

論文98-35D-10-12

10 Gbps용 MQW 광변조기의 변조 성능 극대화를 위한 최적 패키지에 관한 연구

(Package Optimization for Maximizing the Modulation Performance of 10 Gbps MQW Modulator)

金炳南*, 李海英**

(Byoung-Nam Kim and Hai-Young Lee)

요 약

10 Gbps용 전계 흡수형 InGaAsP/InGaAsP 응력 완화 MQW (Multiple Quantum Well) 광변조기의 변조 성능은 패키징후 발생하는 기생 특성에 의해서 큰 영향을 받음을 확인하였다. 이 초고주파 기생 특성은 변조기의 변조 대역폭을 제한하고 처핑 변수를 증가시키는 요인이 된다. 따라서, 이러한 기생 성분중 고속·광대역 변조시 변조 성능을 크게 저하시키는 본딩와이어에 의한 유도성 기생성분을 최소화시키기 위해 유전체 몰딩된 이중 본딩와이어 구조를 제안하였다. 50 Ω 저항으로 병렬 중단된 MQW 광변조기에 제안된 본 구조를 이용할 경우, 패키징전에 비하여 변조 대역폭이 약 125 %가 확대됨을 확인하였다. 또한 이 구조를 이용할 경우 기존에 무시되었던 패키징 기생 특성에 의한 처핑 변수의 영향을 최소화시킬 수 있는 효과적인 방법이 됨을 확인하였다. 본 연구 결과는 10 Gbps 대역 이상의 초고속 외부 광변조기의 변조 성능 극대화를 위한 최적 패키지 구현 자료로서 유용하게 사용될 수 있다.

Abstract

The modulation performance of 10 Gbps electro-absorption InGaAsP/InGaAsP strain compensated MQW (Multiple Quantum Well) modulator module depends on the modulator as well as the package parasitics. The high frequency package parasitics resulting from various structural discontinuities, limit the modulation bandwidth and increase the chirp-parameter. Therefore, we propose the double bondwires embedded in dielectric materials to minimize the bondwire parasitics. Using the proposed structure with 50 Ω terminating resistor, the modulation bandwidth is greatly increased by 125 % than the bare chip and the chirp-parameter is also reduced. This technique can be used in optimizing the package of high speed external modulators.

* 正會員, 韓國情報通信大學院大學校 基礎電子工學部
(School of Electronics Engineering, Information and Communications University)

** 正會員, 亞州大學校 電子工學部
(School of Electronic Engineering, Ajou University)

※ 본 연구는 96년도 정보통신부의 연구비 지원에 의한 결과임(과제 번호 : U96-135)

接受日字:1998年6月11日, 수정완료일:1998年8月10日

I. 서론

현대 정보사회에서 요구하는 다양한 음성 정보, 화상 정보 및 방대한 데이터 정보를 기존의 전진(All-electric) 소자들로 이루어진 통신망으로 전송하기에는 부적합하다. 이에 따라 광 고유의 고속성, 광대역 특성의 장점을 활용하는 초고속 정보통신망(Information Super Highway)의 구현이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 국내에서는 범국가적인 차원에

서 이를 적극 개발 중에 있으며 일부 선진 연구소에서는 이미 10 Gbps용 외부 광변조기 레이저다이오드 (External Modulator Laserdiode; EML) 모듈의 완료와 더불어 40 Gbps용 EML의 개발에 착수하여 이를 이용한 광대역 정보 통신망 구현을 목표로 하고 있다. 이러한 광부품들의 고속화, 대용량화, 소형화, 저가격화를 위한 연구가 개발중임에 따라 광통신 모듈의 국제 경쟁력을 위해서는 첨단 광패키징 기술을 통한 성능향상 및 저가격화가 매우 중요하다.

실제 10 Gbps 이상의 광변조 모듈의 주파수 응답 특성은 핵심 소자들의 특성보다는 패키지 구조에 따른 고주파 기생 성분 및 주변회로에 의해 주로 결정된다. 이는 변조 소자는 매우 작은 평면 소자이고 구동 회로와의 연결선은 동축선이므로 이들 신호선간의 구조적 불연속으로 인한 여러 종류의 불필요한 기생 특성 때문에 발생하게 된다. 이러한 고주파 패키지 기생 성분으로는 용량성 기생성분과 유도성 기생성분으로 나눌 수 있다. MQW 광변조기의 내부 임피던스는 매우 큰 용량성 성분을 가지므로 변조기의 마운팅 (mounting) 후 발생하는 작은 병렬 용량성 기생성분보다는 직렬 유도 기생성분에 의하여 주파수 변조 특성이 주요하게 영향을 받게 된다. 이러한 본딩와이어에 의해 발생하는 유도성 기생 성분은 그 성분이 작을수록 MQW 광변조기의 공진 주파수를 증가시키므로 변조대역폭을 확대시키게 된다^[1]. 따라서, 본딩와이어에 의해 주요하게 발생하는 기생 인덕턴스를 감소시키기 위해서는 본딩 길이를 감소시키는 것이 일차적인 해결 방법이다. 그러나, 광소자간의 광학적인 정렬과 부품간의 접속 공정 및 본딩 공정을 용이하게 하기 위해서 무조건 본딩길이를 감소시킬 수는 없다. 그러므로, 본딩 길이는 그대로 유지하면서 효과적으로 인덕턴스 성분을 감소하는 방안이 필요하다. 본 논문에서 제안하는 플라스틱 유전체 (에폭시 계열의 FR-4, $\epsilon_r=4$)로 몰딩된 이중 본딩와이어 구조는 본딩 길이는 그대로 유지하면서 본딩와이어의 커패시턴스 성분을 광대역에 걸쳐 증가시키므로써 광변조기의 변조대역폭의 확대에 효과적으로 사용될 수 있다.

또한, 광통신 시스템에서 전송거리 \times 비트율² ($L \times B^2$)를 제한하는 가장 주요한 요인으로 처핑 변수를 들 수 있다^[2, 3]. 근래 처핑 값이 매우 낮은 light emitters로서 LiNbO₃ Mach-Zender modulator^[4], electro-absorption modulator^[5], 단일 집적 기판

을 이용한 DFB-laser modulator^[6] 그리고 DBR-laser modulator^[7] 등을 이용한 많은 연구 결과가 발표되고 있다. 그러나, 이러한 처핑의 원인으로는 light emitter 자체의 고유 특성^[8] 뿐 아니라 패키지 방법에 의해서도 그 값이 큰 영향을 받게 된다. 즉, 작은 처핑 특성을 갖는 광원일수록 외부 회로의 다양한 불연속 특성에 의해서 큰 영향을 받게 된다. 이러한 처핑 값을 증가시키는 주된 요인으로는 역시 광변조기에 연결되는 본딩와이어의 기생인덕턴스 성분들 수 있다. 따라서, 상기의 방법으로 제안된 에폭시 몰딩된 이중 본딩와이어를 이용하여 유효 기생 인덕턴스를 감소시키므로써 패키징된 모듈의 전체 시스템 성능을 극대화할 수 있다.

본 논문에서는 외부 광변조기를 이용한 광송신 모듈에서의 최적 패키지 구조로 이중 본딩와이어에 에폭시 몰딩된 구조를 제안하였다. 이는 광변조기의 변조대역폭을 확대함과 동시에 패키징된 광변조기의 처핑 변수를 최소화 할 수 있는 구조이다. 본 구조는 그 공정의 간단성과 저가의 에폭시 계열의 물질을 이용한 것으로 그 동안 고부가가치 산업이면서 취약했던 국내의 광패키징 기반 기술에 미치는 파급 효과를 기대한다.

II. 패키지의 제작 및 실험 방법

1. MQW 광변조기 패키지용 기판의 제작

그림 1의 (a)는 10 Gbps용 전계 흡수형 외부 광변조기의 패키지를 위해 제안된 알루미늄 구동 기판의 구조도이다. 기판의 고주파 신호 전송선로로는 두께 25 mil, 폭 25 mil 구조로서 전원 저항과 동일한 50 Ω 특성 임피던스를 갖는 마이크로스트립을 이용하였다. 마이크로스트립의 한쪽 끝은 종단 저항을 통하여 동일 평면상의 접지면과 연결되며 이 종단 저항은 변조기의 전력 효율과 변조 대역폭 확대를 모두 고려하여 50 Ω 으로 하였다. 이 종단 저항 값은 작을 경우 변조 대역폭의 확대 측면에서 유리한 반면, 반대의 경우 전력 효율을 개선시킬 수 있는 특성이 있다. 종단 저항의 경우 칩 저항 (chip resistor) 또는 박막 저항 (TFR; Thin Film Resistor)을 이용할 수 있으나 본 구조에서는 광집적회로의 집적도를 향상시키기 위해서 박막 저항을 이용하였다. 평면 구조를 갖는 MQW 광변조기는 바닥의 n-전극을 종단 저항의 바로 다음의 접지면 위에 마운트시키고, p-전극은 본딩와이어를 이

용하여 마이크로스트립과 직접 연결된다. 여기에 사용되는 일반적인 본딩 방법으로는 단일와이어 본딩, 이중와이어 본딩, 리본 본딩 등이 사용될 수 있다. 마이크로스트립의 나머지 다른 한쪽은 외부와의 신호 공급선인 SMA 커넥터와 납땜으로 연결된다. 그림 1(b)는 그림 1(a)에 대한 실제 제작도의 사진이다. 일반적으로 소자의 측정시 소자와 측정 장비와의 효율적인 측정을 위해 일종의 매개 소자인 측정 기구 (test fixture)를 사용하게 되는데 그림의 알루미늄 기판은 구리 (copper)를 이용하여 설계된 측정 기구위에 마운트되었다. 이 알루미늄 기판은 광변조기의 마운팅 및 본딩 공정과 구동 기판의 각 구조에 따른 정확한 특성화 (characterization) 작업을 위해 최대 변조신호 파장의 약 6배인 5.9 mm의 긴 구조로 제작되었다.

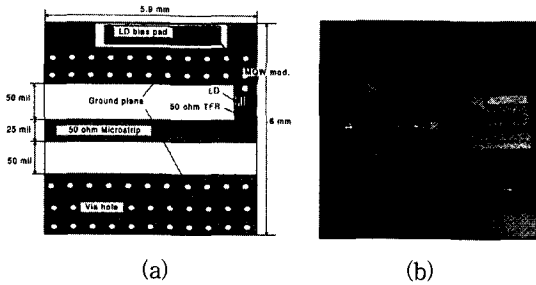


그림 1. 알루미늄 기판을 이용하여 설계된 (a) 구조도와 (b) 제작도
 Fig. 1. Designed. (a) and fabricated (b) package structure using the alumina substrate

2. 제작된 MQW 광변조기의 내부 특성 추출 (De-embedding) 방법

그림 1의 제작된 구조를 회로망 분석기를 이용하여 측정할 경우 그림 2와 같이 마이크로스트립, SMA 커넥터 및 다양한 패키지 기생 성분들이 포함되어 있다. 따라서, 패키지 기생성분에 따른 광변조기의 변조 특성 변화를 분석하기 위해서는 우선 광변조기 자체만의 특성 추출이 필요하다. 이를 수행하기 위해서는 변조기 바로 앞단까지 측정 기준 위치 (reference plane)를 이동시킨 후 변조기의 특성을 측정해야 한다. 이러한 방법으로는 두가지 접근방법이 있는데 우선 마이크로스트립 기판의 calibration standards 구조를 제작해 직접 기준 위치를 변조기 앞까지 옮기는 방법의 하나와, 두 번째로는 패키지 기생 성분의 de-embedding 작업을 통해 추출된 기생 성분을 제거하는 방안이 있다. 본 논문에서는 시뮬레이션 값과 측정값

들 사이에 서로 잘 일치함에 따라 첫 번째 방법을 이용하였다. 따라서, 측정된 각 산란 계수를 직렬 결합 형태의 행렬인 R-matrix (normalized wave cascading matrix)로 변환한 다음, 커넥터와 마이크로스트립의 $R_{co}R_{M/S}$ 의 역 행렬을 측정된 R_{total} 에 곱하므로써 식 (3)과 같이 원하는 광변조기만의 R-matrix를 추출해 낼 수 있다. 이로부터 다시 산란계수로의 역변환을 통해 변조기만의 산란 계수, S_{mod} 를 얻을 수 있다.

$$S_i \rightarrow R_i \tag{1}$$

$$R_{total} = R_{co}R_{M/S}R_{mod} \tag{2}$$

$$(R_{co}R_{M/S})^{-1} R_{total} = R_{mod} \tag{3}$$

$$R_{mod} \rightarrow S_{mod} \tag{4}$$

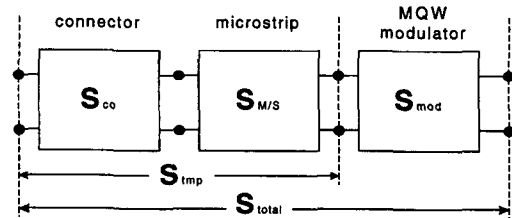


그림 2. 패키징된 광변조기의 전체 산란계수 블록도
 Fig. 2. Total s-parameter block diagram of packaged modulator.

III. 해석 및 측정 결과

1. MQW 광변조기 패키지의 고주파 모델 및 기생 성분 추출

그림 3은 MQW 광변조기가 그림 1의 구조에 패키징됨에 따른 고주파 등가 회로를 나타낸 것이다. 이 등가회로에 나타난 각 소자들의 값은 실제, MQW 광변조기 모듈의 산란 계수(S-parameter) 측정값으로부터 그림 3과 같이 모델링된 MQW 등가회로의 산란 계수 시뮬레이션 값을 서로 비교하여 최적화(optimization)한 결과이다. 최적화 방법으로는 HP사의 MDS (Microwave Design System)에 내장된 gradient optimization 방법을 이용하였다.

MQW 광변조기는 내부적으로 작은 직렬저항 성분과 병렬 형태의 큰 용량성 성분 및 교류저항으로 모델링될 수 있다^[9]. 이 교류저항 성분은 빛의 흡수 과정에서 유기되는 광전류에 의해 발생된다. 측정 기구에 마운트된 알루미늄 구동 기판의 경우 다양한 구조적

불연속 특성을 갖게 된다. 측정 장비로 사용된 광파 회로망 분석기 (HP 8703A lightwave analyzer)의 동축 케이블과 SMA 커넥터와의 coax-to-coax 변환과, SMA 커넥터와 마이크로스트립과의 coax-to-microstrip 변환뿐만 아니라 본딩와이어에 의한 패키징 기생 특성이 발생되게 된다. 측정 장비와 커넥터 사이의 변환 특성은 매우 우수하나, 상대적으로 SMA 커넥터와 마이크로스트립 사이의 변환에는 균일 전류 분포 구조에서 비균일 전류 분포로의 변환에 의해 큰 불연속 특성이 발생하게 되며 이는 직렬 기생 인덕턴스 (L_s)와 병렬 기생 커패시턴스 (C_p)로 나누어 각각 등가 모델링될 수 있다^[10]. 이 기생 성분은 각각을 최소화하거나 또는 이 점에서의 특성 임피던스 ($Z_0 = \sqrt{L_s/C_p}$)를 50Ω 로 구현하는 것이 중요하다. 패키지 구조 및 방법에 따라 각각 다를 수 있지만 일반적으로 직렬 기생 인덕턴스는 대략 0.1 nH에서 심할 경우 0.9 nH까지 측정되고 있으며 병렬 기생 커패시턴스는 약 1 fF~0.2 pF 정도로 관측되고 있다.

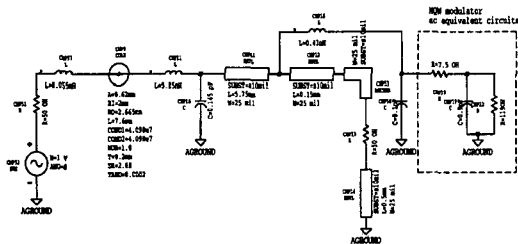


그림 3. 알루미늄 기판에 패키징된 광변조기 모듈의 측정값으로부터 최적화된 등가회로

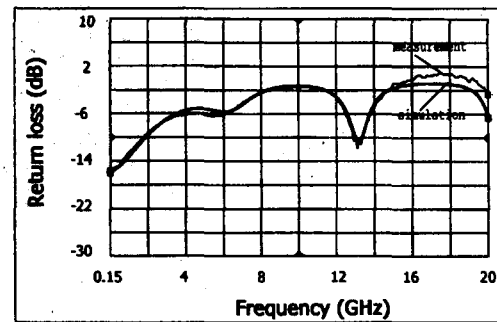
Fig. 3. Optimized equivalent circuit of the alumina packaged modulator module from measured data.

또한, 본딩와이어 구조에 의한 경우 얇은 와이어에서의 높은 전류 밀도로 인해 자속이 증가됨에 따라 이는 인덕턴스 성분으로 모델링될 수 있다. 이 구조에 대한 정확한 해석은 모멘트 (MoM)법을 통한 정량적인 계산이 가능하다. 이 본딩와이어의 기생 인덕턴스 성분은 직접적으로 광변조기의 정전 용량 및 병렬 저항과의 상호 공진 특성에 의해서 변조대역폭을 결정할 뿐 아니라 처핑 성분의 최소화를 위한 주요한 요소가 된다.

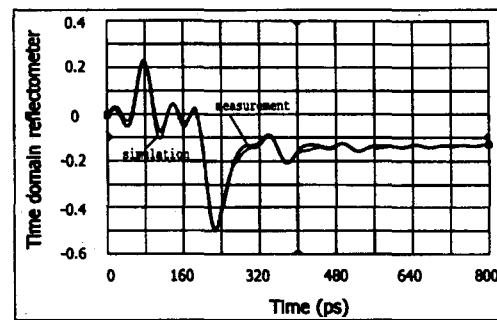
2. 고주파 측정 결과 및 비교

그림 4는 실제 MQW 광변조기가 패키징된 모듈의

측정 결과와 그림 3의 등가회로의 시뮬레이션 결과를 함께 나타낸 것이다. 그림 4 (a)의 경우 주파수에 따른 입력단에서의 반사 손실을 나타낸 것으로 측정값과 시뮬레이션 값이 매우 잘 일치함을 확인할 수 있다. 주파수가 증가함에 따라 반사 손실은 크게 증가하게 되는데 이는 광변조기의 높은 내부 정전용량과 상대적으로 두꺼운 마이크로스트립 기판 두께 ($635 \mu\text{m}$)의 분산 특성 때문이다. 그림 4 (b)는 그림 4 (a)의 주파수 영역의 S-parameter 결과를 역 푸리에 변환 (inverse Fourier transform) 한 뒤 시간에 따른 반사 성분 (TDR; Time Domain Reflectometer)을 나타낸 결과이다. 그림에서 약 78 ps에서의 0.22의 반사 성분은 7.6 mm 길이의 SMA 커넥터 끝에서 발생된 유도성 기생성분과 용량성 기생성분의 불연속 특성에 의해서 기인한다.



(a)



(b)

그림 4. 알루미늄 패키징된 광변조기의 (a) 반사 손실과 (b) 시간축 반사 특성

Fig. 4. Return loss. (a) and time domain reflectometer (TDR) (b) of alumina packaged modulator

그림 5는 알루미늄 기판에 패키징된 광변조기의 측정된 산란 계수 결과로부터 MQW 광변조기 소자만의 특성을 추출 (de-embedding) 해낸 결과이다. 또한,

그림 2에서 모델링된 광변조기만의 등가회로에 대한 시뮬레이션 결과도 함께 비교하여 나타내었다. 실제 광변조기의 소신호 응답 특성 측정에서는 광변조기의 특성뿐만 아니라 광수신기 (photo-detector)의 특성까지 포함되어 있다. 즉, 광수신기의 수신 성능이 전주파수 영역에서 균일한 응답 특성을 갖고 있을 경우 그림에서와 같이 약 6 GHz에서의 특성 차이를 나타내게 된다. 따라서, 제작된 변조기만의 3 dB 변조대역폭은 약 4 GHz 라고 볼 수 있다. 또한, 17 GHz 대역 이상에서의 측정값과 시뮬레이션 값의 차이는 변조기의 시뮬레이션 등가 모델에서 주파수에 따른 각 변수의 변화를 고려하지 않은 것에 기인한다.

3. 에폭시 몰딩된 이중 본딩와이어를 이용한 최적 패키지의 구현

그림 5에 나타난 결과와 같이 상대적으로 좁은 대역폭을 갖는 광변조기는 추가적으로 연결되는 병렬 종단 저항 (50 Ω)에 의해 변조 대역폭을 증가시킬 수 있다. 그러나, 이 종단 저항은 저항 손실을 증가시킴에 따라 전력 구동 효율을 나쁘게 만드는 요인이 된다. 실제 50 Ω 종단된 이러한 광변조기의 변조 대역폭은 패키징시 발생하는 다양한 기생 성분 때문에 의해서 큰 영향을 받는다. 그중 변조기의 내부 정전 용량과 공진 특성을 일으키는 본딩와이어의 유도성 기생성분에 의한 영향이 가장 중요하다.

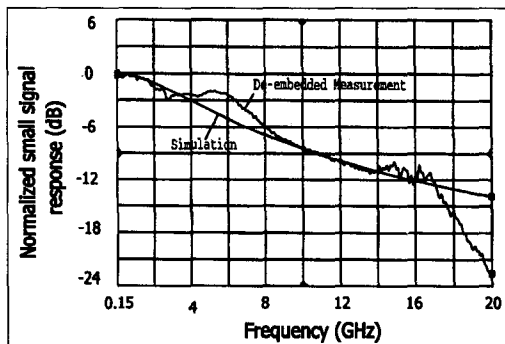


그림 5. 추출 (de-embedding)된 광변조기만의 소신호 응답 특성
Fig. 5. De-embedded small signal response of modulator.

그림 6은 그림 2의 등가회로에 본딩와이어의 유도성 기생성분을 변화시킴에 따른 광변조기의 소신호 응답 특성을 나타낸 결과이다. 그림 6에서 측정값으로는 약 0.8 mm 길이의 단일 본딩와이어로 본딩한 경우로,

그림 2의 등가회로의 시뮬레이션 값에서 본딩와이어의 인덕턴스를 0.43 nH로 하였을때의 시뮬레이션 값과 잘 일치함을 확인할 수 있다. 16 GHz 이상의 고주파수 대역에서의 약 3 dB 차이는 등가회로에서 능동 소자인 광변조기의 모델을 주파수 비의존적인 것으로 간단히 사용함에 따른 결과이다. 약 13 GHz를 중심으로 나타나는 기생 성분에 의한 공진 특성은 패키징된 광변조기의 처핑 특성을 더욱 증가시키는 원인이 된다. 따라서, 유도성 기생성분에 의해서 주요하게 발생하는 이 공진 특성의 효과적인 감소방안이 매우 중요하다. 또한 일반적으로 고밀도 집적회로에서 사용될 수 있는 0.8 mm 와이어 길이 구조에 50 Ω 종단 저항을 연결하였을 때 변조대역폭은 8 GHz이며 이는 패키징되기 전에 비하여 3 dB 대역폭이 100 % 증가하였다. 그러나, 본딩와이어의 인덕턴스를 1 nH, 2 nH로 변화시킴에 따라 3 dB 대역폭은 각각 7.1 GHz, 5.6 GHz로 감소함을 확인할 수 있다. 따라서, 본딩와이어의 유도성 기생성분의 값을 감소시킬수록 변조대역폭 확대에 유리함을 알 수 있다. 그러므로 본딩와이어의 길이에 의해서 주요하게 발생하는 유도성 기생성분을 감소시키기 위해서는 본딩길이를 감소시켜야 하나, 광소자간의 광학적인 정렬과 부품간의 접속 및 본딩 공정을 일정히 유지하기 위해 무조건 본딩길이를 감소시킬 수는 없다. 또한, 리본 본딩을 이용하는 방법이 있으나 이는 본딩 시 칩에 과도한 스트레스를 발생시킬 수 있을 뿐만 아니라 대역폭 최대화를 위해 유도성 기생성분을 약 0.15 nH 이하로 감소시키기는 어렵다.

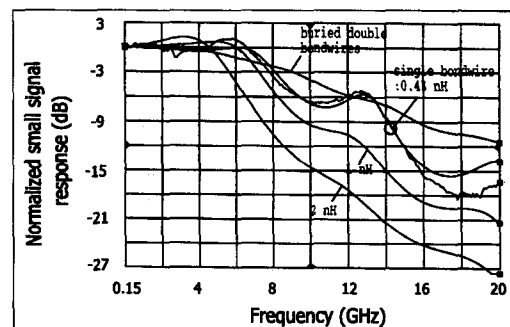


그림 6. 본딩와이어의 기생 인덕턴스 변화에 따른 패키징된 광변조기의 변조대역폭
Fig. 6. Modulation bandwidth of the packaged modulator to parasitic bondwire inductances.

반면, 이중 본딩와이어를 사용하므로 유도성 기생성

분을 약 1/2로 감소시킨 다음, 다시 에폭시를 몰딩함으로써 광대역에 걸쳐 본딩와이어의 용량성 기생성분을 증가시킬 수 있다. 따라서, 이 방법은 본딩와이어에서 발생하는 전체 유효 유도성 기생성분을 약 0.1 nH 이하로도 감소시킬 수 있는 효과적인 방법이 된다^[11]. 비유전율이 4인 에폭시 계열의 FR-4를 사용하여 와이어 길이가 0.8 mm이고, 각 와이어간의 사이 간격이 0.2 mm인 이중와이어에 몰딩하고 또한 SMA 커넥터의 종단인 coax-to-microstrip 불연속 지점에도 에폭시로 몰딩함으로써 패키지 전체에 대한 유효 유도성 기생성분을 크게 감소시켰다. 해석 결과, 제안된 구조를 이용할 경우 변조대역폭은 9 GHz로 증가되어 패키징되기 전에 비하여 전체적으로 약 125 %가 개선됨을 확인할 수 있다. 이 구조에 대한 모멘트법 해석에서는 각 선형 와이어를 2 차 선형 분할로 세분화하였으며, 산란 계수 (S-parameter)와 특성 임피던스를 구한 후, 이로부터 다시 유효 리액턴스를 계산하였다.

4. 기생 성분별에 따른 광변조기의 처핑 변수 변화

레이저다이오드와 광변조기가 집적된 모듈에서 발생하는 처핑의 원인은 크게 광변조기에 의한 것과 레이저다이오드에 의한 것으로 구분할 수 있다. 전계 흡수 효과를 이용하는 광변조기는 외부에서 전계가 인가됨에 따라 광변조기의 굴절율이 변화함에 따라 발생하게 되고, 두 번째로 광변조기의 종단에서 광신호가 다 전파되지 못하고 반사된 일부 광신호가 다시 레이저다이오드로 궤환 (feedback)되어 레이저다이오드의 발진 조건을 변화시킴에 따라 기인하게 된다^[8]. 처핑 변수의 측정 방법은 소신호 변조된 광신호를 광섬유를 통해 전송시킨 주파수 응답 특성으로부터 쉽게 측정할 수 있다^[21].

그림 7은 본딩와이어 유도성 기생성분의 변화에 따른 광변조기의 처핑 변수를 측정된 결과이다. 본딩 방법으로는 폭 0.125 mm, 길이 0.5 mm의 리본 본딩와이어와, 0.8 mm, 2 mm의 길이로 구현된 두가지 단일 본딩와이어를 이용한 경우에 대한 측정 결과이다. 광변조기에 바이어스 전압을 인가하지 않았을 때 유도성 기생성분이 작은 리본 본딩의 경우가 상대적으로 유도성 기생성분이 큰 단일 본딩와이어의 경우에 비하여 다소 큰 값을 가지지만 변조기에 역바이어스 전압을 점차 인가시킴에 따라 오히려 리본 본딩의 경우가

더 작은 처핑 변수를 가짐을 확인할 수 있다. 즉, 일반적으로 역바이어스 전압을 인가후 구동시키는 MQW 외부 광변조기의 경우 기생 인덕턴스의 값이 작을수록 처핑 변수 역시 감소함을 확인할 수 있다. 따라서, 비록 본 측정에서는 사용되지는 않았지만 상기에 제안된 에폭시 몰딩된 이중 본딩와이어를 사용할 경우 유효 유도성 기생성분을 약 0.1 nH 이하로 크게 감소시킬 수 있으므로 처핑 변수의 감소 방안이 매우 유리함을 알 수 있다.

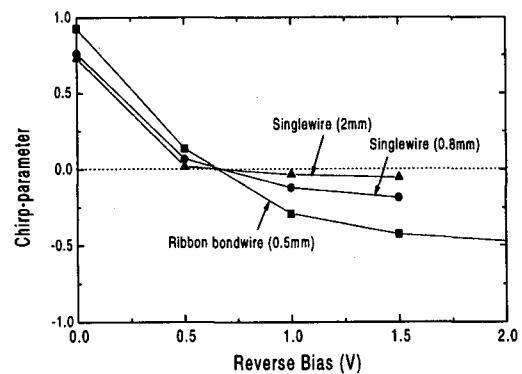


그림 7. 본딩와이어의 인덕턴스에 따른 처핑 변수 측정

Fig. 7. Measured chirp parameters to bondwire inductances.

IV. 최적 패키지 구조를 위한 토의 및 제안

상기한 결과로부터 MQW 광변조기가 패키징된 모듈의 측정된 값으로부터 광대역에 걸쳐 발생하는 다양한 기생 성분들에 대해 고찰해 보았다. 고찰 결과, 변조기의 변조대역폭 및 처핑 변수를 제한하는 주요한 패키지 기생 성분으로는 본딩와이어에 의한 유도성 기생성분임을 확인하였다. 이는 MQW 광변조기가 전기적으로 커패시턴스와 병렬 저항으로 등가되기 때문에 직렬 연결되는 유도성 기생성분에 의해 공진 특성이 결정된다. 즉, 유도성 기생 성분이 클수록 변조대역폭이 감소될 뿐 아니라 주파수 응답 특성에서의 리플 현상이 심각하며 이에 따라 처핑 변수도 크게 증가하게 된다. 그러나, 제안된 에폭시 몰딩 구조를 통해 유도성 기생성분을 감소시키는 방안은 이를 해결하는데 매우 효과적임을 확인하였다. 이 방법은 패키징에 따라 광변조기에 전달되는 변조 신호의 크기를 최대화함으로써 유효 처핑 상수를 효과적으로 감소시키게 된다.

V. 결 론

본 논문에서는 10 Gbps용 광변조 모듈의 변조대역폭 확대 및 저-치핑 특성을 갖는 최적 패키지 방안으로 에폭시 몰딩된 이중 본딩와이어를 제안하였다. 이 구조는 이중 본딩와이어에서 발생된 유도성 기생성분을 비유전율이 4인 저가의 플라스틱 에폭시를 통하여 광대역 커패시턴스 성분을 증가시킴으로 유효 유도성 기생성분을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 고찰 결과, 측정된 광변조기의 등가 용량성 성분이 0.9 pF인 경우에 대하여 50 Ω 종단저항에 0.8 mm 단일 본딩와이어로 패키징하였을 경우 패키징전에 비하여 약 100%의 변조대역폭이 개선되었으며, 이에 다시 동일 길이의 이중 본딩와이어에 에폭시 몰딩 구조를 사용하였을 경우 25%의 추가적인 개선을 기대할 수 있음을 확인하였다. 또한, 이 구조를 이용하였을 경우 패키지에 의해 발생하는 기생 인덕턴스에 의한 유효 치핑 상수를 효과적으로 감소시킬 수 있음에 따라 저-치핑 광변조기의 패키지에 매우 유리함을 알 수 있었다.

본 구조는 이중 본딩와이어를 저가의 에폭시 계열의 FR-4 플라스틱 물질로 간단히 몰딩하는 구조로서 그 구현 및 공정이 간단할 뿐 아니라 광패키징 개선에 따른 추가적인 비용 발생이 없다. 따라서, 제안된 구조는 취약한 국내 광패키징 기술 자료로 사용될 수 있을 뿐만 아니라 고비용의 광패키징 시장에 있어서의 가격 경쟁력을 크게 향상시킬 수 있으리라 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 김병남, 이해영, "MQW 광변조기의 변조대역폭 확대를 위한 실장 기생 인덕턴스의 최적화," 대한전자공학회지, 제 34권 D편, 제 6호, pp. 20-26, 1997년 6월

[2] F. Devaux et al., Simple Measurement of Fiber Dispersion and of Chirp Parameter of Intensity Modulated Light emitter, Jour. Of Lightwave Technol. vol. 11, no. 12, pp. 1937-1940, Dec. 1993.

[3] J. C. Cartledge and G. S. Burley, "The Effect of Laser Chirping on Lightwave System Performance," J. Lightwave Technol., vol. LT-7, pp. 568-574, 1989.

[4] A. H. Ganuck al., Dispersion Penalty Reduction using an Optical Modulator with adjustable Chirp, IEEE Photonics Technology Lett., vol. PTL-3, 10, pp. 916-918, 1991.

[5] M. S. Whalen et al., Variation of Frequency Chirp with Wavelength in an InGaAsP/InP Multiple Quantum Well Modulator, IEEE Photonics Technology Lett., vol. PTL-3, pp. 451-453, 1991.

[6] M. Aoki et al., High-Speed (10 Gbit/s) and low-drive-voltage (1 V peakto prak) InGaAs/InGaAsP MQW Electroabsorption-modulator integrated DFB laser with semi-insulating buried hetero-structure, Electron Lett., vol. 28, 12, pp. 1157-1158, 1992.

[7] G. Raybon et al., Gain-Switching of DBR laser monolithically integrated with electroabsorption modulator for RZ transmission, Electron Lett., vol. 28, pp. 188-190, 1992.

[8] D. Lesterlin, S. Artigaud, H. Haisch, "Integrated Laser/Modulators for 10 Gbit/s Systems," ECOC '96, Oslo, pp. 3.183-3.190.

[9] T. H. Wood, "Multiple Quantum Well (MQW) Waveguide Modulators," IEEE J. Lightwave Technology, vol. 6, no. 6, pp. 743-757, June. 1988.

[10] K. C. Gupta, R. Garg, I. Bahl, P. Bhartia, Microstrip Lines and Slotlines, Artech House, second edition, 1996, pp. 34-37.

[11] 김성진, 윤상기, 이해영, "초고주파 소자 실장을 위한 유전체를 이용하는 본딩와이어 기생 효과 감소 방법," 전자공학회 논문지 제34권 D편 제2호, 1997. 2, pp. 1-9

저 자 소 개

金 炳 南(正會員) 第 34卷 D卷 第 6號 參照
 현재 한국정보통신대학원대학교 기초
 전자공학부 박사과정 재학중

李 海 英(正會員) 第 33卷 A編 第 7號 參照
 현재 아주대 전자공학과 부교수