

집적화 RF Switch module의 제조와 특성에 관한 연구

김인성, 민복기, 송재성 서영석*

한국전기연구원 전자기소자연구그룹, 영남대*

The study on Characteristics and Fabrication of RF Switch module devices

In-Sung Kim, Bok-Ki Min, Jae-Sung Song, Yeung-Suk Suh*

Korea Electrotechnology Research Institute, YeungNam University.*

Abstract

상용화되어 있는 이동통신 기기의 Front-end 부분은 듀플렉서와 필터를 포함하는 수동소자로 구성되어 있다. 듀플렉서의 임피던스 정합선로는 전송선로 이론으로부터 설계하며, 단순하게 $\lambda=1/4$ 파장 길이의 정합 선로를 설치하는 것이기 때문에 정합선로를 이용한 듀플렉서 성능을 극대화하기 위한 설계의 융통성이 없는게 현실이다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 집중소자(lumped element)인 R L C를 탄성 표면과 듀플렉서 대신 스위치 모듈에 적용하게 된다면 여러 가지 다양한 형태의 회로를 구현할 수 있고 회로망 내에 위치하는 집중소자의 정격을 최적화하여 스위치 모듈의 성능을 향상 시킬 수 있는 가능성이 있다. 본 연구에서는 900 MHz ~2.2 GHz의 대역에서 소형화 집적화에 적용 가능한 디바이스를 개발하기 위하여 고주파, 저전압, 저손실 스위치 모듈의 제조와 구성되는 커패시터와 인덕터의 제조와 특성에 관하여 연구하였다.

Key Words : Switch module, Passive integration, Capacitors, Inductors, Lumped element, Thin film,

1. 서 론

1990년대 이후부터는 전자 시스템의 소형화, 특히 포켓용 포털 시스템(portal system)과 데이터 프로세싱 시스템에서는 높은 통신 주파수와 전기 자기적 소자의 소형화에 대한 요구가 증가하게 되었다. 특히 IMT 2000 사업에 의해 파생되는 수동소자의 경우 집적화, 소형화, 고주파화, 고성능화의 필요성이 더욱 증대되고 있으며, 이 기술은 개별 수동소자를 조합하여 응용하는 기술, 수동소자가 내장된 다층 기판(multi-layer board, MLB) 제조 기술과 더불어 향후 휴대용 정보·통신 분야의 기술 진보에 크게 기여할 것으로 기대되는 핵심 기반 기술이다. 적용되는 단말기 부품은 변조된 캐리어의(carrier) 고주파 신호와 중간 주파수 사이의 변환 기능을 하는 RF front-end 부분, 중간 주파수와 베이스 밴드를 변환하는 IF 부분 그리고 아날로그-디지털 변환하는 부분으로 나눌 수 있다. 그 중에서 Front-end(그림 1) 부분은 듀플렉서와 필터같은 수동소자로 구성되어 있다. 현재 사용하고 있는 탄성 표면과 듀플렉서의 임피던스 정합선로는 전송선로 이론으로부터 설계하며, 단순하게 $\lambda=1/4$ 파장 길이의 정합 선로를 설치

하는 것이기 때문에 정합선로를 이용한 듀플렉서 성능을 극대화하기 위한 설계의 융통성이 없는게 현실이다.

그러나 저항, 인덕터, 커패시터 등의 집중소자(lumped element)를 탄성 표면과 듀플렉서 대신 스위치 모듈에 적용하게 된다면 여러 가지 다양한 형태의 회로를 구현할 수 있고 회로망 내에 위치하는 집중소자의 정격을 최적화하여 스위치 모듈의 성능을 향상 시킬 수 있는 가능성이 있다.

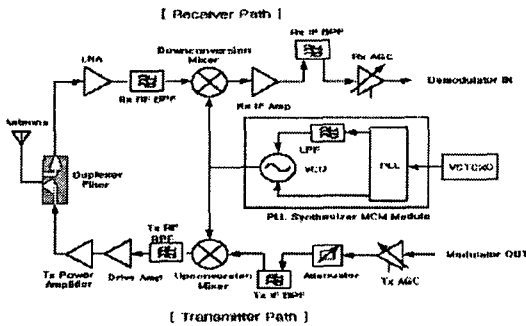
본 연구에서는 이동통신의 발전과 소형화 집적화에 적용 가능한 소자를 개발하기 위하여 고주파, 저전압, 저손실 R L C 집중소자를 이용한 스위치 모듈의 제조와 구성되는 집중소자인 소자인 커패시터와 인덕터의 특성에 관하여 연구하였다. 해당되는 부분의 블록은 그림 1의 (a) 이동통신기기의 터미널을 나타낸 것이며, 그림 (b)는 듀플렉서에 해당하는 스위치 모듈의 송수신 블록을 나타낸 것이다.

2. 실험

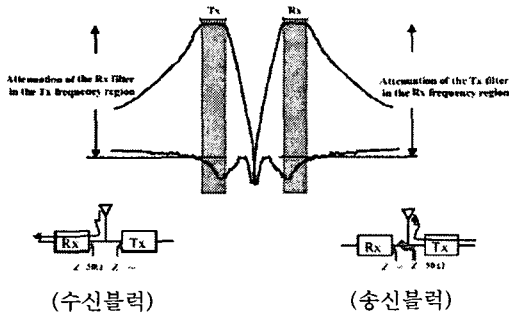
2.1 소자의 설계

스위치 모듈은 두개의 다이오드와 여러개의 인

덕터, 커패시터 집중소자로 구성되었으며, 아래 그림 1의 (b) 기능을 담당하며 그림 2와 같은 회로로 구성되었다. 개별소자는 커패시터와 인덕터의 어레이 및 네트워크를 위한 초기 자료를 토대로 적용될 도선과 유전체 소재와 가공 공정(순서)에 따라 3 레이어(layer)의 공정으로 크롬 마스크를 설계 제작하였다.



(a) Front-end



(b) 스위치 모듈의 송수신 특성

그림 1. 이동통신 기기의 송수신 터미널 블록.

2.2 제조 공정

고주파 손실을 줄이기 위하여 2000 Å 두께의 산화막이 형성된 Si-O₂ 기판위에 하부 전극과, 도선으로는 구리(Cu)를 RF 스퍼터링 방법으로 증착시켰다. 증착된 박막과 도포할 감광막의 접착력을 향상시키기 위하여 먼저 HMDS(hexamethylsilane)을 도포한 후 스핀코팅기를 이용하여 음성 감광제(photoresist AZ 1512)를 1.2 μm 정도의 두께로 균일하게 도포시켰다. 도포된 감광제의 용매를 증발시킨 후 100 °C에서 60초간 소프트 베이킹(soft baking)한 후 노광하였다. 노광은 하부전극과

도선으로 형성된 크롬 마스크와 노광 및 정렬기(Quintel aligner)를 이용하였으며, UV 광을 20 mW 세기로 15 초간 노출시켰다. 감광막은 현상액과 물로 희석한 후 1분간 현상하여 감광제를 제거하였으며, 이때 감광막의 접착력을 향상시키기 위해 120 °C에서 하드 베이킹(hard backing) 한후 FeCl₃·6H₂O 용액을 이용하여 습식 에칭하였다. 그림 3은 소자의 미세가공 공정을 나타낸 것이다. 인덕터의 코일과 전송선, 커패시터의 전극은 구리를 사용하였으며, 유전체는 산화탄탈륨(TaO)을 사용하였다.

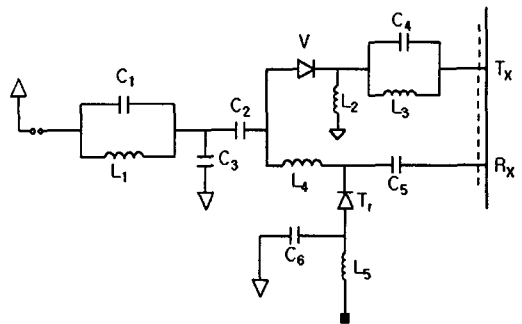


그림 2. GSM type의 스위치 모듈 회로도.

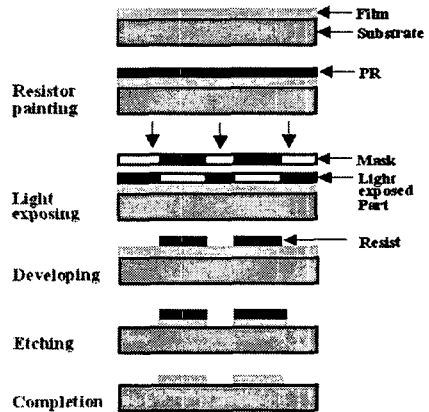


그림 3. 소자의 가공 공정.

3. 결과 및 고찰

GSM Type의 스위치 모듈 집중소자를 박막공정으로 제조하여 현미경으로 확인한 결과 그림 4 (a)와 같이 관찰되었다. 인덕터의 중심과 외부 단자의 연결은 산화물 유전체 층을 만들고 그 위로 도선

이 지나가게 제조하여 공정을 줄일 수 있었다. 이때 산화물층은 커패시터의 유전체와 동일하게 하였다. 그림 4의 (b) 집중소자의 테스트와 calibration을 위한 도선과 유전체 층이다.



(a) 스위치 모듈 현미경 사진



(b) Calibration을 위한 전송선-유전체

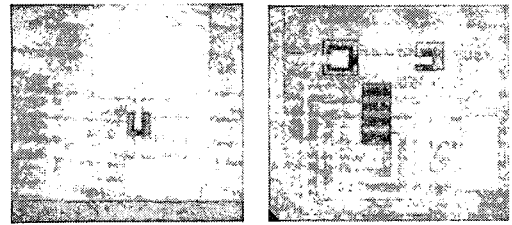
그림 4. 소자의 가공 공정.

부분적으로 인덕터의 코일 끝 부분과 커패시터의 단자 부분이 3~5 μm 정도의 식각 오차가 있는 것으로 조사되었으며, 능동 소자인 다이오드 특성이 파악되지 않아 스위치 모듈의 물성을 측정할 수 없었다. 그림 5의 (a, b)는 스위치 모듈 내에 구현된 집중소자로서 비교적 양호한 패턴이 관찰되었다. 인덕터의 경우는 식각 조건을 고려하여 얻어진 소자임에도 불구하고 선폭이 감소하거나 코일이 일부 끊어진 부위가 다수 발견되어 임피던스 측정을 하지 못했다. 제조 공정상 식각이나 리프트 오프 조건을 다시 찾아야 할 것으로 조사되었다. 커패시터 집중소자의 특성은 그림 6과 같이 조사되었다. 적용하고자 하는 주파수 대역인 1.8~2.2 GHz 범위에서 2 pF 정도가 측정되었으나 Q 값은 7 정도로 측정되었다. padding 라인이 길고 폭이 작은 관계로 저항이 증가하여 손실이 커진 것으로 생각된다[7, 8]. 대략적으로 수율이 약 50 % 정도를 나타냈다. 그러나 연속 공정으로 대량 제조할 경우 해결 될 것으로 생각된다.

4. 결론

커패시터와 인덕터 집중소자로 구성된 GMS

Type의 스위치 모듈을 박막공정을 통하여 제조한 후 물성을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 커패시터 집중소자의 임피던스는 padding line의 길이와 두께로 인하여 다소 손실이 크게 나타났으며, Q-factor는 7 정도 측정되었다. 인덕터의 경우는 코일의 선폭 제어가 상당히 중요하며 저항을 증가시키고 Q-factor를 낮추는 요소로 작용한다.



(a) 커패시터 (b) 인덕터-커패시터

그림 5. 스위치 모듈의 집중소자.

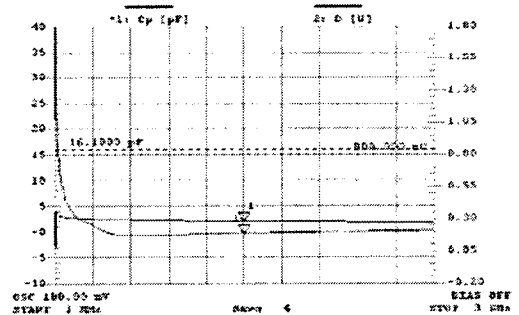


그림 6. 집중소자의 임피던스 특성.

참고 문헌

- [1] “세계이동통신서비스 시장전망”, 주간 기술동향 968호 2000, 10
- [2] S. Donnay et al., “ Chip-package co-design of a 5 GHz RF Front end” IEEE Proceeding, 2000
- [3] W.B. Baringer, R. W. Brodersen, MCMs for Portable Applications, IEEE Multi-Chip Module Conference, Santa-Cruz, CA, 1993.
- [4] M. de Samber, N. Pulsford, M. Van Delden, R. Milsom, Low-Complexity MCM-D technology with Integrated Passives for High Frequency Applications, International Conference on Multichip Modules and High Density Packaging Denver, CO,