

دزیمتری اشعه گاما با استفاده از دزیمترهای شیشه‌ای

نوشته :

دکتر محمد رضا حمیدیان - دکتر علی پذیرنده

استادیاران گروه فیزیک و تکنولوژی هسته‌ای دانشگاه تهران

مقدمه :

انرژی و تابش‌های اتمی امروزه از وسایل بسیار ضروری در صنایع و تحقیقات میباشند. به همان اندازه که استفاده از انرژی تابش‌های اتمی در موارد مختلف زندگی توسعه می‌یابد اهمیت حفاظت افراد در مقابل تابش‌ها و تعیین دقیق مقدار دز در یک محل معین روز بروز بیشتر محسوس میگردد. در مواردیکه اندازه‌گیری دز برای مدت طولانی مورد نظر است وسایل اندازه‌گیری معمولی دز مانند فیلم بیج و دزیمتر بر اساس یونیزاسیون گاز باعث کاهش اثر تابش به مرور زمان (Fading) و تأثیر جهت تابش نمی‌توانند وسایل دقیقی باشند. بنابراین وسیله‌ایکه بتواند براحتی مقدار دز تابش‌های مختلف (اشعه گاما، ایکس، بتا و نوترن) را تعیین نماید و قابلیت این را داشته باشد تا در مدت نسبتاً طولانی (بیش از ده هفته) پس از تابش پایدار بماند مورد نیاز مبرم میباشد.

یکی از روش‌های جدید برای دزیمتری تابش‌ها دزیمتری بر اساس رادیوفتولومینسانس (RPL) است. خاصیت رادیوفتولومینسانس مخصوص موادی است که معمولاً در اثر تابش نور ماوراء بنفش خواص فلورسانتی نداشته و وقتی تابش فلورسانتی را دارا میشوند که قبلاً تحت تابش اشعه گاما یا ایکس قرار گرفته باشند برای اولین بار شولمن (Schulman) کریستال متافسفات اکتیو شده با نقره را بعنوان دزیمتر بر اساس رادیوفتولومینسانس معرفی نمود. در این کریستالها بواسطه تابش اشعه گاما یا ایکس مراکز فلورسان تشکیل می‌یابد که عمر نسبتاً طولانی این مراکز نتیجه وجود سطوح انرژی متاستابل در این کریستال میباشد.

تئوری :

- وقتی یک کریستال یا جسم جامد در معرض تابش اشعه ایکس یا گاما قرار میگیرد انرژی اشعه ممکن است به سه صورت در آن تأثیر بگذارد :
- در کریستال ایجاد حرارت نماید .
 - باعث تابش نور گردد .
 - تغییرات فیزیکی و شیمی در کریستال بوجود آورد .

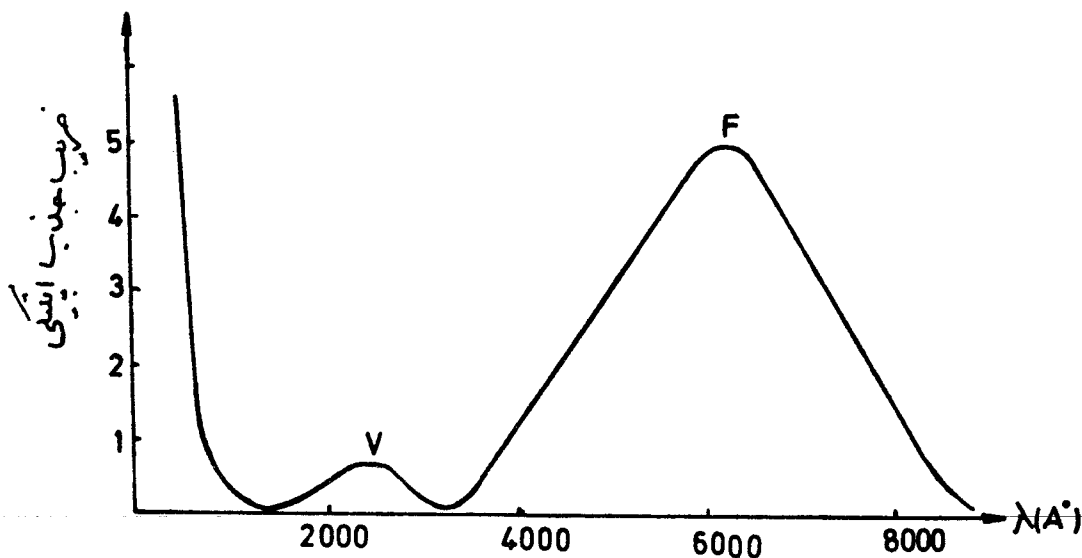
در مورد تأثیر نوع سوم انرژی اشعه باعث تغییر در ساختمان شبکه کریستالی شده و میتواند تغییراتی در طیف جذب آن پدید آورد مثلاً در کریستالهای هالوژنورقلیائی وقتی که در معرض تابش اشعه ایکس یا گاما قرار میگیرند چنین حالتی ایجاد میگردد . تبدیلات فیزیکی و شیمی در کریستال میتواند خواص لومینسانس آنرا تغییر دهد . برای اولین بار Goldstein تغییرات طیف لومینسانس یک کریستال را پس از تحریک بوسیله اشعه ماوراء بنفش مورد توجه قرار داده و مشاهده نمود اگر کریستال در معرض اشعه ایکس یا گاما قرار گیرد دارای طیف تابش متفاوتی نسبت به حالت عادی میشود . تغییرات فتولومینسانس یک جسم در اثر تابش پرتوهای با انرژی زیاد را رادیوفتولومینسانس (RPL) نامند . رادیوفتولومینسانس برای دزیمتری پرتوهای هسته‌ای روز بروز مورد استفاده بیشتر قرار میگیرد .

کریستالهای خالص از نوع هالوژنورقلیائی قبل از اینکه مورد تابش اشعه ایکس یا گاما قرار گیرند برای تمام باندهای ماوراء بنفش نزدیک ، باند مرئی و مادون قرمز نزدیک شفاف میباشند و فقط ماوراء بنفش دور در آنها جذب میشود . بطور کلی طول موج آستانه جذب برای هالوژنورهای قلیائی با جرم مولکولی کم کمتر میباشد .

طیف جذب این کریستالها پس از اینکه در معرض تابش اشعه ایکس یا گاما قرار گرفتند باندهای جدیدی را در ماوراء بنفش (باند V) و مرئی (باند F) نشان میدهد (شکل ۱) .

یک کریستال ایدآل از کلوروسدیم ، بطور متصل از یونهای مثبت و منفی تشکیل میگردد . در کلوروسدیم یونهای منفی اتمهای هالوژن هستند که یک الکترون اضافی گرفتند در صورتیکه یونهای مثبت اتمهای قلیائی میباشند که یک الکترون خود را از دست داده‌اند . در یک چنین مجموعه کامل هر دسته از یونهای با علامت مشترک قسمت معینی را اشغال مینمایند ، فقدان یک ین در هر یک از قسمتها یک جای خالی یا حفره در مجموعه ایجاد میکند که آنرا نقص شانکی نامند و یونهای جا بجا شده در سطح کریستال قرار میگیرند . برای تشکیل نقص شانکی انرژی لازم خیلی کوچک و در حدود یک الکترون ولت است به این ترتیب عملاً در درجه حرارت محیط همیشه تعدادی حفره در کریستال وجود دارد . یک حفره ایجاد شده

دراثر انتقال یون منفی Cl میدان الکتریکی مثبتی شبیه میدان یک بار مثبت در اطراف خود ایجاد میکند زیرا این حفره جای خالی یک بار منفی است و محیط مجاور بطور مجموع از لحاظ الکتریکی خنثی است .



شکل - تغییرات جذب اشعه الکترومغناطیس در هالوژنورهای قلیائی

این میدان الکتریکی روی تمام الکترونهاى مجاور در باند هدایت اثر گذاشته و روی آنها تأثیر کششی خواهد داشت . یک حفره مثبت - الکترون ، مرکز F را در کریستال تشکیل میدهد ، این مجموعه مانند یک اتم هیدروژن بوده و الکترون در این مجموعه میتواند سطوح مختلفی از انرژی را دارا باشد . عبارت دیگر این الکترون میتواند با کسب انرژی در سطح مختلف تحریک که تابع مقدار انرژی جذب شده است قرار گیرد . مراکز F را مراکز رنگ نیز نامند زیرا طیف جذب جدید به کریستال رنگ جدیدی میدهد که شدت آن متناسب با فراوانی مراکز F است . مراکز F در اثر تابش اشعه ایکس یا گاما نیز بوجود میآیند که میتوان آنرا بطریقه زیر توجیه نمود :

اشعه گاما یا ایکس در پدیده فتوالکتریک ، کمپتون و جفت سازی (ایجاد نگاترن - پوزیترون) در کریستال ایجاد مقداری الکترون مینماید . بیشتر الکترونهاى ایجاد شده دارای مقدار کافی انرژی هستند تا خود الکترونهاى ثانویه ایجاد کنند ولی بالاخره انرژی متوسط الکترونها از انرژی یونیزاسیون کمتر شده و در سطح انرژی تحریک قرار میگیرند که این وضع در مورد الکترونهاى باند هدایت بیشتر صادق است . الکترونهاى کنده شده در کریستال جابجا گشته و تعدادی از آنها توسط حفرههاى ناشی از انتقال یونهاى منفی جذب میگرددند که بدین ترتیب مراکز F در کریستال ایجاد میشود . این مراکز قادرند تا نور باند مرئی را جذب کنند ، منحنی جذب دارای ماکزیمم است و مقدار این ماکزیمم بستگی به نوع کریستال دارد .

دانشیته مراکز F می‌تواند توسط ضریب جذب اپتیکی K_{max} متناسب با طول موج ماکزیمم باند جذب از رابطه زیر تعیین شود :

$$N = C K_{max}$$

که در آن C ضریب ثابت بوده و بعنوان مثال مقدار آن برای برومورپتاسیم 3.6×10^{10} در درجه حرارت متعارف میباشد .

در مورد پرتوهای کم انرژی دانشیته مراکز F با مقدار دز (انرژی جذب شده در کریستال) بطور خطی تغییر میکنند و در مورد پرتوهای با انرژی زیاد حالت اشباع بوجود می‌آید . مثلاً در مورد برومورپتاسیم حداکثر تعداد مراکز F در هر سانتیمتر مکعب 1.9 میباشد . دانشیته مراکز F تابع مقدار دز جذب شده در کریستال بوده و در رابطه زیر قرار دارد :

$$N = aR^n$$

مقادیر ثابت n و a در مورد برومورپتاسیم بترتیب $n = 0.72$ و $a = 10^{12}$ است . در رابطه اخیر R مقدار دز جذب شده در کریستال و برحسب رنتگن میباشد .

نقش ناخالصیها

وجود ناخالصی هائی نظیر نقره ، نیکل ، مس ، سرب و سنگنز باعث تغییراتی در مختصات ساختمانی کریستال شده و اجتماعی از سطوح انرژی در باند ممنوع را بوجود می‌آورند . الکترونهاى باند هدایت میتوانند در چنین سطوح انرژی قرار گیرند بنابراین میتوان بوسیله تابش اشعه ایکس یا گاما مراکز جدیدی را در کریستال ایجاد نمود که دارای طیف جذب جدیدی باشند .

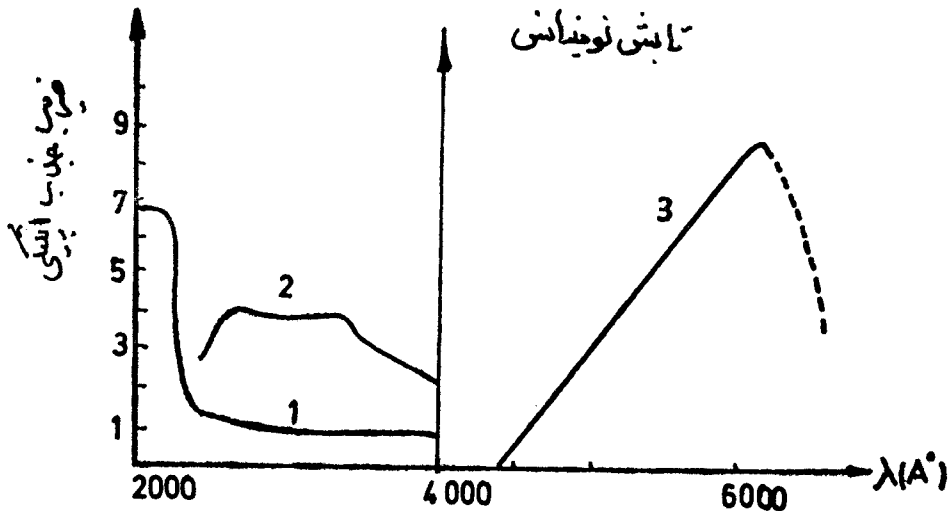
در حال حاضر ایجاد ناخالصی بوسیله نقره بهترین نتیجه را از لحاظ ثابت بودن شدت لومینسانس برحسب زمان داده است .

بطوریکه شکل (۲) نشان میدهد باندهای تحریک و تابش کریستال کلوروسدیم با ناخالصی نقره ، قبل از تابش اشعه ایکس یا گاما مربوط به وجود یون Ag^+ و بعد از تابش مربوط به اتم Ag^0 میباشد . این مراکز با جذب الکترونهاى حاصل از یونیزاسیون اشعه ایکس یا گاما توسط Ag^+ در کریستال بوجود می‌آیند .

مراکز لومینسانس حاصل از وجود ناخالصی خیلی پایدارتر از مراکز F میباشد زیرا الکترونهاى متصل به Ag^+ اتصال محکمتری را نسبت به اتصال الکترون - حفره دارند . نقش نور تحریک کننده

باعث آزاد کردن الکترون نشده بلکه الکترون را به سطح دیگر می برد ، سطحی که الکترون ضمن بازگشت نور تابش مینماید .

طول موج نور تابش کننده : 3650 \AA



شکل ۲ - باندهای جذب و تابش در کلرورسیدیم - نقره

۱ - طیف جذبی قبل از تابش اشعه ایکس یا گاما ،

۲ - طیف جذبی پس از تابش ،

۳ - طیف تابشی پس از اینکه کریستال در معرض تابش اشعه ایکس یا گاما قرار گرفت .

کریستال‌های فسفاتیک اکتیو شده با نقره

دزیمتراهای شیشه‌ای بر مبنای تابش نور سراز Ag° که نسبت بزمان پایدار است کار میکنند ، این دزیمتراها از فسفات‌های اکتیو شده توسط نقره تشکیل میشوند . در زیر یک نمونه از این نوع دزیمترا را که توسط Schulman آزمایش و پیشنهاد گردیده است نام می‌بریم .

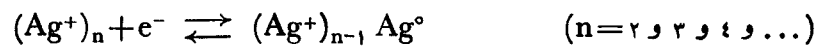
متافسفات آلومینیم	$Al(PO_3)$	۵۰٪
متافسفات باریم	$Ba(PO_3)_2$	۲۵٪
متافسفات پتاسیم	KPO_3	۲۵٪
متافسفات نقره	$AgPO_3$	۸٪ وزن کریستال

بطور کلی تمام کریستال‌هایی که برای رادیوفتولومنیسانس مورد استفاده قرار میگیرند از فسفات آلومینیم اکتیو شده توسط نقره ساخته میشوند که قسمت حساس دزیمترا را تشکیل میدهد .

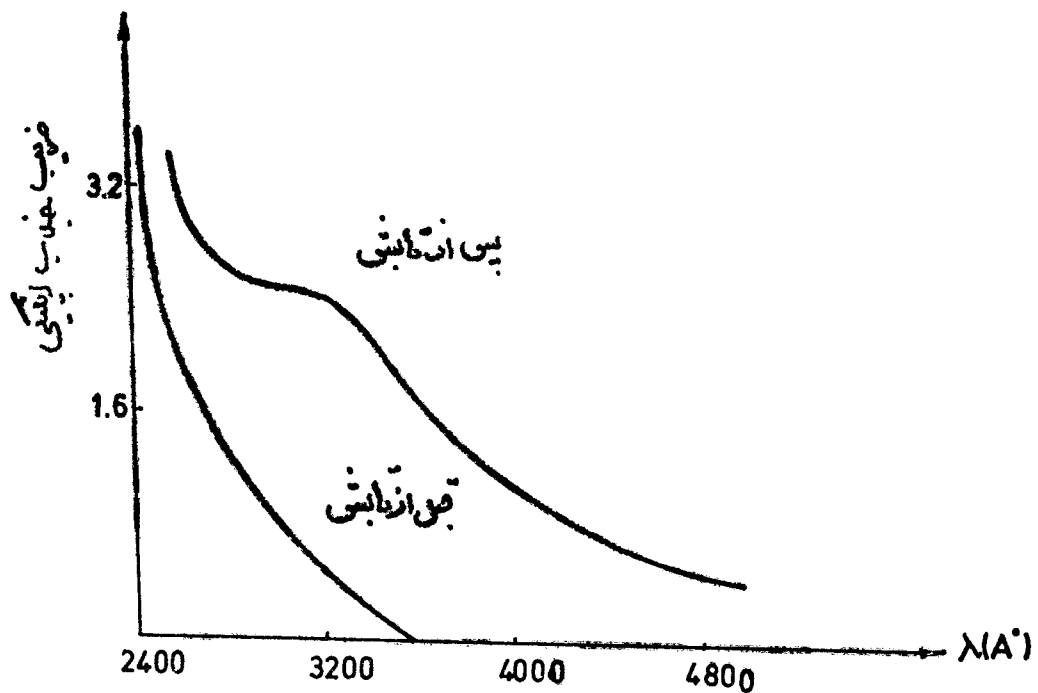
مواد فوق از ذوب متاسففات آلومینیم با نقره و سایر متاسففات هائیکه کاتیونهای K^+ و Ba^{++} (کریستال با Z زیاد) و یا Mg^{++} و Li^+ (کریستال با Z کم) دارند تشکیل میشوند.

مکانیسم تابش کریستال‌های از نوع فسفات

مکانیسم تابش در این حالت شبیه کریستال کلورسیدیم اکتیو شده با نقره است که قبلاً گفته شد ولی در مواردیکه مقدار ناخالصی نقره زیاد باشد تراکمی از اتمهای نقره بوجود می‌آید که میتوان آنرا بطریق زیر نشان داد:



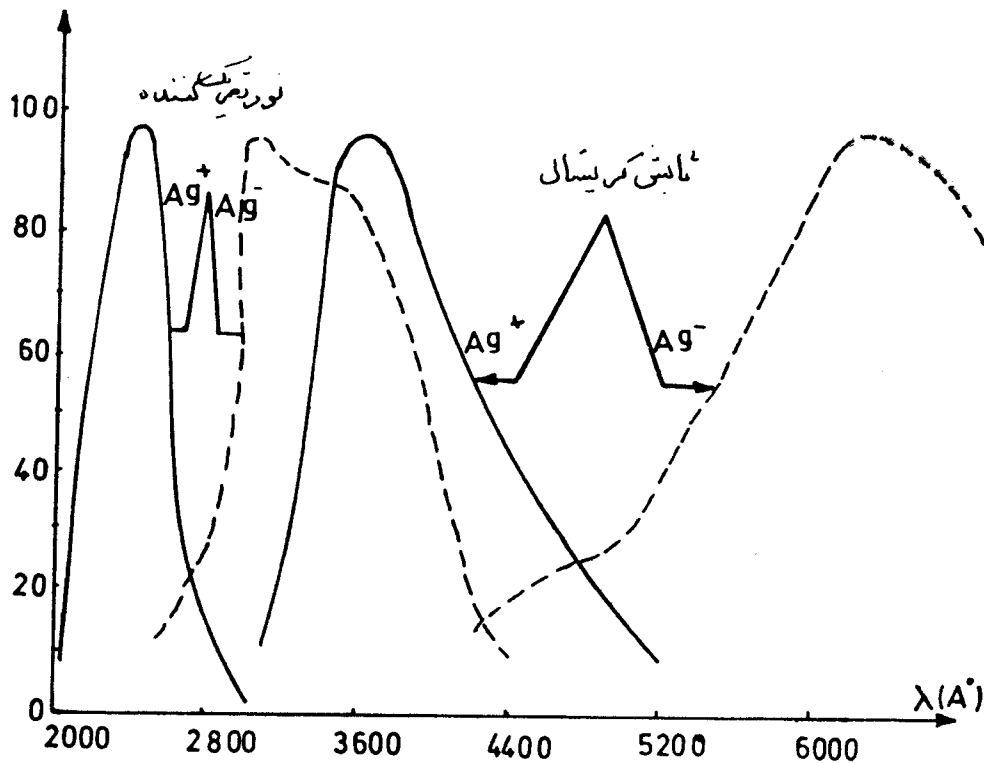
طیف جذبی دزیمتر شیشه‌ای قبل از اینکه در معرض تابش اشعه ایکس یا گاما قرار گیرد در باند ماوراء بنفش واقع است (شکل ۳) و اگر اتمهای کریستال بوسیله طول موجی برابر 2527 \AA تحریک گردد



شکل ۳ - طیف جذبی کریستال‌های فسفاتیک قبل و بعد از تابش اشعه گاما.

تابشی از فلورسانس با باند نسبتاً پهن خواهیم داشت که دارای ماکزیمی در باند بنفش بوده و این لومینسانس مربوط به یونهای Ag^+ است (شکل ۴). ولی پس از تابش پرتوهای ایکس یا گاما کریستال باند جذب جدید در ناحیه ماوراء بنفش نزدیک با ماکزیمی برابر 3200 \AA دارا خواهد شد (شکل ۴) که این تغییر تابش مربوط به اتمهای Ag° است.

بنابراین اگر کریستال با ناخالصی نقره در معرض پرتوهای ایکس و گاما قرار گیرد و بوسیله دو طول موج تحریک شود دو باند تابشی خواهیم داشت که مربوط به اتمهای Ag^+ و Ag^0 میباشد. برای تعیین



شکل ۴ - طیف تابشی کریستالهای فسفاتیک قبل و بعد از تابش اشعه گاما یا ایکس.

مقدار دز باید لومنیسانس تابش شده توسط اتمهای Ag^0 را اندازه گیری نمود که متناسب با مقدار اشعه ایکس یا گاما خواهد بود. بدینجهت است که دزیترهای شیشه‌ای تحت تابش نور تحریکی با طول موج ماوراء بنفش نزدیک قرار میگیرند و عملاً این نور تحریک کننده دارای موجی برابر $\lambda = 3660 \text{ \AA}$ میباشد. با وجود احتیاط فوق نمیتوان بطور کامل فلورسانس مزاحم یا اضافی مربوط به یونهای Ag^+ را حذف نمود این تابش پارازیتی را که قبل از تابش اشعه ایکس یا گاما در کریستال وجود دارد Pre-dose یا دز اولیه نامند. بدین ترتیب معلوم میشود که مخصوصاً در دزهای پائین باید قبل از اینکه کریستال در معرض تابش اشعه ایکس یا گاما قرار گیرد دز اولیه آنرا معلوم نمود.

یادآوری میشود که حساسیت کریستالهای فسفاتیک تابع مقدار نقره محتوی آن است و ما کزیمم

حساسیت با حدود ۰.۸٪ نقره نسبت به وزن کریستال بدست آمده است.

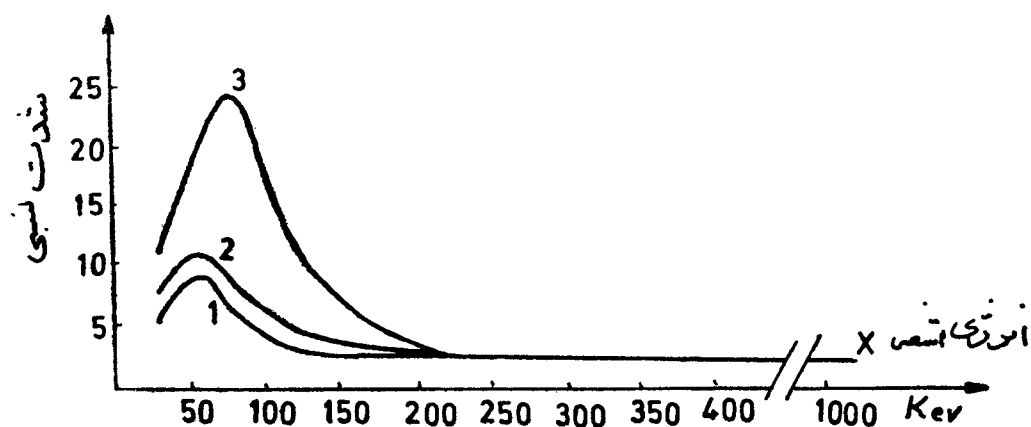
تأثیر حرارت

پس از تابش کریستال بوسیله اشعه ایکس یا گاما شدت فلورسانس آن برحسب زمان افزایش

می‌یابد تا به حداکثر مقدار خود برسد، یعنی تعداد مراکز لومنیسانس از لحظه پایان تابش کریستال توسط گاما تا مدت معینی افزایش می‌یابد. این حالت را میتوان چنین توجیه نمود که تعدادی از الکترونهاى آزاد شده در اثر تابش گاما یا ایکس فوراً بسطح متاستابل نمی‌رسند بعبارت دیگر این الکترونها آنآ در دام اتمهای Ag^+ نمی‌افتند. این الکترونها در اثر حرارت محیط و احياناً حرارت داده شده به کریستال بمرور انرژی می‌گیرند و بسطح انرژی مربوط به مراکز لومینانس می‌رسند. بطوریکه خواهیم دید حرارت زیاد باعث محو مراکز لومنیسانس کریستال میشود.

تأثیر انرژی اشعه

شدت لومنیسانس کریستال متناسب با انرژی جذب شده از تابشهاست. بطور کلی دزیمترهای کریستالی در ناحیه انرژیهای کم دارای حساسیت بیشتری هستند زیرا این ناحیه از انرژی منطبق با انرژی پدیده فتوالکتریک میباشد در صورتیکه در انرژیهای بالاتر تأثیر بر اساس پدیده کمپتون است. شکل (ه) این عدم یکنواختی حساسیت را برای دو نوع کریستال: FD1 (سازنده آن مؤسسه ژاپنی) و FD2 (سازنده آن مؤسسه امریکائی) نسبت به انرژی اشعه نشان میدهد.



شکل ه - تغییر حساسیت کریستالهای FD1 و FD2 بر حسب انرژی.

(۱) و (۲) به ترتیب تغییرات تئوری و تجربی حساسیت برای کریستال FD1.

(۳) تغییرات تجربی حساسیت برای کریستال FD2.

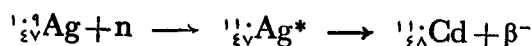
برای یکنواخت نمودن حساسیت دزیمتر کریستالی نسبت به انرژیهای مختلف میتوان روی کریستال پوششی از قلع یا سرب به ضخامت حدود یک میلیمتر قرار داد و یا اینکه اجزاء تشکیل دهنده کریستال را از موادی با Z کم انتخاب نمود.

کریستالهای ساخته شده با عناصری که دارای عدد اتمی زیاد هستند اشعه ایکس یا گامای کم انرژی را بشدت جذب مینمایند، بدین ترتیب میتوان امیدوار بود که در صورت جانشین کردن بعضی از عناصر با Z کم بجای اجزاء با Z زیاد حساسیت کریستال را برای تمام انرژیها یکنواخت نمود. برای این منظور بجای باریم و پتاسیم در $Ba(PO_3)_2$ و KPO_3 منیزیم و لیتیم به صورت $Mg(PO_3)_2$ و $LiPO_3$ بکار می‌برند.

تأثیر پرتوهای دیگر

۱ - نوترون

برولیتیم با نوترونهای دارای راکسیون (α و n) میباشد لذا این دو عنصر در کریستالها برای دزیمتری نوترون حرارتی بکار میروند (کریستال ژاپنی FDI). یونیزاسیون ایجاد شده بوسیله ذرات حاصل از راکسیون (α و n) باعث ایجاد مراکز لومنیسانس در کریستال میگردد. در دزیمتری نوترونهای متوسط و سریع از خاصیت برخورد الاستیکی نوترونها با هسته های لیتیم و اکسیژن که باعث پرتاب این هسته ها میگردد استفاده میشود. بعلاوه تعدادی از مراکز لومنیسانس در اثر ایجاد هسته های رادیواکتیو پرتوهای گاما یا بتا با نیمه عمری از ۲ تا چندین روز تابش مینمایند. بعنوان مثال میتوان دو راکسیون زیر را نام برد:



مجموعه ای از دو دزیمتر کریستالی یکی با پوشش کادمیوم و دیگری با قلع می تواند برای تعیین جداگانه پرتوهای گاما و نوترون حرارتی مورد استفاده قرار گیرد. بدین ترتیب که کریستال با پوشش قلع دز مربوط به پرتوهای گاما و نوترون را بطور مجموع تعیین مینماید (نقش قلع بطوریکه گفته شد برای یکنواخت نمودن حساسیت کریستال در انرژیهای مختلف میباشد) و کریستال با پوشش کادمیوم ضمن اینکه عمل قلع را در مورد یکنواختی حساسیت انجام میدهد نوترونهای حرارتی را جذب میکند لذا فقط دز گاما توسط این کریستال معلوم میشود. با مقایسه فلورسانس دو کریستال دز نوترون حرارتی تعیین خواهد شد.

پرتوهای آلفا و بتا

پرتوهای آلفا و بتا بواسطه اینکه قدرت نفوذ کمی دارند تأثیر چندانی بر روی کریستالها ندارند، بعبارت دیگر تعداد مراکز لومنیسانس ایجاد شده کافی برای اندازه گیری دز نمیشود.

اشعه بتای با انرژی زیاد مرکز لومنیسانس را در حدود سطح کریستال ایجاد میکند که بدین ترتیب شکل و محل قرار دادن کریستال باید مورد توجه قرار گیرد. عملاً پوشش کریستال‌ها برای یکنواخت نمودن حساسیت اغلب مانع تعیین دز اشعه بتا میگردد. کریستال‌های از نوع فسفات اکتیو شده توسط نقره که با پوششی از پلاستیک با ضخامت‌های مختلف میباشند برای دزیمتری اشعه بتا پیشنهاد شده‌اند ولی این طریق دزیمتری فقط میتواند برای بتاهای با انرژی بیشتر از دو میلیون الکترون ولت مورد استفاده قرار گیرد.

شرح وسایل کار

دستگاه دزیمتر بطور کلی از یک دزیمتر شیشه‌ای و یک دستگاه اندازه‌گیری شدت لومنیسانس

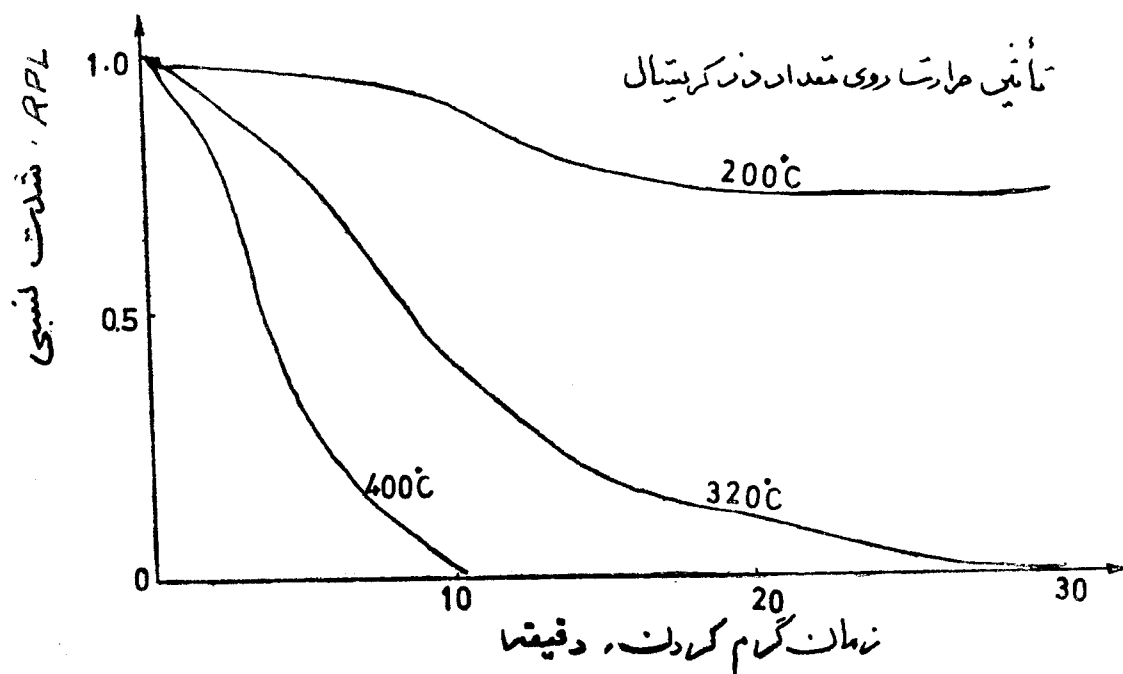
تشکیل میشود:

دزیمتر شیشه‌ای بکار رفته در این طرح از نوع FD-R-1-1 بشکل استوانه بقطر یک میلی‌متر و طول شش میلی‌متر ساخت کارخانه توشیبا بوده است. ساختمان این نوع دزیمتر شیشه‌ای از اجزاء اصلی $Al(PO_3)_3$ ۰.۵٪ و $Li PO_3$ ۰.۵٪ (وزنی) و اجزاء اضافی $Ag PO_3$ ۰.۷٪ و B_2O_3 ۰.۳٪ نسبت به وزن کریستال تشکیل یافته است. دستگاه اندازه‌گیری از نوع FGD-3B ساخت کارخانه توشیبا از یک ثابت نگاه‌دارنده و لتاز، واحد اپتیکی و واحد اندازه‌گیری جریان تشکیل یافته است.

نتایج

۱- تأثیر حرارت روی کریستال

همانطور که گفته شد حرارت روی مقدار دز جذب شده در کریستال مؤثر است. برای بررسی دقیق‌تر

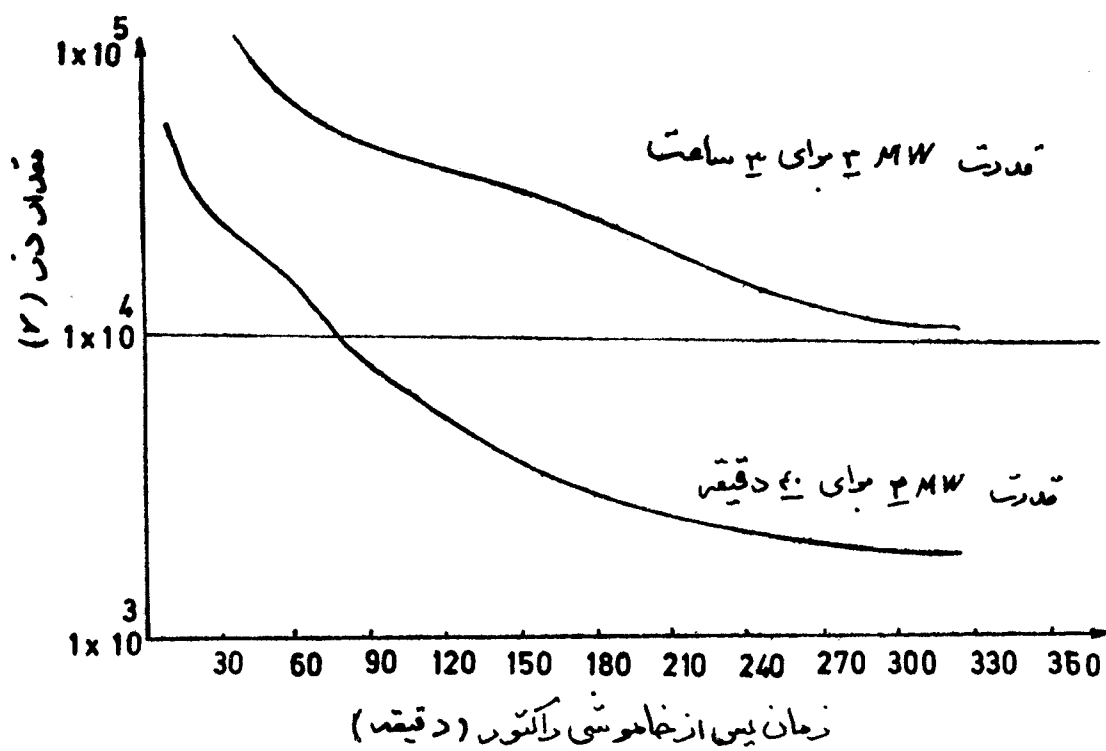


بک سری اندازه گیری روی کریستال FD-R-1-1 انجام گردید که نتایج آن در شکل (۶) نشان داده شده است. بطوریکه از روی منحنیها ملاحظه میشود درجه حرارت حدود 400°C در مدت حدود ده دقیقه باعث محدودز کریستال میشود.

۲ - تغییرات شدت دزگاما در اطراف هسته راکتور پس از خاموشی.

این آزمایش در مجاورت هسته راکتور تحقیقاتی دانشگاه تهران انجام گرفته است. این راکتور با خنک و کند کننده آب معمولی بوده و نوع میله های آن MTR است، حداکثر قدرت راکتور پنج مگاوات میباشد.

کریستال ها را با استفاده از سیستم راییت راکتور در زمانهای مختلف در معرض تابش گاما قرار داده ایم، نتایج اندازه گیری دز در شرایط متفاوت در شکل (۷) نشان داده شده است که این نتایج با اندازه گیریهای مشابه قابل مقایسه میباشد.



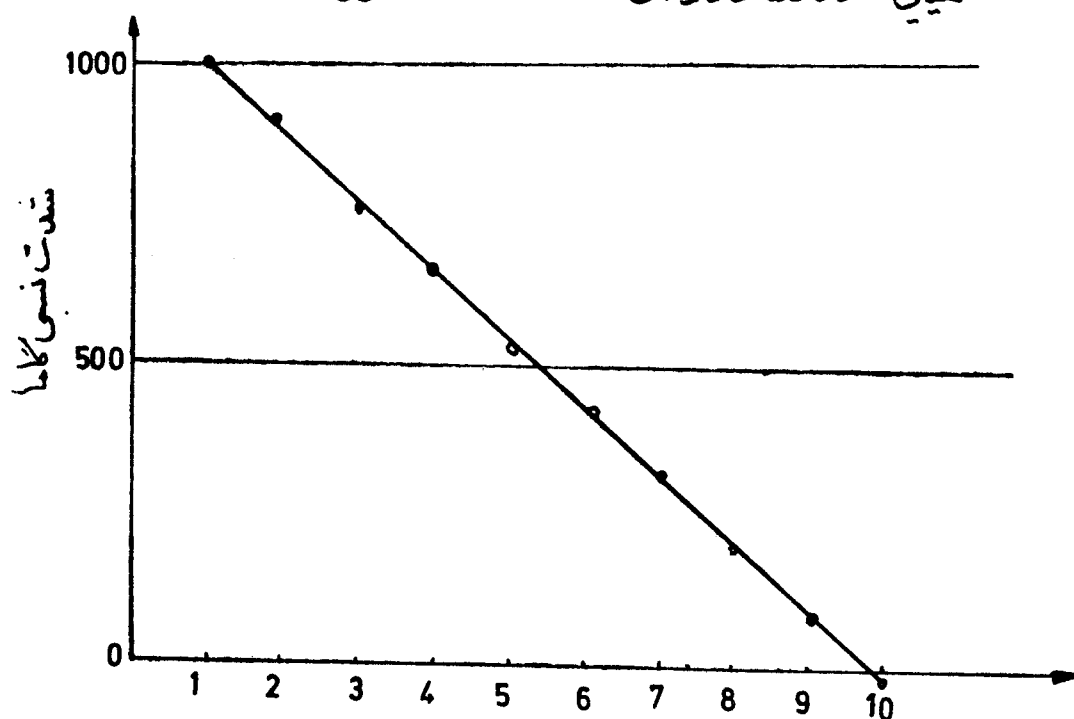
شکل ۷ - تغییرات شدت گاما در اطراف هسته مرکزی راکتور پس از خاموشی آن.

نتایج حاصل نشان میدهند که این نوع دزیمتر شیشه ای میتواند برای تعیین شکل تغییرات شدت دزگاما در مجاورت هسته راکتور نسبت به زمان خاموشی راکتور مورد استفاده قرار گیرند.

۳- تغییرات دز گاما در فواصل مختلف از هسته راکتور

در مجاورت هسته راکتور پیاله‌هائی تعبیه شده است که از آنها برای تابش دادن نمونه‌های مورد نظر استفاده میشود. هدف از این اندازه‌گیری تعیین دز در هر پیاله و شدت نسبی آنها بمنظور تخمین میزان دز در شرایط مختلف قدرت راکتور بوده است. در شکل (۸) مقدار و تغییرات نسبی دز در پیاله‌ها داده شده است. یادآوری میشود که این اندازه‌گیری پانزده دقیقه پس از خاموشی راکتور که قدرت آن دو مگاوات و سه مگاوات و بترتیب بمدت یک ساعت و سه ساعت کار کرده است انجام شده و درجه حرارت آب 24°C بوده است. با استفاده از منحنی داده شده و احیاناً انجام فقط یک دزیمتری میتوان مقدار دز را در هر پیاله تخمین زد.

تغییرات دز گاما در فواصل مختلف از هسته راکتور



شکل ۸ - تغییرات دز گاما در فواصل مختلف از هسته راکتور

۴- تعیین حساسیت دتکتور فیسیمون نسبت به گاما

برای بکار انداختن راکتور (Start up) از یک دتکتور فیسیمون استفاده میشود که بمنظور تعیین حساسیت این دتکتور نسبت به گاما آزمایش زیر انجام گرفت.

مجموعه‌ای از یک دتکتور فیسیمون، دو کریستال مشابه یکی با پوشش قلع به ضخامت یک میلیمتر و دیگری با پوشش کادمیوم به همان ضخامت و یک نمونه دیسپورسیم (Dysprosium) برای تعیین فلوی نوترن

مورد استفاده قرار گرفت. پوشش کادمیوم بمنظور حذف نوترنهای حرارتی است چون کریستالها نسبت به نوترن حساس میباشند و حساسیت آنها در حدود $1 \text{ rem} = 10^4 \text{ nth/Sec/cm}^2$ میباشد. از طرفی این ضخامت کادمیوم باعث میشود که حساسیت کریستال نسبت به گاماهاى کم انرژی کم گردد.

برای تعیین دزنوترن کریستال دیگر را با پوششی از قلع همراه کریستال نامبرده بکار بردیم، در اینحالت قلع مانند کادمیوم برای گاماهاى کم انرژی عمل میکند. این مجموعه را در فاصله نیم متری هسته راکتور برای مدت ۳ دقیقه در حالیکه راکتور در قدرت ۲۰ مگاوات کار میکرد قرار دادیم.

بکمک یک دستگاه تقویت کننده و شمارنده، شمارش دتکتور فیسیمون برابر ۴۷۷۰۰۰ در دقیقه بدست آمده و فلوی نوترن حرارتی از روی اندازه گیری اکتیویته نمونه دیسپورسیم برابر 8.4×10^4 شده است. نتایج اندازه گیری دز جذب شده در کریستالهای در جدول زیر مندرج است.

پانزده دقیقه پس از خاموشی راکتور از قدرت ۲۰ مگاوات	راکتور در حال کار در قدرت ۲ کیلووات	
۴۵۰ r	۲۷۰ r	کریستال بدون پوشش
۴۵۰ r	۲۹۰ r	کریستال با پوشش قلع
۴۸۰ r	۳۳۰ r	کریستال با پوشش کادمیوم
۴۸۱	۴۷۷۰۰۰	شمارش در دقیقه دتکتور فیسیمون
ناچیز	$8.4 \times 10^4 \text{ nth/Sec/c/m}^2$	فلوی نوترن

با توجه به اینکه حساسیت این کریستالها نسبت به نوترن کم میباشد و از طرفی خطای کلی اندازه گیری حدود ده درصد تخمین زده میشود تخمین دز نوترن در چنین شرایط دقیق نیست. با در نظر گرفتن اینکه در حالت خاموشی راکتور نمونه دیسپورسیم اکتیویته ای نداشت میتوان نتیجه گرفت که فلوی نوترن حرارتی در اینحالت قابل ملاحظه نبوده است. بنابراین شمارش دتکتور فیسیمون مربوط به گاما است. با مقایسه نتایج جدول فوق میتوان حساسیت دتکتور فیسیمون را کمتر از یکدهم درصد نسبت به گاما دانست.

خلاصه

از انجام طرح نتایج زیر استنباط میشود:

۱- از دزیمتر شیشه ای نوع FD-R-1-1 میتوان در تعیین دزهای زیاد مانند دزیمتری در مجاورت هسته راکتور، دزیمتری در تابش دهی مواد غذایی و همچنین در سوانح (با نصب این کریستالها در اطراف راکتور) استفاده نمود.

- ۲ - حساسیت کم این کریستالها نسبت به نوترون باعث میشود که بتوان آنها را در محلهائیکه نوترون و گاما وجود دارد بکار برد. در محلهائیکه فلوی نوترون خیلی زیاد باشد برای تفکیک دز نوترون از گاما میتوان از پوشش قلع و کادمیوم استفاده نمود.
- ۳ - ثابت ماندن دز در مدت نسبتاً طولانی، محو دز جذب شده در کریستال بوسیله حرارت همچنین استفاده مکرر از کریستال حتی بدون حذف دز قبلی از خواص این نوع دزیمتر میباشد.
- ۴ - کوچک بودن این نوع کریستالها استفاده از آنها را در نقاطی مثلاً داخل میله های سوخت راکتورها ممکن میسازد.

References

- Schulman (J.H), Ginther (R.J) et Evans (L.S), Phys. Rev., 1946,76,459.
- Ginther (H.J) et Schulman (J.H), Nucleonics, 1960,18,92.
- Yokota (R.), Nakajima (S.) et Sakai (E.), Health Physics, 1961,5,219.
- Francois (H) Conférences Physique Nucléaires Toulouse, 1964.
- Solide state and chemical radiation dosimetry in medicine and biology IAEA 1967.
- Gamma dosimetry around TURR Core using glass dosimeters by M.R.Hamidian. A. Pazi-randeh.

Gamma dosimetry With glass dosimeter.

By :

M.R.Hamidian and A.Pazirandeh

Abstract

The Radiophotoluminescence property of some materials makes it possible to use them for dosimetry purposes. The silver activated metaphosphate glass, as an RPL dosimeter, when exposed to X, or γ radiations, forms fluorescent centers with long lived states (metastate). The silver ions (Ag^+) in unirradiated state produces vacancies when energy is supplied by irradiation the release of electrons leads to the formation of RPL centers. By stimulating the crystal by the ultra - violet light, without destroying the RPL centres, an orange fluorescence is produced proportional to the absorbed dose. These glasses can also be used for long term personal radiation monitoring. One of the advantages of this type of crystals is that it has linear dose sensitivity over a long range and show no fading. The relative RPL intensity is slightly dependent on radiation energy, and completely independent on dose rate. Another advantage is that the dose can be added up.

By heating up the crystal the fluorescent centres can be erased.

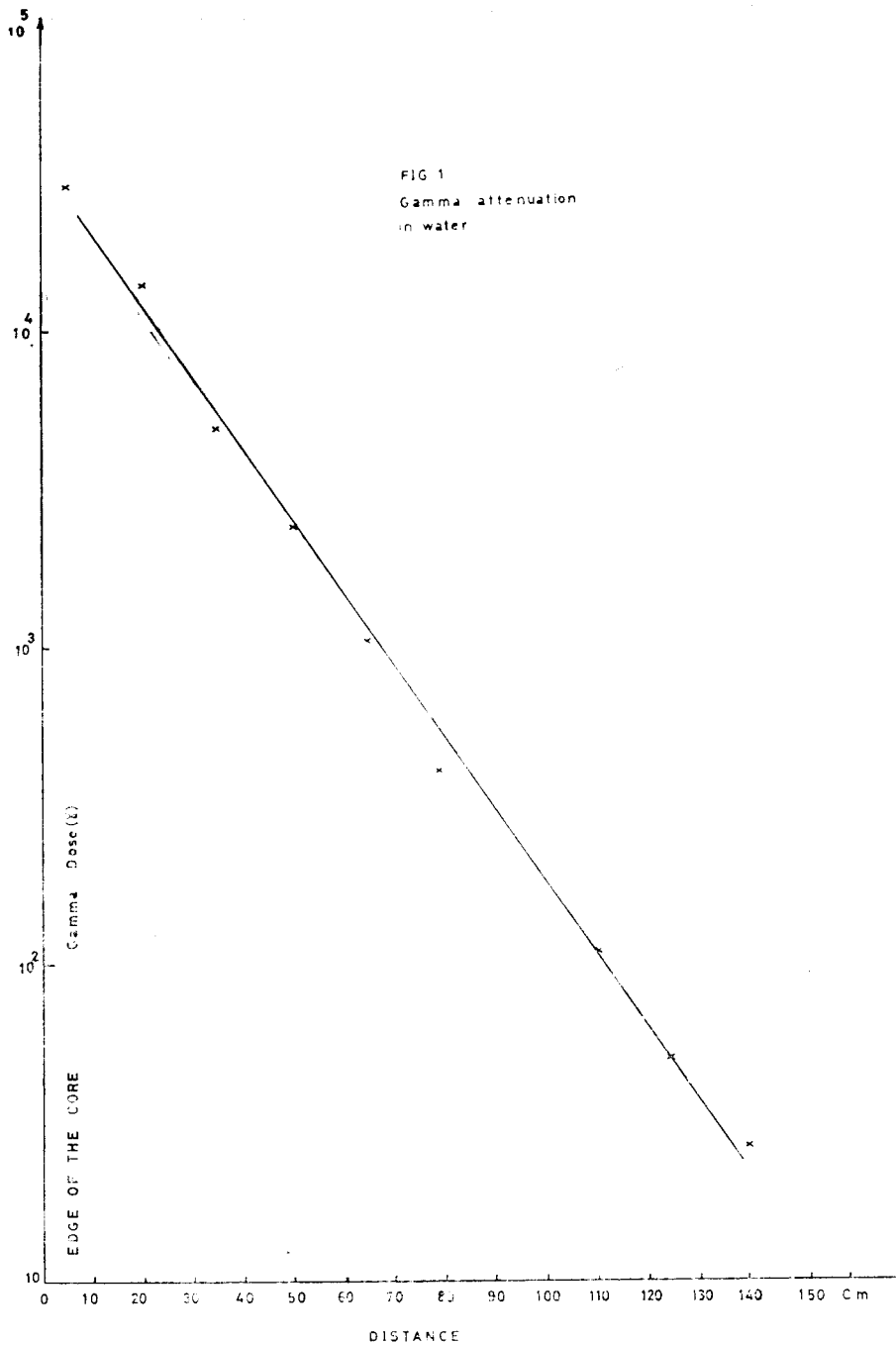
The crystal is also sensitive to neutrons. thermal neutrons are detected through (n, α) reactions in Boron, Lithium and (n, γ) reaction in Silver and Phosphorus. The intermediate and fast neutrons are detected through elastic scattering in Lithium and Oxygen and through (n, p) reaction in Ag and Phosphorus ;

By covering a crystal with cadmium to suppress thermal neutrons gamma

dose can be measured. Cadmium attenuates low energy (Kev) gamma rays. Sn has the same attenuation factor for low energy gamma rays and has very low absorption cross section for thermal neutrons.

In a series of experiments around the Tehran University Research Reactor core the following measurements, using FD - RI - I RPL glasses and Fluoroglass dosimeter type FGD - 3B as a measuring unit, were carried out:

- 1) Integral gamma decay measurement of fission products after 2 to 5

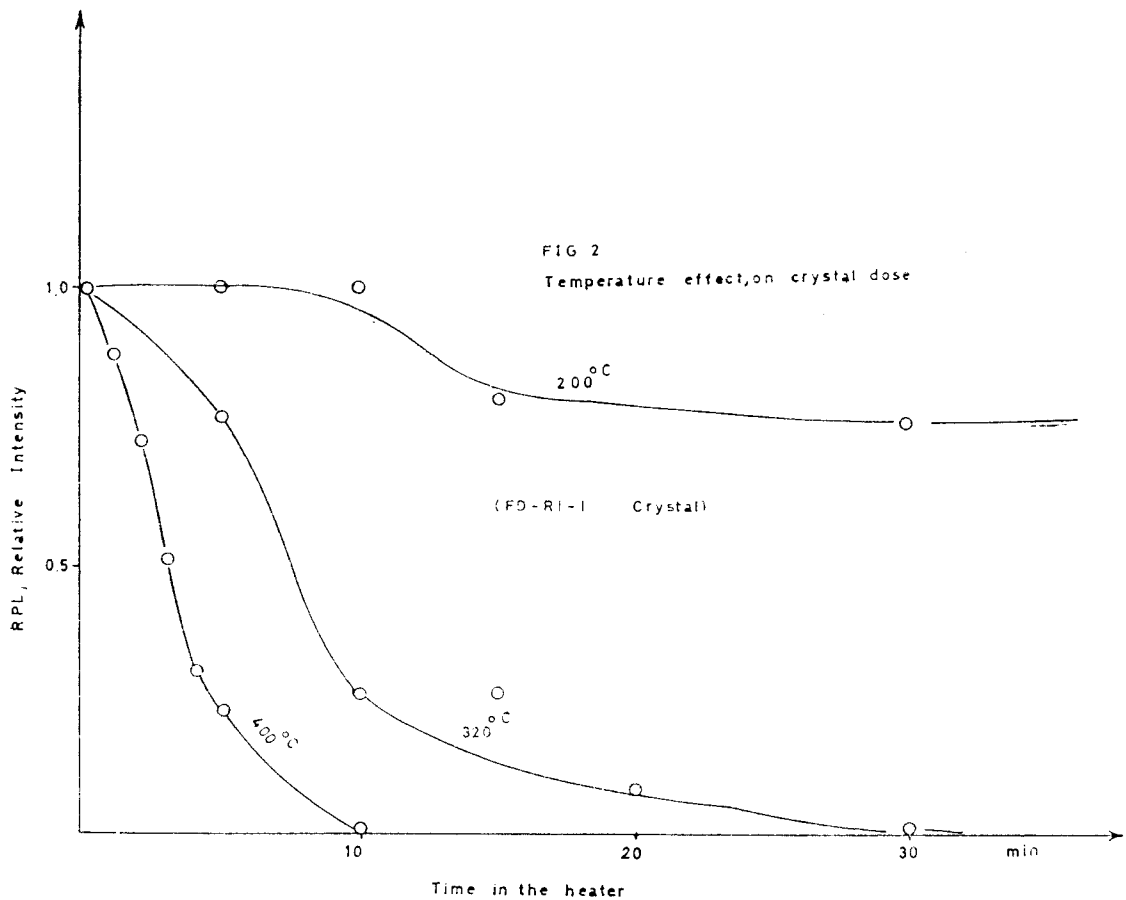


hours operation at high power (3MW).

2) Gamma intensity measurements at the specified distances from the edge of the core in ten (10) holders fixed to an aluminium bar (Fig 1).

3) The study of heating up the crystal (FD-R1-1) up to 400°C. The experimental results show that the FD-R1-1 crystal loses about 10% of its total dose after 10 minutes being at 200°C, about 40% at 320°C and 100% at 400°C for the same heating time (Fig 2).

4) The sensitivity of a fission chamber to gamma radiation from the



fission fragments in the core was determined. The identical fission chamber is used for starting up the reactor. The ordinary counting system and three FD-R1-1 crystals, one covered with 1mm thick cadmium one covered with 1mm thick Sn and third bare, were placed at the same place as the fission chamber for neutron and gamma dose measurements. From these measurements it was found that the fission chamber has a sensitivity of only 0.1% to the core gammas as compared to the fission neutrons travelled 30 Cm in water.