بهبود روش های طیف سنجی با استفاده از فوتودیودها

هما برجیسی*، مرتضی جعفر زاده خطیبانی، مهدی حیدری، کاوه احمدی نیار

شرکت نوین طیف پرتو گستر

چکیده

هدف این تحقیق بکارگیری فتودیودها در طیف سنجی گاما است. با توجه به فتودیود های مختلف نوع مناسب آن برای طیف سنجی انتخاب شده و همچنین کریستال CsI(Tl) با هندسه مناسب برش داده شده و تا حد مطلوب پولیش داده شده است. با آماده سازی آشکارساز CsI(Tl)-PIN Photodiode طیف های آن برای چشمه های Cs- 137 و Co-60 بدست آمد. قدرت تفکیک آین آشکارساز در انرژی های 662keV و keV 1172 به ترتیب ۱۳,۹۹٪ و٦,٦٦٪ بدست آمد.

کلمات کلیدی: فتودیود،طیف سنجی،CsI(Tl) ، قدرت تفکیک

The Optimization Methods of Spectroscopy with CsI(Tl)-PIN Diode

Homa Berjisi*,Morteza Jafarzadeh kh., Mehdi Heydari, Kaveh Ahmadiniar

Novin Teyf Company Limited

Abstract

The purpose of this research is using PIN-Photodiode in Gamma spectroscopy. Due to variety type of PIN-Photodiode the selected one has appropriate response for this intention, with CsI(Tl). In the preparation process of crystal such as cutting and polishing several geometry was tested, also the proper geometry used. The resolution results for both Cs-137 and Co-60, radioactive source obtained respectively 13.99%, 6.66%.

Key words: CsI(Tl) PIN-Photodiode, Spectroscopy, resolution.

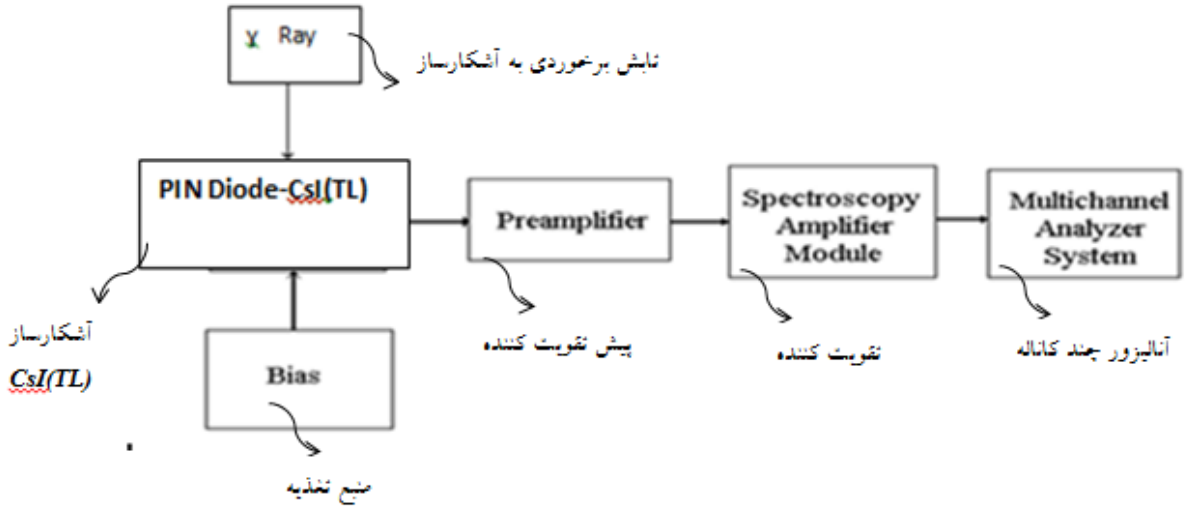
مقدمه

امروزه بکارگیری فوتودیود ها در طیف سنجی گاما، بدلیل مزیت های قابل ملاحظه آن ها گسترش یافته است. از جمله این مزیت هامی توان به ۱) عدم تأثیر میدانهای مغناطیسی روی آنها در مقایسه با PMT ۲) سایز کوچک و فشرده ۳) تطابق طیف ساطع شده از CsI(Tl) با پاسخ طیفی فتودیود ٤) پایداری ذاتی ٥) نرخ زمینه پایین آنها (ناشی از پرتو های کیهانی) ٦) ولتاژ بایاس بسیار پایین،[1] اشاره کرد. به هنگام عبور نور ناشی از سنتیلاتور از فوتودیود و تولید جفت الکترون –حفره در ناحیه[1] depletion layer ، سیگنال تولید شده از آن قابل آشکارسازی است اما در مورد اشکارسازی آلفا با توجه به برد کوتاه آن، ذره آلفا در رویه پلاستیکی فوتودیود متوقف می شوند. فتودیود ها به دو دسته کلی PIN-Photo Diode و PN-Photo Diode تقسیم بندی می شوند که نوع اول دارای ناحیه تخلیه بزرگتر به منظور جمع آوری فوتون و تبدیل آن ها به الکترون هاست. در مطالعاتی که انجام شده است، ساختار های متفاوتی ازCsI(Tl) -PIN بکارگرفته شده است. PIN-Photo Diode های متنوعی تا کنون تولید و در تحقیقات از آنها استفاده شده است BPW34یک نمونه ارزان قیمت با قابلیت دسترسی بالا است. [1] اما در مقابل دارای رزولوشن قابل قبول برای طیف سنجی نمی باشد. [4][6] بررسی پارامتر های بهینه فتودیود و کریستال مانند هندسه مناسب و ابعاد کریستال و نوع و ابعاد فوتودیود با شبیه سازی مونت کارلو در تحقیقات پیشین انجام شده است. [2] در این تحقیق سعی شده است به روش تجربی با اعمال پارامتر هایی جهت بهبود طیف سنجی گاما با استفاده از فتودیودها مور بررسی قرارگیرد که نتایج حاصل بصورت طیف های اندازه گیری شده و آنالیز شده در قسمت نتایج بررسی شده است.

روش و ابزار اندازه گیری

[1] ناحیه تخلیه

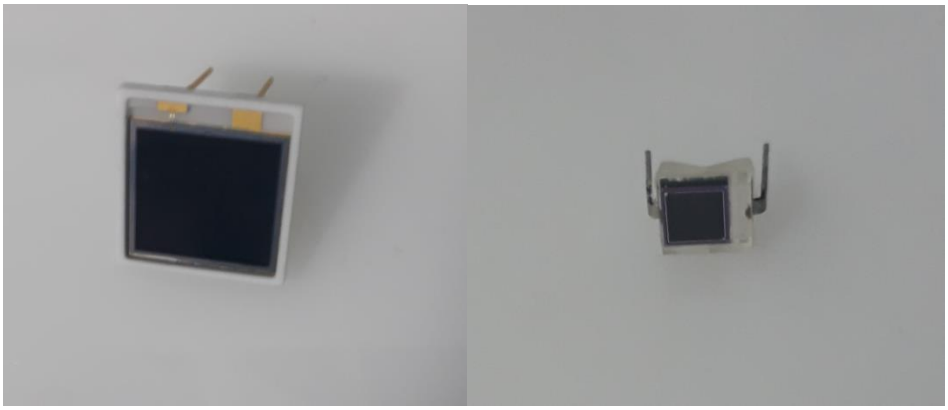
آنچه که بیشتر در این مقاله مد نظر بوده بکارگیری روش هایی برای بهبود طیف سنجی گاما با فوتودیود بوده است. [3]به این منظور از فوتودیود (Hamamatsu) ، کریستال CsI(Tl) و پیش تقویت کننده حساس به بار استفاده شده است. بدلیل کوچک بودن سیگنال خروجی و نیاز به تقویت آن سیستم پردازش با اثرپذیری نویز بسیار کم طراحی و بکار برده شده است. مدل دیگری از فوتودیود بررسی شده BPW34 می باشد.



شکل ۱- مدار طیف سنجی گاما

به منظور ساخت آشکارساز کریستال CsI(Tl) در ابعاد مختلف به شکل مکعب مستطیل برش داده شدو پولیش سطح بالایی آن به صورت مطلوب انجام شد ودر نهایت روی فوتودیود کوپل شد. این خصوصیات در شکل های ۲و۳و٤ قابل مشاهده است.

شکل ۲- هندسه کریستال CsI(Tl) که در ابعاد و هندسه های مختلف برش داده شده است.

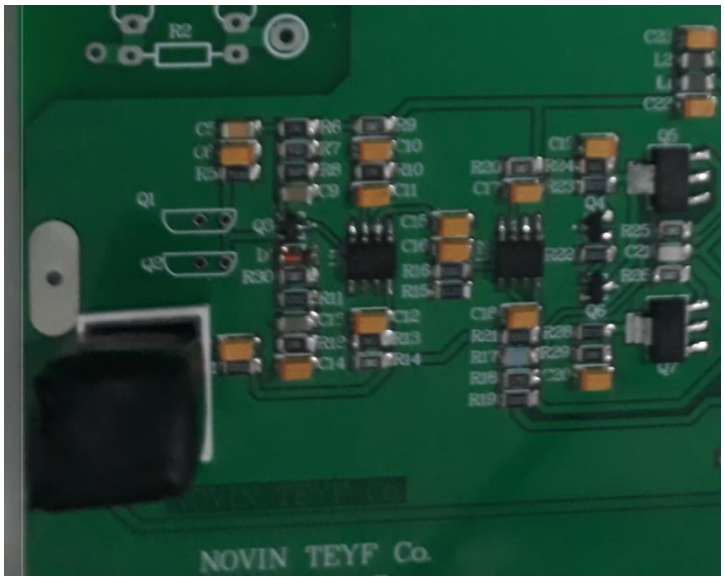


(الف) (ب)

شکل۳- دو فتودیود بررسی شده در این تحقیق الف) BPW34

ب)(Hamamatsu) مدل S3590

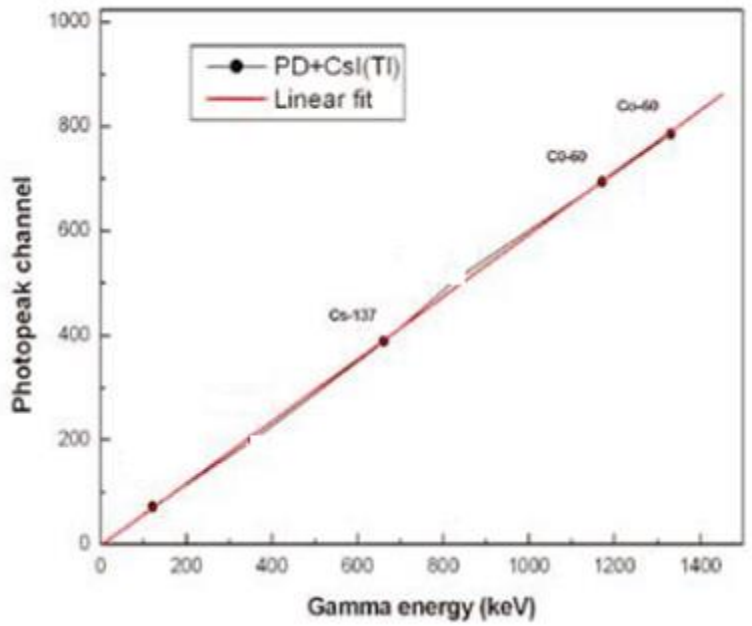
شکل٤- کوپل کریستال CsI(Tl) با ابعاد مناسب با فوتو دیود BPW34



شکل ٥- گام اول خروجی آشکارساز CsI(Tl)-PIN Diode و پیش تقویت کننده حساس به بار

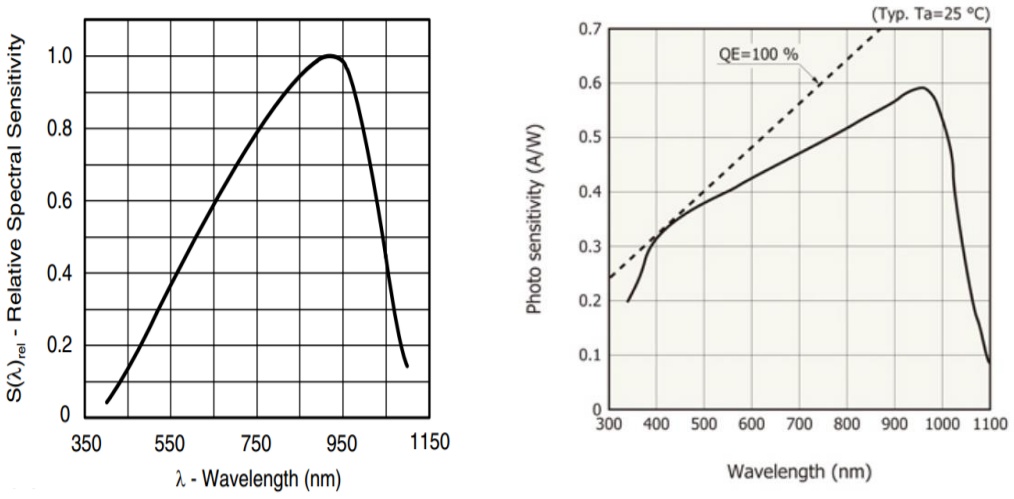
اندازه گیری انرژی تابش گاما

به منظور بررسی خطی بودن سیستم آشکارسازی از سه ایزوتوپ مختلف استفاده شده است: Cs-137، Co-60، Am-241 ، که به ترتیب دارای تابش گاما با انرژی های زیر هستند، 662keV، 1173keV و 1332keV ، 60keV . سیستم آشکارسازی که مورد استفاده قرار گرفته است شامل دستگاه های زیر می باشد. پیش تقویت کننده حساس به بار مدلNT-203-B همچنین تقویت کننده ،و آنالیزور 4000 کاناله مدل NT-124 شرکت نوین طیف پرتوگستر .پس از انجام کالیبراسیون انرژی توسط ایزوتوپ های ذکر شده منحنی انرژی برحسب کانال آنالیزور چند کاناله در شکل زیر ترسیم شده است که نمایانگر خطی بودن Gain سیستم آشکارسازی در یک رنج کامل انرژی می باشد.



شکل٦- خطی بودن پاسخ گاما به صورت تابعی از انرژی آن

یکی دیگر از پارامتر های مهم در انتخاب نوع فتودیود رنج حساسیت آن در طول موج های مختلف است. که علاوه بر بزرگ بودن رنج طول موجی ، هم پوشانی بیشینه رنج طول موجی با طول موج نور حاصل از کریستال مورد استفاده که با توجه به کاربرد خاص استفاده می شود مانند یدور سزیم،؛کادمیوم تنگستات ، سرب تنگستات و غیره باید مورد بررسی قرار گیرد.



الف ب

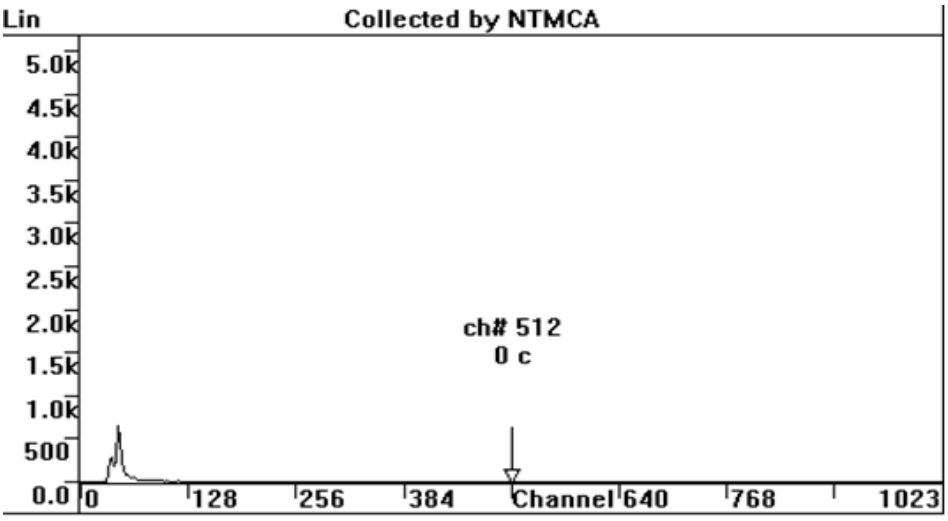
شکل ۷- [7]حساسیت فوتون در طول موج های مختلف الف- مربوط به فتودیود Hamamatsu و ب- مربوط به Bpw34

جدول ۱- مشخصات فتودیود مدل S3590 بکار برده شده در این تحقیق:

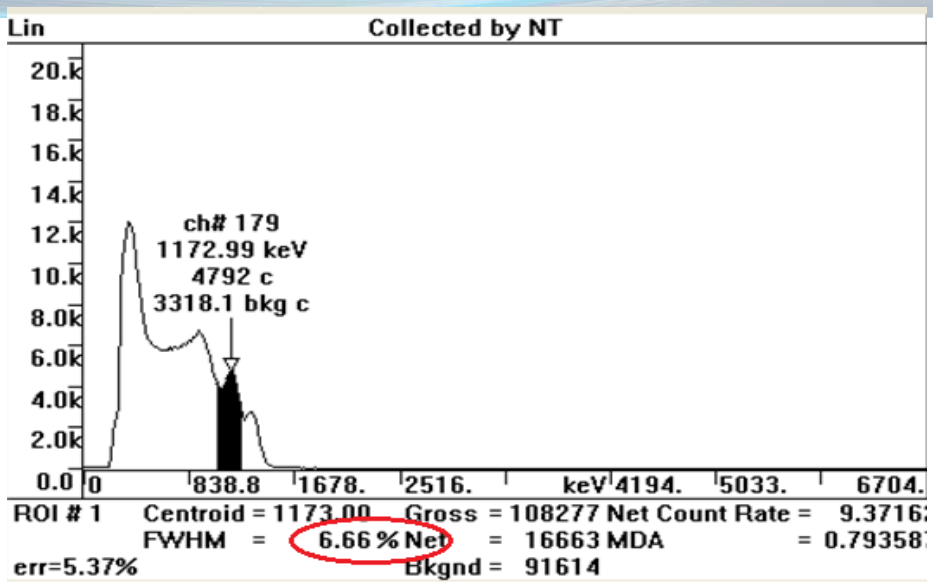
Photosensitive area	10 × 10 mm
Number of elements	1
Package	Ceramic
Reverse voltage (max.)	100 V
Spectral response range	340 to 1100 nm
Peak sensitivity wavelength (typ.)	960 nm
Photosensitivity (typ.)	0.58 A/W
Dark current (max.)	10000 pA
Cutoff frequency (typ.)	40 MHz
Terminal capacitance (typ.)	40 pF
Measurement condition	Ta=25 ℃, Typ., unless otherwise noted, Photosensitivity: λ=λp, Dark current: V_R=70 V, Cutoff frequency: V_R=70 V, T V_R=70 V, f=1 MHz

نتیجه گیری

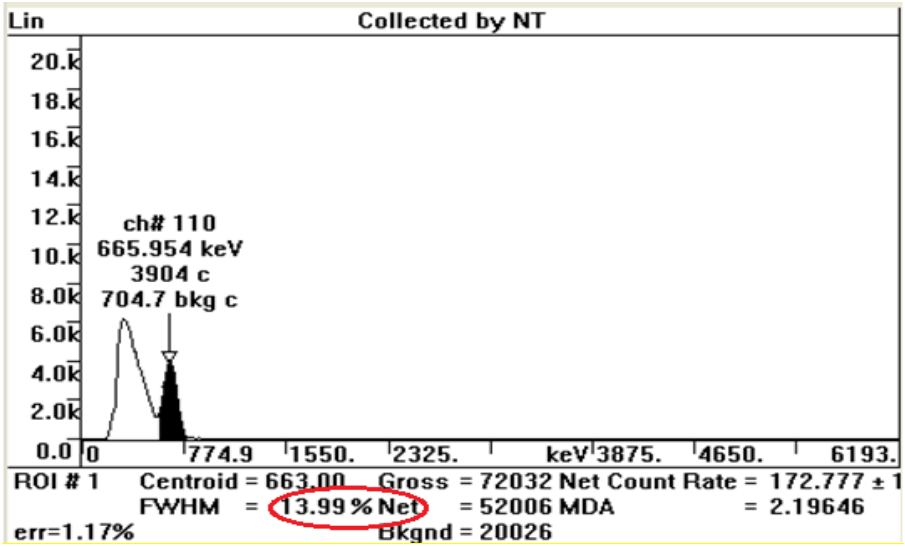
طیف سنجی گاما و آلفا توسط آشکارساز CsI(Tl)-PIN انجام شد. با اعمال فاکتورهایی به منظور بهبود طیف سنجی مانند بکارگیری هندسه مناسب (بصورت مخروط ناقص) در مقایسه با سایر هندسه ها ، نوع پولیش مناسب کریستال که به طور موثر تنها پولیش سطح بالای کریستال به منظور عبور ماکزیمم نور خروجی از کریستال مناسب بود و نوع PIN-Diode شرکت Hamamatsu ، میزان قدرت تفکیک انرژی FWHM برای چشمه Cs-137 ، 13.99٪ در انرژی 662KeV بدست آمد. همچنین رزولوشن انرژی چشمه Co-60 در انرژی 1173KeV ، ٦,٦٦٪ توسط نرم افزار آنالیز طیف محاسبه شد.



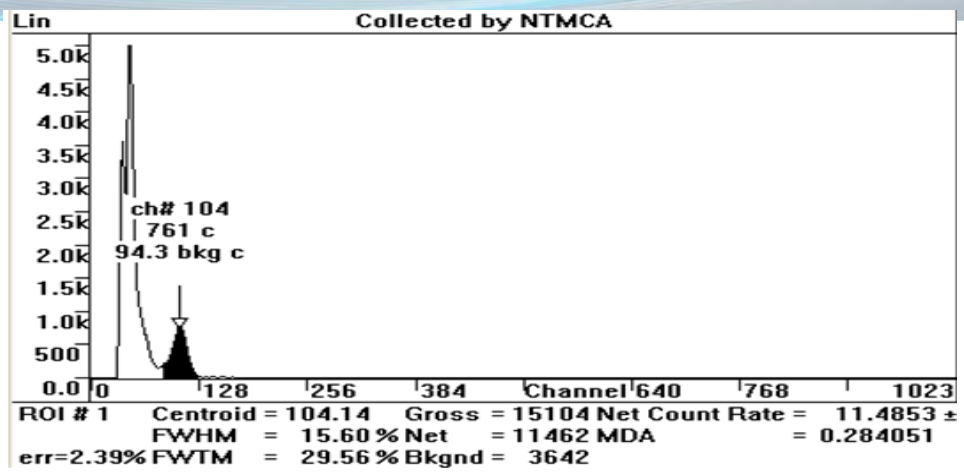
شکل8- طیف زمینه اندازه گیری شده از آشکارساز توسط آنالیزور چند کاناله ، مدت زمان جمع آوری طیف ۱۸۰۰ ثانیه



شکل 9- طیف حاصل از چشمه Co-60 و محاسبه میزان رزولوشن آن در انرژی 1173.2KeV مدت زمان جمع آوری طیف ۱۸۰۰ثانیه



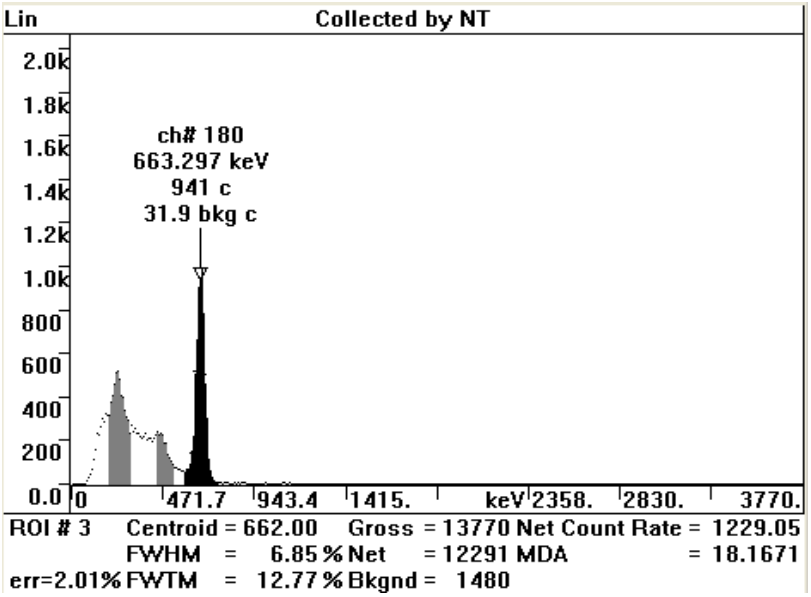
شکل 10- طیف حاصل از چشمه Cs-137 و محاسبه میزان رزولوشن آن در انرژی 662KeV مدت زمان جمع آوری طیف ۳۰۰ ثانیه



شکل 11- طیف حاصل از چشمه Am-241 توسط آشکارساز CsI(Tl)-PIN Diode

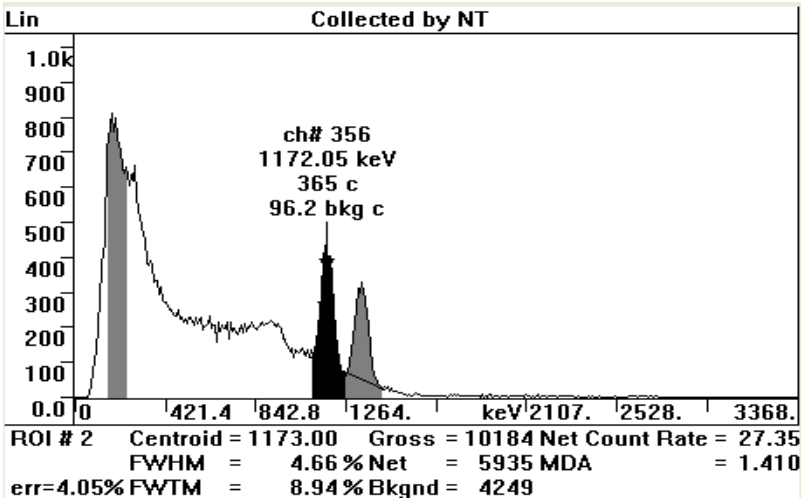
مدت زمان جمع آوری طیف ۱۰۰۰ ثانیه

لازم به ذکر است برای مقایسه نتایج اعلام شده با آشکارساز NaI(Tl) به عنوان مرجع از آشکارساز یدور سدیم به ابعاد ۲" x 2" که در شرکت نوین طیف پرتو گستر ساخته شده، استفاده شده است. همانطور که در شکل های زیر مشاهده می شود رزولوشن کریستال NaI(Tl) با PMT برای چشمه های مشابه بصورت زیر است.



شکل۱۲- طیف حاصل از چشمه Cs-137 توسط آشکارساز NaI(Tl)

مدت زمان جمع آوری طیف 200 ثانیه، FWHM=6.85%



شکل13- طیف حاصل از چشمه Co-60 توسط آشکارساز NaI(Tl)

مدت زمان جمع آوری طیف 200 ثانیه، FWHM=4.66

مراجع:

[1] Khazhmuradov M.A.Kochnev N.A. Fedorchenko D.V.(2012).PIN Photodiode For Gamma Radiation Measurment.,

[2] Brcker M. Farsoni T.Alhawsawi M. Alemayehu.(2012).Small Prototype Gamma Spectrometer Using CsI(TL) Scintillator Coupled to a Solid-State Photomultiplier.IEEE,PP4.

[3] G.Knoll, Radiation Detection and Measurment, 3red ed.Hoboken,NY:john Wiley & Sons,2000,pp.398.

[4] Moses W.W,Derenzo S.E, Melcher C.L, Manente R.A, Gamma Ray Spectroscopy and Timing Using LSO and PIN PhotoDiode, IEEE.

[5] G.Knoll, Radiation Detection and Measurment, 3red ed.Hoboken,NY:john Wiley & Sons,2000,pp.235

[6] A Synfeld-Kazuch,et.al.,"Non-Proportionality and Energy Resolution of CsI(TL),IEEE Trans.Nuc.Sci.,vol.54,no.5,Oct.2007,pp.1836-1841

[7] BPW34. Datasheet, Compare to model S3590