

시스템의 손실을 고려한 AWG의 설계와 다채널 광주파수 안정화

(A Design of AWG Considering System Loss and Multi-Channel Optical Frequency Stabilization)

李正烈*, 金光福*, 安祥皓*, 嚴震燮**

(Jung-Ryul Lee, Kwang-Bok Kim, Sang-Ho Ahn, and Jinseob Eom)

요 약

방대한 전송용량을 갖는 광주파수분할 다중방식(Optical Frequency Division Multiplexing; OFDM)과 같은 다중채널시스템을 구성하기 위해서는, 채널간격을 최소화하고 각 채널에 대한 발진주파수의 흔들림을 제어하는 주파수 안정화 기술이 필수적으로 요구된다. 본 논문에서는 AWG(Arrayed Waveguide Grating)의 파장교차특성을 이용한 새로운 다채널 광주파수 안정화 방법을 제안하였으며, 모든 채널의 주파수 안정화가 간단한 제어회로에 의해 동시에 이루어질 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 또한 실제 시스템에서의 손실을 고려하여 해상력(resolution)을 높일 수 있는 AWG의 설계방법도 제안하였다.

Abstract

To construct a multi-channel system like Optical Frequency Division Multiplexing (OFDM) with the vast amount of transmission capability, a frequency stabilization is essential technique for getting narrower channel spacing and for minimizing fluctuation of oscillation frequency of each channel. This paper proposes a novel multi-channel optical frequency stabilization scheme that uses wavelength crossover properties of an Arrayed Waveguide Grating(AWG). The proposed scheme includes an effective control algorithm that carries out frequency stabilization of all channels through a simple control circuit, simultaneously. And also, a design method of AWG is included which has higher resolution in consideration of system loss.

1. 서 론

단순히 일반적인 데이터나 음성신호의 전달뿐만 아니라 영상정보를 포함한 다양한 형태의 초고속·광대역서비스를 제공하는 광대역 종합 정보 통신망(B-ISDN)의 구축을 위해서는, 방대한 전송용량을 갖는 OFDM과 같은 다중화 기술이 효과적인 기반기술로 인식되고 있다^[1]. OFDM과 같은 다중채널 시스템에서는 채널주파수가 불안정하게 흔들린다면 채널간

의 좁은 간격으로 인해 수신단에서 각 채널간의 누화(crosstalk)를 유발하여 수신 감도와 통신 품질을 심각하게 저하시키는 직접적인 요인이 되기 때문에, 인접한 채널들로부터 야기되는 어떠한 누화라도 방지하기 위해서는 광주파수 안정화 기술이 필수적으로 요구된다.

주파수 안정화를 위한 기존의 방법들은 FPI(Fabry-Perot Interferometer)^[2]나 MZI(Mach-Zehnder Interferometer)^[3]등을 이용하여 미리 설정된 기준주파수에 각 채널의 주파수를 고정(locking)시켜 사용하였다. 그러나, 여러 채널들이 좁은 간격으로 다중화된 파장은 간단한 전기회로나 광학회로를 가지고 동시에 정확히 모니터링하고 제어하기가 어려웠다.

* 學生會員, ** 正會員, 江原大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics Eng., Kangwon National University)

接受日字:1998年3月11日, 수정완료일:1998年5月28日

본 논문에서는 주파수변조(frequency modulation)를 필요로 하는 기존의 동기검파(synchronous detection)방식과는 달리, 다중 광학 필터와 같은 기능을 하는 AWG의 파장교차특성^[4]을 이용하여 다중화된 파장을 동시에 모니터링하고 제어할 수 있는 새로운 광주파수 안정화 방법을 제안하였다. 또한 다채널 광주파수 안정화 시스템을 구성할 때 시스템의 손실을 고려한 해상력이 높은 AWG의 설계방법도 제안하였다.

반도체 레이저의 출력파장의 변화는 출력파위의 변화를 수반하므로 출력파장의 변화에 대한 출력파위의 변화량인 $dP/d\lambda$ 를 고려하여 주파수 안정화를 위한 알고리즘을 제시하였고, 이 알고리즘을 이용하여 반도체 레이저의 출력파장의 변화에 대한 판별곡선을 시뮬레이션 하였다. 또한 실제 시스템에 적용할 때 발생하는 손실을 고려하여 해상력이 높게 설계한 AWG를 이용하여 출력파장의 변화에 대한 판별곡선도 시뮬레이션 하였다.

마지막으로 기존의 방법과 제안된 방법을 사용하여 다채널 광주파수 안정화 시스템을 구성할 때 요구되는 하드웨어를 비교하였으며, 기존 방법과의 비교를 통하여 본 논문에서 제안된 다채널 광주파수 안정화 방법의 장점을 제시하였다.

II. 제안된 다채널 광주파수 안정화

1. 제안된 구성도와 동작원리

그림 1은 AWG의 파장교차특성을 이용하여 제안한 다채널 광주파수 안정화의 구성도이다. N개의 단일 모드 반도체 레이저의 발진파장은 AWG의 교차파장과 같도록 선택한다. 온도제어기(TEC)에 의해 온도 안정화를 이룬 각 반도체 레이저의 출력은 광주파수 안정화에 필요한 출력만이 N×2 Coupler로 입력되고, 이 출력은 다시 모니터링을 위한 출력과 제어를 위한 AWG의 입력으로 나뉘어진다. 이때, AWG의 중앙포트로 입력되며 회절격자방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다^[5].

$$n_c \Delta L + n_s d \sin \theta_o = m \lambda \quad (m: \text{정수}) \quad (1)$$

AWG의 중앙포트로 입력된 광은 입력단 평판도파로(input slab waveguide)를 지나면서 회절되어 모든

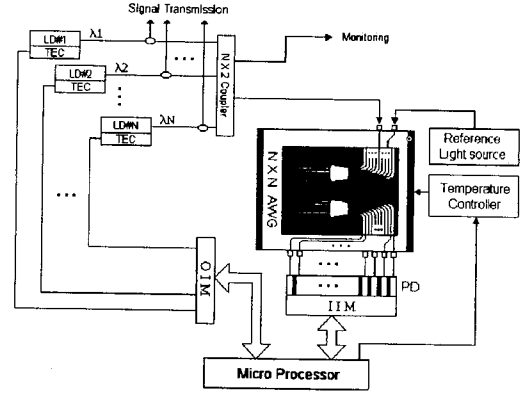


그림 1. 제안된 광주파수 안정화의 구성도
Fig. 1. Schematic diagram of the proposed optical frequency stabilization.

배열도파로(arrayed waveguide)에 동일한 위상으로 입사되지만, 인접한 도파로들과 ΔL 의 일정한 길이차이를 갖는 배열도파로를 지나면서 생기는 위상차 ($2\pi n_s \Delta L / \lambda$)와 각분산 때문에 출력단 평판도파로(output slab waveguide)에서는 파장별로 진행방향이 달라져서 서로 다른 특정한 출력포트로 출력된다. 각각의 출력포트로 출력된 광은 PD로 검출되어 전기신호로 변환된다. Micro processor는 PD에서 검출된 발진파장의 세기를 A/D 변환기와 switch logic gate로 이루어진 IIM(Input Interface Module)을 통하여 디지털 값으로 읽어들인다. 이때 사용되는 각 변수의 값과 초기설정치는 사전 정의되어 있어야 한다. 만약 발진파장의 세기가 사전 정의된 초기설정치와 다르면 반도체 레이저의 발진파장이 변한 것이므로, 그만큼의 파장편차 ($\Delta \lambda_x$)를 Micro Processor에서 연산하여 D/A 변환기와 switch logic gate로 이루어진 OIM(Output Interface Module)을 통해 파장편차에 따른 제어전류 (Δi_x)를 각각의 반도체 레이저로 케환(feedback)시킴으로써 각각의 주파수를 안정시키게 된다.

현재 상용화된 AWG의 온도에 대한 민감도는 약 0.01 nm/°C 정도이므로, 온도에 대한 AWG의 불안정성과 부정확성을 감소시키기 위해서는 절대기준광과 온도제어기를 이용하여 AWG를 안정화시키는 것이 필요하다.

AWG의 파워투과전달함수(power transmittance transfer function)^[6]는 다음과 같이 나타낼 수 있

다.

$$H(\lambda) = (1 - \xi_m) \exp\{-4 \ln 2 (\lambda - \lambda_m)^2 / \Delta\lambda^2\} \quad (2)$$

여기서 $m(=0, 1, \dots)$ 은 AWG의 출력포트를 나타내고, ξ_m 은 삽입손실, λ 는 파장, λ_m 은 각 출력포트의 투과중심파장을 나타낸다. $\Delta\lambda$ 는 전달함수의 FWHM (full width at half maximum)이고, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$FWHM = \frac{2\sqrt{\ln 2} \omega_0 \Delta\lambda_{sp}}{\Delta x} \quad (3)$$

여기서 Δx 는 입·출력도파로의 간격, ω_0 는 spot size, $\Delta\lambda_{sp}$ 는 채널간의 간격을 의미한다.

그림 2는 손실(ξ_m)을 0으로 가정할 때, FWHM이 채널간격($\Delta\lambda_{sp}$)의 0.55배인 AWG의 투과특성을 보여 준다. AWG의 두 인접한 출력포트간의 투과특성은 파장교차특성을 나타내며, 각각의 교차파장에 대해서 대칭적이라는 것을 알 수 있다. 제안된 방법에서는 이 AWG의 교차파장을 반도체 레이저의 발진파장과 일치하도록 하고, 입력광의 주파수 선평(linewidth)이 AWG의 투과대역폭보다 충분히 작다고 가정하였다.

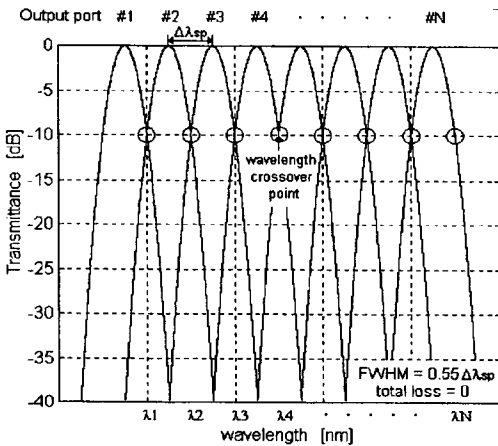


그림 2. 손실=0, FWHM=0.55 $\Delta\lambda_{sp}$ 일 때의 AWG의 투과특성

Fig. 2. Transmittance characteristics of AWG under loss=0, FWHM=0.55 $\Delta\lambda_{sp}$

2. 다채널 광주파수 안정화를 위한 알고리즘

그림 3은 다채널 광주파수 안정화를 위해 제안된 알고리즘이다. 모든 출력포트에서의 AWG 투과특성은

모두 동일하며, 각각의 교차파장에 대한 초기설정 입력파워도 모두 동일하다고 가정하였다. λ_1 과 채널간격 $\Delta\lambda_{sp}$, 채널파장갯수 N 을 알면 안정화시킬 모든 파장들을 알 수 있으므로 초기값(setting value)으로 설정하였다. P_{LD} 는 반도체 레이저의 출력파워이며, 모든 반도체 레이저의 출력파워는 동일하다고 가정하였다. P_{AWG} 는 교차파장, 즉 LD의 주파수 변화가 없을 때의 AWG 출력파워이며, ξ_i 는 반도체 레이저의 출력이 AWG로 출력되기까지 겪게되는 시스템의 전체손실을 의미한다. 제안된 알고리즘에서는 파장편차의 측정오차를 줄이기 위하여 출력파장의 변화에 대한 출력파워의 변화량인 $dP/d\lambda$ 를 고려하여 주파수 변화량을 산출하였다.

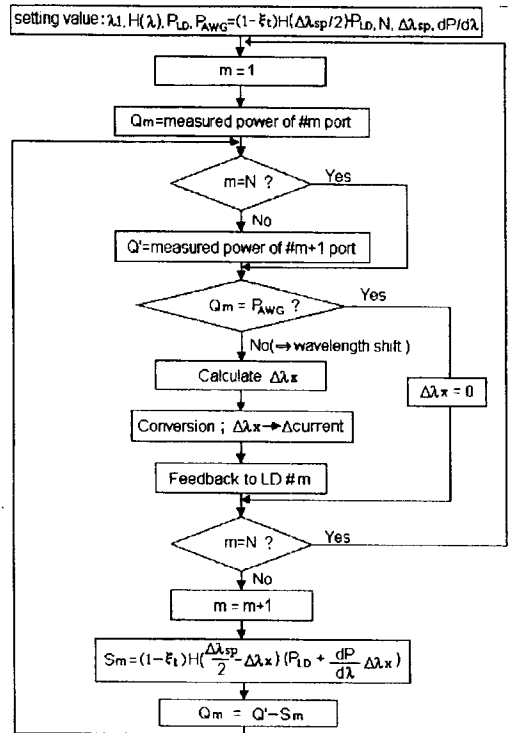


그림 3. 다채널 광주파수 안정화를 위해 제안된 알고리즘

Fig. 3. Proposed algorithm for multi-channel frequency stabilization.

그림 2에서 알 수 있듯이, AWG의 #1 출력포트를 제외한 모든 출력포트는 하나의 출력포트에 인접한 두 채널파장이 동시에 영향을 미침을 알 수 있다. 그림 4의 정규화된 AWG의 투과특성을 예로 들면, #1 출력

포트에는 단지 λ_1 만이 영향을 미치지, #2 출력포트에서는 λ_1 과 λ_2 의 출력파워가 합해져서 검출된다는 것을 알 수 있다. 그러므로, 만약 λ_1 이 흔들리지 않았다면 투과전달함수는 식(4)로 나타낼 수 있고, #1 출력포트에서의 출력파워는 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

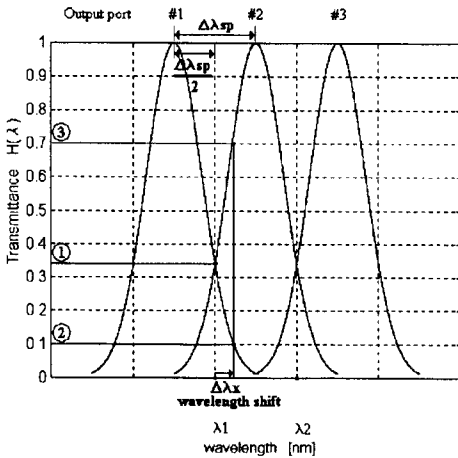


그림 4. 정규화된 AWG의 투과특성
Fig. 4. Normalized transmittance characteristics of AWG.

$$H\left(\frac{\Delta\lambda_{sp}}{2}\right) = \exp\left\{-4 \ln 2 \left(\frac{\Delta\lambda_{sp}}{2}\right)^2 / \Delta\lambda^2\right\} \quad (4)$$

$$P(①) = (1 - \xi_i) H\left(\frac{\Delta\lambda_{sp}}{2}\right) P_{LD} \quad (5)$$

하지만, 만약 λ_1 이 $\Delta\lambda_x$ 만큼 변화했다면 그때의 투과전달함수와 출력파워는 식(6)과 식(7)로 나타낼 수 있다.

$$H\left(\frac{\Delta\lambda_{sp}}{2} + \Delta\lambda_x\right) = \exp\left\{-4 \ln 2 \left(\frac{\Delta\lambda_{sp}}{2} + \Delta\lambda_x\right)^2 / \Delta\lambda^2\right\} \quad (6)$$

$$P(②) = (1 - \xi_i) H\left(\frac{\Delta\lambda_{sp}}{2} + \Delta\lambda_x\right) \left(P_{LD} + \frac{dP}{d\lambda} \Delta\lambda_x\right) \quad (7)$$

그러므로, Micro Processor에서 식(7)의 파장변화 $\Delta\lambda_x$ 를 연산하여 그에 해당하는 제어전류 Δi_x 를 LD #1로 궤환시켜서 LD #1의 주파수를 안정시키게 된다.

하지만, #2 출력포트에서는 λ_1 과 λ_2 의 출력파워가 합해져서 출력되므로, 단지 λ_2 만에 의한 출력파워를 얻기 위해서는 #2 출력포트의 전체 출력파워로부터

λ_1 에 의한 출력파워를 빼주어야만 한다. 그때 #2 출력포트에서 λ_1 에 의한 투과전달함수와 출력 power를 나타내면 식(8)과 식(9)와 같다.

$$H\left(\frac{\Delta\lambda_{sp}}{2} - \Delta\lambda_x\right) = \exp\left\{-4 \ln 2 \left(\frac{\Delta\lambda_{sp}}{2} - \Delta\lambda_x\right)^2 / \Delta\lambda^2\right\} \quad (8)$$

$$P(③) = (1 - \xi_i) H\left(\frac{\Delta\lambda_{sp}}{2} - \Delta\lambda_x\right) \left(P_{LD} + \frac{dP}{d\lambda} \Delta\lambda_x\right) \quad (9)$$

그러므로, #2 출력포트의 전체 출력파워에서 λ_1 에 의한 출력파워인 식(9)를 빼주면 λ_2 만에 의한 출력파워가 되므로 앞에서 설명된 λ_1 의 안정화 과정과 같이 파장편차 $\Delta\lambda_x$ 를 산출하여 그에 해당하는 제어전류 Δi_x 를 LD #2로 궤환시켜 LD #2의 주파수를 안정시키게 된다. 이상과 같은 과정을 마지막 출력포트까지 지속적으로 수행하면 모든 채널의 주파수를 안정화시킬 수 있다.

3. 시스템의 손실을 고려한 AWG의 설계

그림 1의 구성도에서 알 수 있듯이 광주파수 안정화 시스템을 위한 반도체 레이저의 출력은 splitter와 $N \times 2$ coupler, AWG를 지나면서 일종의 손실을 겪게 된다. 현재 상용화된 AWG의 삽입손실은 약 4~7 dB 정도이다. 광통신 시스템에서 반도체 레이저의 출력은 신호전송(signal transmission)에 최대한 많은 출력을 할당해야 하므로, 광주파수 안정화를 위해 할당되는 반도체 레이저의 출력은 더욱 많은 손실을 겪게 된다. 또한, $N \times 2$ coupler에서 N의 수와 coupler의 종류에 따라 손실이 달라질 수 있으므로 여러 조건에서의 손실을 고려해야 한다.

예를 들어 FWHM이 채널간격의 0.55배인 AWG에서 시스템의 전체손실을 22.5dB, PD의 sensitivity를 -40dBm이라고 가정하면, 그림 5에서와 같이 반도체 레이저의 주파수 변화를 검출할 수 있는 PD의 추적범위(trace range)는 채널간격의 약 0.32배 정도로 제한을 받게 된다. 즉, 반도체 레이저의 주파수 변화가 이 추적범위를 벗어나게 되면 PD는 변화된 주파수에 대한 출력파워를 검출하지 못하므로 반도체 레이저의 주파수 변화량을 알 수 없게 된다는 것을 의미한다. 그러므로, 본 논문에서는 광주파수 안정화 시스템의 성능을 최대로 하기 위해서 반도체 레이저의 주파수 변화를 검출할 수 있는 추적범위가 최대($= \Delta\lambda_{sp}$)가 되기 위한 AWG의 설계 방법을 제안하였다.

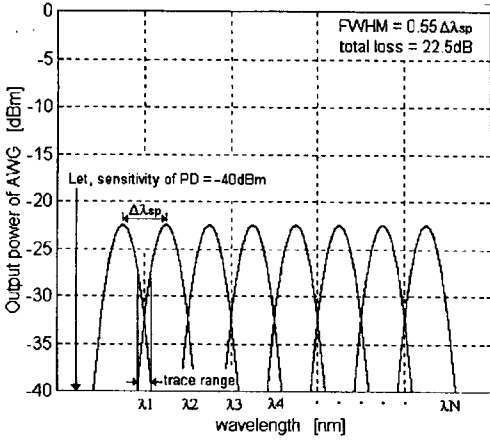


그림 5. 손실=22.5dB, FWHM=0.55 Δλ_{sp}일 때의 AWG의 투과특성

Fig. 5. Transmittance characteristics of AWG under loss=22.5dB, FWHM=0.55 Δλ_{sp}

그림 6은 PD의 민감도(sensitivity)를 -40dBm으로 가정할 때, 반도체 레이저의 주파수 변화에 대한 추적 범위가 최대가 되기 위한 AWG의 FWHM과 시스템의 전체손실과의 관계를 시뮬레이션한 결과이다. 주파수 변화에 대한 추적범위를 최대로 하기 위해서는, 시스템의 전체손실이 증가하면 AWG의 FWHM도 증가해야 함을 알 수 있다. 식(3)에서도 알 수 있듯이 FWHM의 증가는 AWG의 입·출력도파로 간격(Δx)이 감소되거나 spot size(ω₀)가 증가되어야 함을 의미한다.

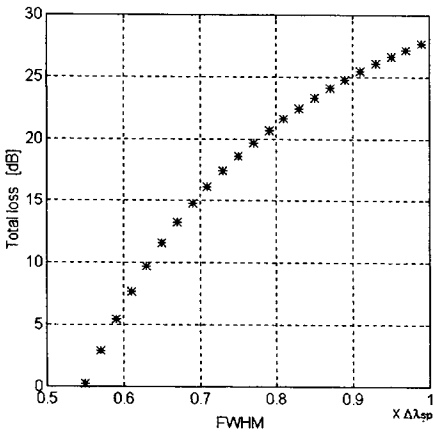


그림 6. 추적범위가 최대(= Δλ_{sp})일 때의 FWHM과 전체손실과의 관계

Fig. 6. Total loss over FWHM under Max. trace range(= Δλ_{sp}).

또한, AWG의 투과곡선에서 교차과장은 항상 인접한 두 출력포트 중심파장간의 1/2 지점이므로 이 점에서 기울기가 가장 급한 FWHM을 선택하면 주파수 변화에 대한 해상력을 높일 수 있다. 그림 7은 AWG 투과곡선의 기울기와 FWHM과의 관계를 시뮬레이션한 결과이다. 계산결과 FWHM이 채널간격의 0.83배

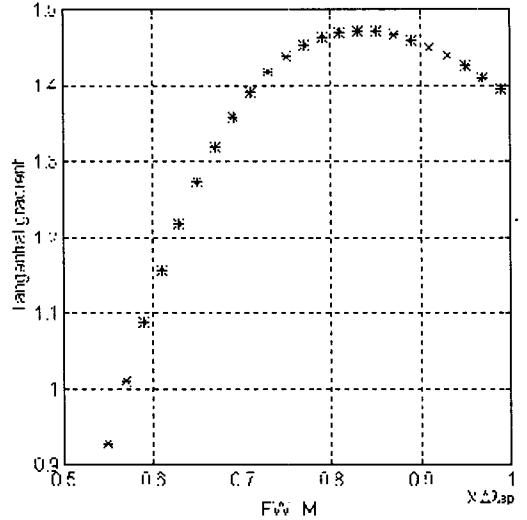


그림 7. AWG의 투과곡선의 기울기와 FWHM과의 관계

Fig. 7. Tangential gradient over FWHM of AWG's transmittance characteristics.

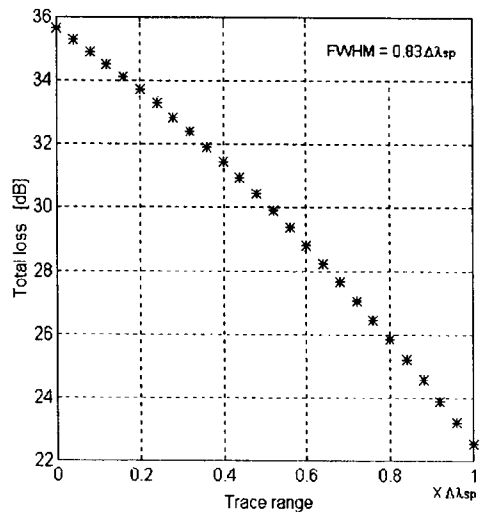


그림 8. FWHM=0.83 Δλ_{sp}일 때의 전체손실과 추적범위와의 관계

Fig. 8. Total loss over trace range under FWHM=0.83 Δλ_{sp}.

정도일 때 투과곡선의 기울기가 가장 크며, 주파수 변화에 대한 해상력이 가장 높은 AWG를 설계할 수 있다는 것을 알 수 있다.

그림 8은 PD의 민감도가 -40dBm 이고 AWG의 FWHM이 채널간격의 0.83배일 때, 시스템의 전체손실과 추적범위와의 관계를 시뮬레이션한 결과이다.

주파수 변화에 대한 해상력이 가장 높은 AWG를 설계하기 위해서는 FWHM을 채널간격의 0.83배로 설정하여야 하며, 주파수 변화에 대한 추적범위를 최대한으로 하기 위해서는 시스템의 전체손실을 반드시 고려해야만 한다는 것을 살펴보았다.

III. 제안된 구조의 시스템 특성

1. 판별곡선

FWHM이 채널간격의 0.83배인 AWG에서 PD의 민감도를 -40dBm 이라고 하면, 그림 6에서 알 수 있듯이 추적범위가 최대가 되기 위한 시스템의 전체손실은 22.5dB 가 되어야 한다. 그림 9는 FWHM이 채널간격의 0.83배이고, 시스템의 전체손실이 22.5dB 일 때의 AWG 투과특성이다.

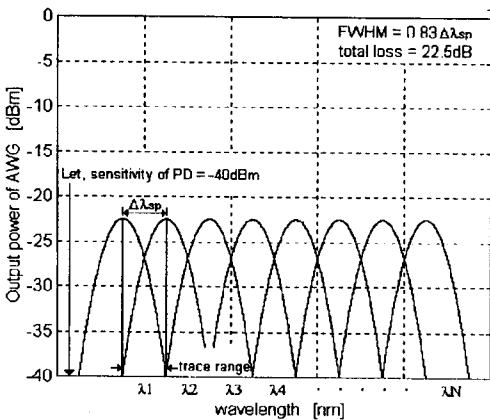


그림 9. 손실=17.5dB, FWHM=0.83 $\Delta\lambda_{sp}$ 일 때의 AWG의 투과특성

Fig. 9. Transmittance characteristics of AWG under total loss=17.5dB, FWHM=0.83 $\Delta\lambda_{sp}$.

그림 10은 채널간격을 0.8nm(100GHz)로 가정하였을 때, 주파수 변화에 대한 판별곡선을 시뮬레이션한 결과이다. x축은 정규화된 파장의 변화($\Delta\lambda_x$)를, y축은 AWG의 출력파워를 나타낸다. $dP/d\lambda$ 는 상용화된 반

도체 레이저의 측정값과 zero값 그리고 그 중간값을 사용하였다.

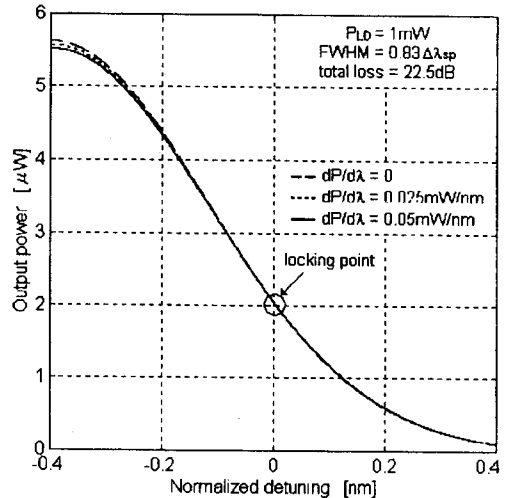


그림 10. FWHM=0.83 $\Delta\lambda_{sp}$, 손실=22.5dB일 때 주파수 변화에 대한 판별곡선

Fig. 10. Discrimination curve for frequency deviation under FWHM=0.83 $\Delta\lambda_{sp}$, total loss=22.5dB.

그림 10에서 보면, 교차파장의 오른쪽은 $dP/d\lambda$ 값의 변화에 대해 거의 무관하지만, 교차파장의 왼쪽으로 갈수록 $dP/d\lambda$ 에 민감해진다는 것을 알 수 있다. 그러므로 반도체 레이저의 $dP/d\lambda$ 값이 아주 적어지면 주파수 변화량을 계산할 때 $dP/d\lambda$ 를 무시할 수도 있지만, 정확한 계산을 위해서는 $dP/d\lambda$ 를 반드시 고려해야 한다는 것을 알 수 있다.

2. 시스템 구성을 위한 하드웨어 비교

기존의 동기검파방식, AWG의 출력비(output ratio)를 이용하는 방법^[7], 그리고 제안된 방법을 사용하여 다채널 광주파수 안정화 시스템을 구성할 때 필요한 하드웨어를 표 1에 비교하였다. 동기검파방식은 광주파수 안정화를 위해서 한 채널당 Lock-in Amp., Summing Amp., PID(Proportion-Integration-Differentiation) driver 등의 하드웨어가 부수적으로 필요하므로, 채널의 수가 증가할수록 채널 수 만큼의 안정화회로가 필요하게 되며 구성이 복잡해지는 단점을 가지고 있다. 그리고 AWG의 출력비를 이용하는 방법은 하나의 채널파장을 안정화하는데 AWG의 인접한 두 개의 출력포트가 필요하기 때문에,

$N \times N$ AWG를 이용할 때 최대 $N/2$ 개의 채널파장만을 광주파수 안정화에 할당할 수 있으므로 채널파장 N 의 갯수가 늘어날수록 시스템은 비경제적이라고 할 수 있다. 하지만 제안된 방법은 $N \times N$ AWG를 이용할 때 최대 N 개의 채널파장을 광주파수 안정화에 모두 이용할 수 있으므로 비용 효율적인 측면에서 경제적이라 할 수 있다.

AWG의 출력비를 이용하는 방법과 제안된 방법을 이용하여 광주파수 안정화 시스템을 구성할 때, $N \times N$ AWG에서 N 의 수에 따라 광주파수 안정화에 이용할 수 있는 최대 채널파장 수를 그림 11에 비교하였다. 또한, $N \times N$ AWG를 사용할 때 제안된 방법은 AWG의 출력비를 이용하는 방법에 비해 채널간격을 $1/2$ 로 줄일 수 있는 장점도 가지고 있으므로 채널간격이 좁은 OFDM과 같은 다중채널 시스템에 적합하다고 할 수 있다.

표 1. 시스템 구성을 위한 하드웨어 비교
Table 1. Hardware comparison for system construction.

Method Hardware	Synchronous detection	Output ratio scheme	The proposed scheme
AWG	None	Need($N \times N$)	Need($N \times N$)
FPI	Need	None	None
Number of channel	depends on a scheme	$N/2$	N
PD		N	N
Logarithmic Amp.	None	$N/2$	None
Lock-in Amp. PID driver Summing Amp	Need/channel	None	None
Micro Processor	None	Need	Need
Freq. Modulation	Need	None	None

IV. 결론

본 논문에서는 다중 광학 필터와 같은 역할을 하는 AWG의 파장교차특성을 이용하여 다채널의 광주파수를 안정화시키는 새로운 방법을 제안하였다. 반도체 레이저의 출력파장의 변화는 출력파워의 변화를 수반하므로, 출력파장의 변화에 대한 출력파워의 변화량인 $dP/d\lambda$ 를 고려하였다. 광원의 주파수 변화에 대한 AWG의 출력파워의 변화를 시뮬레이션한 결과 $dP/d\lambda$ 값이 아주 작다면 주파수 변화량을 계산할 때 $dP/d\lambda$ 를 무시할 수도 있지만, 정확한 주파수 변화량의 계산을 위해서는 $dP/d\lambda$ 를 반드시 고려해야 한다는 것을 알았다.

실제의 시스템을 구성할 때 야기되는 손실과 주파수 변화에 대한 추적범위, 그리고 투과곡선의 기울기를 고려한 AWG의 설계방법을 제시하였다. 실제의 시스템을 구성할 때 야기되는 손실과 주파수 변화에 대한 추적범위를 고려하여 설계한 AWG의 주파수 변화에 대한 편별곡선을 시뮬레이션한 결과 주파수 추적 능력이 우수함을 알 수 있었다.

기존의 주파수 안정화 방법을 사용할 때와 제안된 방법을 사용하여 시스템을 구성할 때 요구되는 하드웨어를 비교한 결과, 제안된 방법은 $N \times N$ AWG를 이용하여 N 개의 채널파장을 모두 주파수 안정화에 이용할 수 있으며, AWG의 출력비를 이용하는 방법에 비해 채널간격을 $1/2$ 로 줄일 수 있는 장점도 가지고 있으므로 채널간격이 좁은 OFDM과 같은 다중채널 시스템 구성에 적합하다고 할 수 있다.

그러므로 AWG의 파장교차특성을 이용하여 제안한 다채널 광주파수 안정화 방법은 요구되는 채널 증가에 따른 다중채널 시스템 구성시의 비용 증가 문제와 비효율성을 동시에 해결할 수 있는 방법으로, 앞으로의

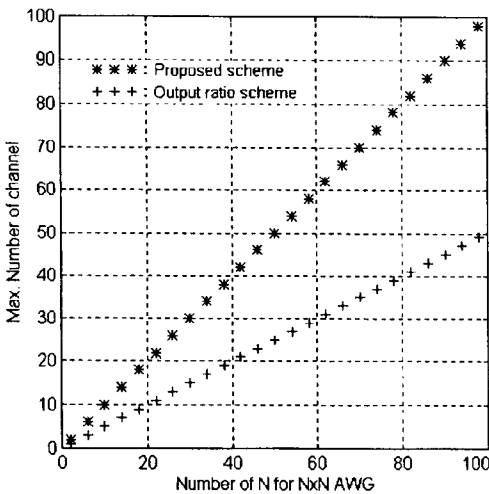


그림 11. 사용할 수 있는 최대 채널 수
Fig. 11. Max. number of channel available.

다채널 시스템에서 주파수를 안정화시키는데 적합하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] K. Nosu, H. Toba, and K. Iwashitu, "Optical FDM transmission technique," *J. Lightwave Technol.*, vol. 5, pp. 1301-1308, 1987.

[2] H. Tsuchida, and Y. Mitsuhashi, "Frequency stabilization of a modulated semi-conductor laser," *Electron. Lett.*, vol. 23, no. 21, pp. 1147-1148, 1987.

[3] H. Toba, K. Oda, K. Nakanishi, N. Shibata, K. Nosu, "Broadband information distribution networks employing optical frequency division multiplexing technologies," in *Proc. IEEE Global Telecommun. Conf. (GLOBECOM'90)*, pp. 1512-1517, 1990.

[4] M. Teshima, M. Koga, K. Sato, "Multiwavelength simultaneous monitoring circuit employing wavelength crossover properties of arrayed waveguide grating," *Electron. Lett.*, vol. 31, no. 18, pp. 1595-1597, 1995.

[5] H. Takahashi, S. Suzuki, and I. Nishi, "Wavelength multiplexer based on SiO₂-Ta₂O₅ arrayed-waveguide grating," *J. Lightwave Technol.*, vol. 12, no. 6, pp. 989-995, 1994.

[6] H. Takahashi, K. Oda, H. Toba, Y. Inoue, "Transmission characteristics of arrayed waveguide N×N wavelength multiplexer," *J. Lightwave Technol.*, vol. 13, no. 3, pp. 447-455, 1995.

[7] M. Teshima, M. Koga, and K. I. Sato, "Performance of multiwavelength simultaneous monitoring circuit employing arrayed-waveguide grating," *J. Lightwave Technol.*, vol. 14, no. 10, pp. 2277-2285, 1996.

저 자 소 개



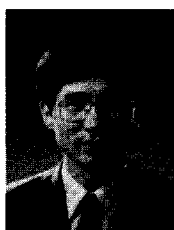
李 正 烈(學生會員)
1971년 1월 23일생. 1996년 2월 : 강원대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1998년 2월 : 강원대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). ※주관심 분야 : 광통신, 광소자



金 光 福(學生會員)
1971년 11월 7일생. 1997년 2월 : 강원대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1997년 2월 ~ 현재 : 강원대학교 대학원 전자공학과 석사과정. ※주관심 분야 : 광통신, 광교환



安 祥 皓(學生會員)
1967년 10월 3일생. 1993년 2월 : 강원대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1995년 2월 : 강원대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1995년 2월 ~ 현재 : 강원대학교 대학원 전자공학과 박사과정. ※주관심 분야 : 광통신, 광소자



嚴 震 燮(正會員)
1959년 2월 20일생. 1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1984년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1990년 12월 : 미국 Texas A&M University 전기공학과 졸업(공학박사). 1984 ~ 1985년 : 금성반도체(주) 연구원. 1985 ~ 1987년 : 한국통신 전임연구원. 1991 ~ 1992년 : 한국통신 선임연구원. 1992 ~ 현재 : 강원대학교 전자공학과 조교수. ※주관심 분야 : 광통신, 광소자, 광교환