근접방사선 치료용 선원의 위치판별을 위한 유기 섬광광섬유 집합체 센서의 제작

신상훈 · 조동현 · 장경원 · 유욱재 · Santhosh Kumar Subramanian[1] · Muhammad Nauman Malik[1] · 이봉수*

건국대학교 의료생명대학 의학공학과,
의공학실용기술연구소,
[1]제주대학교 공과대학 에너지공학과

*380-701 충북 충주시 단월동
건국대학교 의료생명대학 의학공학과
전화: 043-856-0976,
Fax: 043-851-0620,
E-mail: bslee@kku.ac.kr

Abstract

A success of brachytherapy depends on the safety and accuracy in a surgical operation and it is very important to detect the position of a radiation source exactly in real time. In this study, we have fabricated an organic scintillating optical fiber bundle sensor to detect the position of a brachytherapy source. Also, we have measured scintillating lights which are generated according to the positions of an Ir-192 source using a fiber-optic bundle sensor. Plastic optical fibers and a position sensitive photomultiplier tube are used as light pipes and a light measuring device, respectively.

Key words : brachytherapy, radiation sensor, scintillating fiber bundle, plastic optical fiber

Fabrication of Organic Scintillating Optical Fiber Bundle Sensor for Detecting Position of Brachytherapy Source

Sang Hun Shin, Dong Hyun Cho, Kyoung Won Jang, Wook Jae Yoo, Santhosh Kumar Subramanian[1], Muhammad Nauman Malik[1] and Bongsoo Lee*

School of Biomedical Engineering, College of Biomedical & Health Science, Research Institute of Biomedical Engineering, Konkuk University, Chungju 380-701, Republic of Korea

[1]Department of Nuclear & Energy Engineering, Cheju National University

서 론

방사선치료 (radiation therapy)는 크게 외부 방사선치료 (teletherapy)와 근접 방사선치료 (brachytherapy)로 나눌 수 있다. 특히, 내조사치료인 근접 방사선치료는 라듐(^{226}Ra), 코발트(^{60}Co), 세슘(^{137}Cs) 그리고 이리듐(^{192}Ir) 등과 같은 방사선 동위원소를 인체조직 내에 직접 삽입하거나 카데터(catheter)를 통해 자궁, 비인강, 기관지, 식도 등에 삽입하여 종양을 치료하는 방법으로, 정상조직에 대한 방사선 조사는 최소화하고 환부에 대한 방사선 조사를 최대화함으로써, 원격치료와 함께, 혹은 단독으로 시행할 수 있는 장점을 가진다[1]. 특히 국내의 근접방사선치료에 있어 가장 많이 시행되고 있는 방법 중 T&O (Tandem and Ovoids) 강내치료의 경우, 방사선원의 위치판별을 위한 연구는 미비한 상태이다. T&O 강내치료는 자궁경부암, 비인두강암, 식도암, 폐암 등의 치료에 사용되는 방법으로 기구를 강내에 밀어 넣고 방사성동위원소를 종양에 정확히 위치시키기 위해서 방사선치료기기 외에 실시간으로 방

사선원의 위치를 판단할 수 있는 별도의 영상장치가 필요하다.

T&O 강내치료 중 국내에서 가장 많이 시술되고 있는 자궁경부암 치료의 경우, 현재 사용되고 있는 기구(Tandem applicator)들은 몇 개의 한정된 각도로 만들어져 있으며 환자의 자궁 모양에 가장 가까운 것만을 사용하고 있는 실정이다. 특히 자궁경부암 T&O 시술 시 가장 주의할 점은 탠덤 (tandem)이 자궁내막 (uterine wall)을 침투하거나 관통하지 않도록 하는 것인데 이 경우, 주변의 중요 장기, 특히 작은창자에 큰 피해를 줄 수 있으며 궁극적으로 괴사, 협착 그리고 누관 현상 등을 야기할 수 있다[2].

근접방사선 치료의 성패여부는 방사선원을 포함하고 있는 기구를 환자의 병부에 얼마나 정확하고, 안전하게 삽입하느냐에 달려있기 때문에 방사선원이 작용하는 종양부의 정확한 위치와 크기, 모양 등의 정보를 실시간으로 정확하게 판별하는 것이 가장 중요하다[3]. 그러나 현재 사용되고 있는 방법들의 경우, 실시간 판별에 어려움이 있으며 고가의 영상장비를 사용해야 하는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 근접 방사선치료 시, 방사선원의 위치 판별을 위한 기초연구로서 일반 플라스틱 광섬유(plastic optical fiber)와 유기 섬광광섬유 (organic scintillating fiber)를 사용하여 집합체 (bundle) 형태의 방사선 센서를 제작하였고, 이리듐 방사선원으로부터 방출되는 감마선에 의해 유기 섬광광섬유 집합체 센서로부터 발생된 섬광빛 (scintillating light)을 PS-PMT (position sensitive-photo multiplier tube)를 이용하여 측정하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 유기 섬광광섬유는 BCF-20 (Bicron Co.)으로 외경이 2.0 mm, 코어 (core)와 클래딩 (cladding)의 굴절률이 각각 1.60, 1.49이며, 개구수 (NA, numerical aperture)는 0.58이다. 방사선원으로부터 방출된 감마선이 BCF-20에 조사되었을 때 발생되는 섬광빛의 파장은 492 nm 이고 2.7nsec의 감쇠 시간 (decay time)을 가진다.

방사선원의 위치를 실시간으로 계측하기 위해 직경 2.0 mm의 섬광광섬유 25개를 이용하여 1 cm × 1 cm × 1.5 cm (가로 × 세로 × 높이) 크기의 집합체를 제작하였고, 제작된 집합체의 주변을 black shield 테이프를 사용하여 방사선원에 의해 발생된 섬광 빛에 대한 외부 가시광의 간섭을 최소화하였다[4]. 실험에서는 집합체로 된 25개의 섬광광섬유 중 아래 5개의 섬광광섬유만을 사용하였으며, 집합체를 제작하는 과정은 Fig. 1과 같다.

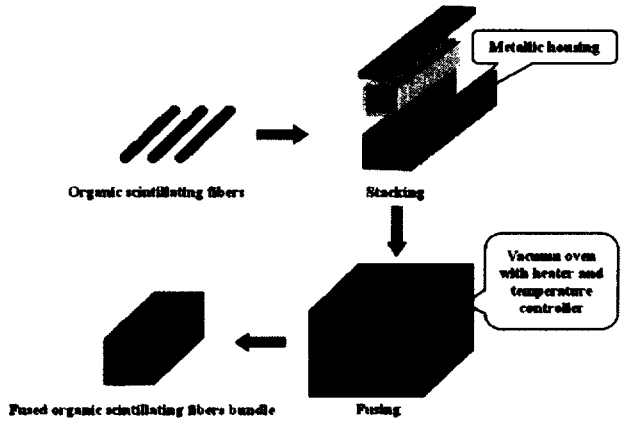

Figure 1. Manufacturing process of a scintillating fibers bundle using BCF-20.

집합체와 PS-PMT를 연결하는 플라스틱 광섬유 (SH-4001, Mitsubishi Inc.)는 멀티모드 플라스틱 광섬유로서 외경이 1mm, 클래딩의 두께는 0.02mm이다. 광섬유의 코어 부분은 PMMA (polymethylmethacrylate)재질로 굴절률은 1.49이고, 클래딩 부분은 불소 중합체 (fluoropolymer)로써 굴절률은 1.402이며, 광섬유의 개구수 (NA: numerical aperture)는 0.504이다.

방사선원으로는 국립암센터에서 사용하고 있는 근접치료용 방사선원인 이리듐 소스를 사용하였으며, 치료 시 사용되는 카데터를 직접 제작한 PMMA 블록에 삽입한 뒤, 그 위에 집합체 센서를 고정시켜 실험하였다. 방사선원으로부터 방출된 감마선이 유기 섬광광섬유 집합체 센서에 조사되었을 때 발생된 섬광빛은 집합체와 연결된 11 m 길이의 플라스틱 광섬유를 통하여 전송되며, 미약한 광신호를 증폭, 계측하기 위하여 PS-PMT (H7546B, Hamamatsu Inc.)를 사용하였다. Fig. 2는 실험 구성도를 보여주고 있다.

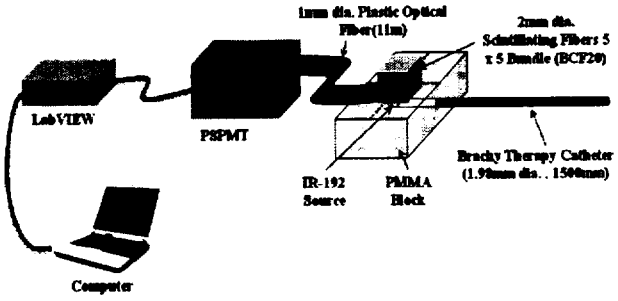

Figure 2. Experimental setup.

실험은 방사선원이 집합체의 각 유기 섬광광섬유 중앙에 위치하도록 선원의 위치를 일정하게 변화시켜가며 진행하였고, 그에 따른 각 유기 섬광광섬유의 섬광량을 측정하였다. Fig. 3은 유기 섬광광섬유를 이용한 집합체 형태의 방사선 센서와 방사선원 간의 위치변화를 보여준다.

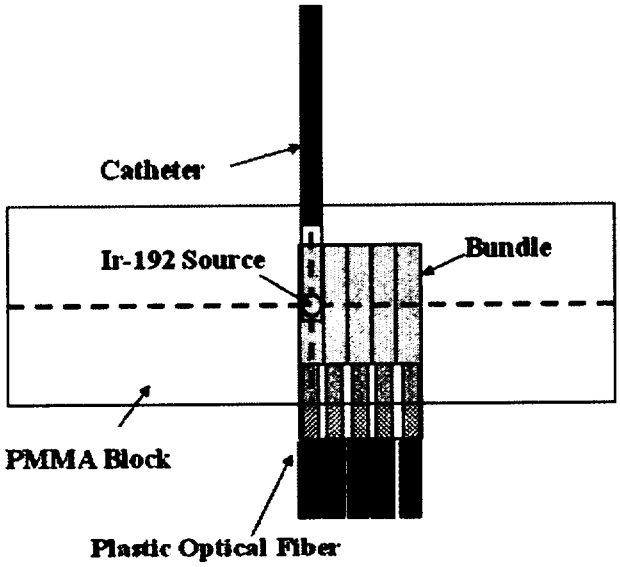

Figure 3. Position change between the brachytherapysource and the scintillating fiber bundle.

결과 및 고찰

Fig. 4는 방사선원 위치에 따른 섬광량을 보여주고 있다. 방사선원이 집합체의 1번에 위치하였을 경우, 1번에 해당하는 유기 섬광광섬유에서 최대 섬광량을 보였으며 방사선원과 멀어질수록 섬광량이 작아지는 것을 볼 수 있다. 또한 이 결과는 광섬유의 길이 11 m 인 경우 유기 섬광광섬유로부터의 섬광량을 계측한 것인데 실제로 1-2 m 정도면 충분히 인체 내 방사선원의 탐지가 가능하기 때문에 플라스틱 광섬유 자체의 감쇄정도를 고려해 볼 때 더 많은 양의 광신호를 검출할 수 있을 것으로 생각된다.

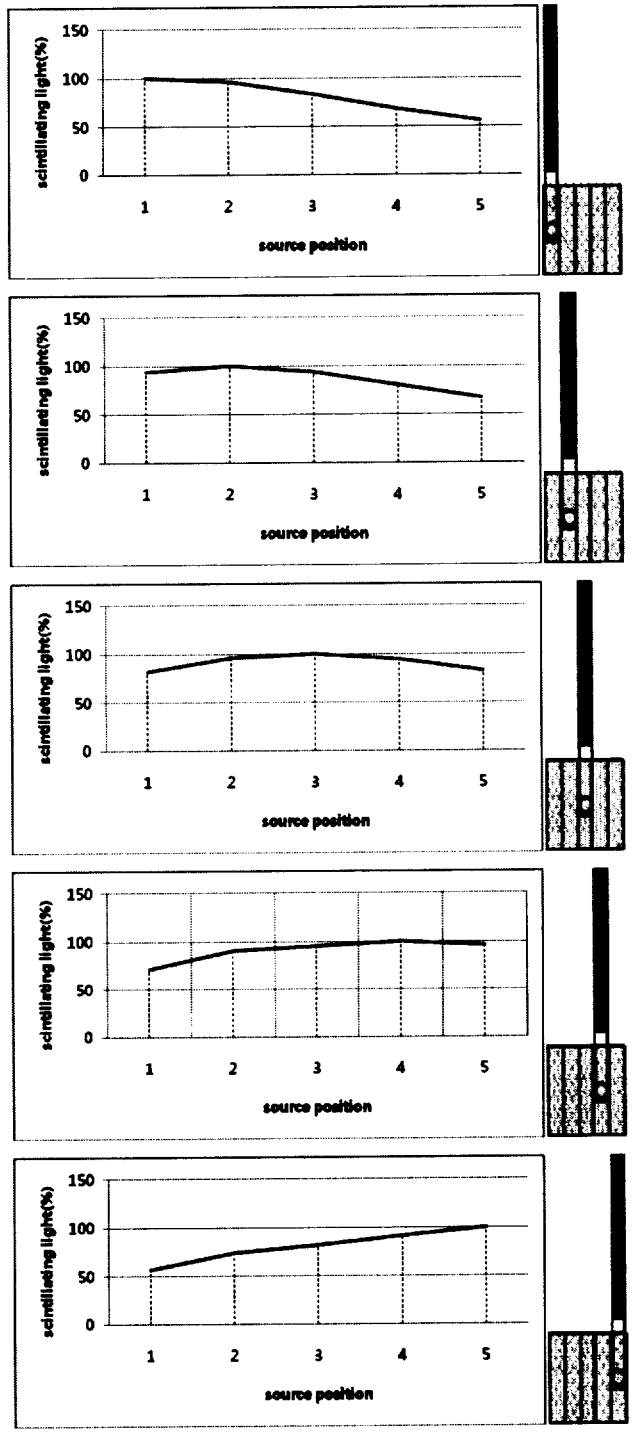

Figure 4. Measurements of scintillating light with BCF-20 scintillating fiber bundle.

결 론

본 연구는 근접방사선 치료시 인체 내에 삽입되는 방사선원의 위치판별 및 환부주변에 피폭되는 선량의 정확한 측정을 위한 섬광광섬유 집합체 센서의 개발을 최종목표로 하고 있다. 본 연구에서는 유기 섬광광섬유를 이용하여 집합체 형태의 센서부를 제작하였고, 방사선원으로부터 방출된 감마선에 의해 섬광광섬유 집합체 센서에서 발생되는 섬광빛을 플라스틱 광섬유로 전송하여 PS-PMT로 측정하였다.

유기 섬광광섬유 집합체를 이용한 방사선 센서는 고분해능, 초소형, 원거리 계측 및 전자기파의 비간섭 등의 장점을 가지며, 인체조직과 거의 유사한 물리적 특성을 가지므로 복잡한 보정과정이 필요없고, 제작이 용이하다는 장점을 가진다[5,6].

앞으로 수행해야 할 연구는 유기 섬광광섬유 집합체의 분해능과 광 검출효율을 높이는 것이며 또한 여러 종류의 방사선원에 대한 섬광량 측정 실험을 수행하는 것이다.

참 고 문 헌

1. 강세식, 고인호, 권영호 외 17명, "방사선 치료학", 대학서림, pp. 21-31 (2001).

2. 고성진, 김승국, 노경석, 박명환, 안봉선, "방사선 계측학", 청구문화사, pp. 13-14 (2001).

3. T. Nakano, N. Suchowerska, MM. Bilek, DR. McKenzie, N. Ng, T. Kron, "High dose-rate brachytherapy source localization: positional resolution using a diamond detector", Phys Med Biol., vol. 48, no. 14, pp. 2133-2146, Jul 21th, (2003).

4. C. Mori, T. R. Mackie, M. B. Podgorsak, M. A. Holmes, N. Papanikolaou, P. J. Reckwerdt, J. Cygler, D. W. O. Rogers, A. F. Bielajew, D. G. Schmint, and J. K. Muehlenkamp, "Measurement of neutron and g-ray intensity distributions with an optical fiber-scintillator detector", Nuclear Instruments and Methods in Physics Rearch, A 422, pp. 129-132, (1999).

5. B. Lee, W.Y. Choi, and J. K. Walker, "Polymer-polymer miscibility study for plastic gradient index optical fiber", polymer Eng. and Sci., vol. 40, no. 9, pp. 1996-1999, Sep. (2000).

6. Y. M. Hwang, D. H. Cho, B. S. Lee, H. S. Cho, and S. Kim, "Fabrication and characterization of plastic fiber-optic radiation sensor tips using inorganic scintillator material", J. of the Korean Sensors Society, vol. 14, no. 4, pp. 244-249, (2005).