

무선 시스템용 US PCS FBAR Duplexer 설계

이은규, 최형림

컨테이너화물 안전수송 기술 개발 클러스터사업단, 동아대학교

Design of US PCS Duplexer for wireless systems

Eun-Kyu Lee, Hyung-Rim Choi

Intelligent Container R&D Center, 840 Hadan2-dong, Saha-gu, Busan, Korea.

Abstract : In this study, we propose characteristics improvement methods according to via hole plating method for FBAR Duplexer with US PCS(T_x :1850MHz~1910MHz, R_x :1930MHz~1990MHz) bandwidth which is used for wireless systems. Also, we designed and fabricated 3.8*3.8*1.8mm size microminiature FBAR Duplexer based on this proposal. First of all, in this study, we fabricated pentagon shape resonators by different size to make filter combination, and their quality factor(Q) are 687 with 6.6% of k_{eff}^2 . Using this resonators, designed 3*2Type T_x filter and 3*4Type R_x filter. The transmission line, which works as phase shifter, is designed with 210 μ m in width and 18mm in length Stripline type. Inductor, which is used for matching component, is designed with width of 75 μ m, a technically achievable minimum width. And adopted plating method of filling via hole with conductive epoxy for improved grounding and thermal conductivity. Using these configuration with all of the matching component values, we found Duplexer characteristics of -1.57dB ~ -1.73dB in insertion loss, -56dB in attenuation at 1850MHz~1910MHz of T_x band. Also, found -2.71dB ~ -3.23dB in insertion loss, -58dB in attenuation at 1930MHz~1990MHz of R_x band.

Key Words : Duplexer, Filter, Transmission line

1. 서 론

최근 이동 및 정보 통신 분야의 비약적인 발전으로 인하여 고주파화, 소형화 추세가 가속화 되면서 이에 대응하기 위한 소형 부품 개발이 중요한 현안으로 떠오르고 있다. 그리고 소자의 집적화를 통해 소형화 및 성능 향상이 필요한 무선 통신 시스템에 RF(Radio Frequency) 스위치, 저 손실 전송선로, RF필터, 위상변조기, 임피던스 동조기, high Q(Quality) 인덕터, 고효율 안테나 등이 핵심 부품으로 있다. 특히, 최근에 차세대 핵심 요소기술로 관심 받고 있는 유비쿼터스의 초소형 무선통신 트랜시버 시스템 구현에 사용되는 수동부품은 바로 FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator) Duplexer이다. FBAR Duplexer 장점은 소형화, 집적화에 필요한 IC 공정과 호환성이 우수하여 co-integration이 가능하며, 낮은 삽입손실, 높은 격리도, 저 ripple 때문에 무선 시스템 응용분야에 많이 활용되고 있다. 특히, FBAR Duplexer는 다른 세라믹, SAW Duplexer와 비교할 때 크기 대비 분리도가 크고 고주파대역에서 Roll off 특성이 뛰어나다는 장점을 가지고 있다. 하지만 장시간 사용에 따른 온도 상승은 소자 자체의 특성을 변화 주어 심각한 문제를 야기할 수가 있다. 이러한 문제는 무선시스템에 적용하기 위해서는 반드시 해결을 해야하는 문제이다. 따라서 본 논문에서는 FBAR 공진기를 만들어 제작을 하고, 그 물성치를 추출하여 각 R_x (Receiver), T_x (Transmitter) 공진 주파수에 맞는

최적의 공진기로 필터를 조합하였다. 그리고 매칭 소자인 인덕터 sensitivity 분석과 1850~1910MHz의 송신단 대역과 수신단인 1930MHz~1990MHz 분리해주는 Stripline 설계를 통해 최적의 Duplexer 특성을 확인하였다.

2. 실험

본 실험에서는 우선적으로 공진기 제작하기 위하여 4' high resistance Si(HRS) wafer에 상하부 전극(M_0) 사이에 압전 박막(A ℓ N)이 sandwich 구조로 되어 공진기부터 제작하였다. 공진기 제작에 가장 중요한 것은 해당 주파수에서 공진이 일어날 수 있게 박막 두께와 공진 면적을 결정하는 것이 중요한데, 본 실험에서는 중심주파수 1880 MHz인 3*2Type T_x 단 공진기와 중심주파수 1960MHz인 3*4Type R_x 단 공진기의 상·하부 전극 및 압전체 두께를 각각 0.41 μ m-1 μ m-0.41 μ m, 0.43 μ m-0.85 μ m-0.43 μ m로 하였다. 증착 장비로는 AMS sputter장비, 패턴 제거 작업은 dry etcher 장비로 이용하였다. 그리고 Sacrifice layer 제거는 HF 49% 원액으로 사용하여 2 μ m 높이를 갖는 air gap이 있도록 free standing형태로 하였다. 공진기 모양은 마스크 설계 및 제작이 쉽고 공정상 오류가 최소화 할 수 있는 오각형 형태로 제작하였다. 공진기의 크기는 10,000 Å ~ 400,000 Å로 제작하여 면적에 따라 공진 주파수를 측정하였다. 그림1은 웨이퍼 상태에서 측정할 20,000 Å 공진기 등가회로도이다. 제작된 공진기에 대한 평가 파라미터들 중에 품질계수 $Q_{eff}^{(4)}$ 은 식 (1)을 통해서 k_{eff}^2 (effective electro-mechanical coupling constant)는 식 (2)을 통해 계산하여 각 공진기 특성을 평가하였다. 일

반적으로 Q값과 K_{eff}^2 는 서로 큰 연관성을 가지는 경향이 있어 Q값을 좋게 하면 K_{eff}^2 특성 값도 좋아진다.

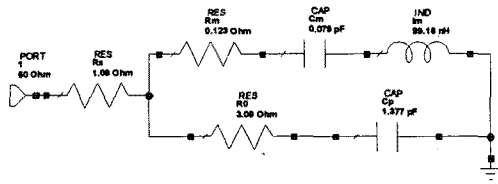


그림 1. MBVD 공진기 등가회로(20,000 Å).

$$Q = \frac{\left(\frac{f_s}{f_p}\right)}{1 - \left(\frac{f_s}{f_p}\right)^2} \sqrt{\frac{(1 - |S_{12max}|)(1 - |S_{11max}|)}{|S_{12max}| |S_{11max}|}} \quad (1)$$

$$k_{eff}^2 = \frac{\pi^2}{4} \left(\frac{f_s}{f_p}\right) \left(\frac{f_p - f_s}{f_p}\right) \quad (2)$$

본 연구에서 설계하는 FBAR Duplexer는 송신단 및 수신단의 중심주파수는 1880MHz, 1960MHz로 매우 밀접하게 붙어 있으며, Pass band는 중심주파수를 기준으로 +/-30MHz이다. 삽입손실은 송수신단이 각각 1.5dB, 0.9dB 이하이며, 감쇄량은 송신단의 경우 -48dB이상, 수신단의 경우 -56dB이상이다. 3.8mm*3.8mm 크기를 갖는 초소형 Duplexer가 목표 스펙에 맞게 특성을 나오게 하기 위해서는 먼저 송수신 신호 분리를 해주는 Stripline 설계가 중요하며, 매칭 소자인 인덕터에 대한 sensitivity 분석이 필요하다. 그림3은 위의 소자들을 시뮬레이션을 통해 고려한 최적의 Duplexer의 회로도이며 그림4는 듀플렉서에 대한 3D 모델링이다.

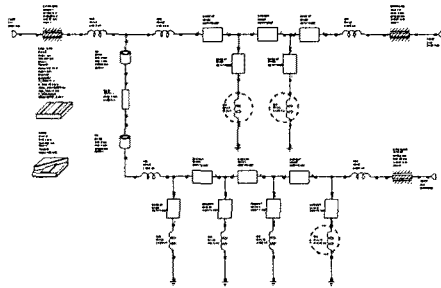


그림 2. 듀플렉서 회로도

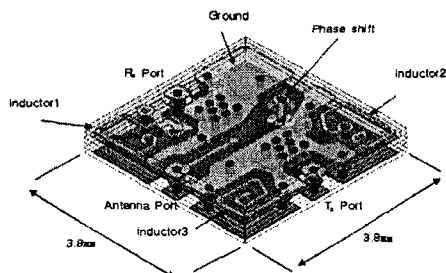


그림 3. 듀플렉서 3D 모델링

그림2에 표시된 매칭 소자들은 그림3 모델링에서 L3, L4, L10 인덕터이다. 이들 특성들을 조정함에 따라 Duplexer의 특성이 그림4처럼 나타났다.

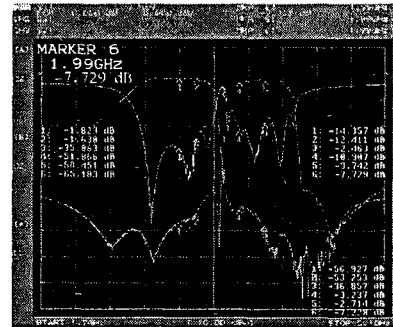


그림 4. 듀플렉서 측정 결과

3. 결론

본 논문은 무선시스템에 적용할 (w)3.8*(l)3.8*(h)1.8 mm 크기를 갖는 초소형 FBAR duplexer 설계하여 특성을 확인 하였다. 매칭소자까지 포함된 Duplexer의 특성 중에 Tx 밴드인 1850MHz~1910MHz에서 insertion loss는 -1.57dB ~ -1.73dB, attenuation은 -56dB나왔으며 Tx 밴드의 1930MHz~1990MHz에서 insertion loss는 -2.71dB ~ -3.23 dB가 나왔고 attenuation은 -58dB가 나왔다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(B0009720)지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Ju-hyung Kima,b, Si-Hyung Leea, Jin-Ho Ahnb and Jeon-Kook Lee*,a, "AlN piezoelectric materials for wireless communication thin film components", Journal of Ceramic Processing Research, Vol. 3, No. 1, pp. 25~28 (2002)
- [2] Richard Ruby, Paul Bradley, John Larson 111. Yury Oshmyansky. Domingo Figueredo, "Ultra-Miniature High-Q Filters and Duplexers Using FBAR Technology", IEEE International Solid-State Circuits Conference, 120~122 (2001)
- [3] Hae-Seok Park, Jooho Lee, Jeashik Shin, Jongoh Kwon, Sangchul Sul, Duck-hwan Kim, Kwang-Jae Shin*, Myeong-Kwon Gu* and Insang Song, "Newly Developed High Q FBAR with Mesa-Shaped Membrane", 36th European Microwave Conference, 1281~1283 (2006)