

# NRD Guide Gunn 발진기를 이용한 60GHz 대역 송신기의 발진회로 설계

남기주\*, 신천우\*\*, 류정탁\*\*\*, 문병현\*\*\*

대구대학교 대학원 정보통신공학과\*  
경성대학교 멀티미디어대학 정보과학부\*\*  
대구대학교 전자정보공학부, 정보통신공학부\*\*\*

## Design of oscillation circuit for 60GHz transmitter using NRD Guide Gunn oscillator

Ki Ju Nam\*, Chun Woo Shin\*\*, Jung Tak Ryu\*\*\*, Byung Hyun Moon\*\*\*

Dept. of Information-Communication, Daegu Univ.\*  
School of Information-Science, Kyung Sung Univ.\*\*  
Research Institute of Nano Technologies and School of Electronic-Engineering,\*\*\*  
Daegu Univ.

### 요 약

밀리미터파 대역(30-300GHz)의 전파에 대한 관심이 증가하면서 NRD(Non Radiative Dielectric)에 대한 관심이 커지고 있다. NRD Guide 에서는 평행한 평판 전도체의 간격을 반 파장 이하로 좁게 함으로써 공기 영역에서는 차단 상태가 되고 유전체 내에서는 차단상태가 해소되어 밀리미터파의 신호가 방사되지 않고 전송 될 수 있는 특성을 가진다. 밀리미터 웨이브를 발진시키기 위해 밀리미터파 대역에서 쉽게 동작하고 비교적 손쉽게 구할 수 있는 Gunn 발진기의 발진소자인 Gunn Diode 를 사용한다. 본 논문에서는 실험을 통해 스트립 금속 공진기로 공진 주파수를 미조정하여 비방사유전체층을 통한 밀리미터파 대역의 주파수특성을 분석하고 이러한 특성을 이용하여 60GHz 대역 송신기의 발진회로 설계를 다루었다.

### 1. 서 론

현대 사회의 정보화가 급속히 진전되고 있는 상황에서 무선전파의 이용은 모든 분야에 있어서 그 수요증대와 더불어 다양화 되고 있다. 현재 무선통

신은 대용량의 데이터 및 동영상의 실시간 송수신에 이르기까지 그 영역을 넓혀가고 있다. 이러한 대용량의 통신을 고속으로 전송하기 위해서는 더 많은

주파수 자원이 활용되어야 하지만 현재 사용되는 마이크로파대역 주파수 자원으로는 한계에 부딪히게 된다. 그에 따라 주파수 수요를 충족시키기 위해 새로운 주파수 자원인 밀리미터파대역의 전파를 개발하고 이용하려는 움직임이 빠른 속도로 움직이고 있다. 밀리미터파 대역에서는 장치가 소형·경량이고 광대역 특성 등의 이점이 많기 때문에 이러한 특징을 살린 밀리미터파 대역의 통신시스템의 연구개발이 진행되고 있다.

본 논문에서는 밀리미터파를 구현할 수 있는 통신시스템의 기술 중에서 실용적인 기술로 보고가 된 NRD Guide라는 방법을 이용하여 60GHz 밀리미터파 송신기의 발전회로에 대해서 해석을 하였다.

## 2. 이론

밀리미터파란 자유공간에서 주파수가 30GHz 이상 300GHz 이하의 범위로 밀리미터(mm)단위의 파장을 갖는 전자기파를 의미한다. 밀리미터파 대역은 매우 넓은 대역폭을 제공할 수 있다는 장점 때문에 대용량의 통신을 고속으로 전송할 수가 있지만, 마이크로파 대역에 비해서 직진성이 강하고 대기 중의 산소분자의 강력한 신호 흡수 특성으로 인해 전송 거리가 짧다는 단점을 지니고 있다. 밀리미터파 대역의 이용을 위해 국제전기통신연합(ITU)에는 30~75GHz 밀리미터파를 용도에 맞게 분배하여 밀리미터파 관련 연구개발의 기준을 정하였고, 특히 60GHz 대역은 산소분자의 강력한 신호 흡수 특성으로 인해, 상업적으로는 무선 LAN에의 응용으로, 군사적으로는 지상 기지국으로부터의 도청위험이 없는 위성간 은닉통신의 응용으로 주목받고 있다.

밀리미터파 대역의 통신기술 연구가 진행되면서 밀리미터파의 집적 회로에 이용되는 전송 선로에도 관심이 증대되고 있다. 집적회로에서는 통상 마이크로 스트립 선로를 응용하여 이용되는데, 밀리미터파 대역에서는 전송손실이 상당히 크다[1]. 이러한 문제점들을 보완하기 위해 NRD(Non Radiative Dielectric)라는 유전체 선로에 대한 관심이 고조되고 있다. 저손실의 유전체를 이용하면 60GHz대에서

유전체 전송 선로의 전송 손실이 3dB/m 정도로 상당히 작게 나온다. 그러나 유전체 전송 선로에서도 선로의 굽음과 불연속 부분에서 방사가 발생하는 문제가 있다. 그 때문에 유전체 선로 본래의 특성이 저손실성을 잃어버리게 된다.

유전체 선로의 저손실성을 유지하면서 불필요한 방사를 억제시키기 위해 1981년에 Yoneyama와 Nishida에 의해서 제안된 NRD Guide의 전송선로가 개발되었다[2]

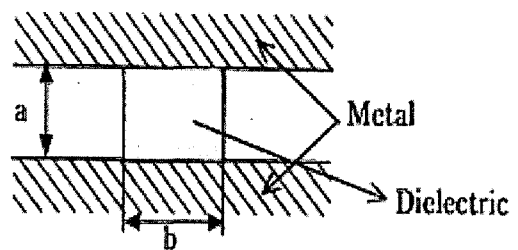


그림 1. NRD Guide 단면도

NRD Guide의 구조는 그림 1처럼 평행한 평판 전도체 사이에 유전체가 삽입된 간단한 구조로 이루어져 있다. 이 때 신호를 선로에 따라 효율적으로 전송하기 위해서 평판 전도체 사이의 거리를 자유공간에서의 파장의 반( $\lambda_0/2$ )보다 짧게 해야 한다[3]. 그렇게 되면 평판 전도체 사이의 공기영역에서는 차단 상태가 되어 밀리미터파는 존재할 수가 없게 되고, 공기영역이 아닌 유전체 내에서는 파장이 짧아지기 때문에 차단 상태가 해소되며, 밀리파는 유전체를 따라 방사되지 않고 신호를 전송할 수 있게 된다. 그리고 유전체 도파로의 불연속부나 벤딩(bending)에 의해 발생하는 복사신호를 평행평판 도파로의 차단 주파수 특성으로 인해 효과적으로 억제할 수 있으며, 유전체 선로의 저손실특성을 유지하면서 신호를 전송할 수 있다[2].

유전체 선로를 따라 전송파가 흐를 때는 그림 2와 같이 TE모드나 TM모드와 다른 LSM모드나 LSE모드로 바뀌게 된다. 이들 모드는 모두 비방사성으로 NRD Guide속에서 공존할 수 있지만, 최저차 모드가

고 저 손실이라는 점에서 동작 모드로서는 LSM 모드가 선택되었다[4].

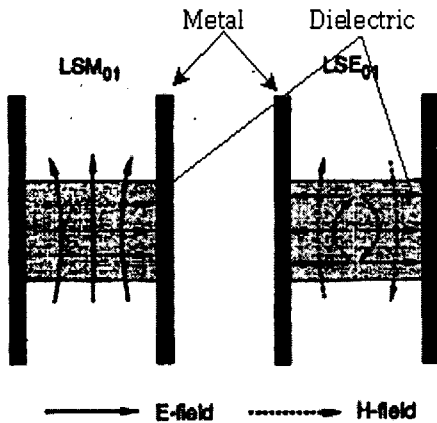


그림 2. NRD Guide의 전송모드

비방사 유전체선로의 설계 식은 다음과 같다[3].

$$a / \lambda_0 = 0.45 \quad \text{식(1)}$$

$$\sqrt{\epsilon_r - 1} b / \lambda_0 = 0.45 \sim 0.7 \quad \text{식(2)}$$

a는 두께(mm), b는 폭(mm),  $\epsilon_r$ 은 유전체선로의 비유전율,  $\lambda$ 는 파장이다.

설계하고자 하는 발진회로의 유전체 선로를 테플론 유전체로 사용한다. 발진주파수가 60GHz이고 테플론 유전체의 비유전율이 2.04이므로 선로의 두께와 폭을 각각 계산하면  $a=2.25\text{mm}$ ,  $b=2.5\text{mm}$ 가 된다.

본 논문에서는 NRD의 저 손실특성을 이용하여 60GHz의 밀리미터파를 발진할 수 있는 송신기의 발진회로를 설계하고자 한다. 발진회로를 설계하기 위해 발진소자인 Gunn Diode와 공진주파수를 미조정하기 위한 금속스트립공진기를 이용하여 발진회로의 특성실험을 통해 해석하고 적용하였다.

이제까지 NRD의 송신기에 관련된 논문에서는 송신기의 개발에 중점을 두고, 그에 따른 이론을 전개하고 전체적인 특성을 밝혀왔다. 본 논문의 초점은 송신기의 발진부 회로에 맞추었고, 기존의 논문

에서 밝힌 NRD Guide 송신기에 대한 이론과 특성을 바탕으로 발진회로의 직접적인 설계구현에 중점을 두고 실험을 통해 해석하였다.

### 3. 실험

밀리미터파 대역 발진회로를 구성하기 위해 발진소자는 Gunn Diode를 사용하기로 한다. Gunn Diode는 Gunn Diode Mount에 위치하게 되며, 상하 도체판 사이에 옆으로 향하도록 구성된다. 또한 발진된 밀리미터파는 금속스트립공진기를 통과하여 유전체 선로를 따라 흐르도록 설계를 하고, 그 구성된 발진기를 그림 3에 나타내었다.

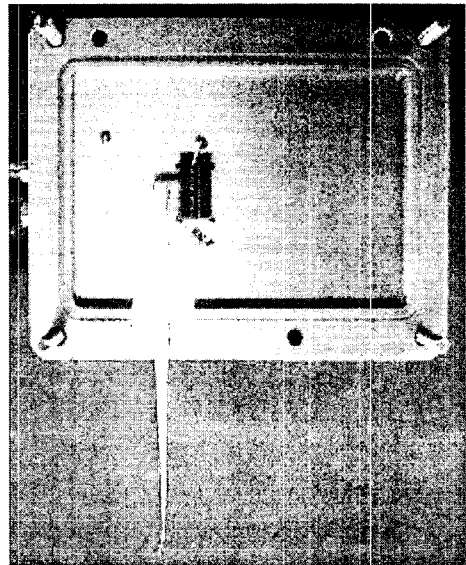


그림 3. Gunn 발진기 사진

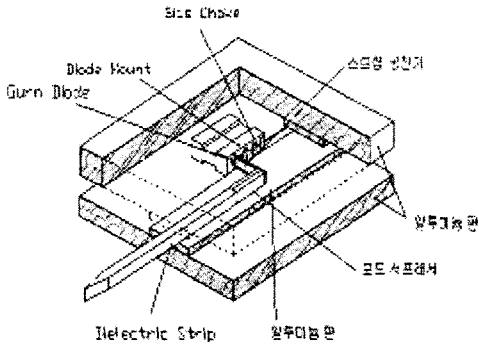


그림 4. Gunn 발진기의 구성

본 논문에서는 60GHz의 발진회로를 설계하기 위해 스트립공진기의 금속판의 길이 변화에 따른 주파수 변화 특성과 출력특성을 분석할 수 있도록 그림 4와 같이 건 발진기를 제작하였다. 스트립공진기는 Gunn Diode와 모드서프레서에 밀착되도록 위치한다. 스트립공진기는 Gunn Diode에 접촉되는 위치와 모드서프레서에 접촉되는 위치가 실험을 하는 동안 일정하게 유지되어야 하며, 밀착된 부분이 서로 떨어지지 않도록 유의해야 한다. 모드서프레서는 때때로 LSE 모드가 발생하는 것을 억제하기 위해 위치시켜 놓는다. 이것은 얇은 테플론 기판 상에 Etching해서 작성된 동박의 패턴으로 NRD Guide의 상하 도체 판에 수직의 H 면내에 삽입함으로써 LSM 모드에는 영향을 주지 않으면서, LSE 모드만을 차단할 수 있게 만든다. 유전체의 끝부분에는 출력을 측정할 수 있도록 전송선로를 바깥으로 빼 놓았다.

Gunn Diode에 3.6V의 전압을 인가하여 나타난 발진주파수를 Spectrum Analyzer를 통해 측정을 하였고, 스트립 공진기의 금속판의 길이를 변화시켜가며 그 특성을 분석하였다. 금속판의 길이는 1.2mm에서 2mm까지 0.1mm단위로 변화시켜서 측정을 하였고, 60GHz의 주파수 특성이 나타나는 부분에서 길이를 0.01mm 단위로 측정을 하여 더 상세한 결과 특성을 분석하였다.

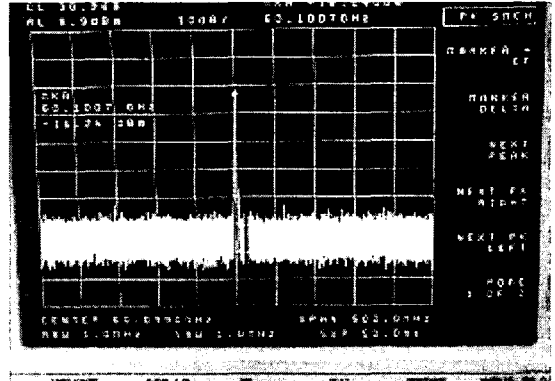
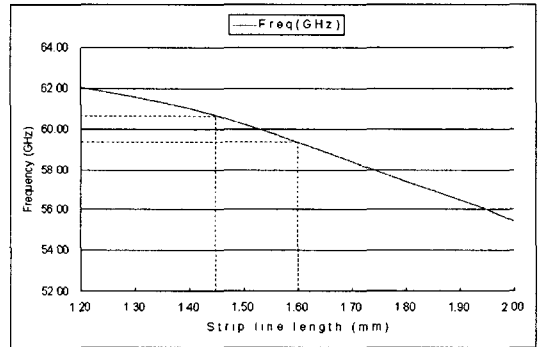
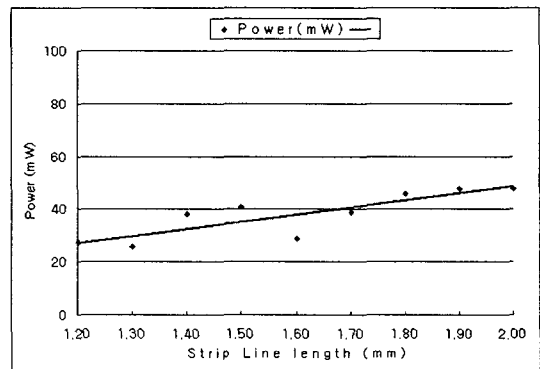


그림 5. 스펙트럼 분석기에서 측정한 발진주파수 사진

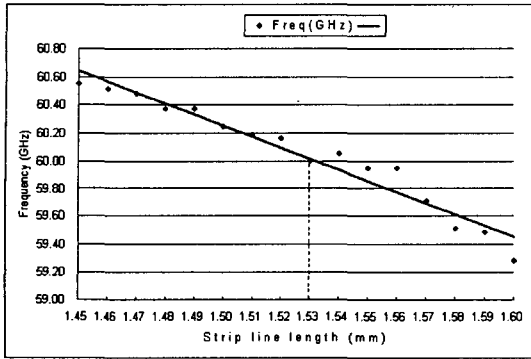


(a) Strip line length의 변화에 따른 주파수 특성 (0.1mm 단위)

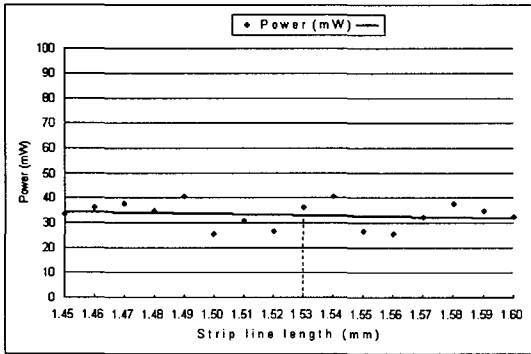


(b) Strip line length의 변화에 따른 출력특성 (0.1mm 단위)

그림 6. 발진 Test 결과 그래프 (Strip line length 1.2mm ~ 2.0mm)



(a) Strip line length의 변화에 따른 주파수 특성 (0.01mm 단위)



(b) Strip line length의 변화에 따른 출력특성 (0.01mm 단위)

그림 7. 발진 Test 결과 그래프  
(Strip line length 1.45mm ~ 1.60mm)

그림 5는 스트립 공진기의 금속판 길이가 1.5mm 일 때 스펙트럼분석기로 측정 한 사진이다. 또한 그림 6은 금속판의 길이를 0.1mm씩 변화시켜서 측정 한 결과데이터를 주파수 특성(a)과 출력특성(b)으로 나눠서 그래프로 옮겨놓은 그림이다. 그림 6(a)에서 스트립 공진기의 금속판 길이에 따라 주파수가 55.5GHz에서 62GHz로 일정하게 변화한다. 그리고 그림 6(b)에서는 발진출력이 25mW ~ 50mW의 범위 안에서 변화하는 것을 알 수 있다. 하지만 그림 6(a)의 실험결과에서 각 주파수가 나타나는 길이 특성을 알 수는 있지만, 그 변화 값이 크기 때문에 설계하고자

하는 60GHz의 정확한 발진주파수가 나타나는 스트립 공진기의 금속판 길이를 찾기가 힘들게 된다. 이에 따라 60GHz의 정확한 발진주파수가 나타나는 공진기의 길이를 찾기 위해 그림 6(a)에서 점선으로 나타난 범위 안의 길이를 0.01mm 단위로 변화시켜가며 실험을 하였다.

그림 7은 60GHz 부근에서의 정확한 특성을 분석하기 위해 금속판의 길이를 0.01mm씩 변화시켜서 측정한 결과데이터를 주파수 특성(a)과 출력특성(b)으로 나눠서 그래프로 옮겨놓은 그림이다. 그림 7의 실험결과를 통해 그림 6에서와 마찬가지로 주파수 특성과 출력의 변화는 그대로 유지되면서 발진회로를 설계하기 위한 세분화된 주파수 특성의 금속판 길이를 알 수 있었다.

따라서 스트립 공진기의 금속판 길이가 1.53mm로 더 정밀하게 계산되었을 때, 설계하고자 하는 60GHz 밀리미터파 발진회로의 정확한 특성을 이끌어 낼 수가 있게 된다.

#### 4. 결론

60GHz 밀리미터파 대역의 송신기 발진회로를 설계하기 위해 본 논문에서는 저 손실성과 불연속부의 방사 억제 특성 이점이 있는 NRD Guide 방식을 적용하였고 주파수 조절을 위해 Gunn Diode와 스트립 공진기를 사용하였다. 스트립 공진기의 금속판 길이에 따른 주파수 변화를 해석하고, 안정된 출력이 나타나는 지를 확인하기 위해 발진회로 실험 test를 통하여 스트립공진기의 금속판의 길이 변화에 의한 주파수 변화를 볼 수가 있었다. 그림 6(a)와 그림 7(a)에서 볼 수 있듯이 금속판의 길이가 길어질수록 주파수는 점점 낮아지는 특성을 가지게 된다. 또한 그림 6(b)와 그림 7(b)에서 스트립 공진기의 금속판의 길이 변화에 따라 발진출력이 25mW에서 50mW로 나타나며 상대적으로 적은 변화의 발진출력이 나타난다는 것을 알 수 있다. 이는 스트립 공진기 조절에 의한 주파수 변화에 따라 출력이 안정된다는 것을 뜻한다. 이를 통해 NRD Guide Gunn 발진기를 이용한 발진회로의 구현이 밀리미터파 대역에서 선형

적인 주파수특성과 안정적인 출력 특성을 보여줌으로써 송신기의 발진회로 설계에 적합하다는 것이 증명된다. 그리고 최종적으로 설계하고자 하는 60GHz 대역의 밀리미터파 발진 회로특성은 스트립 공진기의 길이가 1.53mm 일 때 나타난다는 것을 이끌어내었다.

향후 송신기의 FM 변조부의 특성을 해석하고 설계하여 밀리미터파 대역의 FM 송신기를 제작할 계획이며, 이를 통해 무선통신으로 CATV의 전송이나 광대역의 전송이 필요한 시스템으로 사용이 가능하게 될 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] T. Itoh, "Inverted strip dielectric waveguide for millimeter-wave integrated circuits," IEEE Trans, Microwave Theory & Tech, vol. MTT-24, pp. 821-827(Nov. 1976)
- [2] T. Yoneyama, M. Yaguchi and S.Nishida, "Bends in nonradiative dielectric waveguides," IEEE Trans, Microwave Theory & tech, vol. 82, Issue.12, pp. 2146-2150(dec. 1982)
- [3] T. Yoneyama and S. Nishida, "Nonradiative dielectric waveguide for millimeter-wave integrated circuits," IEEE Trans, Microwave Theory & Tech, vol. 29, Issue. 11, pp. 1182-1192(Nov.1981)
- [4] Jifu Huang, Ke Wu, F. Kuroki, T. Yoneyama, "Computer-aided design and optimization of NRD Guide mode suppressors," IEEE Trans, Microwave Theory and Tech, Vol.44, Issue.6, pp.905-910(June 1996)
- [5] Izumi Uchida, Futoshi Kuroki and Tsukasa Yoneyama, "Miniaturization of 35-GHz NRD-Guide Transmitter and Receiver," Electronics and Communications in Japan, Part2, Vol. 77, No. 2, 1994