

論文 90-27-4-16

감마선 照射에 의한 光纖維의 傳送損失 特性變化에 관한 研究

(A Study on the Radiation-Induced Loss of Optical Fiber by γ -ray Irradiation)

金 雄 基*, 李 容 範*, 李 鍾 旻*

(Woong Ki Kim, Yong Bum Lee, and Jong Min Lee)

要 約

光纖維를 放射線 環境에서 사용할 경우 放射線에 의한 光纖維내의 칼라 센터 生成이 문제가 된다. 이 칼라 센터는 光纖維 코아내에서 진행되는 빛을 일부 흡수함으로써 光纖維의 傳送損失을 增加시키게 된다.

本 論文에서는 光纖維의 傳送損失 特性에 미치는 放射線 效果를 理論적으로 考察하고, 단일모드 및 다중모드 光纖維의 감마선 照射에 따른 傳送損失 變化를 光波長 0.85 μ m 및 1.3 μ m에서 각각 測定하여 結果를 分析하였다. 實驗에 사용된 放射線源은 Co⁶⁰ 감마선으로서 300 rads/min의 세기로 5시간 동안 총90 krad의 線량이 照射되었다.

實驗 結果, 다중모드 光纖維의 경우 0.85 μ m에서의 감마선에 의한 損失이 1.3 μ m에서의 損失보다 2배 정도로 크게 나타났다. 또한, 光波長 1.3 μ m에서는 다중모드 光纖維의 損失이 단일모드 光纖維의 損失보다 光纖維 材質에 따라 7-20배 정도로 크게 나타났다.

Abstract

One of the confronting problems in using optical fibers under radiation environments is producing of color centers in optical materials due to nuclear radiation. These centers increase transmission loss by absorbing propagating light.

In this study, the radiation effects on optical fiber are studied theoretically. Also, optical attenuation induced by γ -ray irradiation from Co⁶⁰ for single mode and multimode optical fibers is measured at the optical wavelength of 0.85 μ m and 1.3 μ m, and the results are analyzed. Gamma-ray is irradiated for 5 hours at the rate of 300 rads/min, which is corresponding to 90 krad of integrated dose.

In case of multimode optical fibers, the induced loss at 0.85 μ m wavelength has been twice higher than that at 1.3 μ m. The loss in multimode fibers has been significantly larger by 7-20 times than that in single mode fibers, dependently on fiber materials at 1.3 μ m.

*正會員, 韓國原子力研究所
(Korea Atomic Energy Research Institute)
接受日字: 1989年 12月 7日

I. 序 論

光纖維를 이용한 信號傳送技術은 光纖維의 低損失, 廣帶域 情報 傳送 特性, 小形, 輕量, 耐電磁波干涉性

등의 장점을 가지고 있기 때문에 原子力施設 및 일 반산업의 제어시스템, 통신시스템, 군사시설, 光纖維 센서 등에 널리 응용되고 있다. 국내에서는 주요 도 시간의 통신 선로로써 광케이블을 이용하고 있고 육 지와 도서지방을 연결하는 해저 광케이블도 설치될 예정이며 발전소용 광 LAN 시스템이 개발되었다. 육 지간의 통신 뿐만 아니라 해저에 광케이블이 설치되 어 인공위성과 더불어 국가간의 통신망을 연결하는 데도 이용되고 있으며 또한, 原子力施設 및 항공기 내의 信號傳送技術, 光纖維를 이용한 測定技術 등이 활발히 개발되고 있는 추세이다.¹¹

光纖維가 우수한 耐環境性을 가지고 있지만 原子力施設 등에서 발생하는 放射線에는 敏感하게 반응 하여 수 십 krad의 放射線에 의해 수 십 내지 수천 dB/km의 傳送 損失이 생기게 된다.¹² 이는 放射線을 照射시키기 전의 傳送損失이 0.85 μ m 및 1.3 μ m 파장대 에서 각각 2dB/km 이하 및 0.5 dB/km 이하인 것을 감안하면 대단히 큰 값이므로 光纖維의 큰 장점인 低損失 特性이 상실됨을 의미한다.¹³⁻⁵¹ 따라서 放射線 環境에서 信號傳送 등에 光纖維를 응용하기 위해서 는 光纖維의 放射線 效果에 관한 研究와 放射線에 견딜 수 있는 耐放射線 光纖維 개발이 절실히 필요 하다. 미국, 일본 등지에서는 光纖維의 放射線 效果에 관한 研究가 활발히 진행되고 있으며 耐放射線 光纖維가 개발되어 실용화되고 있으나¹⁶⁻⁹¹ 국내에서는 技術的, 經濟的 여건의 미비로 研究조차 이루어지고 있지 않으며 개발에 이르기까지는 요원한 실정이다.

본 논문에서는 光纖維에 미치는 放射線 效果를 理論的으로 考察하고 국내 업체에서 제조된 一般 光通信用 光纖維에 대해 Co⁶⁰ 감마선을 照射시켜 光纖維 코아材質, 光纖維모드, 光纖維 코팅材質, 그리고 光波長에 따른 放射線效果의 차이를 測定하고 實驗 結果를 分析하였다.

II. 光纖維에 대한 放射線 效果

1. 칼라 센터와 放射線과의 관계

光纖維에 대해 가장 널리 研究된 放射線 效果는 傳送損失 特性變化에 관한 것이다. 이 메카니즘은 칼 라 센터(color center) 형성 모델을 도입하여 단순 화 시킬 수 있다. 光纖維를 放射線에 照射시키면 光纖維 유리 분자 구조내에서 전자의 분리, 도우펀트(dopant)의 분리 등으로 인한 결함(defect)으로 칼라 센터가 형성된다. 이렇게 생성된 칼라 센터는 光纖維 코아내에서 진행하는 빛을 일부 흡수하여 傳送損失을 증가시킨다. 光纖維를 放射線 센서로 활용하려

면 오히려 放射線에 敏感한 光纖維가 유용하지만, 低損失을 요구하는 傳送 매체로 활용하려면 放射線에 敏感하지 않은 光纖維가 적절하며 후자의 응용폭이 훨씬 넓어 放射線 照射時에 칼라 센터의 生成率이 적은 耐放射線 光纖維 개발이 더욱 요구된다.

光纖維의 基本的 분자 구조는 SiO₂ 사면체 구조이 다. 결정 구조 형태에서 알 수 있듯이 격자가 매우 規則的이지만 光纖維 제조공정시 非規則的인 무정형 성 고체로 된다. 또한 도우펀트(dopant)가 도우핑(doping)되어 있어 더욱 복잡한 구조를 갖게 되며 이 로 인해 많은 형태의 결합에너지 준위가 존재하게 된다. 따라서 칼라 센터의 에너지 준위 분포도 매우 다양하며 폭이 넓어 자외선, 가시광선 뿐만 아니라 적외선 영역까지 존재하는데 주로 파장이 짧은 영역에 많이 분포한다. 그림 1은 光纖維의 에너지 밴드 구조 모델을 통하여 칼라 센터가 위치한 에너지 준 위와 이에 해당하는 빛의 흡수 현상을 보여준다.¹⁰¹¹¹¹ 칼라 센터와 放射線과의 관계는 다음의 관계식 (1)로 나타낼 수 있다.¹²¹

$$dN/dt = F (N_0 + Kt - N) - RN \tag{1}$$

여기서,

N : 칼라 센터 농도

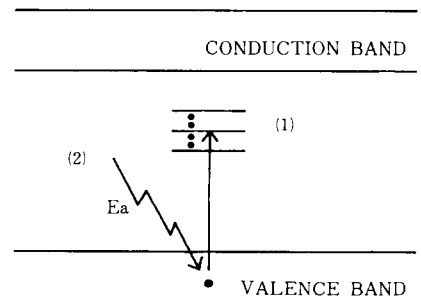
N₀ : 칼라 센터 프리커서의 농도

F : 프리커서로부터 칼라 센터로의 단위 시간당 변환율

K : 프리커서 생성율

R : 칼라 센터 소멸율

t : 시간



(1) 放射線에 의해 生成된 칼라 센터의 에너지 준위
(2) 칼라 센터에 의한 광에너지 (E_a) 흡수

그림 1. 칼라 센터에 의한 광에너지 흡수
Fig. 1. Optical absorption by color centers.

이다. 식(1)은 일정한 방사선 세기에서의 시간의 증가에 따른 칼라 센터 농도의 변화량을 나타내는 미분방정식이다. 프리커서(Precursors)는 放射線照射로 인하여 칼라 센터로 變化될 수 있는 부분을 말한다. 식(1)에서 N을 구하면,

$$N = A[1 - \exp(-at)] + at \quad (2)$$

이 된다. 여기서,

$$A = [F / (F + R)] [No - K / (F + R)] \quad (3)$$

$$a = F + R \quad (4)$$

$$\alpha = FK / (F + R) \quad (5)$$

이다. K, F, R은 dose rate에 비례하는 항이므로

$$K = K\phi, F = f\phi, R = r\phi \quad (6)$$

으로 각각 놓으면 다음과 같은 식이 구해진다.

$$A = [f / (f + r)] [No - k / (f + r)] \quad (7)$$

$$a = (f + r)\phi \quad (8)$$

$$\alpha = fk\phi / (f + r) \quad (9)$$

식(7), (8), (9)에서 A는 dose rate에 무관하지만 a, α 는 dose rate에 비례함을 알 수 있다. 그림2는 dose rate의 변화에 따른 A, a, α 값의 변화를 나타내는 그래프이다. 이 그래프에서 보면 A는 dose rate에 무관한 변화를 보이지만 a, α 는 dose rate에 비례한다는 것이 實驗의으로도 證明됨을 알 수 있다. 식(2)에서 주어진 dose rate에 대해 시간의 更過 즉, 放射線량의 증가에 따라 칼라 센터의 농도가 증가하며 이는

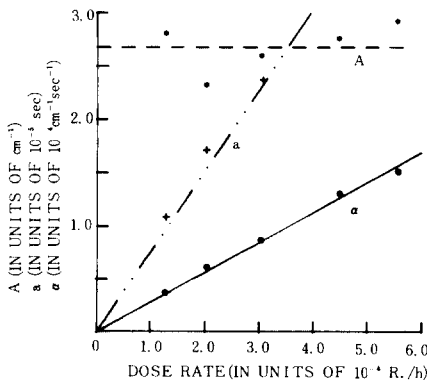


그림 2. Dose Rate의 變化에 따른 A, a, α 變化 그래프
 Fig. 2. The parameters A, a, and α plotted versus dose rate. ϕ .

칼라 센터에 의한 광흡수로 인해 光纖維 傳送 損失이 增加됨을 의미한다.

그러나 放射線 照射가 끝난 후에는 增加했던 損失이 감소하는 회복(recovery)현상이 나타난다. 이는 다크닝(darkening)의 역현상으로 유리 섬유 구조가 재배열되어 칼라 센터가 점차 소멸되는 것으로 해석된다. 회복 현상은 수 마이크로 초, 수 시간, 또는 수 일에 걸쳐서 일어날 수 있고 극심한 타격을 입은 경우에는 永久的으로 회복되지 않을 수도 있다. 회복 시에 光纖維에 빛을 傳送시키면 광표백(photobleaching) 작용으로 회복 속도가 빨라지는데 이는 주입된 광에너지가 放射線에 의해 타격을 받은 유리구조의 재배열 속도를 향상시켜 칼라 센터의 수를 감소시키는데 기여하기 때문이다.

2. 도우펀트 效果

도우펀트란 光纖維 실리카코어나 클래딩에 人爲的으로 도우핑된 Ge, P, B 등을 말한다. 一般 光纖維는 도우펀트가 도우핑되어 있는 코아와 순수한 실리카 클래딩으로 이루어져 있으며 최근 개발되고 있는 耐放射線 光纖維는 순수한 실리카 코아와 F 등이 도우핑되어 있는 실리카 클래딩으로 이루어져 있다. Ge는 光纖維 코아의 굴절율을 높이기 위해 도우핑되고 F는 光纖維 클래딩의 굴절율을 낮추기 위해 도우핑되며, P와B는 제조공정시 제조온도를 조절하기 위해 도우핑되는 것으로 알려져 있다. 光纖維 코아에 도우핑된 도우펀트들은 放射線 照射로 인한 칼라 센터 형성에 기여를 하여 損失을 크게 增加시킨다. 耐放射線 光纖維에는 光纖維 코아의 도우펀트 效果를 억제하기 위해 도우펀트를 코아에 도우핑 시키지 않는다. 그러나 코아와 클래딩의 경계면에서 전반사현상이 유지되도록 하기 위해서는 상대적으로 클래딩 굴절율이 코아 굴절율보다 낮아야 하므로 F를 클래딩에 도우핑시켜 전반사 조건을 만족시키고 있다.

Ge, P, B 등은 칼라센터生成의 주요인자로서 光纖維의 放射線 效果에 큰 영향을 미치는데, 이들 도우펀트가 도우핑되어 있는 일반 光纖維의 傳送 損失 增加가 두드러지며, 光纖維에 따라 첨가량이 다양해 放射線 效果도 차이가 있다. E. J. Friebele등의 研究에 의하면 P가 도우핑되어 있지 않은 光纖維에 대한 칼라센터와 放射線과의 관계를 식(10)으로 제시하였다.⁽¹³⁻¹⁵⁾

$$N = A[1 - \exp(-cd)] \quad (10)$$

여기서 N : 칼라 센터 농도

A, C : 상수

d : 방사선량

이다. 식(10)을 보면 식(2)에 나타난 선형 증가항이 생략되고 포화 증가되는 항만이 존재한다. 결국 도우펀트 중에서도 P는 光纖維가 放射線에 노출되었을 때에 傳送 損失을 크게 증가시키는 역할을 하며 P가 도우핑되어 있지 않은 光纖維는 傳送 損失 增加율이 크게 둔화됨을 나타낸다.

III. 實驗 및 結果

1. 光纖維 샘플

放射線 照射에 의한 光纖維의 傳送損失特性實驗에 사용된 光纖維는 국내 4개 회사에서 각각 제조된 단일 모드 및 다중 모드 光纖維이다. 표 1은 光纖維 샘플의 제원을 나타낸다. 光纖維 샘플 각각의 길이는 50m이며 20cm 직경의 원형으로 감아 放射線을 照射시켰다.

표 1. 光纖維 샘플의 제원
Table 1. Specifications of optical fibers.

종류	모드	코팅 재질	코어/클래드/코팅 직경(μm)	코어 재질 구성 (mol%). SiO ₂ -GeO ₂ -P ₂ O ₅ -B ₂ O ₃
A1	단일	아크릴	8.3/125/245	96.9-3.1---
	다중	아크릴	50/125/245	89.8-9.0-1.2--
A2	단일	실리콘	8.3/125/400	96.9-3.1----
	다중	실리콘	50/125/400	89.8-9.0-1.2--
B	단일	아크릴	10/125/245	94.5-5.1-0.4--
	다중	아크릴	50/125/245	80.5-17.5-1.7-0.3
C	단일	실리콘 +나일론	10/125/900	97.0-3.0----
	다중	실리콘 +나일론	50/125/900	89.5-10.0-0.5--
D	단일	아크릴	10/125/245	94 -5 -1--
	다중	아크릴	50/125/245	86 -10 -4--

* 단일: 단일 모드 광섬유, 다중: 다중 모드 광섬유

2. 實驗 裝置 構成

實驗에 사용된 放射線源은 Co⁶⁰ 감마선이고 光源으로는 0.85μm와 1.3μm LED를 각각 사용했다. 光源에서 나온 빛은 光纖維 어댑터를 통해 光纖維에 입사되며 光纖維를 통과한 빛은 광파워메타에 입력된다. 광파워메타에서는 광전변환이 이루어지고 광파워가 표시된다. 광파워메타에 연결된 컴퓨터는 시간의 변화에 따른 광파워 값을 수치로 저장하고 처리하여 플로터에 그래프로 표시한다. 그림 3은 光纖維의 傳送損失 測定시스템 構成圖를 나타낸다.

3. 實驗 方法

測定時 온도는 17-24°C 범위였으며 光纖維 샘플당

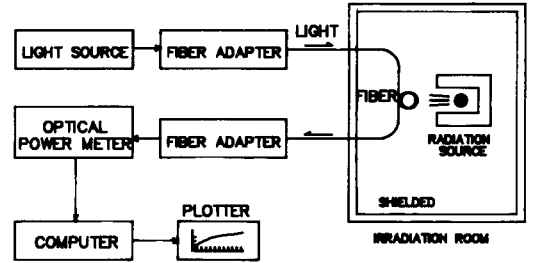


그림 3. 감마선 照射에 의한 光纖維 傳送 損失 測定 시스템 構成圖

Fig. 3. Block diagram of radiation-induced loss measurement system in optical fibers by γ -ray irradiation.

300 rads/min의 dose rate로 5시간 동안 照射시켜 總 放射線量은 90 krads가 된다. 90 krads는 0.5 Rads/hr의 dose rate로 20년 동안 피폭되는 放射線量에 해당되며 이는 原子力발전소의 보호구역(controlled orange region)에서 20년 동안 계속 피폭되는 정도의 放射線量과 같다.¹⁶⁾

測定 光源으로는 출력이 안정된 0.85μm 파장의 LED와 1.3μm 파장의 LED를 사용했으며 光纖維에 입사된 광파워는 -30dBm(1μW)이하로 광포백放果를 최대한 억제했다.

放射線 照射에 따른 光纖維 傳送 損失의 增加는 다음과 같이 계산된다.

$$IL = (Pa - Pb) / (L - D) \text{ (dB/km)} \quad (11)$$

여기서, IL는 放射線에 의하여 增加된 光纖維 단위 길이당 傳送 損失(dB/km), Pa는 放射線 照射전에 傳送된 광파워(dBm), Pb는 放射線 照射 후에 傳送된 광파워(dBm), L은 光纖維 샘플의 총 길이(km), 그리고 D는 放射線에 照射되지 않은 光纖維 샘플의 총 길이(km), 그리고 D는 放射線에 照射되지 않은 光纖維 샘플의 길이(km)를 각각 나타낸다.

4. 實驗 結果 및 考察

그림 4는 1.3μm 파장에서 放射線에 의해 增加된 단일 모드 光纖維의 傳送損失을 測定한 結果이다. 이 결과를 보면 光纖維에 따라 많은 차이가 있음을 알 수 있는데, 차이가 나는 원인을 두 가지로 살펴볼 수 있다. 첫째는 주로 光纖維 코어 材質에 따른 차이로서 가장 效果가 크며, 둘째는 光纖維 보호를 위한 코팅材質에 따른 차이이다. 표 1을 보면 A1, B, D 光纖維는 아크릴로 코팅되어 있고, A2 光纖維는 실리콘으로, C 光纖維는 실리콘 코팅 위에 나일론 코팅이 한

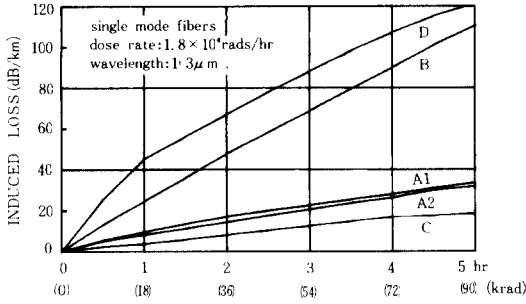


그림 4. 감마선 照射시 光波長 1.3 μ m에서 測定된 단일 모드 光纖維의 損失 增加

Fig. 4. Growth of radiation-induced attenuation at 1.3 μ m in single mode fibers during γ -ray irradiation.

층 더 있다. 코어 材質을 살펴보면 A1, A2, C에는 P가 도우핑 되어 있지 않으나 B, D 光纖維의 코어에는 P가 도우핑 되어 있다. A1, A2와 B, D를 비교해 보면 A1, A2의 損失이 B, D 보다 적은 것으로 보아 放射線에 敏感하게 반응하여 칼라센터를 쉽게 형성하는 P가 損失을 크게 增加시킨 원인으로 分析되며, A1, A2, 그리고 C에서 코어 材質은 유사한데 나일론 코팅된 D의 損失이 적게 나온 結果를 보아 나일론 코팅이 放射線을 遮蔽시켜 코어의 손상을 감소시켜 준 것으로 分析된다.

그림 5는 1.3 μ m 파장에서 放射線에 의해 增加된 다중 모드 光纖維의 傳送 損失을 測定한 結果이다. A1, A2, B, D 光纖維는 유사한 損失 特性을 나타낸

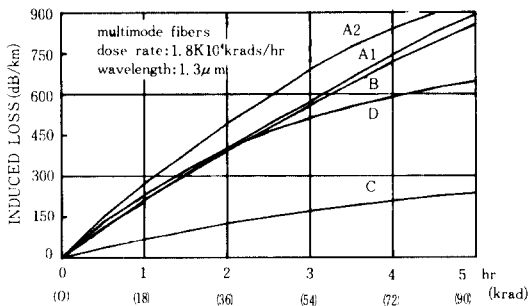


그림 5. 감마선 照射시 光波長 1.3 μ m에서 測定된 다중 모드 光纖維의 損失 增加

Fig. 5. Growth of radiation-induced attenuation at 1.3 μ m in multimode fibers during γ -ray irradiation.

반면 C 光纖維의 損失이 월등히 적었다. 이 結果는 다중 모드 光纖維에 대해 도우펀트가 유사하게 도우핑되어 있어 光纖維 코어 材質에 따른 放射線 效果의 차이는 크지 않았으며, 나일론 코팅된 C 光纖維가 코팅에 의한 放射線 遮蔽 效果로 損失이 적음을 보여준다.

그림 6은 0.85 μ m 파장에서 放射線에 의해 增加된 다중 모드 光纖維의 傳送 損失을 測定한 結果이다. 이 그림에서는 1.3 μ m에서 測定한 다중 모드 光纖維보다 全般的인 損失이 크게 나타났지만 그래프의 형태는 유사하다. C의 損失이 가장 적으며 A1, A2, B, D는 損失이 유사하게 增加하고 있다. 이 結果는 그림 5에 대한 考察과 같이 설명될 수 있으며 전체적으로 0.85 μ m에서의 損失이 1.3 μ m에서의 損失보다 크다는 것을 보여준다.

표 2는 測定된 光纖維의 放射線에 대한 敏感度를 나타낸다. 敏感度란 단위 放射線에 대한 損失의 變化 정도를 의미하는 말로서 敏感度가 크다는 것은 放射線에 의한 損失 增加가 크다는 것을 의미한다. 따라서 耐放射성을 나타내기 위해서는 敏感度가 작아야 한다. 그림 4, 5, 6과 표 2를 통해 考察해 보면, 단일 모드 光纖維의 경우 코어에 P가 도우핑된 光纖維의 損失이 크고, 피복재에 의한 放射線 遮蔽 效果가 나타난 光纖維의 損失이 적었다. 다중 모드 光纖維의 경우에는 0.85 μ m에서의 損失이 1.3 μ m에서의 損失보다 1.5내지 2배 정도로 크며 1.3 μ m 파장에서 단일 모드 光纖維와 비교해 볼 때 제품종류에 따라 7내지 20배 정도로 損失이 크게 나타났다. 이는 코어에 도우핑된 도우펀트의 영향으로 해석되는데, 다중 모드 光纖維에 도우핑된 Ge는 3배, P는 4배 정도로

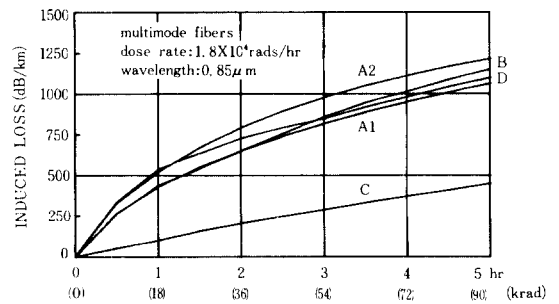


그림 6. 감마선 照射시 光波長 0.85 μ m에서 測定된 다중 모드 光纖維의 損失 增加

Fig. 6. Growth of radiation-induced attenuation at 0.85 μ m in multimode fibers during γ -ray irradiation.

표 2. 90 krad(300 rads/min X 300 mins) 放射線 照射後 光波長 0.85 μ m 및 1.3 μ m에서 測定된 光纖維의 敏感度

Table 2. Radiation-resistivities of optical fibers at 0.85/1.3 μ m by a 90 krad(300 rads/min X 300 mins).

종류	모드	코팅 재질	at 0.85 μ m 방사선 민감도 (mdB/km/rad)	at 1.3 μ m 방사선 민감도 (mdB/km/rad)
A1	단일	아크릴	-	0.35
	다중	아크릴	11.8	0.91
A2	단일	실리콘	-	0.37
	다중	실리콘	13.51	10.54
B	단일	아크릴	-	1.23
	다중	아크릴	12.80	8.62
C	단일	실리콘 +나일론	-	0.21
	다중	실리콘 +나일론	4.99	2.64
D	단일	아크릴	-	1.36
	다중	아크릴	12.24	7.20

단일 : 단일 모드 광섬유, 다중 : 다중 모드 광섬유

많으며 B가 도우핑된 것도 있어 이들의 종합적인 영향으로 光纖維의 損失이 증가된 것으로 分析된다.

그림7, 8, 9는 放射線 照射가 끝난 후에 光纖維가 회복되어 損失이 감소하는 현상을 10시간 동안 測定한 그래프이다. 이들 그림을 보면 비슷한 기울기로 損失이 감소하는데 損失이 많은 光纖維가 회복되는 량도 비교적 많은 것을 보여준다. 시간이 흐를수록 회복량은 지수적으로 감소하여 8시간 이후에는 회복량이 극히 적었다.

IV. 結 論

本 論文에서는 光纖維에 미치는 放射線 效果를 理論적으로 考察하고, 放射線에 照射된 光纖維의 칼라 센터生成으로 인한 光吸收현상에 따른 傳送損失特性變化를 조사하였다. 이때 시료로는 국내 4개 회사에서 생산되는 光纖維를 각각 사용하였으며 이들에 대한 감마선照射效果를 測定分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 코아에 도우핑된 도우펀트 P, Ge, B는 감마선 조사시 칼라 센터를 형성하기 때문에 傳送損失 增加에 영향을 주며 특히 P가 감마선에 민감하여 P가 다량 도우핑된 光纖維의 傳送損失이 가장 크게 증가하였다.

2) 칼라 센터 생성율이 1.3 μ m 영역에서보다 0.85 μ m 영역에서 크기 때문에 0.85 μ m 파장에서의 손실

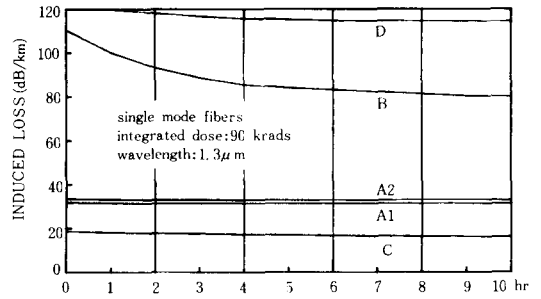


그림 7. 90 krad 감마선 照射後 光波長 1.3 μ m에서 測定된 단일 모드 光纖維의 傳送損失 회복
Fig. 7. Recovery of radiation-induced attenuation at 1.3 μ m in single mode fibers following exposure of 90 krad.

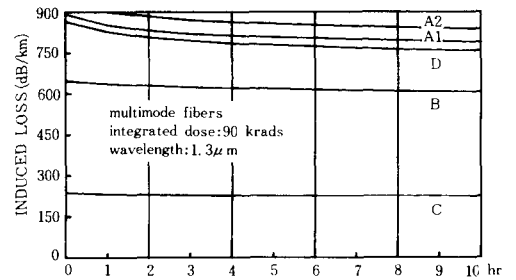


그림 8. 90 krad 감마선 照射後 光波長 1.3 μ m에서 測定된 다중 모드 光纖維의 傳送損失 회복
Fig. 8. Recovery of radiation-induced attenuation at 1.3 μ m in multimode fibers following exposure of 90 krad.

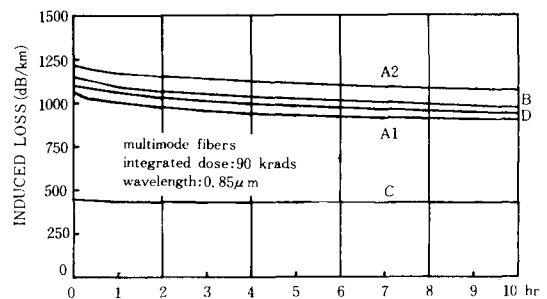


그림 9. 90 krad 감마선 照射後 光波長 0.85 μ m에서 測定된 다중 모드 光纖維의 傳送損失 회복
Fig. 9. Recovery of radiation-induced attenuation at 0.85 μ m in multimode fibers following exposure of 90 krad.

증가가 $1.3\mu\text{m}$ 파장에서의 損失증가보다 1.5배지 2배 정도 크게 측정되었다.

3) $1.3\mu\text{m}$ 파장에서 도우핀트가 상대적으로 많이 도우핑된 다중모드 光纖維의 손실증가가 제품종류에 따라 단일모드 光纖維의 損失증가보다 7배지 20배 크게 나타났다.

4) 나일론 코팅되어 있는 光纖維가 코팅材質의 放射線 遮蔽效果가 보다 커서 유사한 코아材質을 가지고 있는 光纖維에 비해 損失이 적었다.

5) 光纖維 모드, 光波長, 光纖維 코아材質, 코팅材質 등은 光纖維에 미치는 放射線 效果의 정도에 영향을 미치며 결국 傳送損失 增加에 있어 변수로 작용한다.

그외에 光纖維 제조공법 등도 변수로 작용하지만 본 論文의 범위에는 포함시키지 않았다.

原子力施設 등 放射線環境에서 光纖維를 效果의으로 응용하기 위해서는 여러가지 변수들을 고려하여 광섬유의 전송손실특성에 미치는 放射線效果에 관한 研究를 계속하여야 할 것이다. 현재까지는 감마선효과만을 연구하였지만 중성자에 대한 효과도 연구되어야 할 것이다. 이들 결과를 바탕으로 하여 放射線環境에서도 低損失特性을 유지할 수 있는 耐放射性 光纖維가 개발되어야 하며, 原子力施設內에서도 구역에 따라 放射線의 세기가 다르므로 구역특성을 고려하여 一般光纖維와 耐放射性光纖維를 구분하여 사용하기 위한 기준이 설정되어야 할 것이다.

參 考 文 獻

[1] W.K. Kim, Y.B. Lee, J.M. Lee, et al., "Application technology for optical fiber in nuclear facilities (I)," KAERI/RR-615/ pp. 218-263, 1987.

[2] W.K. Kim, Y.B. Lee, J.M. Lee, et al., "Application technology for optical fiber in nuclear facilities (II)," KAERI/RR-727/ pp. 24-44, 1988.

[3] W.K. Kim, Y.B. Lee, T.S. Yoon, and J.M. Lee, "A study on radiation-induced loss of optical fibers by β -ray irradiation," *Proceedings of KITE Fall Conference*, vol. 11, no. 1, pp. 474-477, November, 1988.

[4] J.B. Haber, E. Mies, J.R. Simpson, and S. Wong, "Assessment of radiation-induced loss for AT&T Fiber-Optic Transmission Systems in the Terrestrial environment," *Journal of Lightwave Technollogy*, vol. 6, no. 2, pp. 150-154, February 1988.

[5] J.A. Wall and J.F. Bryant, "Radiation effects on fiber optics," NTIS U.S. Department of commerce, pp. 7-54, April 1975.

[6] R.H. West, "A local view of radiation effects in fiber optics," *Journal of lightwave technology*, vol. 6, no. 2, pp. 155-164, February 1988.

[7] A. Iino and J. Tamura, "Radiation resistivity in silica optical fibers," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 145-149, February 1988.

[8] R.H. West, "Radiation-induced losses in pure silica core fibers," *Proceedings of SPIE*, vol. 721, pp. 50-56, September 1986.

[9] T. Suzuki, T. Hayashi T. Gozen, and H. Tanaka, "Radiationresistivity of pure silica core fibers," *Proceedings of SPIE*, vol. 721, pp. 44-49, September 1986.

[10] W. Gaebler and D. Brauning, "Application of optical fiber waveguides in radiation dosimetry," *First International Conference on Optical Fiber Sensors*, pp. 185-189, April 1983.

[11] W.B. Beck, T.L. Reinhardt, and B. Skutnik, "Radiation hardened fibers," *Photonics Spectra*, May 1986.

[12] Lengweiler, P.L. Mattern, and P.W. Levy, "Studies on nonmetals during irradiation: The Growth of F centers in KC1 at 85°K ," *Physical Review Letters*, vol. 26, no. 22, pp. 1375-1378, May 1971.

[13] E.J. Friebele, P.C. Schultz, and M.E. Gingerich, "Compositional effects on the radiation response of Ge-doped silica-core optical fiber waveguides," *Applied Optics*, vol. 19, no. 17, pp. 2910-2916, September 1980.

[14] A. Robinson, "Ionizing radiation effects on doped silica and pure silica core fibers," *Proceedings of SPIE*, vol. 721, pp. 63-74, September 1986.

[15] E.J. Friebele, C.G. Askins, and M.E. Gingerich, "Effect of low dose rate irradiation on doped silica core optical fibers," *Applied optics*, vol. 23, no. 23, pp. 4202-4208, December 1984.

[16] Korea Electric Power Co., Korea Nuclear Units 9&10, Final Safety Report, vol. 11, Chapter 12.

著 者 紹 介



金 雄 基(正會員)

1963年 8月 29日生. 1986年 2月 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1986年 2月~1987年 3月금성전기 근무. 1987年 5月~현재 한국원자력연구소 연구원. 주관심분야는 광통신, 화상처리 등임.

李 容 範(正會員)

1962年 1月 10日生. 1985年 2月 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1987年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사) 1987年 3月~현재 한국원자력연구소 연구원. 주관심분야는 화상처리, 로봇트 비전 등임.



李 鍾 旼 (正會員) 第13卷 第3號 參照

현재 한국원자력연구소 책임 연구원(기초연구부장)