

Fabry-Perot 레이저의 자기궤환 레이저 발진을 이용한 색분산 측정법

윤기홍 · 송재원 · 김현덕†

경북대학교 전자전기컴퓨터공학부
Ⓣ702-701 대구광역시 북구 산격동 1370번지

(2003년 11월 26일 받음, 2004년 3월 16일 수정본 받음)

폐경로를 통한 Fabry-Perot 레이저의 자기궤환 레이저 발진(self-seeding laser oscillation)을 이용하여 구조가 간단하고 경제적인 색분산(chromatic dispersion) 측정법을 제안하였다. 저가의 Fabry-Perot 레이저를 이용하여 광펄스들을 생성하고, 광섬유를 통해 전송되는 광펄스들 사이의 군속도 차(group delay difference)를 Fabry-Perot 레이저의 자기궤환 발진 현상을 통해 감지함으로써 광섬유의 색분산계수를 측정할 수 있도록 하였다. 제안된 측정법에 따라 구현된 측정 장치는 고가의 상용 계측기와 비슷한 수준의 색분산계수 측정 정확도를 제공하고, 재현성은 0.5%보다 좋음을 실험적으로 검증하였다.

주제어 : dispersion measurement, fabry-perot laser, laser oscillation, self-seeding.

I. 서 론

광신호의 전송속도가 증가함에 따라 광섬유 및 광소자 색분산 값의 정밀한 측정이 더욱 중요해 지고 있다.^[1-2] 이에 따라 다양한 색분산 측정 장치들이 개발되어 왔는데, 기존의 측정 장치들은 주로 경과시간(time-of-flight) 측정법^[3], 위상천이(phase-shift) 측정법^[4-5], 차동위상천이(differential phase-shift) 측정법^[6-7], 간섭(interferometry) 측정법^[8] 등을 이용하여 구현되어 왔다.

기존의 측정 장치들은 파장 가변 레이저 또는 파장 가변 광필터와 결합된 광대역 광원을 사용하여 파장의 변화에 따른 각종 파라미터(지연시간, 위상천이 등)의 변화를 측정하고, 이를 이용하여 색분산 값을 계산하도록 구현되었다. 따라서 파장의 정밀한 측정 및 교정(calibration)이 필요하므로 파장측정기와 레이저의 출력 파장 또는 광필터의 통과대역을 조절하기 위한 복잡한 제어장치가 사용되어야 한다. 특히 기존의 측정 장치들은 신호발생기(signal generator), 고속 광송신기 및 광대역 광수신기, 위상 측정기 등과 같은 고가의 장비 및 부품을 부가적으로 사용하여야 한다. 따라서 기존의 색분산 측정 장치들은 고가일 뿐만 아니라 구조가 복잡한 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 극복하기 위해 다중 모드 광원의 자기궤환 레이저 발진을 이용한 새로운 색분산 측정법을 제안한다. 제안된 측정법은 기존의 측정 장치에서 광원으로 거의 사용되지 않았던 저가의 Fabry-Perot 레이저를 사용하고, 고가의 장비 및 부품들의 사용을 줄여 경제적이면서도 구조가 간단한 특징이 있다.

II. 구성 및 동작원리

제안된 색분산 측정 장치는 다중 모드 광원인 Fabry-Perot 레이저를 포함하는 폐경로에서 자기궤환 레이저 발진을 이용하여 구현되며, 그 구성도는 그림 1과 같다. Fabry-Perot 레이저는 광회전기(optical circulator)의 공통단자에 연결되고, 광회전기의 출력단자는 피측정 광섬유(FUT: Fiber-Under-Test)의 한 단자에 연결된다. 또, 광회전기의 입력단자는 편광제어기(polarization controller)를 거쳐 피측정 광섬유의 다른 단자에 연결된다. 이와 같이 구성하면 하나의 폐경로가 형성되며, Fabry-Perot 레이저의 출력은 폐경로를 통해 레이저로 자기궤환 된다. 즉, Fabry-Perot 레이저의 출력은 광회전기, 피측정 광섬유, 편광제어기, 그리고 다시 광회전기를 순차적으로 통과한 후 Fabry-Perot 레이저로 재입사된다. 이와 같은 폐경로를 통한 레이저 출력의 자기궤환 과정을 적절히 이용하면 다중 모드 레이저의 고유 모드들 중에서 특정 한 모드에서만 레이저가 발진하도록 유도할 수 있다.^[9] 이 경우 광아이솔레이터(optical isolator)가 없는 Fabry-Perot 레이저를 사용하거나, 폐경로에 편광제어기를 첨가하여 레이저로 재입사되는 광신호의 편광을 적절히 조절하면 폐경로를 통한 레이저 발진을 더욱 효과적으로 유도할 수 있다. 광회전기의 출력단자와 피측정 광섬유의 한 단자 사이에 삽입된 분기결합기(tap coupler)와 이에 연결된 광스펙트럼분석기(OSA: Optical Spectrum Analyzer)는 폐경로 상에서 광스펙트럼 관찰을 위해 사용된다.

제안된 장치의 동작원리는 다음과 같다. Fabry-Perot 레이저에 적절한 직류 바이어스전류를 인가한 후, 신호발생기의 출력을 이용하여 레이저에 변조전류(modulation current)를 인가하면 레이저는 광펄스열(optical pulse train)을 출력한다. 이 경우 Fabry-Perot 레이저는 다중 모드 광원이기 때문에 여

†E-mail: hyundkim@ee.knu.ac.kr

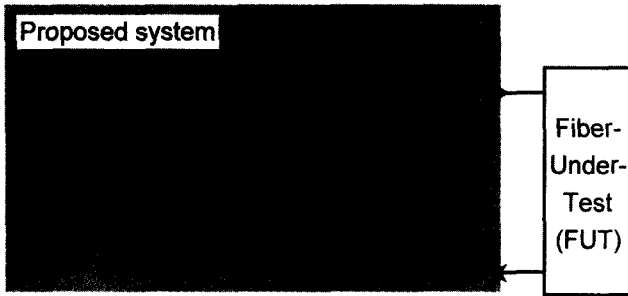


그림 1. 제안된 색분산 측정 장치의 구성도

러 파장(모드)으로 구성된 펄스들을 동시에 출력하며, 광펄스의 반복률 (repetition rate)은 인가되는 전류의 변조주파수와 동일하다. 신호발생기의 출력 파형에 따라 레이저에서 출력되는 광펄스의 형태와 광펄스폭이 달라질 수 있지만, 제안된 측정 장치의 성능에 주요한 영향을 미치는 광펄스폭은 변조전류와 직류 바이어스전류를 적절히 조절하여 외부에서 제어할 수 있다.

Fabry-Perot 레이저에서 출력된 여러 모드의 광펄스들은 폐경로를 따라 피측정 광섬유를 통과한 후 레이저로 자기궤환 되는데, 각 모드별 광펄스가 레이저를 출발한 후 다시 레이저로 재입사될 때까지의 경과시간-궤환시간은 광펄스의 파장에 따라 달라진다. 즉 레이저에서 출력되는 광펄스들은 모두 변조전류에 동기화 되어 있으므로 파장에 상관 없이 동시에 레이저에서 방출되지만, 피측정 광섬유의 색분산에 의한 파장별 군속도 차 때문에 모드별로 다른 궤환시간을 갖게 된다. 색분산에 의한 모드들 사이의 궤환시간편차 (ΔT_D)는 피측정 광섬유의 색분산계수(dispersion parameter)와 모드 사이의 파장 차($\Delta\lambda$)에 의해서 결정되며, 색분산계수(D)의 정의로부터 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta T_D = DL\Delta\lambda \tag{1}$$

여기서 L 은 피측정 광섬유의 길이, DL 은 피측정 광섬유의 총 누적 색분산 값을 각각 나타낸다.

궤환시간이 다른 광펄스들이 서로 다른 시간에 Fabry-Perot 레이저로 자기궤환 될 때, 특정 모드의 광펄스는 레이저에 인가되는 총전류(변조전류와 직류 바이어스전류의 합)가 레이저의 문턱전류(threshold current)보다 큰 순간에 레이저로 재입사 될 수 있다. Fabry-Perot 레이저는 여러 모드의 광펄스를 동시에 출력하지만, 한 특정 모드에서 이러한 조건이 만족되면 폐경로를 통해 그 특정 모드에서만 레이저 발진이 일어나게 된다. 그림 2는 특정 파장에서 폐경로를 통한 레이저 발진이 일어나기 위한 조건을 나타낸 시간 다이어그램(timing diagram)이다. 여기서 Fabry-Perot 레이저는 세 개의 고유 모드들 ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$)을 출력한다고 가정하였다. 그림 2(a)에 보인 바와 같이 세 모드의 광펄스들은 레이저에서 동시에 출력되지만, 광섬유의 색분산 때문에 각 모드(파장)별로 피측정 광섬유를 통해 진행되는 속도가 다르다. 따라서 모드별

로 다른 궤환시간을 가지며 각각 다른 시간에 레이저에 재입사된다. 이처럼 여러 모드의 광펄스들이 시차를 두고 레이저로 재입사될 때, 오직 두번째 모드(λ_2)의 광펄스만이 레이저에 인가되는 총전류가 문턱전류보다 큰 순간에 레이저로 재입사되면 다른 모드들은 억압(suppression)되고, 오직 그 모드(λ_2)에서만 레이저 발진이 일어나게 된다. 이 경우 광스펙트럼분석기를 이용하여 두번째 모드(λ_2)에서 발진하는 단일 모드 레이저 출력을 관찰할 수 있다. 이처럼 다중 모드 레이저는 자기궤환을 통해 한 모드에서만 발진할 수 있으며, 그림 1과 같이 장치하면 레이저의 발진 파장은 광섬유의 색분산과 외부에서 인가되는 변조주파수에 따라 결정된다. 따라서 외부에서 인가되는 변조주파수를 제어하면서 발진파장을 관찰하고 이를 이용하여 광섬유의 색분산을 측정할 수 있다. 자기궤환 레이저 발진을 통해 하나의 특정 모드에서 폐경로를 통한 레이저 발진이 일어나기 위해서는 그 모드의 궤환시간이 변조 전류 주기(주파수의 역수)의 정수배가 되어 인가되는 총전류가 문턱전압보다 큰 순간에 그 모드의 광펄스가 레이저로 재입사되어야 한다. 즉 다음과 같은 조건을 만족하여야 한다.

$$\frac{nL}{c} = \frac{N}{F} \tag{2}$$

여기서 n 은 피측정 광섬유의 굴절률, c 는 자유공간에서 빛의 속도, F 는 변조주파수, N 은 임의의 정수를 각각 나타내며, 좌변은 특정 모드 광펄스의 궤환시간을 나타낸다. 또 레이저에 인가되는 변조전류의 주파수를 변경하면 변조주기 또한 달라지는데, 변조주파수를 F 에서 ΔF 만큼 변경하면 변조주기의 변화는 다음과 같다. 단, 여기서 $F \gg \Delta F$ 라 가정한다.

$$\Delta T = \frac{1}{F + \Delta F} - \frac{1}{F} \approx -\frac{\Delta F}{F^2} \tag{3}$$

이와 같이 변조주파수를 변경하면 자기궤환 되는 각 모드별 광펄스가 레이저에 재입사되는 순간과 레이저에 인가되는 총전류가 문턱전류 이상인 순간 사이의 상대적인 시차도 달라지는데, 변조주파수 변화에 의해 초래되는 상대적인 시간편차 (ΔT_M)는 궤환시간이 고정-피측정 광섬유의 총 누적 색분산에 의해서만 결정됨-되어 있으므로 궤환시간 동안 누적된 변조주기 변화의 총합과 같다. 따라서 변조주파수를 ΔF 만큼 변경할 경우, 초래되는 상대적인 시간편차(ΔT_M)는 식 (2)와 (3)으로부터 다음과 같다.

$$\Delta T_M = -\frac{nL}{cF} \Delta F \tag{4}$$

변조주기(주파수) 변화에 의한 상대적인 시간편차(ΔT_M)를 적절히 이용하면 폐경로를 통해 발진하는 파장(모드)을 변경할 수 있다. 즉, 폐경로를 통해 두번째 모드(λ_2)에서 레이저 발진하는 상태에서 그림 2(b)에 나타난 바와 같이 변조주기를 적절히 변경하여 자기궤환 되는 광펄스 중 다른 인접모

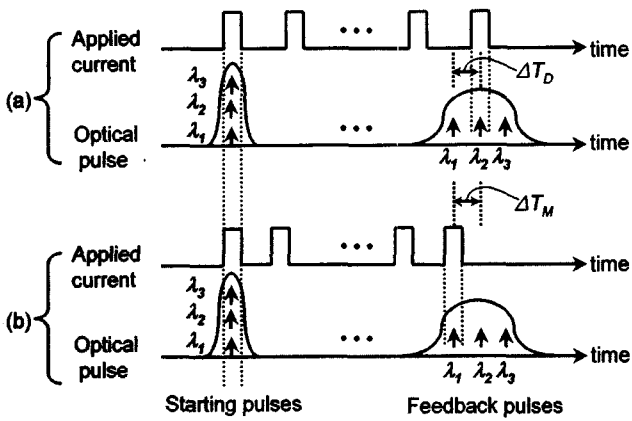


그림 2. 특정 파장에서 폐경로를 통한 레이저 발진이 일어나기 위한 조건을 나타낸 시간 다이어그램 (a) 두번째 모드(λ_2)에서 레이저 발진이 일어나기 위한 조건, (b) 변조주파수(주기)의 변화에 따라 첫번째 모드(λ_1)에서 레이저 발진이 일어나기 위한 조건.

드(λ_1)의 광펄스가 레이저에 인가되는 총전류가 문턱전류보다 큰 순간에 레이저로 재입사되도록 조절할 수 있다. 이 경우 폐경로를 통해 발진하는 파장이 두번째 모드(λ_2)에서 첫 번째 모드(λ_1)로 바뀌게 되므로 결국 변조주기를 변경하여 발진 파장을 제어할 수 있게 된다. 이처럼 하나의 모드에서 파장이 $\Delta\lambda$ 만큼 떨어진 다른 모드로 레이저 발진 파장을 변경하기 위해서는 변조주기 변화에 의해 초래되는 상대적인 시간편차 (ΔT_M)가 색분산에 의한 모드간의 귀환시간편차 (ΔT_D)와 같도록 변조주기를 변경하여야 한다. 즉 $\Delta T_M = \Delta T_D$ 라는 조건을 만족하여야 한다. 이 조건으로부터 식 (1)과 (4)를 이용하여 피측정 광섬유의 색분산계수를 계산할 수 있는데, 색분산계수는 다음과 같다.

$$D = -\frac{n \Delta F}{cF \Delta \lambda} \tag{5}$$

이것은 폐경로를 통해 레이저 발진하는 파장을 $\Delta\lambda$ 만큼 이동하기 위해 요구되는 변조주파수의 변화량(ΔF)을 측정함으로써 피측정 광섬유의 색분산 값을 측정할 수 있음을 의미한다. 따라서 제안된 색분산 측정 장치에서 신호발생기를 이용하여 변조주파수를 연속적으로 변경하면서 폐경로를 통한 레이저 발진 파장을 관찰하고, 각 발진 파장에 해당되는 변조주파수를 측정하면 원하는 파장대역에서 피측정 광섬유의 색분산 값들을 알 수 있다.

III. 실험 및 실험결과

제안된 색분산 측정법의 가능성과 성능을 검증하기 위해 그림 1과 같은 측정 장치를 구성한 후, 단일모드 광섬유들의 색분산계수를 측정하였다. 실험에서는 모드 간격이 1.16 nm 이고 문턱전류가 약 5 mA인 일반적인 Fabry-Perot 레이저

다이오드를 사용하였으며, 레이저의 온도는 별도로 제어하지 않았다. 레이저 다이오드에 인가한 직류 바이어스 전류와 변조전류(peak-to-peak)의 크기는 각각 4.6 mA와 14 mA였다. 이 경우 레이저의 출력 중심파장은 약 1545 nm였고, 스펙트럼 대역폭(3-dB 대역폭)은 약 8 nm였다.

신호발생기의 정현파 출력을 이용하여 레이저 다이오드에 변조전류를 인가하였으며, 변조주파수는 약 1 GHz 근처로 설정하였다. 변조주파수가 높을수록 레이저에서 생성되는 광펄스폭이 좁아지므로 정밀한 측정이 가능하다. 하지만, 측정 가능한 파장 대역은 변조주파수와 피측정 광섬유의 색분산 값에 반비례한다. 따라서 실험에서는 1 km의 일반적인 단일모드 광섬유의 색분산계수를 30 nm의 파장 대역에서 측정하기 위해 변조주파수를 1 GHz 근처로 설정하였다. 본 실험에서는 구형파 대신 정현파를 출력하는 RF신호발생기를 사용하였다. 만약 펄스폭과 Duty ratio를 조절할 수 있는 펄스발생기를 사용한다면 낮은 펄스반복율과 좁은 펄스폭을 가진 변조전류를 인가하여 레이저를 변조할 수 있으므로 측정의 정확도도 높이고 측정 가능한 파장대역도 확대할 수 있다.

첫번째 피측정 광섬유로는 LG전선에서 생산된 단일모드 광섬유를 사용하였는데, 첫번째 피측정 광섬유는 양의 색분산계수를 가지며 길이는 1 km였다. 레이저에 인가되는 변조전류의 주파수를 1 GHz에서부터 시작하여 10 Hz 간격으로 순차적으로 증가시켰을 때, 특정 변조주파수들에서 Fabry-Perot 레이저의 고유 모드들에 해당하는 파장들에서 단일모드 레이저 발진들이 관찰되었다. 그림 3은 폐경로를 통한 레이저 발진이 일어날 경우 측정된 광스펙트럼과 각 발진 파장에 해당되는 변조주파수의 변화량-초기 1 GHz에서의 변화량을 나타낸 것이다. 변조주파수가 증가함에 따라 폐경로를 통해 레이저 발진하는 파장은 장파장에서 단파장 영역으로 이동하였으며, Fabry-Perot 레이저의 각 모드에 해당되는 파장에서 뚜렷한 단일모드 발진을 확인할 수 있었다. 특히, 자기귀환이 없는 상태에서 측정된 Fabry-Perot 레이저의 각 모드별 파워는 모드 경합(mode competition) 또는 모드 분할(mode

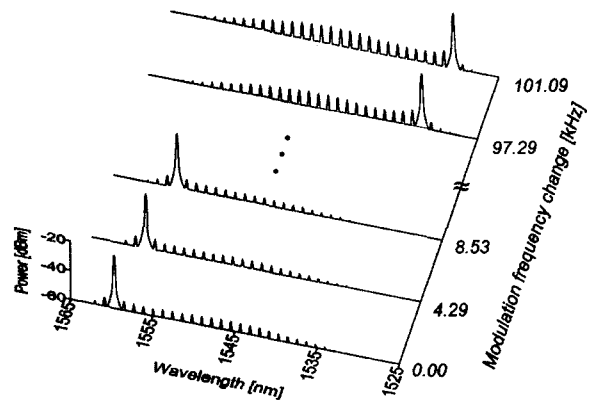


그림 3. 폐경로를 통해 레이저 발진이 일어날 경우 측정된 광스펙트럼과 각 발진 파장에 해당되는 변조주파수.

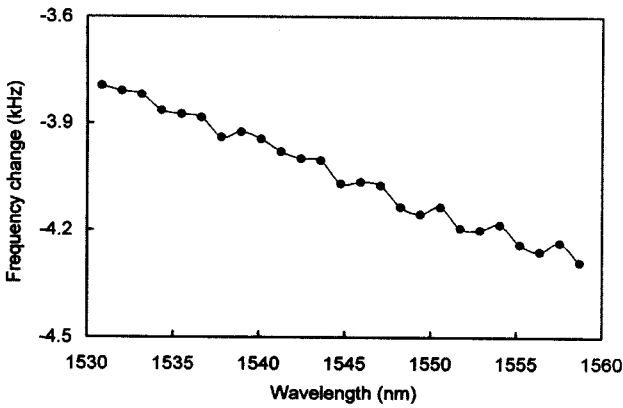


그림 4. 인접된 두 모드 사이에서 발진 파장을 변경하기 위해 요구되는 변조주파수의 변화량.

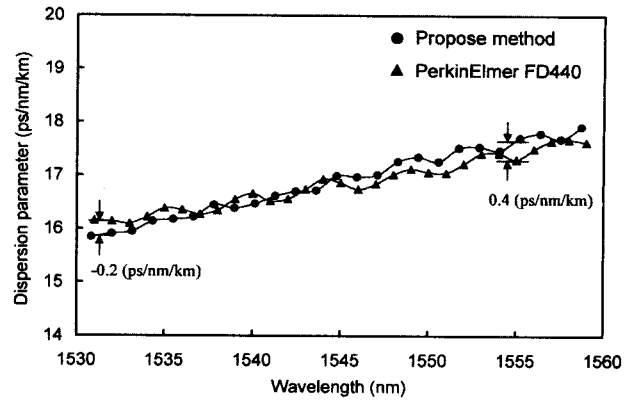


그림 5. 양의 색분산계수를 가진 광섬유의 색분산계수 측정 결과.

partition) 현상 때문에 불안정하였지만, 폐경로를 통한 레이저 발진이 일어난 상태에서 측정된 특정 모드의 파워는 일정 시간 동안 매우 안정된 상태로 일정한 출력을 제공하였다.

레이저의 한 모드에서 다른 인접 모드로 발진 파장을 이동시키기 위해 요구되는 변조주파수의 변화량은 파장에 따라 다른데, 그림 4는 인접된 두 모드 사이에서 발진 파장을 변경하기 위해 요구되는 변조주파수의 변화량을 측정한 결과이다. 이처럼 파장에 따라 두 인접 모드에서 발진 파장을 이동하기 위해 요구되는 변조주파수의 변화량이 달라지는 것은 피측정 광섬유에서 색분산에 의한 인접 모드 사이의 궤환 시간편차(ΔT_D)가 파장이 짧아질수록 감소한다는 것을 의미한다. 즉, 색분산 값이 파장에 따라 달라진다는 것을 의미하며, 이것은 피측정 광섬유의 색분산 기울기(dispersion slope)와 연관된다.

그림 5는 인접 모드들 사이에 발진 파장을 변경하기 위해 요구되는 변조주파수의 변화량으로부터 식 (5)를 이용하여 계산된 색분산계수를 나타낸 것이다. 피측정 광섬유의 굴절률 n 은 1.45, 자유공간에서의 빛의 속도 c 는 3×10^8 km/sec로 가정하였다. 또 제안된 방법의 성능을 비교 검증하기 위해 색분산계수[ps/nm/km]의 측정 정확도(오차)가 ± 1 %인

상용 계측기(PerkinElmer, model: FD440)를 사용하여 측정한 결과도 함께 나타내었다. 제안된 방법을 이용한 측정 결과는 상용 계측기를 사용한 측정 결과와 잘 일치하였으며, 모든 측정 파장영역에서 두 측정 결과의 상대적인 차이는 약 2.4% (± 0.4 [ps/nm/km]) 이하였다. 또 제안된 측정법의 재현성(repeatability)을 검증하기 위해 동일한 조건에서 수 차례 실험을 반복하였는데, 측정된 색분산계수의 최대 변화치는 모든 측정 파장영역에서 ± 0.1 [ps/nm/km] 이내였다. 따라서 제안된 측정 장치의 재현성은 0.5% 보다 좋음을 알 수 있다.

피측정 광섬유의 종류를 변경하여 음의 색분산계수를 가진 단일모드 광섬유에 대해서도 동일한 측정을 반복하였는데, 이 경우 색분산계수가 음이기 때문에 변조주파수가 1 GHz에서부터 증가함에 따라 단파장에서 장파장 영역으로 발진 파장이 이동하였다. 그림 6은 음의 색분산계수를 가진 광섬유에 대한 측정 결과이며, 삽입 그림은 두 인접 모드 사이에서 발진 파장을 이동시키기 위해 요구되는 변조주파수의 변화량을 나타낸 것이다. 음의 색분산계수를 가진 피측정 광섬유의 경우에도 제안된 방법을 이용한 측정 결과는 상용 계측기를 이용한 측정 결과와 잘 일치하였으며, 모든 측정 파장영역에서 두 측정 결과의 차이는 ± 0.1 [ps/nm/km] 이내였다.

실험에서는 약 30 nm의 파장대역에서 광섬유의 색분산계수를 측정하였는데, 이것은 사용된 Fabry-Perot 레이저의 이득대역이 그 영역에서 제한되었기 때문이다. 이득대역이 넓은 레이저를 사용하거나 이득 대역이 다른 여러 개의 Fabry-Perot 레이저를 다중화하여 사용하면 측정 가능 파장대역을 확장할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 폐경로를 통한 Fabry-Perot 레이저의 자기궤환 발진 현상을 이용하여 새로운 색분산 측정법을 제안하였고, 측정 장치를 구현하여 그 성능을 실험적으로 평가하였다. 제안된 측정 장치에서 Fabry-Perot 레이저는 광펄스의 생성 뿐만 아니라 광섬유의 색분산에 의해 초래되는 파장에 따

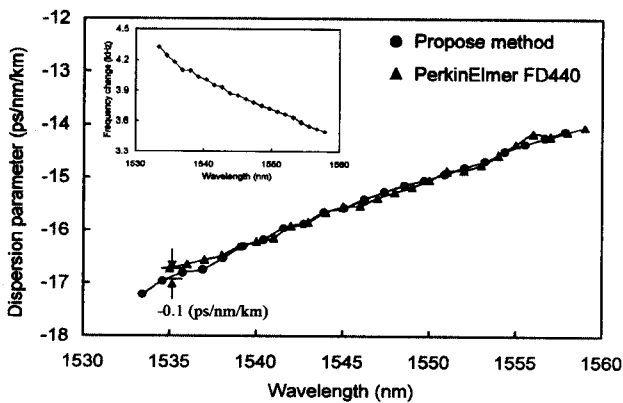


그림 6. 음의 색분산계수를 가진 광섬유의 색분산계수 측정 결과.

른 군지연 차(group delay difference)를 직접적으로 감지하는 소자로서 동작하였다. 따라서 저가의 Fabry-Perot 레이저를 사용하여 기존 장치에서 사용되었던 고속 광송신기 및 광대역 광수신기, 위상 측정기 등의 부품 및 장치를 대체할 수 있으므로, 경제적이고 구성이 간단한 특징이 있다. 제안된 측정 장치를 이용한 단일모드 광섬유의 색분산계수 측정 결과는 기존의 상용 계측기를 사용한 측정 결과와 잘 일치함을 실험적으로 검증하였는데, 상용 계측기와의 측정오차는 모든 파장영역에서 2.4% 이하 였고 재현성은 0.5% 보다 좋았다. 제안된 측정법은 저렴한 Fabry-Perot 레이저를 사용하므로 여러 개의 레이저를 동시에 사용하여 측정 가능한 파장대역을 경제적으로 확장할 수 있으며, 저가이면서 구성이 단순하기 때문에 현장 적용에 적합할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(20030386)지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] J.-X. Cai, M. Nissov, C. R. Davidson, A. N. Pilipetskii, G. Mohs, H. Li, Y. Cai, E. A. Golovchenko, A. J. Lucero, D. G. Foursa, and N. S. Bergano, "Long-haul 40 Gb/s DWDM transmission with aggregate capacities exceeding 1 Tb/s," *J. Lightwave Technol.*, vol. 20, pp. 2247-2258, 2002.
- [2] L. G. Cohen, "Comparison of single-mode fiber dispersion measurement techniques," *J. Lightwave Technol.*, vol. 3, pp. 958-966, 1985.
- [3] A. C. Van Bochove, J. F. Jacobs, and J. T. Nijhuis, "Improved Raman-fiber pulse delay measurement system," *Electron. Lett.*, vol. 21, pp. 282-283, 1985.
- [4] B. Costa, D. Mazzoni, and M. Puleo, "Phase shift technique for the measurement of chromatic dispersion in optical fibers using LED's," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 18, pp. 1509-1514, 1982.
- [5] Y. Horiuchi, Y. Namihira, and H. Wakabayashi, "Chromatic dispersion measurement in 1.55 μ m Narrow-band region using a tunable external-cavity laser," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 1, pp. 458-460, 1989.
- [6] A. J. Barlow, "Chromatic dispersion measurement of optical fibers by the differential phase shift method," *Electronics Industries Assoc.*, FOTP 175, 1986.
- [7] S. E. Mechels, J. B. Schlager, D. L. Franzen, "Accurate zero-dispersion wavelength measurements in single-mode fibers: two frequency-domain methods," *Proc. IEEE LEOS Annual Meeting 1995*, vol. 2, pp. 75-76, 1995.
- [8] L. Thevenaz, J-P. Pellaux, and J-P. V. D. Veid, "All-fiber interferometer for chromatic dispersion measurements," *J. Lightwave Technol.*, vol. 6, pp. 1-7, 1988.
- [9] D. Huhse, M. Schell, J. Kaessner, D. Bimberg, I. S. Tarasov, A. V. Gorbachov, and D. Z. Garbuzov, "Generation of electrically wavelength tunable($\Delta\lambda=40$ nm) singlemode laser pulses from a 1.3 μ m Fabry-Perot laser by self-seeding in a fibre-optic configuration," *Electron. Lett.*, vol. 30, pp. 157-158, 1994.

Dispersion measurement technique based on a self-seeding laser oscillation of a Fabry-Perot laser

Ki-hong Yoon, Jae-won Song, and Hyun Deok Kim[†]

School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University

1370 Sankyuk-dong, Puk-gu, Taegu, 702-701 South Korea

[†]E-mail: hyundkim@ee.knu.ac.kr

(Received November 26, 2003, Revised manuscript March 16, 2004)

A simple dispersion measurement technique has been demonstrated by using a self-seeding laser oscillation of a Fabry-Perot laser through a closed loop. The optical pulses of different wavelengths emitted from the Fabry-Perot laser travel down an optical fiber and the group velocity difference between the pulses due to the chromatic dispersion of the optical fiber is measured through the self-seeding laser oscillation process. The dispersion parameter of the optical fiber is calculated from the measured group velocity difference. The performance of the proposed technique has been confirmed experimentally and the accuracy of dispersion parameter measurement was comparable to that of commercial instruments with expensive equipment and components. The repeatability of the proposed method was better than 0.5%.

OCIS Codes : 060.2300, 140.3520.