

## 결사슬형 폴리머를 이용한 광 변조기

## Optical modulator based on a novel side-chain polymer

박선택\*, 주정진, 도정윤, 박승구, 이명현

한국전자통신연구원 반도체.원천기술연구소, 광통신소자연구부

e-mail : spark@etri.re.kr

폴리머 전기광학 변조기는 넓은 변조대역, 낮은 구동전압, 빠른 응답속도, 및 쉬운 공정등의 잇점 때문에 관심이 집중되어 많은 연구가 되어져 왔다.[1] 최근에는 100GHz 이상에서 동작하거나 1V 이하의 구동전압을 갖는 폴리머 광 변조기가 보고된바 있으며 이는 저가의 광 변조기 개발의 가능성을 보여준다[2,3]. 그러나 폴리머 광 변조기는 기존의 광 변조기들에 비해 광 전과손실이 크고 열적 안정성이 낮다는 문제점등이 있다. 본 연구에서는 높은 전기광학계수와 유리전이온도를 갖는 폴리머를 개발하고 이를 이용하여 광 변조기를 제작하고 열적 안정성을 조사하였다.

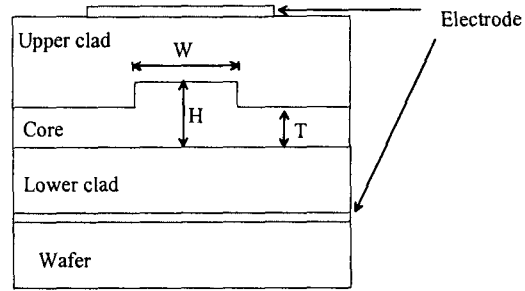
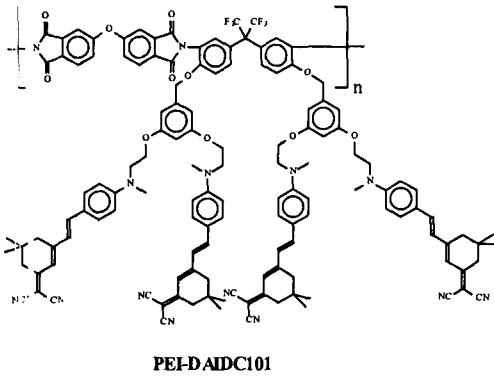
비선형 폴리머 물질로써 개발된 PEI-DAIDC는 [그림1]과 같이 polyetherimide를 주사슬로 하고 결사슬로 유기 발색단이 결합되어 있다. 특히 유기 발색단은 기존에 알려진 AIDC를 기본으로 하고 이를 hyper-branched structure를 갖는 거대 분자를 형성 시킴으로써 분자내의 강한 결합력과 분자간의 정렬성을 유도함으로써 높은 비선형성을 가질 수 있게 설계되었다. 또한 이러한 분자구조의 특징으로부터 높은 발색단 함량을 얻을 수 있었다. 기존의 손님-주인계(host-guest) 물질이나 폴리아릴계 물질과 비교하여 높은 유리전이 온도를 보임으로써 물질의 안정성을 높였으며 산란손실이 거의 측정되지않음으로써 높은 발색단 함량으로부터 발생할 수 있는 분자내 불균일 분포는 관찰 되지 않았다. 개발된 PEI-DAIDC의 전기광학계수는 32pm/V (@1550nm)이고 유리전이온도는 178°C이다.

제작된 폴리머 광 변조기는 마흐젠더 간섭계 형태로 설계되었으며, 총 길이는 3cm이고 한쪽 팔의 길이는 1.5cm이다. 광 도파로는 립 형태로 제작하였으며 단면은 [그림 2]와 같이 실리콘 웨이퍼 위에 하부 전극, 하부 클래드, 코어, 상부 클래드, 상부 전극 순으로 형성하였다. 광 도파로는 RIE 식각방법을 이용하여 제작하였으며 단일 모드조건을 만족시키기 위해 립 도파로의 크기(W, H, T)를 각각 6.5um, 4.5um, 3.7um로 하였다. 하부 전극은 실리콘 웨이퍼와 하부 클래드와의 접착성을 좋게 하기위해 Cr과 Au를 증착 하였고 상부 전극은 Au만을 증착하였다. 상.하부 클래드는 젠포토닉스에서 개발된 굴절률이 1.43인 ZPU430를, 코어는 ETRI에서 개발된 굴절률이1.68인 PEI-DAIDC를 스핀 코팅하여 형성하였다. 폴링은 PEI-DAIDC의 유리전이온도 근방인 175°C에서 100V/um의 전장을 인가하여 10분 동안 하였다.

[그림 3]은 제작된 폴리머 광 변조기의 특성을 나타낸 것으로 인가된 전압에 따른 광 출력특성을 보여준다. 입력 광의 파장은 1550nm이다. 구동전압은 10.5V, 소멸비는 18dB, 그리고 광 섬유와의 총 삽입손실은 13dB이다. 측정된 구동전압으로부터 제작된 광 변조기 코어의 전기광학 계수가 약 17pm/V정도임을 알 수 있다. 이는 PEI-DAIDC가 갖는 최대 전기광학 계수 값의 약 50%정도이므로 최적 폴링 조건에서 소자를 제작한다면 보다 향상된 특성을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

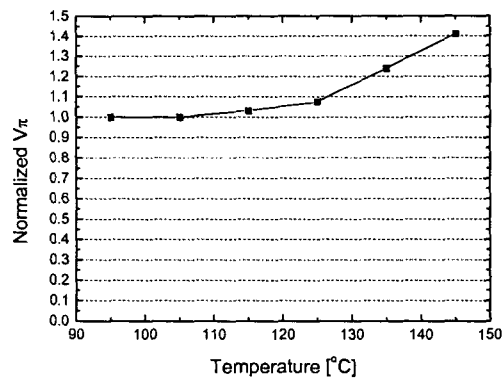
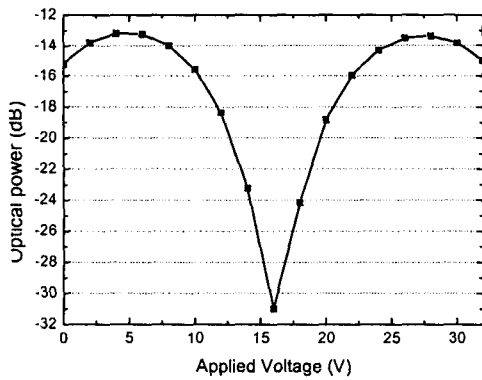
[그림 4]는 제작된 EO 스위치 칩의 열 안정성을 시험하기 위하여 hot plate에 95°C에서 145°C까지 10°C

간격으로 10분 동안 가열한 후 구동전압의 변화를 측정한 결과를 도시한 그래프이다. 110°C까지는 구동전압의 변화가 거의 없다가 125°C에서 10% 정도 증가하였음을 보여준다. 위의 결과는 기존에 발표된 전기광학 폴리머들 중에 열적 안정성이 가장 우수하며 이는 합성된 폴리머의 전이온도가 178°C로 매우 높기 때문인 것으로 해석할 수 있다.



[그림 1] PEI-DAIDC 폴리머의 구조

[그림 2] 광 도파로의 단면



[그림 3] 인가된 전압에 따른 광 출력특성

[그림 4] 가열 온도에 따른 구동전압특성

### Reference

1. M. Lee, et. al., "Polymer-based devices for optical communications," *ETRI Journal*, Vol. 24, no.4, pp.259-269, 2002.
2. D. Chen, et. al., "Demonstration of 110 GHz electro-optic polymer modulators," *Appl. Phys. Lett.*, vol 70, no.25, pp. 3335-3337, 1997.
3. Y. Shi, et.al., "Low(sub-1-volt) halfwave voltage polymeric electro-optic modulators achieved by controlling chromophore shape," *Science*, Vol.288, pp.119-122, 2000.