

## 카고메살창외피를 가진 중공빛량자결정섬유의 분산특성

리효철, 김일진, 임성진

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《수학과 물리학, 화학, 생물학을 비롯한 기초과학부문에 대한 교육에도 깊은 주의를 돌려야 합니다. 현대과학기술의 빠른 발전은 기초과학의 성과에 토대하고있으며 과학기술분야에서의 자립성은 기초과학분야에서부터 시작됩니다.》(《김정일선집》 증보판 제10권 485페이지)

빛량자결정섬유[1]의 가장 흥미있는 한가지 형태는 중공빛량자결정섬유이다. 중공빛량자결정섬유[2]에서 빛은 공기구멍들이 2차원3각형살창배렬로 이루어진 외피에서의 빛금지띠효과에 의하여 구멍속심을 따라 전파된다. 이 빛섬유는 1dB/km 정도의 작은 손실계수를 가진다. 이 섬유들의 기본결합은 좁은 금지띠에 의하여 결정되는 좁은 대역폭이다. 카고메살창외피를 가지는 중공빛량자결정섬유는 이 결합을 극복하고 광대역에서 비교적 작은 손실을 가진다. 이 논문에서는 카고메살창외피를 가진 중공빛량자결정섬유의 분산특성을 연구하였다.

중공빛량자결정섬유의 가로자름면을 그림 1에 보여주었다. 보느바와 같이 아르곤기체를 채운 구멍속심은 석영으로 이루어진 카고메살창외피[2]로 둘러싸여있다. 아르곤과 석영의 분산은 유전률의 켈마이어의 공식[2]에 의하여 표시된다. 논문에서는 실제로 제조된 것과 유사한 파라미터를 가지는 중공빛량자결정섬유에 대하여 이론적으로 연구하였다.

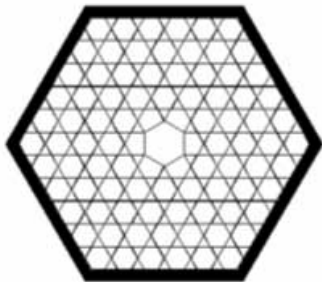


그림 1. 카고메살창외피를 가진  
중공빛량자결정섬유의 가로자름면

이 섬유의 전파상수  $\beta(\omega)$  와 손실계수  $\alpha(\omega)$  를 계산하기 위하여 모의프로그램 JCMwave[2, 3]를 리용하였다. 그림 2의 ㄱ)에 파장에 따르는 손실계수를 보여주었다. 이것은 같은 속심직경을 가지는 구멍실리카도파관에서보다 수백배나 세기가 작다. 다만 1 200, 600nm근방에서 레외로 되는데 이것은 외피에서의 공명과 일치한다.[3] 여기서 특히 중요한것은 손실계수가 4파혼합에서 에네르기원천파, 보조파, 신호파에 해당하는 830, 266, 177nm근방에서 1dB/m보다 작다는것이다. 이 낮은 손실은 카고메살창외피에서 간막이의 두께에 의하여 기본적으로 결정되며 속심직径의 영향은 크지 않다. 자외선영역에서는 카고메살창외피를 가진 중공빛량자결정섬유의 통과대역이 아르곤의 손실에 의해서만 제한된다. 한편 120—200nm대역에서 실리카손실은 높은 도파관손실을 일으키지 않는다. 그림 2의 ㄴ)에 2.5cm의 카고메살창외피를 가진 중공빛량자결정섬유와 구멍실리카도파관에서의 투과율을 보여주었다.

그림 2의 ㄷ)에는 군속도분산을 보여주었다. 그림 2의 ㄷ)에서와 같이 작은 군속도분산값은 빛금지띠원리에 기초한 보통의 중공빛량자결정섬유에서는 얻을수 없다. 실지의 도파관에서는 구조파라미터의 세로방향변화가 있다. 이것은 제조의 불완전성에 의한것으로서 전파상수의 빠른 세로변화를 일으키는데 전파과정에 평탄해진다. 이러한 평탄화는 주파수구역에서도 진행할수 있다.

우리는 5%의 변화깊이를 가정하고 평탄화를 진행하였다.(그림 2의 ㄱ, ㄷ)에서 실선)

그림 2의 ㄷ)에서는 실선으로 파수부정합  $\delta k = 2\beta(\omega_p) - \beta(\omega_I) - \beta(\omega_S)$ 의 기체압력에 대한 의존성을 표시하였다. 여기서  $\omega_S = \omega_p + \omega_I$ ,  $\omega_p = 3\omega_I$ ,  $\lambda_I = 830\text{nm}$ 이다. 위상정합압력이 0.33~0.34기압(atm)이라는것과 이 압력구역에서 파수부정합이  $0.2\text{cm}^{-1}$ 이하라는것을 알수 있다.

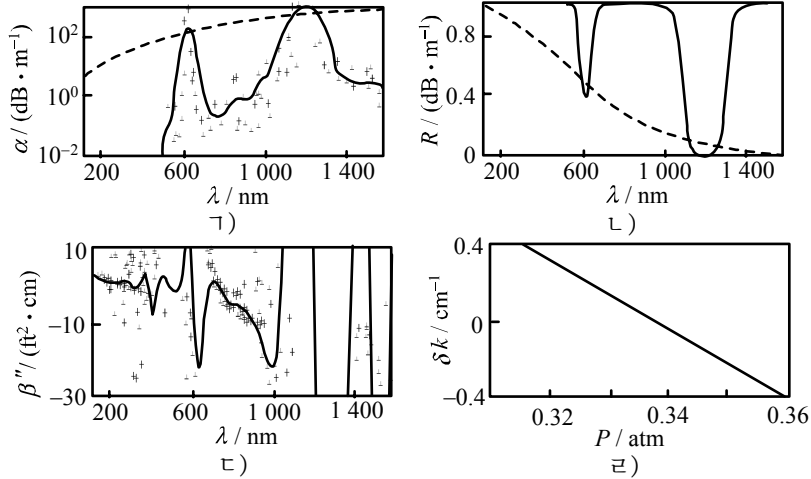


그림 2. 카고메살창외피를 가진 중공빛량자결정섬유에서의 손실(ㄱ))과 2.5cm 전파를 통한 투과결수(ㄴ)), 군속도분산(ㄷ)), 파수부정합(ㄷ))  
실선—평균, 점선—중공실리카

## 맺 는 말

논문에서는 카고메살창외피를 가진 중공빛량자결정섬유가 광대역에서 작은 손실과 조종가능한 분산을 가진다는것을 밝혔다.

## 참 고 문 헌

- [1] P. St. J. Russel; Science, **299**, 358, 2003.
- [2] F. Couny et al.; Science, **318**, 1118, 2007.
- [3] P. St. J. Russell et al., Nature Photonics, **8**, 278, 2015.

주제107(2018)년 12월 5일 원고접수

## Dispersion Properties of Hollow-Core Photonic Crystal Fibers with Kagome-Lattice Cladding

Ri Hyo Chol, Kim Il Jin and Im Song Jin

We have showed that the hollow-core photonic crystal fibers with Kagome-lattice cladding have low loss in broad range of wavelength and controllable dispersion.

Key words: group velocity dispersion, hollow-core photonic crystal fibers, cladding