sub> 모드 변환기이다. 그림 1의 TEM-TE<sub>11</sub> 변환기와 그림 5의 TE<sub>11</sub>-TE<sub>10</sub> 변환기를 결합한 것이다. 최적 설계된 모드 변환기의 총 길이는 507 mm이며, 원형도파관 반경은 60 mm이다. HFSS 시뮬레이션 결과, 반사계수는 -23 dB이며, 최대 전계는 1,088 V/m 이다. CST의 결과는 반사계수 -25 dB와 최대 전계 907 V/m의 결과로 HFSS 시뮬레이션 결과와 매우 유사하다.

표 3은 기존의 HPM 시스템에 활용하기 위해 제안된 모드 변환기의 시뮬레이션 결과이다. 표에 제시된 최대 전계값은 0.5 W의 입력전력에 대한 시뮬레이션 결과이며,

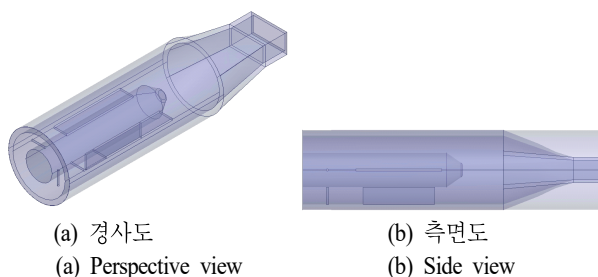


그림 6. TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub>-TEM 모드변환기 구조  
Fig. 6. The structure of TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub>-TEM mode convertor.

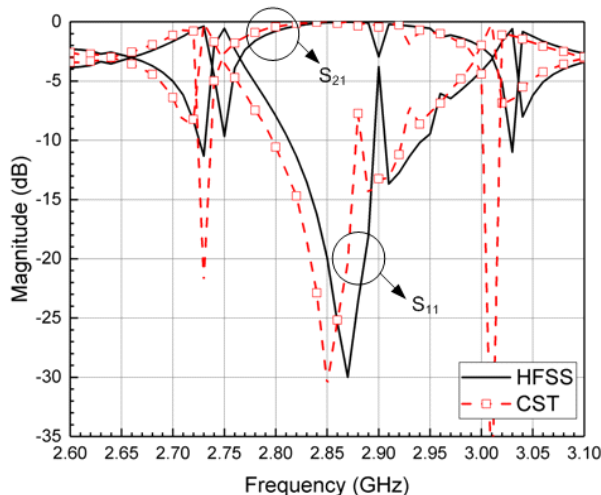
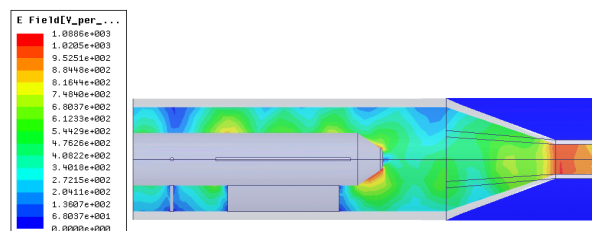
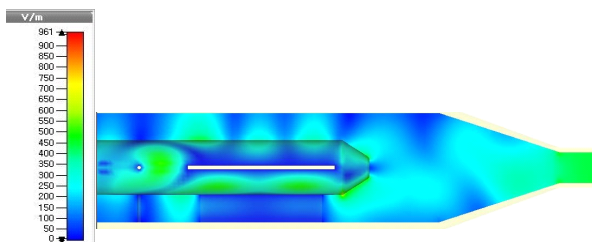


그림 7. TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub>-TEM 모드변환기 산란 파라미터  
Fig. 7. The S-parameter of TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub>-TEM mode convertor.



(a) HFSS



(b) CST

그림 8. TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub>-TEM 모드변환기 전계분포  
Fig. 8. The E-field of TE<sub>10</sub>-TE<sub>11</sub>-TEM mode convertor.

표 3. 기존의 설계된 모드 변환기의 비교  
Table 3. Comparison of previous designed mode converters.

| Reference  | Frequency (GHz) | Mode                               | Input power (W) | Maximum electronic field(V/m) | Operating condition |
|------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|
| Ref. [16]  | 12.3            | TM <sub>0n</sub> -TEM              | 0.5             | 1,030                         | Vacuum              |
| Ref. [17]  | 8.4             | TE <sub>11</sub> -TM <sub>01</sub> | 0.5             | 1,203                         | Vacuum              |
| Ref. [18]  | 9.4             | TEM-TE <sub>11</sub>               | 0.5             | 784                           | Vacuum              |
| This paper | 2.85            | TE <sub>10</sub> -TEM              | 0.5             | 604                           | Air                 |

본 논문에서의 최대 전계값은 입력전원 1 W의 기준으로 1,207 V/m이며, 이 값은 기존의 모드변환기의 최대 전계값보다 낮은 수치임을 알 수 있다.

본 논문에서 설계된 TEM-TE<sub>11</sub>-TE<sub>10</sub> 모드 변환기는 저손실의 전력전달 및 절연 파괴 현상에 대한 방지에 대한 시뮬레이션을 수행했으며, 2.85 GHz에서 고출력 전달에 문제없음을 검증하였다.

### III. 결 론

본 논문에서는 고전력 초고주파 이용한 안테나의 급전을 위해 트랜지션 시뮬레이션을 수행하였다. 몇몇의 주요 산업에서의 안테나는 동축 도파관을 이용한 TEM 모드로 전력은 공급받기 때문에 구형도파관으로 전달되는 TE<sub>10</sub> 모드를 TEM 모드로 전환이 필수적이다.

참고문헌 [14]를 기반으로 2.85 GHz에서 작동하는 TEM-TE<sub>11</sub>-TE<sub>10</sub> 변환기를 제안했다. 참고문헌 [14]에 기재된 변환기는 부채꼴 형태의 원형도파관을 이용하여 TE<sub>11</sub> 모드에서 TEM 모드로 안정적인 전환이 가능함을 보여주었다. 2.85 GHz에서의 시뮬레이션 결과, HFSS와 CST에 둘 다 -20 dB에 근접한 값이 도출되었고, 최고 전계 또한 1,207 V/m로 안정적인 전계값을 보였다.

본 연구의 결과물인 시뮬레이션 결과를 바탕으로 고출력 초고주파를 활용한 30 dBi 이상의 고이득 안테나의 소스로써 충분히 활용이 가능하다. 또한 진공이 아닌 일반 공기에도 불구하고, 절연 파괴 현상에 대해 안정적인 성능을 보임을 증명하였다. 아울러 본 논문의 설계된 치수를 참고한다면 다른 주파수 대역의 모드 변환기 설계 및 제작이 가능할 것으로 판단한다.

### References

- [1] S. N. Vlasov, I. M. Orlova, "Quasioptical transformer which transforms the waves in a waveguide having a circular cross section into highly directional wave beam," *Radiophysics and Quantum Electronics*, vol. 17, no. 1, pp. 115-119, 1974.
- [2] H. M. El Misilmani, M. Al-Husseini, and K. Y. Kabalan, "Improved vlasov antenna with curved cuts and optimized reflector position and shape," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2015, p. 193630, 2015.
- [3] X. Q. Li, Q. X. Liu, X. J. Wu, L. Zhao, J. Q. Zhang, and Z. Q. Zhang, "A GW level high-power radial line helical array antenna," *IEEE Transactions on Antennas Propagation*, vol. 56, no. 9, pp. 2943-2948, Sep. 2008.
- [4] S. Peng, C. W. Yuan, T. Shu, J. Ju, and Q. Zhang, "Design of a concentric array radial line slot antenna for high-power microwave application," *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 43, no. 10, pp. 3527-3529, Oct. 2015.
- [5] S. Peng, C. Yuan, T. Shu, and X. Zhao, "Linearly polarised radial line slot antenna for high-power microwave application," *IET Microwaves Antennas and Propagation*, vol. 11, no. 5, pp. 680-684, 2016.
- [6] M. Ando, T. Numata, and J. Takada, "A linearly polarized radial line slot antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 36, no. 12, pp. 1675-1680, 1988.
- [7] J. I. Takada, M. Ando, and N. Goto, "A reflection canceling slot set in a linearly polarized radial line slot antenna," *IEEE Transactions on Antennas Propagation*, vol. 40, no. 4, pp. 433-438, 1992.
- [8] J. Takada, M. Ando, and N. Goto, "A beam-tilted linearly polarized radial line slot antenna," *IEICE Technical Report*, AP87-132, 1988.
- [9] P. W. Davis, M. E. Bialkowski, "Linearly polarized radial-line slot-array antennas with improved return-loss performance," *IEEE Antennas Propagation Magazine*, vol. 41, no. 1, pp. 52-61, Feb. 1999.
- [10] R. L. Eisenhart, "A novel wideband TM<sub>01</sub>-to-TE<sub>11</sub> mode converter," in *1998 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, Baltimore, MD, Jun. 1998, vol. 1, pp. 249-252.
- [11] R. L. Eisenhart, "Wideband TM<sub>01</sub>-to-TE<sub>11</sub> circular waveguide mode convertor," US Patent 5,399,999, Mar. 21, 1995.
- [12] K. S. Park, "Study on the X-band high-power mode converter using circular waveguide in the HPM system," M.S. thesis, Yonsei University, 2003.
- [13] B. M. Lee, W. S. Lee, Y. J. Yoon, and J. H. So, "X-band TM<sub>01</sub>-TE<sub>11</sub> mode converter with short length for high power," *Electronics Letters*, vol. 40, no. 18, pp. 1126-1127, Sep. 2004.
- [14] S. Y. Kim, "A TEM-TE<sub>11</sub> mode converter for high-power

microwave application," M.S. thesis, Chungbuk University, 2007.

- [15] D. K. Cheng, *Fundamentals of Engineering Electromagnetics*, Boston, Addison-Wesley, pp. 107, 1993.
- [16] S. Peng, C. Yuan, T. Shu, X. Zhao, and Q. Zhang, "A novel  $TM_{0n}$ -TEM mixed-mode converter," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 64, no. 4, pp. 1163-1169, Apr. 2016.
- [17] X. M. Li, J. Q. Zhang, X. Q. Li, and Q. X. Liu, "A

high-power orthogonal over-mode circular waveguide  $TE_{11}$ - $TM_{01}$  mode converter," *IEEE Microwave and Wireless Components Letter*, vol. 27, no. 12, pp. 1095-1097, Dec. 2017.

- [18] X. Zhao, C. Yuan, L. Liu, S. Peng, H. Zhou, and D. Cai, "Solution to GW TEM-circular polarized  $TE_{11}$  mode converter design for high frequency bands," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 65, no. 2, pp. 432-437, 2017.

김 동 우 [조선대학교/박사과정]

<https://orcid.org/0000-0003-0560-8392>



2016년 2월: 조선대학교 전자공학과 (공학사)  
 2018년 2월: 조선대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2018년 9월~현재: 조선대학교 전자공학과 박사과정  
 [주 관심분야] Array Antenna, RF System, Wave Propagation 등

오 순 수 [조선대학교/부교수]

<https://orcid.org/0000-0003-2913-4654>



1998년 2월: 인하대학교 전자공학과 (공학사)  
 2000년 2월: 인하대학교 전자통신공학과 (공학석사)  
 2000년 8월: 고려대학교 초고주파 및 광파공학과 (공학박사)  
 2003년 9월~2005년 4월: University of Manitoba Post-Doc. Fellow  
 2005년 5월~2013년 8월: 한국전자통신연구원 전파기술연구부 선임연구원  
 2013년 09월~현재: 조선대학교 전자공학과 교수  
 [주 관심분야] Array Antenna, Electromagnetic Field Measurements 등

김 택 현 [한국전자통신연구원/연구원]

<https://orcid.org/0000-0001-6280-343X>



2015년 2월: 부경대학교 전자공학과 (공학사)  
 2017년 2월: 광주과학기술원 기전공학부 (공학석사)  
 2017년 7월~현재: 한국전자통신연구원 부설연구소 연구원  
 [주 관심분야] Waveguide Component, Array Antenna, HPEM 등