

論文98-35D-9-12

확장된 새로운 층 방법을 이용한 사다리꼴 회절격자의 TM 모드의 결합계수 계산

(Extended Additional Layer Method for the Calculation of TM mode coupling coefficient for Trapezoidal Gratings)

趙成贊*, 李東燦*, 金富均*

(Sung-Chan Cho, Dong-Chan Rhee, and Boo-Gyoun Kim)

요 약

확장된 새로운 층 방법을 이용하여 사다리꼴과 삼각형 형태의 회절격자 구조를 가지는 5층의 DFB 구조 소자의 TM 모드의 결합계수를 계산 하였다. TM 모드의 unperturbed 필드 분포를 쉽게 계산하기 위하여 회절격자 영역의 비유전상수의 역수를 종축과 횡축 양 방향으로 평균값을 취하여 새로이 설정하는 층의 비유전상수의 역수가 되도록 설정하였다. 확장된 새로운 층 방법이 TM 모드의 결합계수 계산에도 유용하게 사용될 수 있음을 회절격자 영역의 등분할 층수를 6층까지 늘려가며 self-consistent하게 검증하였다.

Abstract

TM mode coupling coefficients for a generic five-layer DFB structure with trapezoidal and triangular gratings are calculated using the extended additional layer method. To determine the unperturbed field distributions of TM modes, a grating region is replaced by a new uniform layer whose inverse dielectric constant is the average value of the inverse dielectric constant of grating region in both longitudinal and transverse directions. Based on the self-consistent check, the validity of this method is established by comparing the results calculated by partitioning the grating region up to six uniform layers.

I. 서 론

결합계수는 Distributed Feedback(DFB) 구조 소자의 특성을 결정하는 가장 중요한 파라메타이다. 결합모드 이론을 이용하여 결합계수를 구하는 대표적인 방법에는 같은 면적 방법^[1]과 새로운 층 방법^[2], 그리고 기하광학 방법^[3,4]이 있다. 이 중 새로운 층 방법에 의한 계산 결과가 다른 방법보다 좀 더 정확한 계산 결과를 보인다고 알려져 있다^[5].

새로운 층 방법에서는 unperturbed mode의 필드 분포를 계산하기 위하여 unperturbed 광도파로 구조를 설정할 때 회절격자 영역을 광도파로를 구성하는 새로운 층으로 설정한다. 이 때 TE 모드의 경우는 회절격자 영역의 비유전상수의 종축방향으로의 평균값을 새로운 층의 비유전상수로 설정하고 TM 모드의 경우는 회절격자 영역의 비유전상수의 역수를 종축방향으로 평균값을 취하여 그 층의 비유전상수의 역수로 설정하였다. 이 방법을 사용하여 사다리꼴과 같은 임의의 형태를 가지는 회절격자의 결합계수를 계산할 경우 새로운 층의 비유전 상수가 횡축방향으로 변화하는 함수이어서 unperturbed mode의 필드 분포를 구하기가

* 正會員, 崇實大學校 電子工學科
(Dept. of Electronic Engineering, Soongsil University)
接受日字:1998年4月28日, 수정완료일:1998年7月3日

매우 어려웠다. 따라서 TE 모드의 경우 임의의 형태를 갖는 회절격자의 unperturbed mode의 필드 분포를 비교적 쉽게 구하기 위하여 새로이 설정하는 층의 굴절율이 상수가 되도록 설정하는 확장된 새로운 층 방법이 최근 제안되었다^[6]. 확장된 새로운 층 방법에서는 회절격자 영역을 종축과 횡축 양방향으로의 비유전상수의 평균값을 새로이 설정하는 영역의 비유전상수로 설정하여 결합계수를 쉽고 정확하게 계산하였다.

DFB 구조 또는 DBR 구조를 사용하는 반도체 광 증폭기가 광 스위칭 시스템에 사용되는 경우 TE 모드의 결합계수 뿐만 아니라 TM 모드의 결합계수도 동작 특성에 큰 영향을 준다^[7]. $\lambda/4$ -shifted 또는 complex-coupled DFB 레이저 광 편광 쌍안정(optical polarization bistability) 소자에 TM 모드가 입사하는 경우 1ns 이하의 짧은 스위칭 시간과 모드 hopping 문제를 개선할 수 있다는 장점을 갖는다. 이러한 광 편광 쌍안정 소자의 경우 쌍안정성(bistability)가 결합계수의 값에 크게 영향을 받다고 알려져있다^[8,9]. 따라서 임의의 형태의 회절격자를 갖는 DFB 구조 소자의 TM 모드의 결합계수 계산이 필요하다. 본 논문에서는 TM 모드의 결합계수 계산에도 참고문헌 [6]에서 제안된 확장된 새로운 층 방법이 유용하게 사용될 수 있음을 보였다.

TM 모드의 unperturbed field 분포를 구하기 위하여 회절격자 영역의 비유전 상수의 역수를 종축과 횡축 양 방향으로의 평균값을 취하여 새로이 설정하는 층의 비유전상수의 역수로 설정하였다. 이 방법의 유효성을 회절격자 영역의 등분할 층수를 6층까지 늘려가며 self-consistent 하게 검증하였다. 회절격자의 영역을 분할하는 층수가 늘어남에 따라 결합계수의 차이 비율이 작아져 결합계수가 어떤 값에 수렴함을 볼 수 있었다. 사다리꼴 회절격자의 경우 회절격자를 6개의 층으로 등분할 하여 계산한 결합계수와 단일 층으로 놓고 계산한 결합계수의 차이 비율은 0.48% 이하이었으며 삼각형 회절격자의 경우는 0.64% 이하이었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 TM 모드의 결합계수에 대한 수식을 보였으며 TM 모드의 결합계수 계산에 사용되는 확장된 새로운 층 방법에 대하여 설명하였다. 3장에서는 계산 결과의 분석을 통하여 확장된 새로운 층 방법이 TM 모드의 결합계수 계산에도 유용함을 보였다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺었다.

II. 수식 유도

그림 1과 같이 z축 방향으로 비유전상수가 주기적으로 변화하는 회절격자가 있을 때 비유전상수는 다음과 같이 표현할 수 있다^[2].

$$\frac{1}{\epsilon(x, z)} = B_0(x) + \sum_{q \neq 0}^{\infty} B_q(x) \text{Exp}[i2\pi qz/\Lambda] \quad (1)$$

여기서 $B_0(x)$ 는 각층에서의 유전상수의 역수이고, 회절격자 영역에서는 종축과 횡축 양방향으로의 비유전상수의 역수의 평균치이고, $B_q(x)$ 는 perturbed 비유전상수의 역수에 대한 푸리에계수이고, 그리고 Λ 는 회절격자의 주기이다.

결합모드 이론에 의하여 결합계수를 계산할 경우 unperturbed mode의 필드 분포를 구하기 위하여 unperturbed 광도파로 구조를 설정해야 한다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 새로운 층 방법은 unperturbed 광도파로를 설정할 때 회절격자 영역을 도파로를 구성하는 하나의 새로운 층으로 추가 설정한다. 따라서 회절격자를 갖는 5층 구조의 경우 unperturbed mode의 필드 분포를 구하기 위한 unperturbed 광도파로 구조는 6층 구조가 된다. TE 모드의 경우 unperturbed 필드 분포를 계산하기 위하여 회절격자 영역에서의 비유전상수를 종축(Z축) 방향으로 평균을 취하여 새로이 설정하는 층의 비유전상수로 설정하였다. 반면 TM 모드의 경우는 회절격자 영역의 비유전상수의 역수를 종축(Z축) 방향에 대하여 평균을 취하여 새로이 설정하는 영역의 비유전상수의 역수가 되도록 하여 unperturbed 필드 분포를 구하였다.

새로운 층 방법의 경우 그림 1에서와 같이 회절격자 형태가 직각사각형이 아니고 사다리꼴과 같은 임의의 형태를 가질 경우 추가로 설정한 층의 비유전상수는 종축으로만 평균을 취했으므로 횡축(X축)으로 변하는 연속함수가 된다. 도파로를 구성하는 층의 비유전상수가 상수값이 아니고 연속함수이면 모드의 필드 분포를 구하기가 매우 어렵다. 횡 방향으로의 연속함수를 상수로 만들면 쉽게 도파모드의 필드 분포를 구할 수 있으므로 확장된 새로운 층 방법이 제안되었다^[6].

확장된 새로운 층 방법에서는 TE 모드의 경우 unperturbed 필드 분포를 계산하기 위하여 회절격자 영역에서의 비유전상수를 종축과 횡축 양방향으로 평균을 취하여 새로이 설정하는 층의 비유전상수로 설정

하였다. 반면 TM 모드의 경우는 회절격자 영역의 비유전상수의 역수를 종축과 횡축 양방향에 대하여 평균을 취하여 새로이 설정하는 영역의 비유전상수의 역수가 되도록 하여 unperturbed 필드 분포를 구하였다.

비대칭형 사다리꼴 회절격자를 갖는 DFB 구조에서의 비유전상수의 역수에 대한 푸리에계수, $B_q(x)$, 는 다음과 같이 표현된다.

$$B_q(x) = \frac{(1/n_2^2 - 1/n_1^2)}{q\pi} \text{Exp}[i \frac{2\pi q}{\Lambda} \frac{x}{g} (L_2 - L_3)] \sin[\frac{q\pi}{\Lambda} (L_1 + (L_2 + L_3) \frac{x}{g})] \quad (2)$$

여기서 n_1 은 덮개층의 굴절율, n_2 는 도파로층의 굴절율, g 는 회절격자의 두께, q 는 회절격자의 차수, L_1 은 사다리꼴의 윗변 길이, L_2 , 와 L_3 는 각각 사다리꼴의 좌변과 우변의 기울기를 좌우하여 사다리꼴의 형태를 결정짓는 변수이다. $L_2 = L_3$ 인 경우는 대칭성을 갖는 사다리꼴 회절격자이고 $L_2 = L_3 = 0$ 인 경우는 사각형 회절격자를 나타내며 $L_1 = 0$ 인 경우는 삼각형 회절격자를 나타낸다.

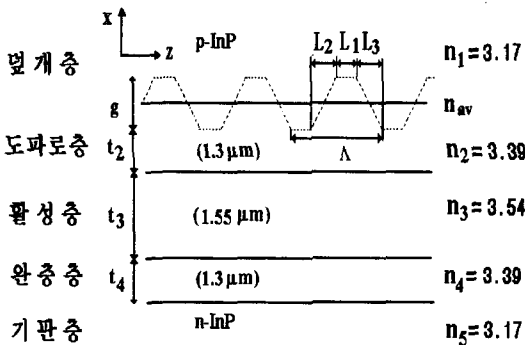


그림 1. 사다리꼴 회절격자를 갖는 5층의 DFB 구조 소자의 개념도

Fig. 1. Schematic illustration of a five-layer DFB structure device with a trapezoidal grating.

결합모드 이론에 의한 TM 모드의 결합계수는 다음과 같이 표현된다^[2].

$$x = \frac{1}{2i\beta_0} \frac{-\beta_0^2 \int_{-\infty}^{\infty} B_0(x) H_y^2(x) dx + \int_{-\infty}^{\infty} B_0(x) \left[\frac{\partial H_y(x)}{\partial x} \right]^2 dx}{\int_{-\infty}^{\infty} [(v_u(x) + B_0(x)) H_y^2(x) dx} \quad (3)$$

여기서 $H_y(x)$ 와 β_0 는 각각 unperturbed 모드의 자체 분포와 전파상수이다. $v_u(x)$ 는 unperturbed 구조를 나타내는 파라메타로 확장된 새로운 층 방법에서는

$B_0(x)$ 이다. 다층 구조 도파관 모드의 자체분포는 참고문헌 [10]에서 사용한 전달행렬(transfer matrix) 방법과 기판층(substrate)과 덮개층에서 자체는 지수함수적으로 감소하여야 한다는 경계조건을 적용하면 쉽게 구할수 있다.

III. 결과 및 토의

참고문헌 6에서 사용한 그림 1과 같은 5층 구조를 가지는 DFB 구조 소자의 TM 모드의 결합계수를 회절격자의 형태가 사다리꼴과 삼각형인 경우에 대하여 확장된 새로운 층 방법을 사용하여 계산하였다. 계산에 사용한 파장은 $1.55 \mu\text{m}$ 이었으며 활성층, 도파로층, 완충층, 덮개층 그리고 기판층의 굴절율을 각각 3.54, 3.39, 3.39, 3.17, 3.17로 설정하였다. 활성층, 도파로층, 그리고 완충층의 두께는 각각 $0.1 \mu\text{m}$, $0.2 \mu\text{m}$, $0.2 \mu\text{m}$ 로 설정하였다^[5].

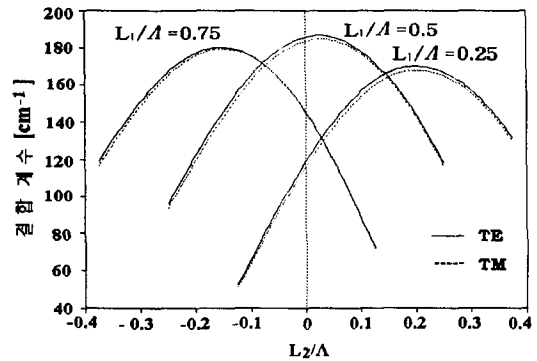


그림 2. 확장된 새로운 층 방법을 이용하여 여러 개의 L_1/Λ 에 대하여 L_2/Λ 의 함수로 계산한 TE (실선) 와 TM(점선)의 사다리꼴 1차 회절격자의 결합계수(회절격자의 두께= $0.1 \mu\text{m}$)

Fig. 2. First-order coupling coefficient of a trapezoidal grating as a function of L_2/Λ for various values of L_1/Λ calculated by the extended additional layer method. Solid and dotted lines represent the results for TE and TM mode, respectively. Grating depth is $0.1 \mu\text{m}$.

그림 2는 확장된 새로운 층 방법을 이용한 사다리꼴 1차회절격자의 TE 모드와 TM 모드의 결합계수를 계산한 것이다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 결합계수의 값이 TE 모드 보다 TM 모드가 전체적으로 세 개의 L_1/Λ 의 값 모두 결합계수의 최대값 발생지점의 우측

에서의 TE 모드와 TM 모드의 결합계수 차이가 좌측에서의 차이보다 작음을 볼 수 있다. $L_1/\Lambda=0.75$ 의 경우는 perturbation이 작은 영역, 즉 L_2/Λ 가 양의 값을 갖는 부분, 여기서 TM 모드의 결합계수 값이 TE 모드의 결합계수 값보다 아주 약간 크게 나타난다. L_2/Λ 가 양의 값을 갖는 부분에서는 TE 모드보다 TM 모드가 전체 광파워 중에서 회절격자 영역에 존재하는 광파워가 크기 때문이다. $L_1/\Lambda=0.75$ 일 때 $L_2/\Lambda=0.25$ 일 때 보다 큰 결합계수 값을 갖는 이유는 $L_1/\Lambda=0.75$ 인 경우가 전체 파워 중에서 회절격자 영역에 존재하는 광파워의 비가 크기 때문이다^[6].

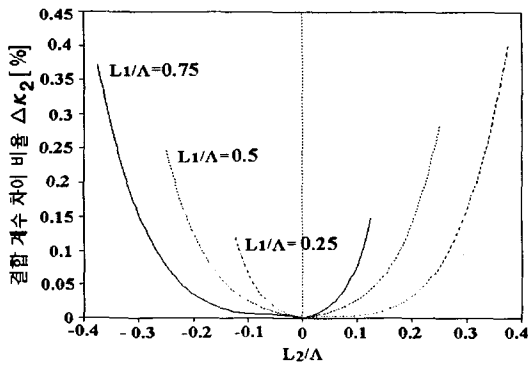


그림 3. 여러 개의 L_1/Λ 에 대하여 L_2/Λ 의 함수로 계산한 사다리꼴 1차 회절격자의 결합 계수 차이비율 $\Delta\kappa_2$ ($\Delta\kappa_2 = |\kappa_2 - \kappa_1|/\kappa_1$, κ_i 는 회절격자 영역을 등분할 한 층 수가 i 일 때 계산된 결합계수, 회절격자의 두께 = 0.1 μm)

Fig. 3. Coupling coefficient percent difference $\Delta\kappa_2$ of first-order trapezoidal gratings as a function of L_2/Λ for various values of L_1/Λ . ($\Delta\kappa_2 = |\kappa_2 - \kappa_1|/\kappa_1$, κ_i is the coupling coefficient calculated when the number of partitioned layers of a grating region is i , Grating depth is 0.1 μm .)

확장된 새로운 층 방법은 새로운 층 방법을 확장한 것으로 새로운 층 방법에서의 연속함수를 단일 상수값으로 근사화한 것이다. 따라서 확장된 새로운 층 방법을 이용하여 계산한 결합계수값과 새로이 설정한 층의 비유전상수가 연속함수인 새로운 층 방법에 의한 결합계수 값의 비교를 통하여 확장된 새로운 층 방법의 정확성을 검토 할 수 있다. 비유전상수가 연속 함수인 경우 모드의 필드 분포를 계산하는 것은 매우 어렵다. 그러나 각 층을 충분히 작게 잘라 새로이 설정하는 층의 비유전상수가 상수값을 갖는 다층으로 근사화하면

회절격자영역의 비유전상수가 횡축방향에 대해 연속인 함수로 놓고 계산한 것과 같은 정확도를 얻을 수 있다^[6]. 따라서 회절격자영역의 등분할에 따른 결합계수의 변화를 분석함으로써 확장된 새로운 층 방법의 유효성을 검증할 수 있다.

그림 3은 사다리꼴 1차 회절격자의 결합계수 차이 비율 $\Delta\kappa_2$ - 결합계수 차이비율 $\Delta\kappa_i$ 는 확장된 새로운 층 방법을 이용하여 회절격자 영역을 i 개로 등분할 했을 때 계산한 결합계수 값과 $i-1$ 개로 등분할 했을 때 계산한 결합계수 값의 차이를 단일층으로 놓고 계산한 결합계수 값으로 나눈 값으로 정의한다 - 를 L_1/Λ 의 값이 0.25, 0.5, 그리고 0.75 일 때 L_2/Λ 의 값을 변화시켜 계산한 결과이다. 사다리꼴 1차 회절격자의 경우 L_1/Λ 가 0.25, 0.5, 그리고 0.75 일 때 결합계수 차이비율 $\Delta\kappa_2$ 가 각각 0.40, 0.29, 그리고 0.37% 이하이다. L_2/Λ 가 0인 사각형 회절격자에서는 결합계수 차이가 발생하지 않음을 볼 수 있다.

그림 4는 사다리꼴 1차 회절격자에서 L_1/Λ 의 값이 0.25, 0.5 그리고 0.75일 때 그리고 삼각형 회절격자에서 결합계수 차이 비율 $\Delta\kappa_2$ 가 가장 크게 발생하는 지점에서의 등분할에 따른 결합계수 차이비율 $\Delta\kappa_i$ 를 계산한 결과이다. 사다리꼴보다는 삼각형 형태의 회절격자가 더 큰 결합계수 차이비율을 보인다. 삼각형 회절격자의 경우는 회절격자의 형태가 이등변 삼각형일 때 결합계수 누계차이비율(cumulative percent difference), $\sum_{i=2}^6 \Delta\kappa_i$, 는 0.54%로 가장작고 직각삼각형일 때는 누계차이비율, $\sum_{i=2}^6 \Delta\kappa_i$, 는 0.64%로 가장 크나 삼각형 형태의 변화에 따라 크게 변하지 않는다. 사다리꼴 회절격자의 경우는 L_1/Λ 가 각각 0.25, 0.5, 그리고 0.75일 때 누계차이비율, $\sum_{i=2}^6 \Delta\kappa_i$, 는 각각 0.48%, 0.35%, 그리고 0.45% 이하이다. 그림 4에서 볼수 있듯이 등분할 하는 층수 i 를 늘려 갈수록 결합계수 차이비율이 급격히 감소하는 것을 볼수 있으며 등분할 층수가 6개 일 때는 아주 작은 값을 보여 결합계수 값이 수렴했다고 볼수 있다. TE 모드 결합계수의 경우 누계차이비율이 사다리꼴 회절격자일 때와 삼각형 회절격자일 때 각각 결합계수의 누계차이비율, $\sum_{i=2}^6 \Delta\kappa_i$, 가 0.57%와 1.10% 이하이었으나^[6] TM 모드의 경우는 누계차이비율이 각각 0.48%와 0.64% 이하로 좀더 작은 누계차이비율을 보인다.

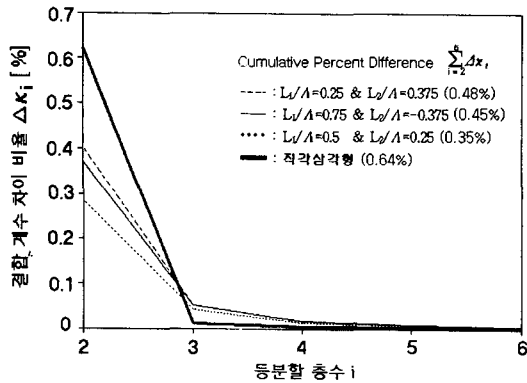


그림 4. 회절격자의 여러 형태에 대하여 가장 큰 결합 계수 차이 비율을 보이는 형태에서의 등분할 하는 층수에 따른 결합계수 차이비율 $\Delta\kappa_i$

Fig. 4. Coupling coefficient difference ratio $\Delta\kappa_i$ calculated at L_2/Λ giving the maximum value of $\Delta\kappa_2$ for various values of L_1/Λ respectively for first order trapezoidal, right-angled triangle, and isosceles triangle gratings. ($\Delta\kappa_i = |x_i - x_{i-1}|/x_i$, x_i is the coupling coefficient calculated when the number of partitioned layer of a grating region is i , Grating depth is $0.1 \mu\text{m}$.)

확장된 새로운 층 방법의 TM 모드의 결합계수 계산의 유효성을 사다리꼴과 삼각형 형태의 1차 회절격자에 대하여 등분할 층수를 6층까지 늘려가며 self-consistent 하게 검증하였다. 등분할 하는 층수를 늘릴수록 결합계수 차이비율이 급격히 감소하여 수렴함을 볼수 있었다.

IV. 결론

확장된 새로운 층 방법이 TM 모드의 결합계수 계산에도 유용하게 사용될 수 있음을 보였다. TM 모드의 unperturbed field 분포를 구하기 위하여 회절격자 영역의 비유전 상수의 역수를 종축과 횡축 양 방향으로의 평균값을 취하여 새로이 설정하는 층의 비유전 상수의 역수로 설정하였다. 이 방법의 유효성을 사다리꼴과 삼각형 형태의 1차 회절격자에 대하여 등분할 층수를 6층까지 늘려가며 self-consistent 하게 검증하였다. 회절격자의 영역을 분할하는 층수가 늘어남에 따라 결합계수의 차이 비율이 급격히 감소하며 누계 차이비율이 아주 작은 값에 수렴하여 결합계수 값이 수렴함을 볼수 있었다. 사다리꼴 회절격자의 경우 회

절격자를 6개의 층으로 등분할 하여 계산한 결합계수와 단일 층으로 놓고 계산한 결합계수의 차이 비율은 0.48% 이하이었으며 삼각형 회절격자의 경우 0.64% 이하로 TE 모드 보다 좀더 작은 누계차이비율을 보였다. 따라서 확장된 새로운 층 방법이 TM 모드의 결합계수의 계산에도 유용하게 사용할 수 있는 방법이라 생각되어진다.

참고 문헌

- [1] W. Streifer, D. R. Scifres, and R. D. Brunham, "Coupling coefficient for distributed feedback single and double heterostructure diode laser," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-11, no. 11, pp. 867-873, 1975.
- [2] W. Streifer, D. R. Scifres, and R. D. Burnham, "TM-mode coupling coefficients in guided-wave distributed feedback lasers," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-12, no. 12, pp. 74-78 1976.
- [3] H. J. Luo and P. S. Zory, "Ray Optics Determinations of the DFB Coupling Coefficient in Separate Confinement and Multiquantum-Well Laser Structure," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 30, no. 1, pp. 10-14, 1994.
- [4] Sung-Chan Cho, Boo-Gyoun Kim, and Nadir Dagli, "Ray Optics Determination of the DFB Coupling Coefficient for Trapezoidal Gratings," *J. Lightwave Technol.*, vol. 16, no. 4, pp. 715-720, 1998.
- [5] P. Correc, "Coupling Coefficient for Trapezoidal Gratings," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-24, no. 1, pp. 8-10, 1988.
- [6] Sung-Chan Cho, Boo-Gyoun Kim, and Nadir Dagli, "Extended Additional Layer Method of Calculating the Coupling Coefficient of Arbitrary Shaped Gratings," *Microwave and Opt. Technol. Lett.*, vol. 16, no. 3, pp. 143-145, 1997.
- [7] Jinying Sun, Geert Morthier, and Roel Baets, "Numerical and Theoretical Study of the Crosstalk in Gain Clamped

- Semiconductor Optical Amplifiers," *IEEE J. Select. Topics Quantum Electron.*, vol. 3, no. 5, pp. 1162-1167, 1997.
- [8] Tsuyoshi Wgawa, Yoshio Ida, and Ken-Ichi Hayashi, "Analysis of Polarization Bistability of Phase-shifted DFB Laser due to TM Light Injection," *J. Lightwave Technol.*, vol. 10, no. 7, pp. 913-917, 1992.
- [9] Chao-Xiang Shi, "Polarization Optical Bistability Induced by TM Mode Injection to a DFB Laser with Complex Coupled Coefficient," *J. Lightwave Technol.*, vol. 14, no. 4, pp. 616-621, 1996.
- [10] M. R. Ramadas, E. Garmire, A. K. Ghatak, K. Thyagarajan, and M.R. Shenoy, "Analysis of absorbing and leaky planar waveguides: a novel method," *Opt. Lett.*, vol. 14, pp. 376-378, 1989.

 저 자 소 개

趙成贊(正會員) 第34卷 D編 第7號 參照

1991년 2월 숭실대학교 전자공학과 공학사. 1993년 2월 숭실대학교 전자공학과 공학석사. 1995년 9월 ~ 현재 숭실대학교 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 -광소자, 광통신시스템, 광정보장치 등임



李東燦(正會員)

1997년 2월 숭실대학교 전자공학과 공학사. 1997년 2월 ~ 현재 숭실대학교 전자공학과 석사과정 재학중. 주관심분야는 광소자, 광통신시스템, 광정보장치 등임

金富均(正會員) 第32卷 A編 第3號 參照

1979년 2월 서울대학교 전자공학과 공학사. 1981년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사. 1989년 8월 University of Southern California 공학 박사. 1993년 6월 ~ 8월 IBM Almaden 연구소 방문연구원. 1997년 2월 ~ 1998년 2월 University of California at Santa Barbara 객원 교수. 1981년 3월 ~ 현재 숭실대학교 전자공학과 부교수. 주관심분야는 광소자, 광통신 시스템, 광정보장치 등임