

적외선 투과 광섬유를 이용한 내시경용 비접촉식 온도 센서

Noncontact Temperature Sensor Using an Infrared Optical Fiber for Medical Endoscopic Usage

유옥재, 이봉수, 조동현, 정순철, 탁계래, 손상희*, 조승현**

건국대학교 의학공학부, *청주대학교 전자정보공학부, **성균관대학교 고분자 기술 연구소

wonzip@naver.com

적외선 투과 광섬유를 이용한 온도측정 장치는 좁은 곳이나 강한 전자기장에서 비접촉으로 표면온도를 측정할 수 있다는 장점을 가진다⁽¹⁾. 적외선 투과 광섬유를 이용한 온도측정에는 긴 파장을 전송시킬 수 있는 silver halides 광섬유가 필요하며, 이를 이용하여 넓은 온도범위에서 온도를 측정할 수 있다⁽²⁾. Silver halides 광섬유에서 $AgCl_xBr_{1-x}$ 광섬유는 비교적 낮은 온도에서의 적외선 전송을 위해 사용되며 유연하고 불용해성이며, 무독성이다. 본 연구에서는 인체 내부 온도 측정에 적용할 적외선 투과 광섬유를 이용한 비접촉식 온도측정의 기초 실험 연구로서, 열원에서 방출되는 적외선을 적외선 투과 광섬유로 전송시켜 열원의 온도변화에 따른 적외선 센서의 출력 전압을 측정하였고, 관계식을 도출하였다.

본 연구에 사용된 광섬유는 silver halides 적외선 투과 광섬유(PIR 900/1000, JT Ingram Co.)로서 광섬유의 외경은 1.0mm, 클래딩(cladding)의 두께는 0.05mm이다. 코어(core)의 굴절율은 2.15이고, 개구수(numerical aperture)는 0.25이다. 광섬유에서 코어와 클래딩은 silver halides인 $AgCl:AgBr$ 혼합으로 구성되어 있고, 자켓(jacket)은 PEEK-polymer(polyetheretherketone)로 되어있다. 적외선 전송 파장범위는 $4 \sim 18\mu m$ 이며 녹는점은 $415^\circ C$ 이다.

그림 1은 연구에 사용된 적외선 투과 광섬유의 파장에 따른 전송률을 보여주고 있으며, $10 \sim 18\mu m$ 영역의 적외선 파장에서 90% 이상의 전송률을 보이고 있다.

그림 2는 적외선 광학 장비인 collimator와 focus head의 구조를 보여주고 있다. 적외선 광학 장비는 적외선 투과 광섬유 양 끝 단에 처리된 SMA 커넥터에 연결하여 사용된다. 본 연구에 사용된 collimator는 infrared fiber optic collimator(FOCIR 10, JT Ingram Co.)로서 열원으로부터 방출된 적외선을 평행하게 하여 적외선 투과 광섬유 끝 단에 모아주는 역할을 하며, 또 하나의 적외선 광학 장비인 focus head는 infrared fiber optic focus head(FOFHIR 10, JT Ingram Co.)로서 적외선 투과 광섬유로부터 전송된 적외선을 적외선 센서에 집중시키는 역할을 한다.

적외선 센서로는 실온에서 적외선을 감지할 수 있는 써모파일 센서(thermopile sensor module, Perkin Elmer Inc.)를 사용하였고, 센서의 감지 파장 범위는 $4 \sim 18\mu m$ 이다. 써모파일 센서는 실온에서 작동하며 초퍼(chopper)를 사용할 필요가 없고, 경제적이며 간단하게 실험장치를 구성할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

그림 3은 적외선 투과 광섬유와 써모파일 센서를 이용한 실험구성을 보여주고 있다. 열원, 적외선 광섬유 그리고 써모파일 센서를 일직선상에 위치시키고, 열원 및 적외선 투과 광섬유 끝단은 주위 광원의 영향을 최소화하기 위해서 암실처리를 하였다. 열원의 온도는 인가 전압에 의해서 변화되고, 각각의 열원 온도에 의해서 방출되는 적외선의 파장이 결정된다. 열원으로부터 방출된 적외선은 적외선 투과 광섬유를 통해서 적외선 센서인 써모파일 센서로 전송되고, 전송된 적외선의 특정 파장에 대해서 써모파일 센서의 출력 전압이 결정된다.

그림 4는 열원의 온도 변화에 따른 써모파일 센서의 출력 전압의 변화 그래프, 관계식 및 정확도를 보여준다.

적외선 광학 장비인 collimator와 focus head를 사용한 경우에, 열원의 온도변화에 따른 써모파일 센서 출력 전압의 변화량이 크게 나타났으며, 선형적인 결과를 보였다.

인체 내부 온도 측정에 사용할 내시경 시스템을 그림 5에 제안하며, 내시경 시스템은 image guide, light guide 그리고 적외선 투과 광섬유를 이용한 온도측정 장치를 위한 ancillary channel을 포함한다.

본 연구에서는 반복 실험과 무작위 실험을 통해서 열원의 온도 변화에 따른 써모파일 센서의 출력 전압을 측정하였고, 열원의 온도와 써모파일 센서 출력 전압과의 관계식을 도출하였다. 실험에서 측정한 열원의 온도 범위는 25~140℃이었다. 본 연구 결과, 인체 내부 온도 측정을 위한 적외선 투과 광섬유를 이용한 온도측정 장치를 포함하는 내시경 시스템의 개발이 가능할 것으로 기대된다. 앞으로 더 수행해야 할 연구 방향은 적외선 투과 광섬유 다발을 제작하여 온도 분포를 측정하는 것이다.

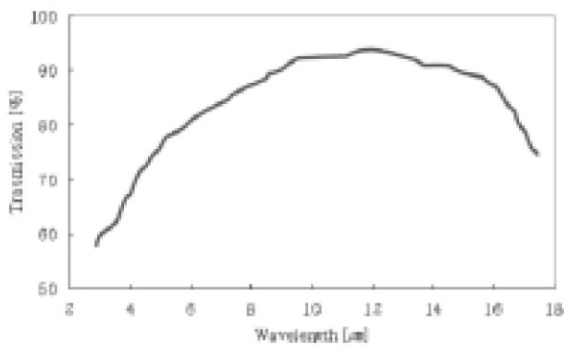


그림 1. 적외선 투과 광섬유의 파장에 따른 전송률

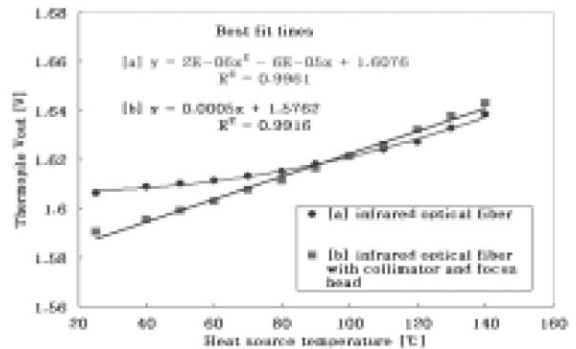


그림 4. 열원의 온도와 따른 써모파일 센서 출력 전압과의 관계

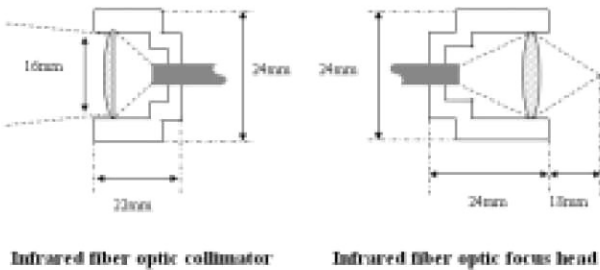


그림 2. 적외선 광학 장비

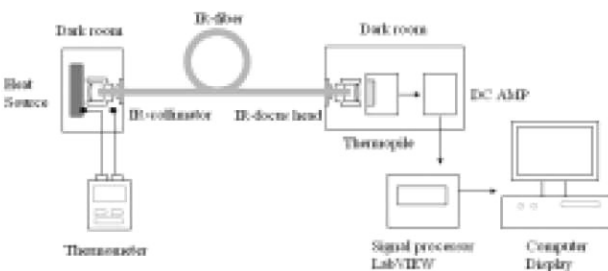


그림 3. 온도 측정을 위한 실험 구성

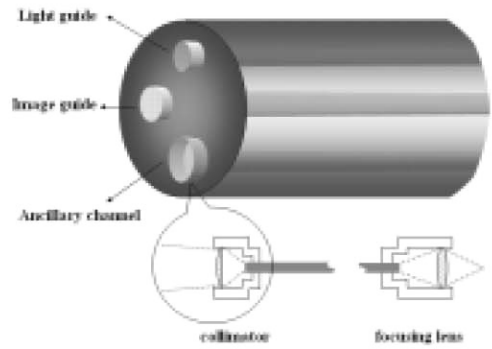


그림 5. 적외선 투과 광섬유를 이용한 온도 측정 장치를 포함하는 내시경 시스템

1. M. Shimizu, S. Kachi, "Low - temperature radiation using infrared fiber", *Japanese Journal of Applied Physics*, reprinted by permission of the publisher from *Proceedings of the 3rd Sensor Symposium*, 275-276 (1983).
2. A. Zur, A. Katzir, "Fiber for low - temperature radiometric measurements", *Optical Society of America*, reprinted by permission of the publisher from *Applied Optics* 26(7), 1201-1206 (1987).