

# 열전소자를 사용하여 제어 가능한 이산화바나듐 스위치 사용 주파수 가변 안테나

임대천, 임성준\*  
중앙대학교, \*중앙대학교

ldc2845@csu.ac.kr, \*sungjoon@cau.ac.kr

## A frequency-tunable antenna using a thermoelectric-device-controlled vanadium dioxide switch

Lim Daecheon, Lim Sungjoon\*  
Chung-Ang Univ., \*Chung-Ang Univ.

### 요약

본 논문에서는 이산화바나듐 스위치를 열전소자를 통해 제어하여 ISM 대역과 5G 대역에서 주파수 가변 가능한 안테나를 제안한다. 제안된 이산화바나듐 스위치 사용 주파수 가변 안테나는 열전소자를 사용해 가열과 냉각을 하여 이산화바나듐 스위치를 기준보다 향상된 속도로 제어할 수 있다.

본 주파수 가변 안테나는 시뮬레이션 결과, 이산화바나듐 스위치가 on state 인 상태에서는 24.15 GHz, off state 인 상태에서는 27.88 GHz에서 동작하는 것을 확인하였다.

### I. 서론

현대의 무선 시스템은 차량, 산업용 IoT, 초고속 통신 등 다양한 분야에서 사용되어 한 장비 내에서 다양한 주파수 대역의 장치를 필요로 하는 경우가 들어나고 있다. 이러한 이유로 제한된 환경에서 하나의 장치로 여러 대역을 사용할 수 있는 주파수 가변 기능을 가진 안테나 대한 연구가 진행되어 왔다. 하지만 기존의 주파수 가변 안테나에 사용되는 pin diode 등의 소자는 주파수대역이 높아질수록 소자의 비용이 높아지고 소자를 운용하기 위한 복잡한 회로를 필요로 하는 등의 한계가 존재한다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방법으로 이산화바나듐 ( $\text{VO}_2$ ) 스위치를 사용하여 안테나의 성능을 가변하는 방식이 최근 활발히 연구되고 있다. 이산화바나듐은 상변이 물질의 일종으로 특정 온도 이상에서 저항이 낮아지는 특성이 있어, 기존에 사용되어온 diode 들을 대체하는 스위치로 활용이 가능하다[1]. 또한 이산화바나듐은 액체의 형태로 공정하여 스크린 프린팅을 기술을 사용하여 패턴을 프린팅 하는 것으로 효율적인 비용으로 가변 회로를 구현하는 것이 가능하다. 하지만 이산화바나듐 스위치는 구동하는데 열이 필요하다는 점과 off 상태로 만들기 위해선 자연적으로 온도가 낮아지기를 기다려야 한다는 단점이 존재하여 아직 상용화에 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 이산화바나듐 스위치의 한계를 극복하기 위해 냉각 기능이 있는 열전소자를 사용하여 전체적인 온도의 상승이 적고 스위치의 가변 속도를 향상시킨 이산화바나듐 스위치와 이를 활용한 주파수 가변 안테나를 제안하고자 한다.

### II. 본론

본 논문에서 제안하고자 하는 이산화바나듐 사용 주파수 가변 안테나는 그림 1 과 같은 형태로 설계되었다. 이산화바나듐 스위치가 off 상태일 때는 패치안테나와 외부의 추가 패턴이 끊어진 상태로 동작하고, on 상태일

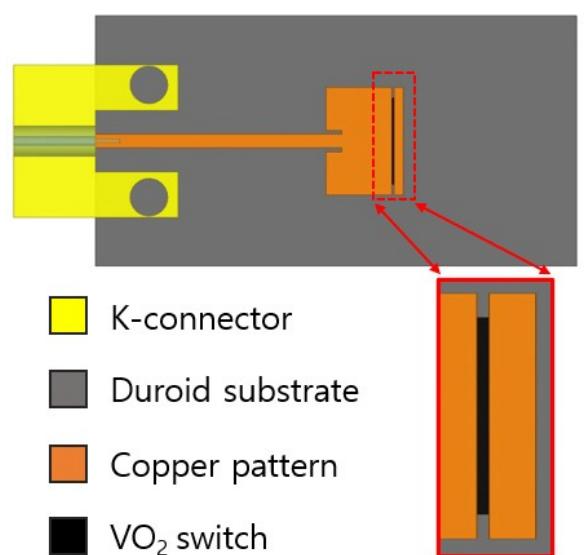


그림 1. 제안하는 이산화바나듐 스위치 사용 주파수 가변 안테나

때는 패치안테나와 외부의 추가 패턴이 도체로 연결되어 패치안테나의 길이가 연장되는 방식으로 공진주파수가 내려가도록 구동된다.

그림 2에서는 설계된 주파수 가변 안테나의 성능을 예측하기 위하여 High frequency structure simulation 을 통해 이산화바나듐 스위치의 상태에 따른 안테나 성능 변화를 시뮬레이션한 결과를 보여주고 있다. 제안하는 안테나는 이산화바나듐 스위치가 off 상태인 경우에는 27.88 GHz 에서 동작하고 on 상태인 경우에는 24.15 GHz 에서 동작하는 것을 확인할 수 있다.

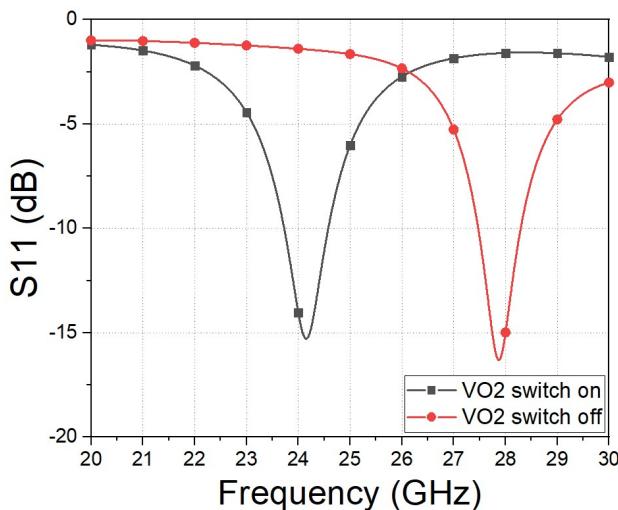


그림 2. 제안하는 주파수 가변 안테나의 이산화바나듐 스위치 state에 따른 성능 변화 시뮬레이션 결과

그림 3 에서는 제안하는 주파수 가변안테나의 샘플을 보여주고 있다. 안테나의 구리 패턴은 PCB 공정을 통해 Duroid 기판 위에 구현되었으며 PCB 로 제작된 안테나 위에 스크린프린팅을 통해 이산화바나듐 스위치를 프린팅하는 방식으로 제작되었다. 제작된 샘플의 하단에는 열전소자를 부착하여 하단에서 열전소자를 사용해 가열 혹은 냉각하여 이산화바나듐 스위치를 제어하는 방식으로 동작한다.

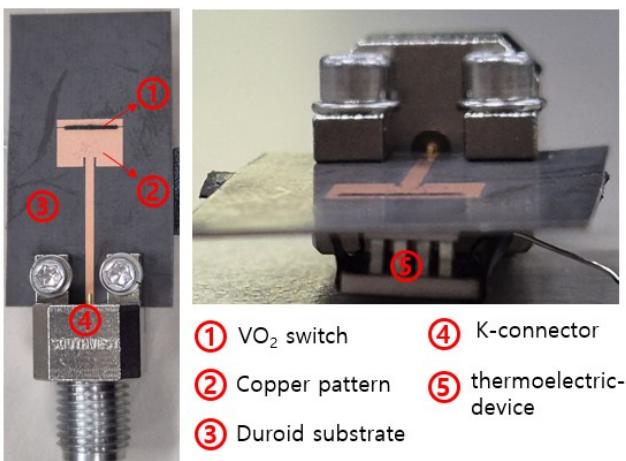


그림 3. 제작된 주파수 가변 안테나 샘플

### III. 결론

본 논문에서는 열전소자를 통해 제어하는 이산화바나듐 스위치를 사용하여 주파수를 가변하는 안테나를 제안하였다. 본 주파수 가변 안테나는 이산화바나듐 스위치의 state에 따라 ISM 대역과 5G 대역에서 유동적으로 사용가능하도록 설계되었다. 본 안테나에 사용된 열전소자는 냉각 기능을 통해 기존 이산화바나듐 스위치의 가장 큰 단점인 온도 상승 문제를 해결 가능하며 본 연구는 이후 이산화바나듐 사용 장치의 상용화에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2024-00405510).

### 참 고 문 헌

- [1] Park E., Li W., Jung H., Lee M., Park J. H., Shamim A., and Lim S., "Highly Scalable, Flexible, and Frequency Reconfigurable Millimeter-Wave Absorber by Screen Printing VO<sub>2</sub> Switch Array onto Large Area Metasurfaces." Advanced Materials Technologies, Art no. 2201451, 2023