მიკროსტრუქტურული გაზური კამერები და მათი გამოყენება ატლას ექსპერიმენტში მიკრომეგას დეტექტორის მაგალითზე

<u>ალექსი ღონღაძე</u>

ე.ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტი, დუბნა ირმა ღონღამე

ბირთვული კვლევების გაერთიანებული ინსტიტუტი, დუბნა

<u>ელემენტარული ნაწილაკების რეგისტრაციის საერთო/ზოგადი პრინციპი:</u>

დეტექტორების ნეიტრალურ გარემოში (გაზური, თხევადი, მყარი - ამორფული ან კრისტალური) მომრავი დამუხტული ნაწილაკი იწვევს გარემოს იონიზაციას, მისი ატომების აღგზნებას და პოლარიზაციას.

ამრიგად, ნაწილაკის მოძრაობის გზაზე ჩნდება თავისუფალი მუხტები (ელექტრონები და იონები), აღგზნებული და პოლარიზებული ატომები.

ნეიტრალური უშუალოდ ნაწილაკები არ იწვევენ იონიზაციას → დაფიქსირება შესაძლებელია გარემოს ატომების ბირთვებთან ურთიერთქმედებით დაბადებული მეორადი დამუხტული ნაწილაკების ხარჯზე. <u>ელემენტარული ნაწილაკების რეგისტრაციის საერთო/ზოგადი პრინციპი:</u>

დეტექტორების ნეიტრალურ გარემოში (გაზური, თხევადი, მყარი - ამორფული ან კრისტალური) მოძრავი დამუხტული ნაწილაკი იწვევს გარემოს იონიზაციას, მისი ატომების აღგზნებას და პოლარიზაციას.

ამრიგად, ნაწილაკის მოძრაობის გზაზე ჩნდება თავისუფალი მუხტები (ელექტრონები და იონები), აღგზნებული და პოლარიზებული ატომები.

ნეიტრალური უშუალოდ ნაწილაკები არ იწვევენ იონიზაციას → დაფიქსირება შესაძლებელია გარემოს ატომების ბირთვებთან ურთიერთქმედებით დაბადებული მეორადი დამუხტული ნაწილაკების ხარჯზე.

იმ შემთხვევაში, თუ დეტექტორს მოვათავსებთ ელექტრულ ველში, მაშინ აღიძვრება დენი რომელიც ფიქსირედება მოკლე ელექტრული იმპულსის სახით.



ელემენტარული ნაწილაკე<mark>ბის დეტექტორები</mark>

ტრეკული დეტექტორები

კალორიმეტრები



პრინციპში, ნახევარგამტარული დეტექტორები ყველაზე მიმზიდველია: დიდი მგრძნობიარობა, კომპაქტურობა, სტაბილურობა, უგრძნობი მაგნიტური ველებისადმი . მოიხმარენ დაბალ სიმძლავრეს, აქვთ დაბალი ხმაურის დონე. პრაქტიკული შეზღუდვები: მათი ზომა, მასალის ჰომოგენურობა, მაღალი ღირებულება

გაზური დეტექტორები ნახევარგამტა <mark>რული დეტექტორები</mark>			ტორები	
დეტექტორის გარემო	ρ _λ /სმ3	ΔΕ / წყვილი	# წყვილი/მმ	
გაზი (Ar)	10 ⁻³	30 ევ	3(9)	
თხევადი გაზი (LAr)	1,4	24 ევ	10 ³	კალორიმეტრია
ნ/გ (Si)	2.3	3.6 ევ	10 ⁵	

დღესდღეობით ერთადერთი გაზა დიდი მოცულობების ექსპერიმენტალური დანადგარების აღსაჭურვად გაზური დეტექტორების გამოყენებაა!!!



<u>მაგალითი: ატლასის მიონური სპექტრომეტრი</u>

Parameter	Barrel	Endcap	Total
Number of chambers	656	494	1150
Number of tubes	191 904	162 816	354 720
Total wire or tube length (km)	620	462	1082
Chamber area (m^2)	3122	2399	5521
Pseudorapidity coverage	0-1	1 - 2.7	0 - 2.7
Chamber weight (t)	135	86	214
Gas volume (m^3)	414	310	724

<u>გაზური კამერების მცირე ისტორიული ექსკურსი</u>

1911 წ. - ვილსონის ანუ ღრუბლოვანი კამერა (Cloud chamber, T.R. Wilson), ნობელის პრემია 1927 წ. (გადაცივებული ორთქლი - წყლის კონდესაცია იონების გარშემო) 1914 - გეიგერის მთვლელი 1928 - გეიგერ-მიულერის მილი (ინერტული გაზი, ანოდის მავთული - ნაპერწკლური განმუხტვა) 1930-ები - ბირთვული ემულსია (M.Blau) (ნაწილაკის მუხტი ინიცირებს ქიმიურ რეაქციას, რომელიც იწვევს ემულსიის გამუქებას) 1952 - ბუშტოვანი კამერა (Bubble chamber, D.Glaser), ნპ 1960 წ. (გადახურებული სითხე - გაზის ბუშტების წარმოქმნა იონების გარშემო) 1960-ები - ნაპერწკლოვანი კამერა (Spark chamber)

<u>გაზური კამერების მცირე ისტორიული ექსკურსი</u>

1911 წ. - ვილსონის ანუ ღრუბლოვანი კამერა (Cloud chamber, T.R. Wilson), ნობელის პრემია 1927 წ. (გადაცივებული ორთქლი - წყლის კონდესაცია იონების გარშემო) 1914 - გეიგერის მთვლელი 1928 - გეიჯერ-მიულერის მილი (ინერტული გაზი, ანოდის მავთული - ნაპერწკლური განმუხტვა) 1930-ები - ბირთვული ემულსია (M.Blau) (ნაწილაკის მუხტი ინიცირებს ქიმიურ რეაქციას, რომელიც იწვევს ემულსიის გამუქებას) 1952 - ბუშტოვანი კამერა (Bubble chamber, D.Glaser), ნპ 1960 წ. (გადახურებული სითხე - გაზის ბუშტების წარმოქმნა იონების გარშემო) 1960-ები - ნაპერწკლოვანი კამერა (Spark chamber)

"ფოტოფირული" კამერები

<u>გაზური კამერების მცირე ისტორიული ექსკურსი</u>

1968 წ. - მრავალ მავთულოვანი პროპორციული კამერა, (MWPC, G.Charpak), ნობელის პრემია 1992 წ. 1970-ები - დრეიფული კამერა

1986 - მიკროზოლოვანი გაზური კამერა (MSGC, A.Oed) - პირველი მიკროსტრუქტურული გაზური კამერა! 1996 - გაზური ელექტრონული გამამრავლებელი (GEM, F.Sauli) 1996 - მიკრობადური გაზური მოწყობილობა (Micromegas, I.Giomataris)

MSGC



მზადდება მაღალი წინაღობის მქონე საფენზე (10⁹ – 10¹⁶ ომიxსმ) ფოტოლიტოგრაფიული მეთოდით.

ზოლების (ანოდი, კათოდი) ბიჯი - 100-1000 მკმ ანოდის სიგანე - 2-10 მკმ ზოლებს შორის მანძილი - 50-100 მკმ

გაზური გაძლიერება - 10⁴ (Ar) თვლის სიჩქარე - 10⁶ ჰერცი/მმ²

ფუნდამენტალური შეზღუდვები: დაბერება და ელექტრული განმუხტვა



GEM

 10^{6}

10⁵

10⁴

 10^{3}

 10^{2}

300

EFFECTIVE GAIN

 $Ar-CO_2 70-30$ E_=2 kV/cm

E_=E_= 3.5 kv/cm

TGEM

350





შედგება 2 მეტალის პერფორირებული ფენისაგან (5 მკმ სპილენძის კილიტა), რომლებიც გაყოფილია 50 მკმ იზოლაციური კაპტონის ფენით გაზური გაძლიერება - 10³ -მდე (ერთ საფეხურიანი GEM) - 10⁵

თვლის სიჩქარე - 10⁵ ჰერცი/მმ² ენერგიის გარჩევადობა - 18% FWHM 5,9 კევ-ზე (⁵⁵Fe) სივრცული გარჩევადობა - 50 მკმ

400

DGEM

450

SGEM

500

V_{GEM}(V)

gain-only-vgem

10

10-2

10-3

104

10-5

550

MICROMEGAS



G.Charpak, I.Giomataris et al., NIM-A 376(1996) 29



"Micromegas" (MICRO-MEsh GAseous Structure)

- პლანარული გეომეტრია
- მარტივი კომპონენტები: კათოდი, ამოკითხვის
 საბეჭდი დაფა, ბადე
- იაფი
- დიდი ფართობის დეტექტორების შექმნის შესაძლებლობა
- ინდუსტრიალიზაცია (სტანდარტული ფოტოლიტოგრაფია)



Electroformed





Woven



Deposited by vaporization

Chemically etched

ed

<u>"მიკრომეგასის" მუშაობის პრინციპი</u>

ვიწრო გაძლიერების/ზვავური გამრავლების არე (50-128 მკმ):

- ანოდზე მოსული ზვავის განივკვეთი მცირეა 📫 მაღალი სივრცული გარჩევადობა (12 მკმ)
- ელექტრონებისა და იონების სწრაფი შეკრება (1 ნწმ და 30-100 ნწმ)
- მცირე სივრცული მუხტი 📫 მაღალი თვლის სიჩქარე (სტაბილური მუშაობა

პროტონების კონაში 2x10⁹ Hz/mm²)

- ერთგვაროვანი გამლიერეზის მაღალი ველი 📫 მაღალი გამლიერეზის კოეფიციენტი (>10⁵)
- E_A/E_d>>10 📩 ბადის ~100% ელექტრონული გამჭირვალობა
- ენერგიის გარჩევის მაღალი უნარიანობა (11% FWHM 5,9 კევ ⁵⁵Fe და 1,8% 5,5 მევ ²⁴¹Am)

"მიკრომეგასის" მუშაობის პრინციპი

Gain curves for argon mixtures





Bulk MM



Microbulk MM



InGrid



+ Piggyback, Floating Strip Micromegas, ...



Bulk MM







PCB

+ფოტონიღაბი

ფოტორეზისტიული ფირით ლამინირება
 DuPont Pyralux PC1000 (25, 38, 51 და 64 მკმ)





13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღაძე, ი.ღონღაძე

"მიკრომეგასის" ტიპები:

Bulk MM

3)-4) ჩარჩოზე დამაგრებული ბადის დადება და კიდევ ერთხელ ლამინირება ბადის შესაკავებლად



<u>"მიკრომეგასის" ტიპები:</u>

Bulk MM

5) მიღებულ სტრუქტურაზე იდება ფოტონიღაბი და ხდება ულტრაიისფრით დასხივება









Bulk MM

6) ქიმიური მოწამვლა 1% ნატრიუმის კარბონატის ხსნარით (E500 კვების მრეწველობაში).







"მიკრომეგასის" ტიპები:

Bulk MM

7) დეიონიზირებული წყლით გარეცხვა და გაშრობა საშრობ კარადაში (4 საათი 140°C).





Bulk MM

🗸 დამზადების სიმარტივე და სიიაფე

🗸 დიდი ფართობის მქონე დეტექტორების შექმნის საშუალება

🗸 მცირე ტევადობა და შესაბამისად მცირე ხმაური

✓ კარგი გაზური გაⴋლიერება (2 × 10⁴ Ar +5% iC₄H₁₀)

✓ მისაღები ენერგიის გარჩევადობა (18% FWHM 5,9 კ.ე.ვ. ⁵⁵Fe)

სიგნალის მატების დიდი დრო (60 წწმ 75 მკმ და 150 წწმ 150 მკმ გაძლიერების არეებისათვის/ღრეჩოებისთვის)
 ჯარემოს წნევისადმი მაღალი მგრძნობიარობა

<mark>"ატლასის" განახლება - "ახალი მცირე ბორბლები"</mark> დაკ-ის განათებულობის გაზრდის გეგმა



13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღაძე, ი.ღონღაძე

<mark>"ატლასის" განახლება - "ახალი მცირე ბორბლები"</mark> მცირე ბორბლების შეცვლის მიზეზები

- MDT-ს მახასიათებლების დეგრადაცია
- ყალბი ტრიგერების დიდი რაოდენობა (90% 2012-ის მონაცემებში)













- ⇒ >2M მონაცემთა ამოკითხვის არხი

ყოველი მმ-ის სოლი შედგება ერთმანეთისგან 10 სმ დაშორებულ 2 მულტიშრეში (კვადრუპლეტი) განლაგებულ 8 აქტიური ფენისაგან.

- დამატებითი ტრიგერის შესაძლებლობა
- 450 მკმ ბიჯი ძალიან კარგი სივრცული გარჩევადობა ტრეკის კუთხის მიუხედავად (100 მკმ), ტრეკის დაცალკევების შესანიშნავი შესაძლებლობის უნარი
- 2) მმ როგორც მთავარი კოორდინატული კამერები:
- კარგი სივრცული გარჩევადობა. წვლილი ტრეკის ოფლაინ აღდგენაში.

<u>კოლაბორაციის 2012 წლის გადაწყვეტილება:</u>

- ტრეკის კუთხური გარჩევადობა < 1 mrad
- გარეთა ფენა → დიდი მკლავი
- 1) sTGC როგორც მთავარი ტრიგერული კამერები:
- "მბ"-ის "ამბ"-ით შეცვლა. "ამბ" გაწყობა sTGC &მიკრომეგას კამერებით

<u>"ატლასის" განახლება - "ახალი მცირე ბორბლები"</u>

<mark>"ატლასის" განახლება - "ახალი მცირე ბორბლები"</mark> "ამბ" -ს სპეციფიკაცია და მოთხოვნები

თავსებადობა არსებული კოორდინატული დეტეტორებისა და endcap-ის ელაიმენტის სისტემებთან → პრეციზიული კოორდინატების (სტრიპების) პარალელულობა EM და EO სადგურების დრეიფულ მილებთან 2 mrad ფარგლებში → ისეთივე სეგმენტაცია 16 სექტორად, როგორც არსებული "მბ"

- მომენტის გარჩევადობა:
- ცალკეული სიბრტყის გარჩევადობა :
- ტრეკის სეგმენტის რეკონსტრუცია:
- ტრეკის სეგმენტის ეფექტურობა :
- კუთხური გარჩევადობა ონლაინში (ტრიგ.):
- მე-2 კოორდინატის სივრცული გარჩევადობა : ~სმ, სტერეო სტრი
- დატვირთვა:
- აკუმულირებული მუხტი :

100 მკმ, ტრეკის კუთხის მიუხედავად 50 მკმ >= 97% @ p_t > 10 GeV <= 1 mrad ~სმ, სტერეო სტრიპებიდან 15 kHz/cm² 1 C/cm² (3000 fb⁻¹ დეგრადაციის გარეშე)

უკეთესი ვიდრე 15 % p_t = 1 TeV

<u>"ატლასის" განახლება - "ახალი მცირე ბორბლები"</u>

განლაგება

IP მხარე: მცირე სექტორები, გადაფარვის არე r = 90 სმ-დან 445 სმ-მდე

IP საწ.მხარე: დიდი სექტორები, გადაფარვის არე r = 92 სმ-დან 465 სმ-მდე

გადაფარვა დიდ და მცირე სექტორებს შორის





They.

- მექანიკური სიზუსტე: 40 მკმ
- 2 შრე სტერეო სტრიპები (\pm 1.5°)
- 2 შრე ეტა სტრიპები
- კვადრუპლეტისთვის:
- HV (რეზისტიული სტრიპები): 550 ვ (ბადე GND)
- რეზისტიული სტრიპები: 20-30 მომი/სმ
- დრეიფული ველი: 600 ვ/სმ სტრიპების ბიჯი: 0,425-0,445 მმ
- გამლიერების ველი: 40 კვ/სმ
- იონიზაციის/დრეიფული არე: 5 მმ
- გამლიერების არე: 128 მკმ,
- სამუშაო გაზი: Ar:CO, (93:7)



<u>,ატლასის" განახლება - "ახალი მცირე ბორბლები"</u>

მმ-ის მახასიათებლები და სამუშაო პარამეტრები





<u>"ატლასის" განახლება - "ახალი მცირე ბორბლები"</u>

ბკგი-ის ვალდებულება





JINR, Dubna:

- ყველა 64 RO მოდულის დამზადება და ტესტირება

ყველა 32 კვადრუპლეტის
 აწყობა და ტესტირება

AUTh, Thessaloniki :

ყველა 96 დრეიფული მოდულის დამზადება და ტესტირება

13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღაძე, ი.ღონღაძე

რეკორდული ზომები მიკროსტრუკტურულ გაზურ დეტეკტორებს შორის (მაგ. GEM-ის მაქსიმალური ზომა 100x70 სმ)



<u>წარმოების ზოგიერთი ეტაპები დუბნაში</u>







13/0-1/2010, 100030, 0.20002000, 0.20002000



<u>წარმოების ზოგიერთი ეტაპები დუბნაში</u>









13/04/201

<u>წარმოების ზოგიერთი ეტაპები დუბნაში</u>





დიდი მადლობა!!!

13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღაძე, ი.ღონღაძე



Extra Slides

13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღაძე, ი.ღონღაძე



Microbulk MM







Microbulk MM

 ✓ გაძლიერების ღრეჩოს მაღალი ერთგვაროვნება. ამის გამო MPGD დეტექტორებს შორის ენერგიის რეკორდული გარჩევადობა (11% FWHM 5,9 კ.ე.ვ. ⁵⁵Fe და 1,8% 5,5 მ.ე.ვ ²⁴¹Am Ar +5% iC₄H₁₀)
 ✓ მასალების მცირე რაოდენობა

🗸 ხანგამძლე სტაბილურობა

შედარებით მაღალი ტევადობა და შესაბამისად მეტი ხმაური
 სიმყიფე
 გამნელებული ტექნიკური მომსახურება

<u>"მიკრომეგასის" ტიპები</u>

InGrid



1. 0.2 µm Si wafer oxidation

2. 0.2 µm anode patterning



საფენის დაჟანგვა

ანოდის დალექვა და სტრუქტურირება

ნეგატიური ფოტორეზისტის დალექვა და დასხივება

ბადის მასალის (ალუმინი) დალექვა და სტრუქტურირება

ფოტორეზისტის მოცილება



✔ ცალმაგი ელექტრონების მაღალი მგრმნობიარობა

✔ ნაწილაკის ტრეკის აღდგენის მაღალი ეფექტურობა (მაღალი სივრცული და კუთხური გარჩევადობა)

🗸 ენერგიის მაღალი გარჩევადობა

✓ მალიან მაღალი რადიაციული მედეგობა შეთავაზებულია "ატლასის" კოორდინატული დეტექტორების მოდერნიზაციისათვის სუპერ-დაკ-ზე!

🗸 სიძვირე

🗸 სიმყიფე

🗸 დიდი ფართობის დეტექტორების შექმნის შეუძლებლობა

 ✓ განმუხტვის დამანგრეველი შედეგები (კაჟბადის ნიტრიტის Si₃N₄ თხელი ფენა Timepix ASIC-ზე?!)

"მიკრომეგასის" ტიპები



Piggyback

იდეა: მმ-ის მადეტექტირებელი (გაზური მოცულობა) და წამკითხავი ნაწილების ერთმანეთისგან დაცილება ანუ სიგნალის გადაცემა ტევადობითი კავშირით





ენერგიის გარჩევადობა 21% FWHM 5,9 კ.ე.ვ. ⁵⁵Fe Bulk-თან შედარებით მცირე გაზური გამლიერება

<u>პირველი Piggyback:</u>

300 მკმ სისქის თიხამიწა (ალუმინის ჟანგი), რეზისტიული შრე - რუტენიუმის ოქსიდი (RuO2)

<u>"მიკრომეგასის" ტიპები</u>

Piggyback

- 🗸 დეტექტორის გაზური მოცულობისა და წამკითხავი ნაწილების ერთმანეთისგან დაცილება
- 🗸 ელექტრონიკის გამოცვლის შესაძლებლობა დეტექტორის გამორთვის გარეშე
- 🗸 ელექტრონიკის დაცვა გარღვევისგან
- 🗸 შესანიშნავი დეგაზაციის თვისებები 🥘 დეტექტორის ჰერმეტიზაციის შესაძლებლობა
 - 🗸 სიმყიფე
 - 🗸 დიდი ფართობის დეტექტორების შექმნის შეუძლებლობა (?!)
 - 🗸 ენერგიის შედარებით დაბალი გარჩევადობა
 - 🗸 შედარებით დაბალი სივრცული გარჩევადობა







Current and voltage of standard and resistive MM in the neutron and pion beam

13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღამე, ი.ღონღამე

<u>მიკრომეგასის გამოყენების მაგალითი</u>

The FORFIRE Micromegas detector

Approved by FP7 June 2009 Grant agreement for: Project FP7–SME–2008–1

Project full title: System for highly reliable, cost effective, early detection and accurate localization of incipient forest fires

→ The objective of the ForFire project is the development of an outdoor fire detection system by using an innovative solar blind camera based on the technology of photosensitive gas and solid state detectors

F. Druillole, I. Giomataris, A. Gongadze, A. Peyaud, P. Magnier, J.P. Mols, E. Monmarthe, M. Mur, T. Papaevangelou - Irfu, CEA Saclay

in collaboration with

A. Angelopoulos, C. Chelmis, V. Costopoulos, I. Kantemiris - Dept. of Physics, University of Athens, Greece

F. Quinlan, P. Pavlopoulos - Heron Technologies, Orleans, France

A. Abril, M. Chica - ITAV, Spain



The ForFire photodetector

A. Poysad Y. A. Angelopoulos ¹, C. Chelmon ¹, V. Dosopoulos ¹, M. Chena ¹, I. Zornataria ¹, A. Congadora ¹, T. Herbert ¹, L. Dantendriki ¹, S. Dirch ¹, J.N. Molo ¹, T. Popaevangelon ¹, B. Pottopoulos ¹, E. Quintari ¹, Potto 200, D. Pottopoulos ¹, B. Chena ¹, Pottopoulos ¹, M. Marco ¹, M. Sana ¹, M. Ander ¹, M. William ¹, M. Sana ¹, M.

Systems of Notification

- Watch towers (medium area)
 - ✓ Fast response
 - Less false alarms
 - Reliability (human, visibility...)
 - ✗ Human resources
 - ✗ Expensive!
- Satellites (large area)
 - ✓ Very large area
 - × Resolution
 - ✗ Response time
 - × Clouds
 - ★ Very expensive!
- Aircraft patrols (medium area)
 - ✓ Fast response
 - ✓ Low false alarm rate
- 13/04/2018, ჟეთქვა, ა.ღონღაძე, ი.ღონღაძე

- Video surveillance (medium area)
 - ✓ Fast response (min)
 - ✓ Good resolution (smoke 10x10 m² @ 10 km)
 - ✗ False alarms
 - Strong winds
- IR detectors (small area)
 - ✓ Fast response
 - ✓ Good resolution for small distances
 - ✓ Insensitive to fog & dust
 - ✗ False alarms
 - × Expensive for the area covered
- FORFIRE (medium area)
 - ✓ Very cheep
 - ✓ Low false alarm rate
 - ✓ Low power consumption
 - × Direct vision required

What exist out there?

There are commercial UV detectors of flame, but their sensitivity is insufficient for forest fire detection

EU standard:

The highest sensitivity Class 1: ~ 30 x 30 x 30 cm3 flame at ~20m for 20sec - Hamamatsu UVtron

Dräger Flame 5000

Gasoline Fire surface of 0.1 m² at 44 m

Simtronics MultiFlame DM-TV6-V Dual UV-IR









The basic idea of the UV sensitive detectors of flames





Ozone layer in upper atmosphere blocks the sun radiation in the range 185-260 nm, however on the ground level the atmosphere is transparent in this spectral interval

So a UV detector, sensitive only in the interval 185-260nm is able to detect a UV radiation from the flame, but at the same time is insensitive to the Sun radiation

13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღაძე, ი.ღონღაძე

A Micromegas for UV is attractive:

High electron amplification possible (10⁶)

- Good signal to noise ratio
- → High sensitivity, reaching "single photon detection" level.
- * Very low power consumption (<< mW)</pre>
- Intrinsically "solar-blind": the Q.E. of solid photocathodes such as CsI is significant for 200-230 nm and drops by 7 orders of magnitude up to 300 nm
- * Very low production cost
- * Large scale production possible
- * Very fast response (<1µs).
- * UV imaging possible







13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღაძე, ი.ღონღაძე

Advantages of the new concept

Combining the advantages of the two modes, while suppressing the disadvantages!!!

- * *Reflective photocathode*
 - → High electron extraction efficiency
- * Preamplification
- * No ion feedback
 - →Very high total gain (>> 10^{^7})
 - Stability in sealed mode
 - Exceptional signal to noise ratio
- * Photocathode separated from detector
 - Easy fabrication/handling of CsI

The FORFIRE detector

Bulk Micromegas

144 pixels

- Gas: 90% Ne, 10% Ethane
- * High gain
- * Good electron extraction efficiency
- * Photocathode = drift electrode

This design provides:

- ✓ Production simplification
- ✓ Low cost
- ✓ Imaging capabilities
- ✓ Sealed operation
- ✓ Robustness
- \checkmark Stability with time
- ✓ Very high gain
 →Single photon detection
 13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღამე, ი.ღონღამე



The FORFIRE detector

Bulk Micromegas

144 pixels

- Gas: 90% Ne, 10% Ethane
- * High gain
- * Good electron extraction efficiency
- * Photocathode = drift electrode

This design provides:

- ✓ Production simplification
- ✓ Low cost
- ✓ Imaging capabilities
- ✓ Sealed operation
- ✓ Robustness
- \checkmark Stability with time
- ✓ Very high gain
 →Single photon detection
 13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღამე, ი.ღონღამე



Laboratory fire tests at Athens University













Indoor sensitivity on a candle flame



13/04/2018, ჟენევა, ა.ღონღაძე, ი.ღონღაძე

Long range measurements



Outdoor measurements using a deuterium lamp and the 193, 200, 214 nm UV filters

These filters cover the region of interest for fire detection, from where most of the signal is expected.

Smaller wavelengths are strongly absorbed by the atmosphere

For larger wavelengths the QE drops rapidly.
 The absorption length of the atmosphere has been derived to be between 100 to 150 m in that region.







