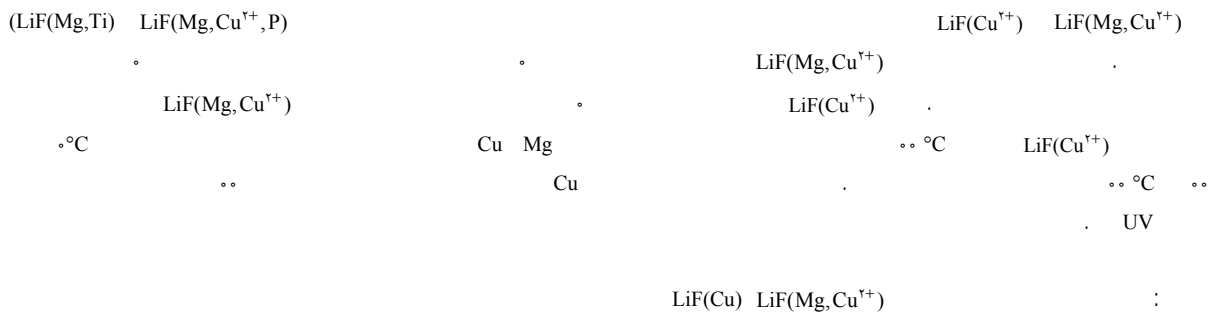


LiF (Mg, Cu, P)

Cu⁺

ftorkzadeh@aeoi.org.ir :

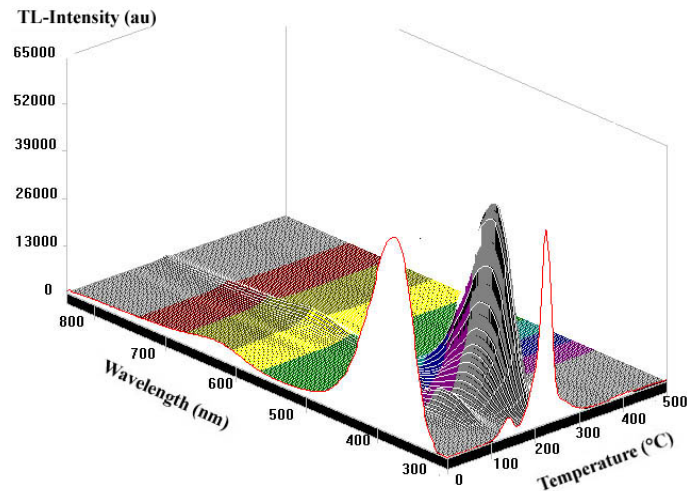
(دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۳۰؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۹۲/۴/۸)



می‌توان اثر این ناخالصی‌ها را در تشکیل مراکز گیراندازی و مراکز بازترکیب و نقش آنها در طیف تابش توضیح داد. به عنوان مثال ناخالصی منیزیم در دزیتر LiF(Mg,Ti) عامل ایجاد مراکز گیراندازی شناخته شده است [۱]. به همین ترتیب احتمال داده می‌شود Ti در این ماده به عنوان مرکز بازترکیب عمل کند [۲] و [۳]. با توجه به اثر متقابل ناخالصی‌ها در دو مرحله گیراندازی و بازترکیب، اندازه‌گیری همزمان شدت تابش گرمالیانی و طیف آن دارای اهمیت زیادی می‌باشد. با اضافه یا حذف هر یک از ناخالصی‌ها و مشاهده منحنی سه بعدی «شدت-دما-طول موج» می‌توان تا اندازه زیادی به نقش آنها در شکل‌گیری منحنی درخشندگی و سازوکار اثر این ناخالصی‌ها

در کنار روش‌های فیزیکی معمول برای بررسی ناخالصی‌ها در بلور و اثر آنها در تشکیل نور لومینسانس، مانند ESR، XRF، طیف جذب و دیگر روش‌ها، اندازه‌گیری طیف تابش قرار دارد. این بررسی‌ها می‌توانند راه را برای بهبود دزیترهای گرمالیانی هموار کنند. بررسی انواع دزیترها نشان می‌دهد که بعضی از آنها با وجود دمای تخلیه یکسان مراکز دام الکترون، تابش گرمالیانی در بیش از یک طول موج، صورت می‌گیرد. این نتیجه، به وضوح دلیل بر وجود گونه‌های مختلف از مراکز بازترکیب یا مراکز لومینسانس است. با تغییر نوع ناخالصی‌ها و مقدار آنها اغلب

۱. thermoluminescence



شکل ۱. طیف گرمالیانی دزیمتر LiF(Mg,Cu,P) بعد از پرتودهی با دز ۱۴ Gy با چشمه بتا.

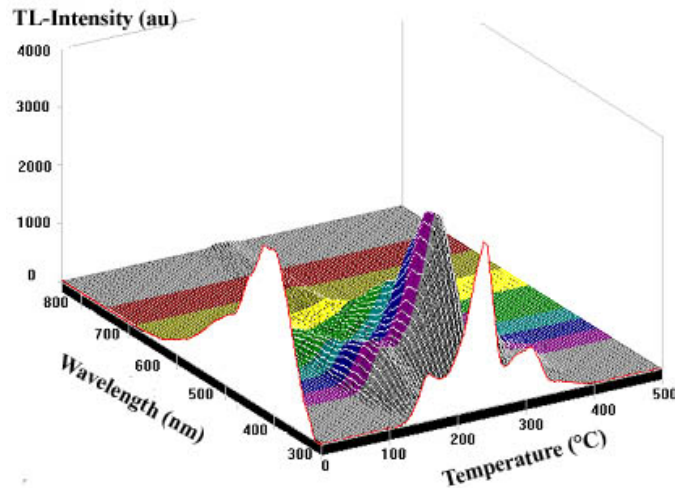
خلوص فوق خالص^۱ و ناخالصی های Mg و Cu نیز به ترتیب با مقادیر mol ۰٫۰۲٪ از MgF_۲ و mol ۰٫۰۵٪ از CuCl_۲ تهیه شدند. نمونه‌ها، در بوته‌ای از جنس بور-نیتريت در یک کوره القایی مدل (PH ۱۰۱۲/۱۶) تحت گاز آرگون ذوب شدند. بعد از مرحله رشد بلور با روش چرخالسکی، تک بلور تحت شرایط رشد در محفظه به صورت کنترل شده در مدت ۳۰ دقیقه تا دمای اتاق سرد شد. سپس با استفاده از یک هاون عقیق به طور اتوماتیک به پودر تبدیل شد و مش‌های ۱۵۰-۲۳، ۱۵۰-۲۸۰، ۲۸۰-۵۶۰، ۵۶۰-۸۰۰ میکرون جداسازی شدند. آماده سازی دزیمترها با حرارت‌دهی استاندارد یعنی ۱۰ دقیقه در دمای ۲۴۰°C بر روی نمونه‌ها اعمال شد. پرتودهی بتا به وسیله یک چشمه Sr/Y-۹۰ با آهنگ دز ۳/۴۷ Gy/min صورت گرفت. طیف‌های تابش توسط دوربین CCD در دمای ازت مایع با بازه اندازه‌گیری ۲۵۰ nm تا ۹۰۰ nm ثبت شدند.

نمونه‌های تولید شده LiF(Mg, Cu^{۲+}) و LiF(P^{۲+}) در این تحقیق دارای میزان آلابدگی (Mg(MgF_۲:۰٫۰۲ Mol) و Cu(CuCl_۲:۰٫۰۵ Mol) هستند. برای انجام آزمایش مش بین ۱۵۰ تا ۲۸۰ میکرون انتخاب شد و مقادیر مورد اندازه‌گیری

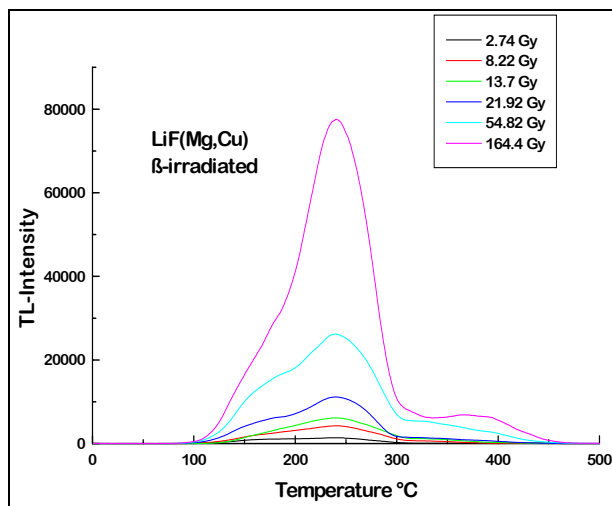
درون بلور پی برد [۴]. مک کیور و بیلسکی منحنی طیف LiF با آلابدگی Cu^{۲+} با قله‌ای در ۴۲۵ نانومتر را اندازه گرفته و با قله طیف تابش LiF(Mg,Cu,P) در ۳۸۰ nm مقایسه کرده‌اند و نتیجه‌گیری کرده‌اند که Cu نقش مستقلى را در طیف تابش ندارد [۱ و ۵]. چن و اشتوبه با بررسی نقش Cu احتمال داده‌اند که تغییر ظرفیت Cu^{۲+} به Cu^{۱+} در اثر گرمادهی بیش از ۲۴۰°C باعث کاهش حساسیت دزیمتر می‌شود [۶]. پاتیل و موراهیل از نقش Cu⁺ در سازوکار لومینسانس گزارش می‌دهند [۷]. تحقیق شینده و همکاران بر نقش P در اتصال Cu در شبکه تأکید کرده‌اند [۸]. ولی هنوز مشخص نیست که با ورود Mg به دستگاه LiF(Cu^{۲+}) چه اتفاقی برای مراکز لومینسانس می‌افتد و نقش Cu در شکل‌گیری طیف تابش چیست. تنها یک تحقیق جامع برای طیف تابش سیستم LiF(Mg,Cu,P) مربوط به مک کیور موجود است که ماده LiF(Mg, Cu^{۲+}) را در بر ندارد. در این تحقیق علاوه بر بررسی طیف دو نوع دزیمتر استاندارد TLD-۱۰۰ و TLD-۱۰۰H، منحنی‌های درخشندگی و طیف تابش و خصوصیات گرمالیانی دو نمونه LiF با ناخالصی‌های به ترتیب (Mg, Cu^{۲+}) و (Cu^{۲+}) بررسی شده است.

نمونه‌های مورد استفاده در این تحقیق با استفاده از LiF با درجه

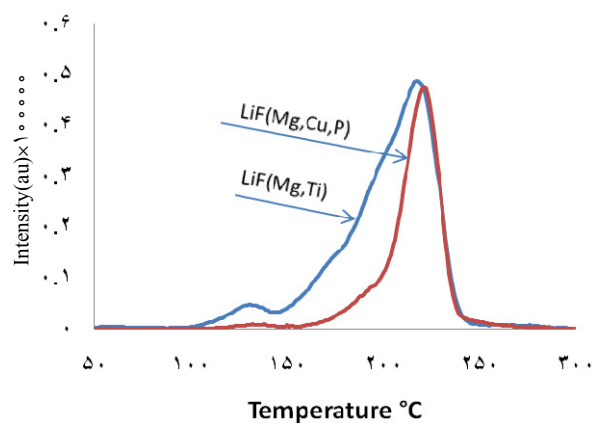
۱. supra pure



شکل ۲. طیف گرمالیانی دزیمر LiF(Mg,Ti) بعد از پرتودهی با دز ۵۴ Gy از چشمه بتا.



شکل ۴. LiF(Mg,Cu²⁺) پرتودهی با چشمه بتا با دزهای مختلف.



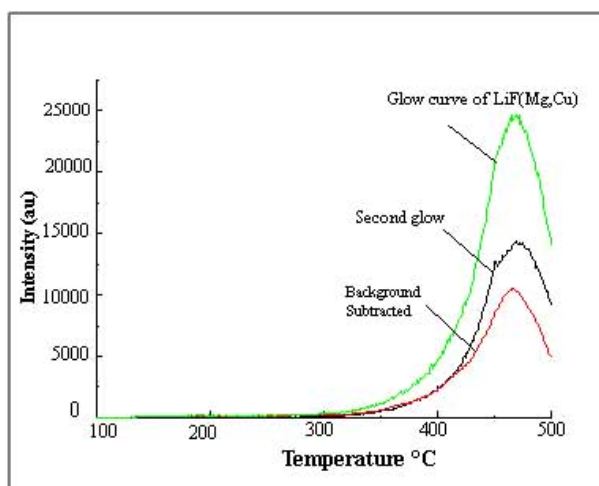
شکل ۳. منحنی گرمالیانی نمونه‌های استاندارد LiF(Mg,Cu,P) و LiF(Mg,Ti).

آن به ترتیب در طول موج‌های ۴۲۰ nm و ۵۳۰ nm قرار دارند. که جهت مقایسه نسبت به شدت بهنجار شده‌اند.

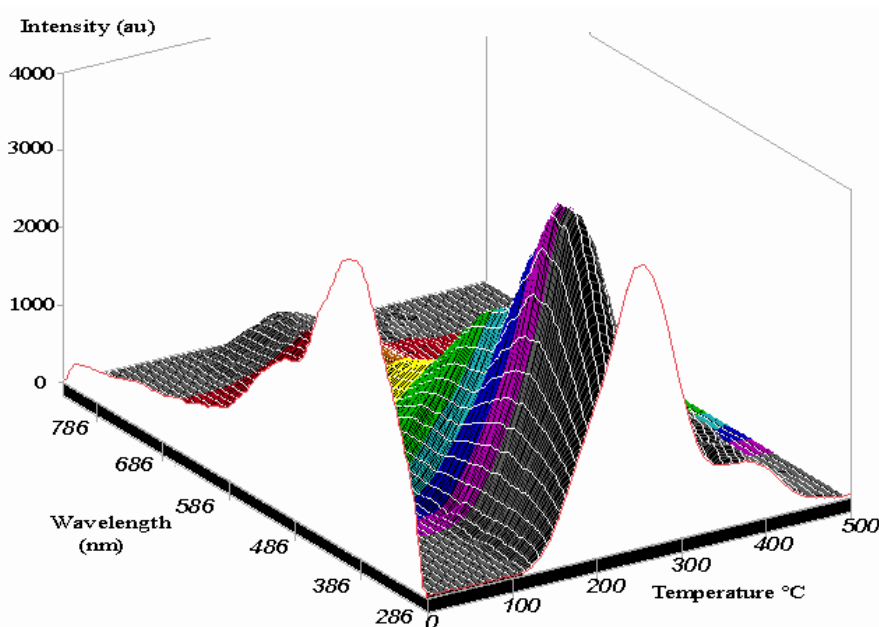
شکل ۴ منحنی درخشندگی حاصل از نمونه با ناخالصی‌های Mg,Cu²⁺ بعد از پرتودهی با دزهای مختلف را نشان می‌دهد. منحنی درخشندگی دارای یک قله اصلی در دمای حدود ۳۰۰°C و یک قله با شدت بسیار کمتر در دمای بالای ۳۰۰°C LiF(Mg,Ti) و LiF(Mg,Cu,P) با مقایسه است. قله اصلی در مقایسه با ۳۰°C به سمت دماهای بالاتر متمایل شده است. شدت گرمالیانی در این نوع ماده با دز جذبی بتا متناسب است.

در شکل ۵ منحنی گرمالیانی همین ماده یعنی LiF(Mg,Cu)

نسبت به جرم بهنجار گردیدند. شکل‌های ۱ و ۲ طیف‌های استاندارد تابش دزیمرهای LiF(Mg,Cu,P) و LiF(Mg,Ti) با نام‌های تجاری به ترتیب GR۲۰۰ و TLD-۱۰۰ را نشان می‌دهند. مطابق شکل‌های ۱، ۲ و ۳، محل قله‌های شدت گرمالیانی در هر دو منحنی و ساختار کلی منحنی‌ها شبیه هستند. تفاوت اصلی بین آنها در شدت TL و بارز بودن قله‌های دمای بالا در نمونه با ناخالصی Mg,Ti دلیل بر نقش مراکز بازترکیب در دماهای بالا می‌باشد. این قله‌ها برای نمونه با ناخالصی Mg, Cu, P در منحنی گرمالیانی ظاهر نمی‌شوند. طیف تابش برای نمونه LiF(Mg,Cu,P) از ۳۲۰ nm تا ۴۹۰ nm ادامه دارد و برای نمونه LiF(Mg,Ti) از ۳۲۰ nm تا ۶۲۰ nm کشیده شده است و قله‌های



شکل ۵. LiF(Mg,Cu⁺) پرتودهی با چشمه آلفا همراه با قرائت دوم و تفاضل آنها.

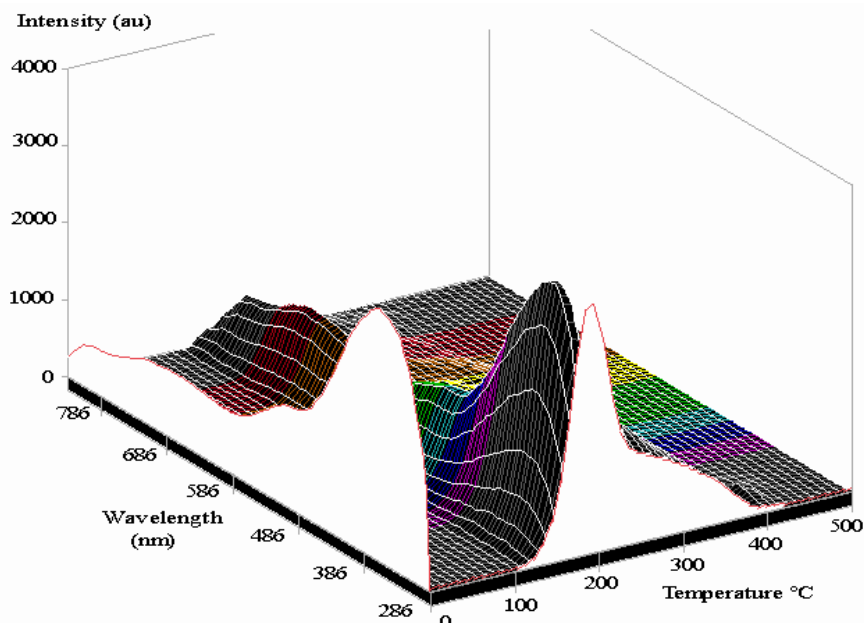


شکل ۶. طیف تابش نمونه LiF(Mg,Cu⁺) بعد از پرتودهی با دز ۷۰۰ Gy چشمه بتا.

در شکل ۶ طیف اندازه‌گیری شده LiF(Mg,Cu⁺) بعد از پرتودهی با پرتو بتا دیده می‌شود. این طیف از بازه طول موج قابل اندازه‌گیری فراتر می‌رود و دارای قله اصلی طول موج تابش در ۴۰۵ nm و یک دنباله پهن است که از ۵۲۰ nm شروع می‌شود. این ماده چنانکه در شکل قبل دیده شد در پرتودهی با پرتوی آلفا پاسخ ناچیزی از خود نشان می‌دهد. این نمونه به نور مرئی حساسیت ندارد ولی به نور فرابنفش حساس است.

بعد از پرتودهی با پرتوی آلفا دیده می‌شود. منحنی ثانویه گرمالیانی این ماده^۱ نیز در شکل دیده می‌شود. منحنی ثانویه نشان می‌دهد، علیرغم ثبت منحنی گرمالیانی ماده در اثر گرم کردن آن تا دمای ۴۵۰°C، مراکز دام کاملاً تخلیه نشده‌اند. از طرف دیگر در ناحیه دمایی بین ۲۰۰°C تا ۴۰۰°C هیچگونه شدت گرمالیانی دیده نمی‌شود.

۱. second glow



شکل ۷. طیف تابش نمونه $\text{LiF}(\text{Cu}^{2+})$ پرتودهی با 700 Gy گری چشمه بتا

نمونه $\text{LiF}(\text{Mg,P})$ با حضور Mg محل قله منحنی گرمالیانی از 180°C به 250°C و طیف تابش نیز به طول موج‌های بالاتر منتقل می‌شود و حساسیت نور مرئی محو می‌شود [۱۰]. با این حال حساسیت نمونه $\text{LiF}(\text{Mg,P})$ به طور قابل ملاحظه‌ای از $\text{LiF}(\text{Mg,Cu})$ بیشتر است. حال با افزودن آلیاژ Cu به سیستم $\text{LiF}(\text{Mg,P})$ می‌توان مشاهده نمود که در $\text{LiF}(\text{Mg,Cu,P})$ تغییر ساختاری قابل ملاحظه‌ای در طیف تابش به وجود می‌آید و دنباله وسیع طول موج‌های بالای 500 nm حذف می‌گردند، ولی با افزودن P به سیستم $\text{LiF}(\text{Mg,Cu})$ با توجه به منحنی درخشندگی، تغییر ساختاری قابل ملاحظه‌ای در مراکز دام به وجود نمی‌آید، و مرکز بازترکیب مربوط به P و قله طول موج 380 nm همان طور که در نمونه $\text{LiF}(\text{P})$ دیده شده است [۱۰]. غالب می‌گردد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که Mg در دزیمتر $\text{LiF}(\text{Mg,Cu,P})$ در تشکیل مراکز دام نقش اصلی را دارد و Cu همراه با P در تشکیل مراکز بازترکیب نقش مشترکی دارند. بنابراین نقش کلیدی Cu در اینجا حذف دنباله طول موج‌های بالای 500 nm و حذف حساسیت به نور فرابنفش است که این دو اثر احتمالاً به طور مستقیم با هم در ارتباط هستند.

منحنی درخشندگی مربوط به $\text{LiF}(\text{Cu}^{2+})$ در مقایسه با $\text{LiF}(\text{Mg,Cu}^{2+})$ دارای یک قله در دمای 180°C است. مطابق شکل ۷، طیف تابش این ماده در طول موج‌های 380 ، 528 و 700 نانومتر قرار دارند. طول موج 425 nm که توسط مک کیور اندازه‌گیری شده است در این طیف مشاهده نمی‌شود [۱].

مسئله قابل توجه در مورد این ماده تخریب خاصیت گرمالیانی آن در دمای بالای 240°C است که از این نظر، رفتاری شبیه به $\text{LiF}(\text{Mg,Cu,P})$ از خود نشان می‌دهد. یک خصوصیت دیگر $\text{LiF}(\text{P})$ حساسیت آن نسبت به نور مرئی و فرابنفش است. $\text{LiF}(\text{Mg,P})$ به فرابنفش حساس است ولی در $\text{LiF}(\text{Mg,Cu,P})$ هیچ حساسیت نوری دیده نمی‌شود.

از مقایسه نتایج اندازه‌گیری طیف تابش $\text{LiF}(\text{Cu})$ ، $\text{LiF}(\text{Mg,Cu})$ و $\text{LiF}(\text{Mg,Cu,P})$ ، با توجه به اینکه در نمونه $\text{LiF}(\text{Cu})$ ، Cu نقش دوگانه مرکز دام و بازترکیب را دارد، می‌توان مشاهده نمود که با ورود Mg در نمونه $\text{LiF}(\text{Mg,Cu})$ قله اصلی به دماهای بالاتر (250°C) کشیده شده است و هم طول موج قله اصلی تابش از 380 nm به 405 nm منتقل شده است. در عین حال حساسیت نور مرئی نیز با افزودن Cu از بین رفته است. در نمونه $\text{LiF}(\text{P})$ نیز چنین رفتاری دیده می‌شود. در

می‌دهد، با حضور Cu در سیستم LiF(Mg,P) حساسیت به فرابنفش از بین می‌رود و در طیف تابش این ماده طول موج‌های بالای ۵۰۰ nm محو می‌شوند. بنابراین Cu در ساختار بلوری LiF(Mg,Cu,P) در تشکیل مراکز دام و مراکز بازترکیب نقش دوگانه‌ای دارد.

نتایج حاصل از تغییر ناخالصی‌ها در طیف‌های گرمالیانی - طول موج ماده LiF(Mg,Cu,P) نشان می‌دهد که نقش Mg در تشکیل مراکز دام غالب است و نقش Cu^{+2} بیشتر در تشکیل مراکز لومینسانس است. در جایی که Mg عمق مراکز دام را در LiF(Cu) با انتقال قله گرمالیانی از $200^{\circ}C$ به $250^{\circ}C$ افزایش

- Matter 7 (1995) 9925.
8. S S Shinde, B S Dhabekar, T K Gundu Rao, and B C Bhatt, *J Phys. D. Appl. Phys.* **34** (2001) 2683.
 9. Z Zha S Wang, W Shen, J Zhu, and G Cai, *Rad. Prot. Dos.* **47**, 1 (1993) 111.
 ۱۰. ف ترک‌زاده، ح عارف‌آذر، ن آقایی امیرخیزی، س س امینی، م فوگر و ن وانا، هجدهمین کنفرانس هسته‌ای ایران، یزد (۱۳۹۰).

1. S W S McKeever, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **24** (1991) 988.
2. J McKeever, F D Walker, and S W S McKeever, *Nucl. Tracks Radiat. Meas.* **21** (1993) 179.
3. S Wang, *Rad. Prot. Dos.* **47** (1993) 219.
4. K Meijvogel and A J J Bos, *Radiat. Meas.* **24**, 3 (1995) 239.
5. P Bilski, M Budzanowski, and P Olko, *Rad. Prot. Dos.* **69**, 3 (1997) 187.
6. T C Chen and T G Stoebe, *Rad. Prot. Dos.* **2**, No. 2 (1998) 101.
7. R R Patil and S V Morahil, *J. Phys. of Condens.*