

표면 탄성파를 이용한 정밀 이송제어 장치의 특성 분석 및 설계

Characteristic analysis and design of a precise manipulation device using surface acoustic wave

엄진우 · 박노철† · 박영필*
Jinwoo Eom, No-Cheol Park and Young-Pil Park

1. 서 론

최근 세포나 박테리아, 반도체 등을 이용하는 많은 분야에서 이러한 micro 나 nano 단위의 미세입자들을 원하는 데로 정렬시키고 패터닝하기 위하여 Optical tweezer, magnetic tweezer 와 Surface acoustic wave device 와 같은 장비를 많이 사용하고 있다. 이와 더불어 제품의 소형화, 고성능화 및 경량화를 따르는 현재 추세에 따라 간단한 구조와 어떠한 조건에서도 사용할 수 있는 Standing surface acoustic wave(SSAW)를 이용한 SAW device 를 많이 사용하고 있다. SSAW 를 이용하여 미세입자들을 패터닝시키는 기존의 연구는 양쪽에서 출력되는 SSAW 에 결합에 의해 발생한 pressure node 에 입자들을 트래핑 시키는데 집중해왔다. 하지만 주파수, 삽입손실 등 조건에 따라 pressure node 가 미세하게 달라지기 때문에 입자들을 원하는 위치로 정확하게 패터닝하기는 어렵다.

따라서 본 연구에서는 삽입손실을 최소화하여 미세입자들의 속도를 예측하여 정확하게 패터닝할 수 있는 기반을 마련하고자 하였다. 하지만 Network analyzer 를 이용한 응답특성을 측정할 경우 입력과 출력에 대한 특성만 고려된다. 따라서 본 연구를 위해 실제 SAW device 와 동일한 해석모델을 구축하여 SAW device 의 Interdigital transducer (IDT)의 형태와 delay line 의 위치에 따른 삽입손실을 비교해보았다.

2. 이론적 배경

SAW device는 압전성을 갖는 기판 위에 빗살무늬 형태로 새겨진 IDT로 구성된다. 이 device를 통해 시그널 제너레이터에서 신호를 인가하면 IDT의 압축, 팽창에 의해 SAW가 발생한다.

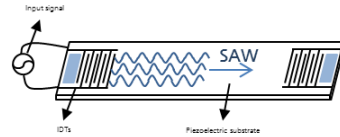


Figure 1 Schematic of SAW device and propagation

전체 주파수 응답특성은 중심주파수 중첩을 통하여 구할 수 있고 그 식은 다음과 같다. (1)

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{4 \times \text{width of IDT}} \quad (1)$$

$$H(f) = 2 \times (0.8 jK^2)^2 \frac{\sin M \pi x}{\pi x} \frac{\sin N \pi x}{\pi x} \quad (2)$$

위 식에서 λ , v , K^2 은 각각 파장, wafer에 따른 SAW의 전파속도, 압전계수에 해당하며 N , M 은 input과 output의 전극쌍 수에 해당한다. 압전계수의 제곱이 응답특성에 비례하므로 높은 압전계수를 갖는 물질을 선정함으로써 삽입손실을 줄일 수 있다. 본 연구에서는 삽입손실을 줄일 수 있도록 높은 압전계수(0.056)를 갖는 128°LiNbO_3 를 압전 기판으로 사용하였고(2) 중심주파수 13.74MHz인 SAW Device를 제작하기 위하여 IDT 의 폭은 71um (Single-IDT), 35.5um(Double-IDT) 로 두께는 5000Å, 전극쌍의 수는 30개로 하였다.

3. 측정 및 해석 결과

3.1 제작된 SAW Device의 측정 결과

† 박노철: 연세대학교 기계공학과
 E-mail : pnch@yonsei.ac.kr
 Tel : (02)2123-4677, Fax : (02)365-8460
 * 연세대학교 기계공학과

Figure 3 은 제작된 SAW Device를 Network analyzer를 이용하여 측정한 결과와 이론적 응답특성을 함께 나타내었다. Table 2에 측정 값과 이론적 응답특성에 Q factor 값을 정리하였다.

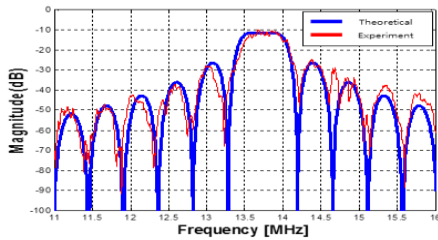


Figure 3 Frequency response of theoretical and network analyzer measurement result

Table 2 Q factor of theoretical and network analyzer measurement result

	Theoretical	Experiment
Q factor	33.6585	35.2577

13.74MHz를 기준으로 Q factor 값이 약 4 %의 오차를 보였다. 하지만 이론적 식으로 구한 전체 주파수 응답 특성은 Single-IDT와 Double-IDT에 대한 차이를 확인할 수 없어 실제 SAW device와 동일한 해석 모델을 구축하여 비교해보았다.

3.2 해석 결과

SAW Device의 진동을 분석하기 위해 COMSOL Multiphysics 4.3 프로그램을 활용하였다.



Figure 4 Schematic of SAW Device

해석은 Figure 4(a)와 같이 접지(0V), 전압(1V)을 교대로 적용하였고 바닥면은 고정시켰다. 실제 SAW Device의 IDT 두께는 5000Å로 매우 작기 때문에 효율적인 해석시간을 위하여 IDT 두께를 100um로 설정한 뒤 Single-IDT와 Double-IDT에 대한 해석을 진행하였다. Table 3에 이 값을 정리하였다. 또한 Figure 4(b)와 같이 SAW Device의 delay line에 일정한 간격으로 7개의 점을 찍어 그 위치에서의 변위도 비교해 보았다. 해석 결과와 실제 값을 비교해본 결과 Double-IDT가 약 3.19%의 오차를 가졌다. 또한 Single-IDT와 변위를 비교해 봤을 때 약 1.5배 더 큰 값을 가졌고 SAW Device의 delay line에 일정한 간격으로 7개의 점을 찍어 그 위치에서의 변위에 대해 해석해본 결과 위치에 따라 약 21배의 차이가 생겼다.

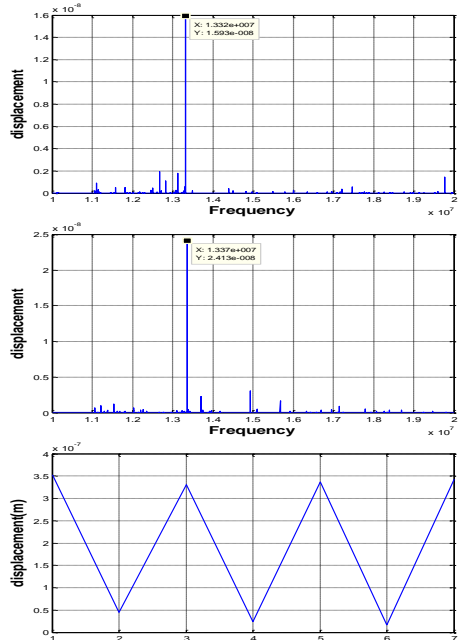


Figure 5 Simulation results of Single-IDT (T), Double-IDT (m), each points (B)

Table 3 Simulation results

	Single-IDT	Double-IDT
Frequency	13.32MHz	13.37MHz
(error)	(3.55 %)	(3.19 %)
displacement	15.93 nm	24.13 nm

4. 결론

본 연구에서는 Network analyzer를 이용하여 측정한 SAW Device의 주파수 응답특성과 이론적으로 계산한 값을 비교해 보았고 Single/Double-IDT에 대한 비교를 위해 실제 SAW device의 해석모델을 구축하여 그 값을 비교해보았다. Double-IDT의 변위가 약 1.5배 더 큰 값을 가졌고, 이를 통해 Double-IDT의 삽입손실이 더 작음을 확인할 수 있었다. 또한 추후 진행될 실험을 위해 SAW Device의 delay line에 일정한 간격으로 7개의 점을 찍어 각 위치에서의 변위의 변화를 해석해보았다.

참고문헌

- (1) Taek-Joo Lee and Duck-Jin Chung, "Implement of 70MHz IF Filter with slanted finger IDTs on 128° LiNbO₃ substrates", J. of KIEEME, Vol. 15, No.4, p. 327, 2002.