Thesis Title Dosimetry in a ^{252}Cf Neutron Field for Application in Boron Neutron Capture Therapy

Author Mr. Somsak Wanwilairat

Ph.D. Physics

Examining Committee

Associate.Professor.	Dr. Thiraphat Vilaithong	Chairman
Professor	Dr. Wilfried Hoffmann	Member
Professor	Dr. Tawee Tunkasiri	Member
Associate Professor	Dr. Somsorn Singkarat	Member
Associate Professor.	Dr. Nara Chirapatpimol	Member
Associate Professor	Dr. Vicharn Lorvidhaya	Member

ABSTRACT

At Chiang Mai University a research program has been started to employ a ^{252}Cf source for brachytherapy of advanced cervical cancer. It is intended to enhance the tumor dose via the boron neutron capture reaction. For treatment planning the dose distribution in water from fast neutron, gamma and boron enhanced dose has to be known to high accuracy. Up to now mainly Monte Carlo calculations are available for this purpose.

The different dose components around the ^{252}Cf source were measured using a TE/TE ionization chamber for the total dose, a Mg/Ar ionization chamber and a GM counter for the gamma dose. For the first time the thermal neutron dose of ^{252}Cf was measured by using a calibrated boron-10 coated ionization chamber with magnesium wall material. All dose components were determined between 1.5 cm and 20 cm distance from the source. The results also were compared to MCNP calculations.

The results show that the relative amount of neutron dose almost linearly decreases from 60% near the source to 10% at 20 cm, whereas the gamma dose increases from 40% to 90% of the total dose. The thermal neutron dose shows a sharp increase from 0.1% at 1.5 cm distance to 1.5% of the total dose at 9.5 cm distance. Above 10 cm it slowly decreases. Thus the 50 ppm boron dose peaks at 9.5 cm distance from the source with a dose enhancement of 28% of the total dose.

Alternative to an ionization chamber, thermoluminescence dosemeters, in particular CaF_2:Tm (TLD300), were studied in the ^{252}Cf mixed radiation fields. To measure the CaF_2:Tm emission spectra a low cost high resolution fibre optic spectrometer containing a 2048 pixels CCD array was built. The wavelength resolution is 1 nm and the spectra could be taken from CaF_2:Tm chips at dose levels between 10 and 60 Gy. This allowed for line width discrimination of the spectral peaks. It was found that the CaF_2:Tm spectrum exhibits lines with different line splitting, which allowed for all but one line to identify the energy levels of Tm^{3+} from which they originate . For dosimetric applications, the spectra taken allow the peak height ratio of the two main glow peaks of CaF_2:Tm to be determined as a function

of the spectral sensitivity of the TLD reader. The peaks height ratio was used to determine fast neutron and gamma dose simultaneously in ^{252}Cf field.

To measure the alpha dose from $^{10}B(n,\alpha)^{7}Li$ reaction, TLD300 were implanted with ^{10}B ions from a 20kV ion implanter. The implanted TLDs were irradiated in thermal neutron column of a reactor. The alpha enhanced dose were obvious shown in the glow curve of the implanted TLDs. This allowed the determination of ^{10}B enhanced dose as a function of the ^{10}B concentration.

For treatment planning a code developed for calculations of gamma dose was used to generate the dose distributions of fast and thermal neutrons and photons. To the dose distributions of these components measured with ionization chambers and a GM counter analytical functions were fitted. Measured and simulated dose distributions transverse and along the ^{252}Cf source were compared to evaluate the quality of the dose simulation. As these comparisons show reliable results, the treatment planning can be used for the generation of isodose to optimize the treatment procedure with respect to the fast neutrons, photons and boron enhanced thermal neutrons of the ^{252}Cf source.

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การวัดปริมาณรังสีจากแคลิฟอร์เนียม-252 เพื่อประยุกต์ในการบำบัดมะเร็งโดยปฏิกิริยาดูดกลืนนิวตรอนของธาตุโบรอน

ชื่อผู้เขียน นายสมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์

วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์	ดร. ถิรพัฒน์ วิลัยทอง	ประธานกรรมการ
ศาสตราจารย์	ดร. วิลเฟรด ฮอฟมัมน์	กรรมการ
ศาสตราจารย์	ดร. ทวี ตันฆศิริ	กรรมการ
รองศาสตราจารย์	ดร. นรา จิรภัทรพิมล	กรรมการ
รองศาสตราจารย์	ดร. สมศร สิงขรัตน์	กรรมการ
รองศาสตราจารย์	ดร. วิชาญ หล่อวิทยา	กรรมการ

บทคัดย่อ

โรงพยาบาลคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้เริ่มโครงการวิจัยใช้สารรังสีแคลิฟอร์เนียม-252 เพื่อบำบัดมะเร็งปากมดลูกระยะลุกลาม รวมทั้งพิจารณาเทคนิคการเพิ่มปริมาณรังสีแอลฟาจากปฏิกิริยาการดูดกลืนนิวตรอนของธาตุโบรอน ดังนั้นการวัดปริมาณรังสีนิวตรอน, แกมมา และนิวตรอนพลังงานต่ำจากสารแคลิฟอร์เนียม-252 จึงมีความจำเป็น ในปัจจุบันปริมาณรังสีเหล่านี้จะได้จากการคำนวณด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลเป็นส่วนใหญ่

การวัดปริมาณรังสีรอบแหล่งกำเนิดแคลิฟอร์เนียม-252 ได้ทำโดยใช้หัววัดรังสีแบบไอออนไนเซชันแบบต่างๆ ดังนี้ หัววัดไอออนไนเซชันแบบ TE/TE ใช้วัดปริมาณรังสีรวมทั้งหมด หัววัดไอออนไนเซชันแบบ Mg/Ar ใช้วัดปริมาณรังสีแกมมา และหัววัดไอออนไนเซชันแบบ Mg/Ar พิเศษที่เคลือบสารโบรอน-10 ที่ด้านในของผนังหัววัด ใช้วัดรังสีนิวตรอนพลังงานต่ำ การวัดปริมาณรังสีได้กระทำที่ระยะห่าง 1.5 ซม. ถึง 20 ซม. จากสารแคลิฟอร์เนียม-252 แล้วเปรียบเทียบผลการวัดกับผลการคำนวณด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลและผลการศึกษาของกลุ่มผู้ทดลองอื่น

ในการวัดพบว่าปริมาณรังสีนิวตรอนลดลงสภาพเชิงเส้นจาก 60% ที่ระยะ 1.5 ซม. เหลือ 10% ที่ระยะ 20 ซม. แต่รังสีแกมมาเพิ่มจาก 40% เป็น 90% ที่ระยะเดียวกันตามลำดับ ส่วนรังสีนิวตรอนพลังงานต่ำ เพิ่มอย่างรวดเร็วจาก 0.1% ที่ระยะ 1.5 ซม. เป็น 1.5% ที่ระยะ 9.5 ซม. หลังจากระยะนี้มีค่าลดลง ปริมาณรังสีแอลฟาจากปฏิกิริยา $^{10}B(n,\alpha)^{7}Li$ พบสูงสุดที่ระยะ 9.5 ซม. โดยมีค่า 28% ของปริมาณรังสีทั้งหมด

ตัววัดรังสีเทอร์มอลูมิเนสเซนท์ ชนิด CaF_2:Tm (TLD300) ถูกนำมาทดลองวัดปริมาณรังสีต่างๆ ของสารแคลิฟอร์เนียม-252 การศึกษาได้ออกแบบและใช้สเปกโทรมิเตอร์แบบง่ายซึ่งประกอบด้วยตัวรับแสงแบบ Charge Coupling Device (CCD) จำนวน 2048 ช่อง สเปกโทรมิเตอร์มีกำลังแยก 1 นาโนเมตร เมื่อวัด TLD300 ซึ่งอาบรังสีแกมมาปริมาณ 10 ถึง 60 เกรย์ ผลการศึกษาพบว่าสเปกตรัมเส้นสว่างของ TLD300 มีความกว้างของเส้นสเปกตรัมแตกต่างกัน เส้นสเปกตรัมที่วัดได้สามารถแสดงระดับพลังงานภายในอะตอมของ Tm^{3+} ได้อย่างถูกต้อง อัตราส่วนความสูงของกราฟความเข้มแสงที่อุณหภูมิต่างๆ ของ TLD300 สามารถใช้วัดปริมาณรังสีต่างๆ จากแหล่งกำเนิดได้ โดยขึ้นกับความไวแสงของสเปกโทรมิเตอร์.

เพื่อศึกษาปริมาณรังสีแอลฟาที่เพิ่มขึ้นจากปฏิกิริยา $^{10}B(n,\alpha)^{7}Li$ ได้ทำการเคลือบฝังตัววัดรังสี TLD300 ด้วยไอออนโบรอน-10 จากเครื่องเคลือบฝังไอออนขนาดพลังงาน 20 KV นำตัววัดรังสีที่เคลือบฝังโบรอน-10 แล้ว ไปอาบรังสีนิวตรอนพลังงานต่ำจากสารแคลิฟอร์เนียม-252 และจากเทอร์มัลคอลัมน์ของเตาปฏิกรณ์ปรมาณู กราฟความเข้มแสงที่วัดได้ของ TLD300 แสดงปริมาณรังสีแอลฟาที่เกิดจากปฏิกิริยา $^{10}B(n,\alpha)^{7}Li$ อย่างชัดเจน

โปรแกรมวางแผนให้รังสีได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อใช้คำนวณและแสดงปริมาณรังสีต่างๆ จากแหล่งกำเนิดแคลิฟอร์เนียม-252 โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองนี้ ผลการคำนวณโดยโปรแกรมพบว่าสอดคล้องกับผลการวัดโดยตรง โปรแกรมสามารถคำนวณและแสดงการกระจายปริมาณรังสีนิวตรอน, แกมมา และแอลฟาที่เพิ่มขึ้น จากปฏิกิริยาดูดกลืนนิวตรอนพลังงานต่ำของโบรอน-10 ผลการคำนวณของโปรแกรมนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการให้รังสีต่อผู้ป่วยด้วยสารแคลิฟอร์เนียม-252 ได้ต่อไป