Mikropikselli Selvari Fotogücləndiricilərin temperaturdan asılılığının aradan qaldırılması və MSFD əsaslı detektorların hazırlanması

## Nuruyev S.M.

Radiasiya Problemləri İnstitutu, AMEA, Bakı, Azərbaycan Birləşmiş Nüvə Tədiqatları İnstitutu, Dubna, Rusiya Federasiyası

sebuhinuruyev@gmail.com

## Mündəricat

✓ Silisium əsaslı fotogücləndiricilər (SiPM).

 Mikropikselli selvari fotogücləndiricilərin (MSFD) temperaturdan asılılığının aradan qaldırılması.

 Mikropikselli selvari fotogücləndiricilər əsasında detektorların hazırlanması.

## Silisium əsaslı fotogücləndiricilərin (SiPM)

FEU	SiPM
Yüksək gücləndirmə əmsalı	Yüksək gücləndirmə əmsalı
Vakkum boru	Silisium
Yüksək gərginlik (~ 1000V)	Aşağı gərginlik (~30-90 V)
Böyük ölçülər, baha qiymət	Kompaktlıq, ucuz qiymət
Maqnit sahəsinə həssaslıq	Maqnit sahəsinə həssas olmaması





## Daxili gücləndirmə əmsalının gərginlikdən asılılığı



#### Müxtəlif temperaturlarda gərginliyin daxili gücləndirmə əmsalından asılılığı





MAPD-3NK fotogücləndiricisi üçün fərqli temperaturlarda daxili gücləndirmə əmsalının gərginlikdən asılılığı

MAPD-3NK fotogücləndiricisi üçün fərqli temperaturlarda daxili gücləndirmə əmsalının gərginlikdən asılılığı



#### Temperaturdan asılı olaraq deşilmə gərginliyinin dəyişməsi



Temperature (<sup>0</sup>C) MAPD-3NK fotogücləndiricisi üçün temperaturdan asılı olaraq deşilmə gərginliyinin dəyişməsi



MAPD-3NM fotogücləndiricisi üçün temperaturdan asılı olaraq deşilmə gərginliyinin dəyişməsi



MAPD-Bee(W) fotogücləndiricisi üçün temperaturdan asılı olaraq deşilmə gərginliyinin dəyişməsi

#### Fərqli istehsalçılara məxsus SiPM-lərin parametrləri

	MAPD -3NK	MAPD - 3NM	MAPD - W
Deşilmə gərginliyinin temperaturdan asılılığı, mV/V	70	50	43
Ölçüsü ,mm <sup>2</sup>	3.7x3.7	3.7x3.7	3.7x3.7
FQE (PDE), % (420-550 nm )	~25	~28	~35
Daxili gücləndirmə əmsalı -10 <sup>4</sup>	5	8	5
İşləmə gərginliyi	~90	~70	~50

## NİCA

Yarımkeçiriciəsaslıfotogücləndiricilər(SiPM)"COMPASS"(CERN)kalorimetrindəistifadəedilmişdir.



Hazırda NİCA proektində iştirak edirik. NİCA proektində 60000-ə yaxın SiPM istifadəsi nəzərdə tutulur



#### Detektorların hazırlanmasında ən geniş istifadə olunan ssintilyatorlar



Material	NaI(Tl)	LFS-3	LFS-8	LiI(Eu)
Density(g/cm3)	3.67	3.35	3.4	4,08
Light output (%)	100	85	82	84
Decay time, (ns)	235	30	19	1400
Peak emis, (nm)	410	425	422	470
			Į.	
source	-> Pream	olifier→	CAEN Digitize	r
Dark Box	HV sou DT55	urce 33		

#### SiPM və LFS-8 ssintilyatoru əsasında hazırlanmış qamma detektor.

#### LFS-8 ssintilyatoru (3 x 3 x 0.5 mm) istifadə etməklə qamma mənbələrdən çəkilmiş spektrlər.



#### SiPM və LFS-8 ssintilyatoru əsasında hazırlanmış qamma detektorlar



Zərrəciyin enerjisinin enerji ayırdetmə qiymətindən asılılıq qrafiki



## Rəqəmsal çeviricinin kanalının zərrəciyin enerjisindən asılılıq qrafiki.

#### MSFD matrisa (2x2) və YSO ssintilyatoru əsasında hazırlanmış qamma detektorun enerji spektri



<sup>137</sup>Cs və <sup>207</sup>Bi qamma mənbələrinin enerji spektri

### MSFD matrisa (2x2) və LYSO ssintilyatoru əsasında hazırlanmış qamma detektorun enerji spektri



<sup>137</sup>Cs və <sup>207</sup>Bi qamma mənbələrinin enerji spekri

#### MSFD matrisa (2x2) və BGO ssintilyatoru əsasında hazırlanmış qamma detektorun enerji spektri



<sup>137</sup>Cs və <sup>207</sup>Bi qamma mənbələrinin enerji spektri

# MSFD əsaslı detektorun qamma şüaları ilə enerji spektrinin xəttiliyinin yoxlanması.



asılılıq qrafiki

Rəqəmsal çeviricinin kanalının zərrəciyin enerjisindən asılılıq qrafiki

#### MSFD və stilben ssintilyatoru əsasında sürətli neytron detektoru.



PSD metodu ilə Neytron zərrəciklə Qamma şüanın ayrılması üsulu

Qrafiklərdə oordinat oxunda tam inteqral qiyməti, absis oxunda isə uzun inteqralın qiymətinin tam inteqrallamanın qiymətinə nisbəti göstərilmişdir. Alınan nəticələrdən qamma kvant və neytron zərrəciyindən alınan sinqnal asanlıqla ayrılır. Stilben ssintilyatorundan istifadə etməklə sürətli neytron detektoru hazırlanmışdır. Qamma kvantdan alınan siqnalın forması, neytron zərəciyindən alınan siqnalın formasından fərqlənir.



### MSFD və Liİ(Eu) ssintilyatoru əsasında isti neytron detektoru.

Neytron və qamma detektor 2x2 MSFD və LiI(Eu) ssintilyatoru əsasında hazırlanmışdır. Neytronun qeydiyyatı ssintilyatorda Li və neytron arasındakı reaksiya hesabına baş verir. Reaksiyadan Helium və Hidrogen yaranır.

#### <sub>3</sub><sup>6</sup>Li+<sub>0</sub><sup>1</sup>n-><sub>2</sub><sup>4</sup>He+<sub>1</sub><sup>3</sup>H+Q



İsti neytron (PuBe+parafin) və Ti<sup>44</sup> qamma mənbələrindən alınan spektri

#### AD nöqtəsinə zərrəcik düşməsi halı üçün test təcrübəsi







Detektorun test edildiyi nöqtələr



AD nöqtəsində qarşılıqlı təsir zamanı, bütün detektorlardan eyni zamanda qeyd edilmiş siqnal spektrləri

# Diqqətinizə görə minnətdaram!











Зависимост внутренного усиления от напряжения



Зависимости эффективност регистрация фотона от длиноволна света для МЛФД из компания SENSL

# Зависимость эффективность регистрация фотонов от диаметр пикселей



#### МЛФД, работающие при напряжениях выше напряжения пробоя- в режиме Гейгера (ГЛФД)

Технология Hamamatsu, SENSL непозволяет изготавливать МЛФД с высокой плотностью ячеек высоким PDE (при 10 тыс. ячеек/кв.мм PDE<15%). Однако их технология позволяет получать очень быстрые времена восстановления ячейки.

Технология Zecotek позволяет изготавливать МЛФД с высокой плотностью ячеек (до 40 тыс. ячеек/кв.мм) и свысоким PDE(>20%). Однако МЛФД Zecotek имеют медлееные времена восстановления ячейки (95% восстанавливается за~1мксек). В этой технологии функцию гасящего индивидуального резистора выполняет искуственные потенциальные ямы

