

# 내방사 광섬유의 감마선 영향 분석

류국빈\* · 김영웅 · 김종열 · 황영관

한국원자력연구원

## Analysis of Gamma Radiation Effects of Commercial Radiation-Resistant Optical Fibers

Gukbeen Ryu\* · Young-Woong Kim · Jong-Yeol Kim · Young Gwan Hwang

Korea Atomic Energy Research Institute

E-mail : gbryu@kaeri.re.kr

### 요 약

광섬유가 방사선에 노출되면 코어 내에 컬러센터가 형성되어 광 투과성이 저하된다. 방사선 유도 손실이라 하며, 소재, 구조 등의 변화를 통해 방사선 유도 손실을 줄이고 내방사선 특성을 개선한 광섬유가 활발히 연구되고 있다. 우주, 원자력 발전소 등 극한 환경에서도 통신 및 광응용 시스템을 구축하는데 내방사 광섬유를 활용할 수 있다는 장점 때문이다. 본 발표에서는 상용 내방사 광섬유의 감마선 조사에 의한 영향을 분석한 결과를 보인다.

### ABSTRACT

When an optical fiber is exposed to radiation, a color center is formed in the core, which lowers the optical transmittance of the optical fiber. This is called the radiation-induced attenuation(RIA), and research on optical fibers having improved radiation resistance by changing materials and structures is being actively conducted. This is because radiation-resistant optical fibers have the advantage that they can be used in telecommunication and optical applications even in extreme environments such as space and nuclear power plants. In this paper, the effect of gamma irradiation of commercial radiation-resistant optical fibers was analyzed.

### 키워드

optical fiber, radiation, gamma-ray, radiation-induced attenuation

### 1. 서 론

광섬유는 데이터 전송, 센서, 의료기기, 국방 등 여러 분야에서 신호 전달 매개체로 활용되고 있다. 전송 손실이 낮고, 고온에 잘 견디며, 전자기파 간섭에도 강하다는 장점 등으로 일반 환경뿐만 아니라 극한 환경까지도 활용 가치를 넓히고 있다. 최근, 우주 및 원자력발전소와 같이 방사선에 노출되는 환경에서도 통신용 및 센서용으로의 활용 가능성이 입증되어 관련 연구가 활발히 진행되고 있다.

방사선에 노출된 광섬유는 광섬유 코어 내에 컬러센터가 형성되어 광 전송 손실이 발생하며, 방사선 유도 손실 영향이 커질수록 광섬유 활용 가능

성이 급격히 줄어든다. 이를 극복하기 위해 방사선에 의한 손실 영향을 줄인 내방사선 광섬유에 대한 연구가 수행되고 있다. 국내의 경우, 아직 연구 초기 단계이며 기반 데이터가 부족한 실정으로, 광섬유의 방사선 유도 손실에 대한 기술 조사가 필요하다.

본 논문에서는 상용 내방사선 광섬유의 감마선 조사에 의한 전송 손실 영향을 분석한 결과를 보인다. 첨단방사선연구소의 감마선 조사 시설을 이용하여 내방사선 단일모드 광섬유 4종 및 다중모드 광섬유 4종에 감마선을 조사하였으며, 감마선 유도 손실을 측정 및 분석하였다.

\* corresponding author

## II. 본 론

감마선 조사에 의한 광섬유의 전송 손실 변화를 측정하기 위한 실험 구성도는 그림 1과 같다. 증폭된 자발 방출 광을 광원으로 이용하였고, 여러 광섬유 샘플의 광 전송 손실 변화량을 실시간으로 측정하기 위해 광 분배기 및 멀티채널 광 파워미터를 이용하였다. PC를 이용하여 실시간으로 광섬유 입출력 광 세기 변화값을 자동 분석하였고, 감마선 조사로 인한 광섬유 주변 온도 변화를 측정하기 위해 Thermocouple(TC)을 이용하였다. 감마선 조사 시험에 이용한 단일모드 광섬유 샘플은 4종(Germanium 첨가 통신용 광섬유, Fluorine 첨가 내방사 광섬유 2종, 순수 실리카 코어 광섬유)이었으며, 200m 길이를 조사하였다. 다중모드 광섬유 샘플은 4종(Germanium 첨가 통신용 광섬유, Fluorine 첨가 내방사 광섬유, 순수 실리카 코어 광섬유, Radhard 광섬유)이었으며, 200m 길이를 조사하였다. 감마선 조사는  $^{60}\text{Co}$  선원을 이용하여 진행하였으며, 시간당 선량률은 약 6,000 Gy/h이었다.

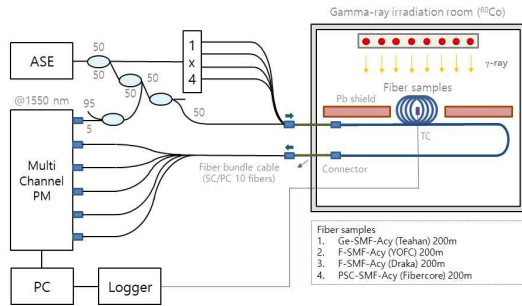


그림 1. 단일모드 광섬유의 감마선 유도 손실 측정 구성도

단일모드 광섬유 샘플의 방사선 유도 손실값을 측정한 결과는 그림 2와 같다. 광 파워미터에서 측정한 광 세기 변화값을 dB/m 단위로 환산하였다. 2시간 조사 후 30분 회복하는 방식으로 두 차례 진행하였고, 선량계(Alanine Dosimetry)를 이용하여 측정한 실제 측정 선량값은 광섬유 샘플 위치에 따라 22.53~24.69 kGy 수준이었다. 방사선 유도 손실 측정 결과, Germanium이 함유된 통신용 광섬유가 손실값이 내방사 광섬유에 비해 3배 이상 높았다. 내방사 광섬유 중, Draka사에서 제조한 Fluorine 첨가 광섬유가 손실이 가장 작고, 가장 빠르게 포화되는 특성을 보였다. 순수 실리카 코어 광섬유의 경우, 일반 통신용 광섬유에 비해 방사선 유도 손실이 확연히 낮았지만, Fluorine 함유 광섬유에 비해 높은 손실값을 보였다.

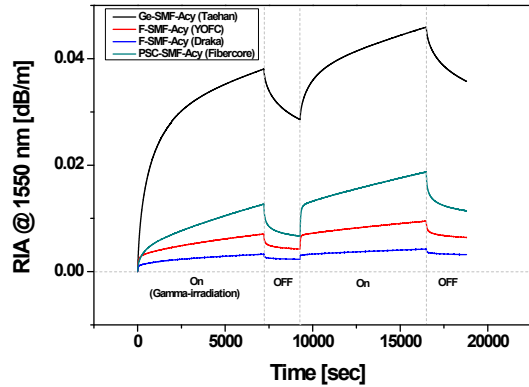


그림 2. 단일모드 광섬유 샘플의 감마선 유도 손실 측정 결과

감마선 조사를 중단하고 단일모드 광섬유의 손실 회복 특성을 측정한 결과는 그림3에 나타내었다. 4종의 단일모드 광섬유 모두 조사가 중단되자 손실값이 회복되는 경향을 보였다. 조사 중단 30분 후, 최대 손실값 대비 회복률은 순수 실리카 코어 광섬유, YOFC사의 Fluorine 첨가 광섬유, Draka사의 Fluorine 첨가 광섬유, Germanium 첨가 통신용 광섬유 순으로 나타났다.

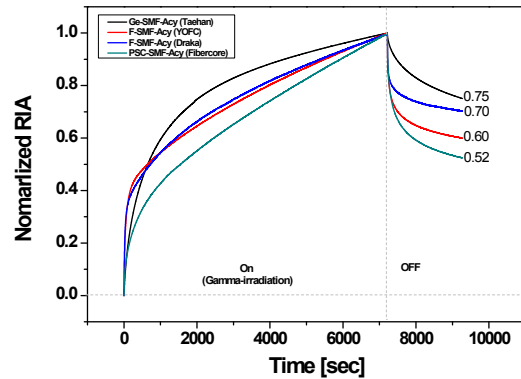


그림 3. 단일모드 광섬유의 방사선 유도 손실 회복 특성 측정 결과

다중모드 광섬유 샘플의 방사선 유도 손실값을 측정한 결과는 그림 4와 같다. 광 파워미터에서 측정한 광 세기 변화값을 dB/m 단위로 환산하였다. 2시간 조사 후 30분 회복하는 방식으로 한 차례 진행하였고, 선량계(Alanine Dosimetry)를 이용하여 측정한 실제 측정 선량값은 12.78 kGy 수준이었다. 방사선 유도 손실 측정 결과, Germanium이 함유된 통신용 광섬유가 손실값이 가장 높았으며, 광섬유 코어에 Fluorine이 함유된 광섬유가 손실값이 가장 낮았다. 순수 실리카 코어 광섬유의 경우, 일반 통신용 광섬유에 비해 방사선 유도 손실이 아주 낮았지만, Fluorine 첨가 광섬유에 비해 약간 높은 특

성을 보였다. Germanium이 함유된 통신용 광섬유는 방사선에 의한 손실이 매우 높게 발생하였으며, 약 90초 조사 후 측정 광 파워가 -90dBm 수준으로 떨어졌다. 내방사 다중모드 광섬유의 방사선 유도 손실값은 단일모드 광섬유의 방사선 유도 손실값에 비해 10배 이상 높은 특성을 보였다.

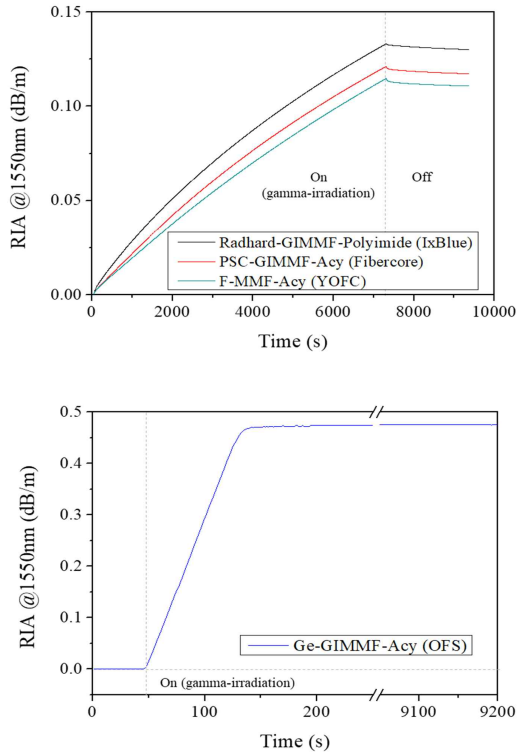


그림 4. 다중모드 광섬유 샘플의 방사선 유도 손실 측정 결과

감마선 조사를 중단하고 다중모드 광섬유의 손실 회복 특성을 측정한 결과는 그림5에 나타내었다. 3종의 내방사 다중모드 광섬유 모두 조사가 중단되자 손실값이 약간 회복되는 경향을 보였지만, 단일모드 광섬유에 비해 천천히 손실 회복되었다. 조사 중단 30분 후, 최대 손실값 대비 회복률은 YOFC사의 Fluorine 첨가 광섬유, 순수 실리카 코어 광섬유, Radhard 광섬유 순으로 나타났지만, 손실 회복 특성 차이는 약 1.2% 수준이었다.

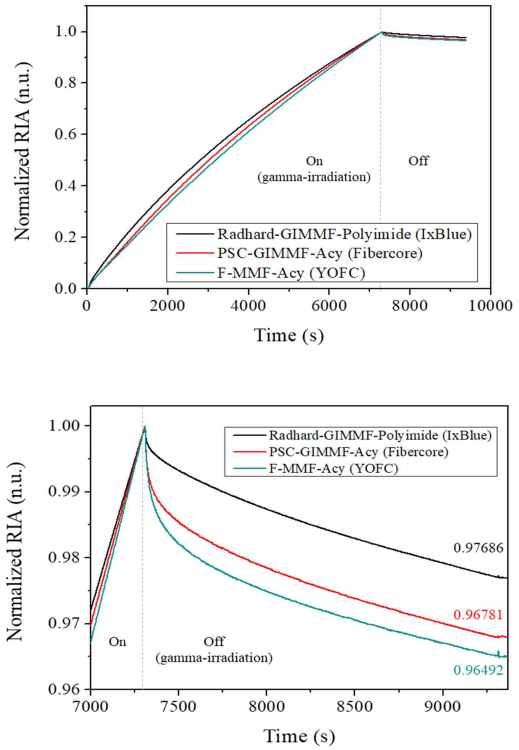


그림 5. 다중모드 광섬유의 방사선 유도 손실 회복 특성 측정 결과

## V. 결 론

상용 내방사 광섬유의 감마선 조사에 의한 전송 손실 영향을 분석한 결과를 보였다. 단일모드 광섬유 4종 및 다중모드 광섬유 4종에 감마선 조사 실험을 진행하였으며, 감마선 유도 손실을 측정한 결과를 분석하였다. 내방사 광섬유 연구 관련 기초 데이터로 활용될 수 있을 것으로 기대하고, 우주 또는 원자력 발전소와 같이 감마선 노출이 우려되는 환경에 적절한 광섬유를 선택하는 데 도움이 될 것으로 기대한다.

## Acknowledgement

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2022-00144110).