



## Hızlandırıcı ve Algıç Fiziği Çalıştayı

from 31 May 2016 to 3 June 2016  
Marmara & Boğaziçi Üniversiteleri

# Algıç Fiziği: Gazlı Algıçlar

**İlhan TAPAN**  
**Uludağ Üniversitesi**

## İçerik :

Gazlı Algıçlar - Sinyal oluşum mekanizması

- Gaz seçimi
- Yaşlanma (Aging)
- Hızlandırıcılarda kullanımı

MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)

- RD51 işbirliği
- U.Ü. Ekibinin çalışmaları

# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması

Madde içerisinde yol alan bir yüklü parçacık enerjisini *iyonizasyon*, *uyarma* veya *bremsstrahlung* vasıtasıyla kaybeder.

Yüklü parçacıkların madde içerisinde aldığı  $dx$  yolu boyunca, iyonizasyon ve uyarma yaparak kaybettiği ortalama  $dE$  enerjisi *Bethe ve Bloch ifadesi* ile verilir.

$$-\frac{dE}{dx} = 4\pi N_A r_e^2 m_e c^2 z^2 \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta^2} \left[ \ln \frac{2m_e c^2 \gamma^2 \beta^2}{I} - \beta^2 - \frac{\delta}{2} \right]$$

$z$  gelen parçacığın yükü,  
 $Z$  ve  $A$  ortamın atom numarası ve atom ağırlığı,  
 $m_e$  ve  $r_e$  elektronun durgun kütlesi ve yarıçapı,  
 $N_A$  Avagadro sayısı,

$I$  ortamın iyonizasyon ve uyarma potansiyeli,  
 $\gamma$  Lorentz faktörü ( $E/m_e c^2$ ),  
 $\beta$  parçacığın rölativistik hızı ( $V/c$ ) ve  
 $\delta$  yoğunluk etkisi

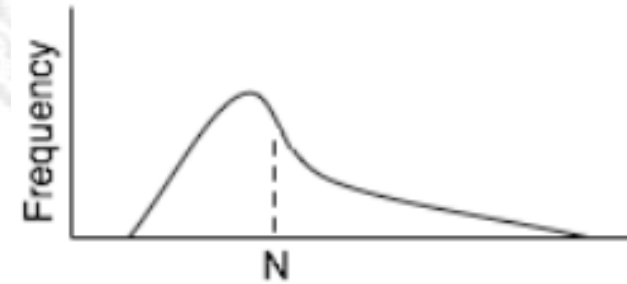
İfade ortamın *durdurma gücü* veya *diferansiyel enerji kaybı* olarak da adlandırılır.

# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması

Yüklü parçacıkların çarpışma başına ortama aktardığı enerjinin kendi enerjisine oranı oldukça düşük olduğundan, enerjisini tamamen ortama aktarabilmesi için birçok çarpışma yapması gerekmektedir.

Ortama aktarılan enerji, bir ortalama etrafında dağılıma sahiptir. Enerji kaybı dağılımı, *Landau dağılımı* ile temsil edilir ve yaklaşık ifadesi,

$$L(\lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}(\lambda + e^{-\lambda})\right]$$



$\lambda$ , en muhtemel enerji kaybından olan sapmadır,

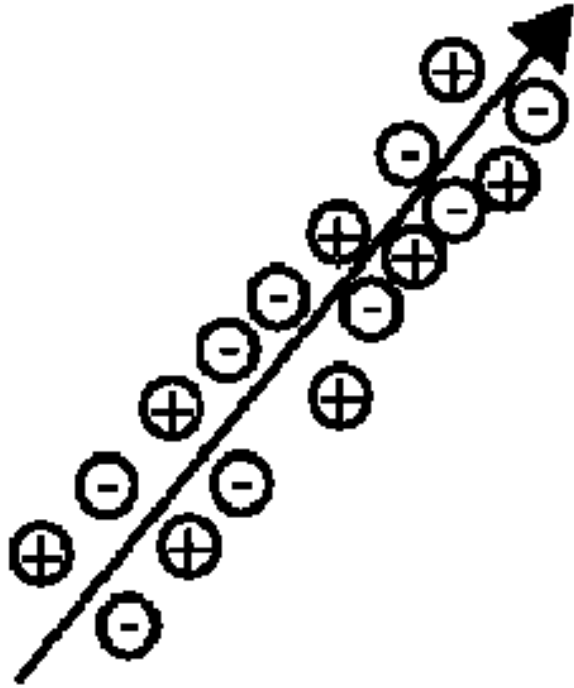
$$\lambda = \frac{\Delta E - \Delta E^W}{\xi}$$

$\xi$  Bethe-Bloch formülündeki ortalama enerji kaybı,

$\Delta E^W$  en muhtemel enerji kaybı,

$\Delta E$  gerçek enerji kaybıdır.

# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması



Gazlı algıç içerisinde yol alan yüklü parçacığın izi boyunca iyonizasyon ile enerji kaybı sonucu oluşturacağı elektron-iyon çiftlerinin sayısı;

$$N_0 = \frac{\Delta E}{W_i}$$

$\Delta E$  parçacığın toplam iyonizasyon enerji kaybı

$W_i$  Bir elektron-iyon çifti üretmek için gerekli ortalama enerji (gazlar için ortalama 30 eV)

# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması

Ortamın durdurma gücü ne kadar büyükse, yüklü parçacığın aldığı birim yol başına iyonizasyon ve uyarma yaparak kaybettiği enerji de o kadar büyük olur.

İyonize edici  
radyasyon



$$dE/dx = 2.12 \times 10^{-3} \text{ MeV/cm}$$

$$W_i = 26 \text{ eV}$$

$$\sim 80 \text{ e-iyon çifti/cm}$$

İyonize edici  
radyasyon



$$dE/dx = 7.29 \text{ MeV/cm}$$

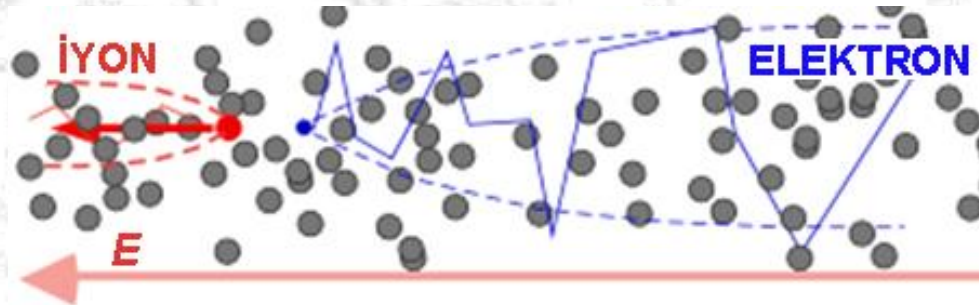
$$W_i = 2.9 \text{ eV}$$

$$\sim 2.5 \times 10^6 \text{ e-hole çifti/cm}$$



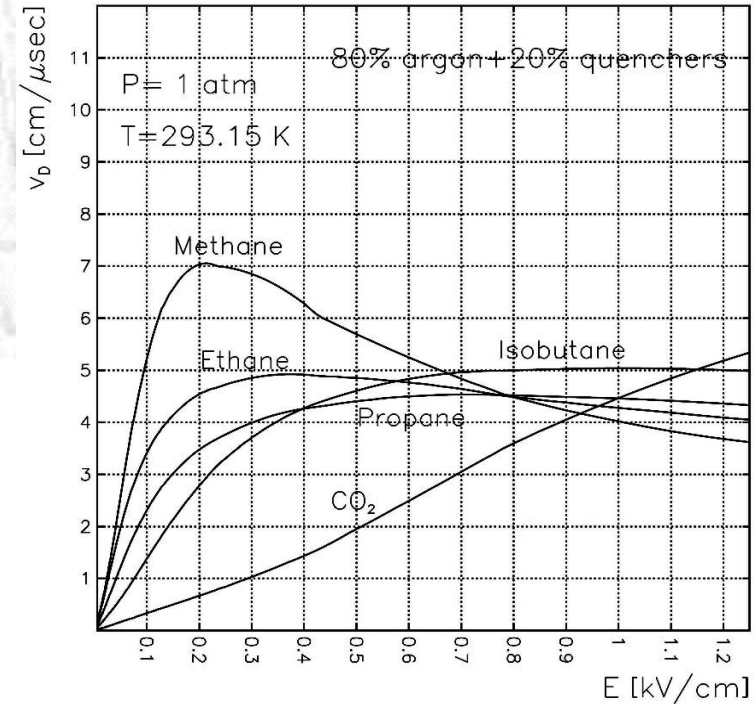
# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması

Hacim içerisine bir elektrik alan uygulandığında, gaz içerisinde oluşmuş elektron-iyon çiftleri elektrik alan boyunca harekete zorlanırlar. Bu hareket esnasında elektronlar gaz atomları ile çarpışarak bir ortalama hıza **-sürüklenme hızına ( $v_{\text{drift}}$ )**- ulaşırlar.



$$v_{\text{drift}} = \frac{e}{2m} E \tau$$

$\tau$ , yüklerin gaz molekülleri ile yaptığı iki çarpışma arasında geçen ortalama süre.



İyi bir detektör performansı için, yüklerin en kısa sürede kondağa ulaşması gerekir

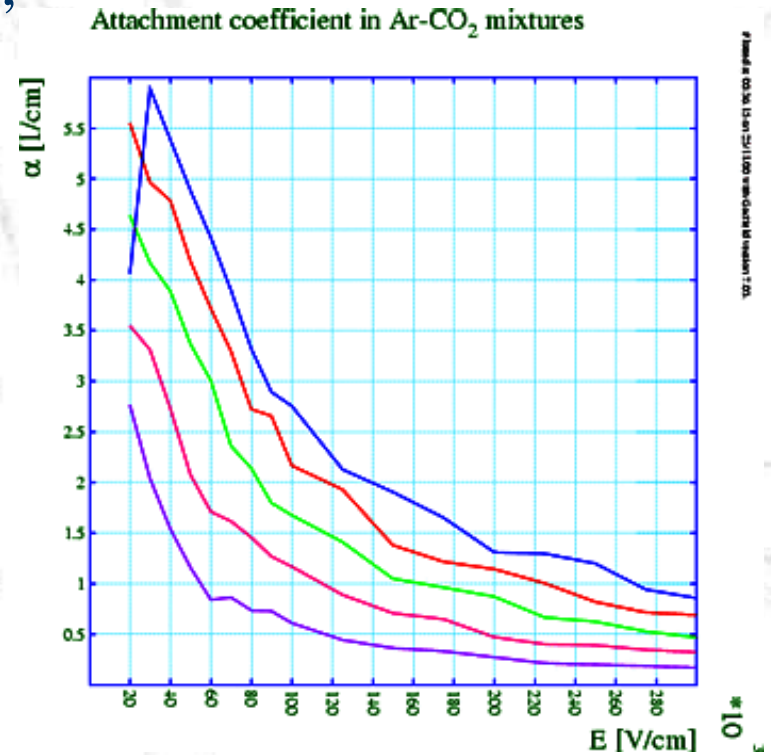
# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması

Anota gitmesi gereken elektronlar gaz molekülleri tarafından *yakalanabilirler*.

Başlangıçtaki yoğunluğu  $I_{oe}$  olan elektronların,  $x$  mesafesi sonunda sahip olacakları  $I_e$  yoğunluğu;

$$I_e = I_{oe} \exp(-\eta x)$$

$\eta$ , *bağlanma (attachment) katsayısı* (gazın özelliklerine ve elektronların enerjilerine bağlıdır).





# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması

Gaz hacmi içerisinde Elektrik alan şiddeti yeterince yüksek ise, elektronların kazanacağı kinetik enerji değeri, çarpışma yaptığında gaz atomlarını iyonize edebilecek seviyelere ulaşabilir.

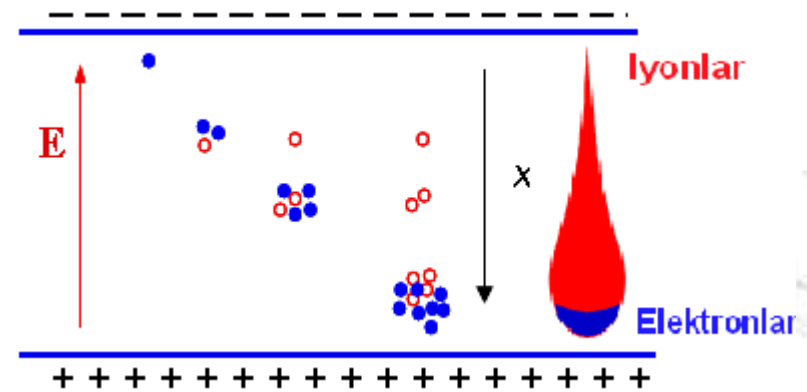
Başlangıçtaki toplam elektronların sayısı  $N_0$  olmak üzere, bu elektronların **düzgün bir elektrik alan** şiddetine sahip bir gaz detektör hacmi içerisinde kontağa ulaşana kadar  $x$  mesafesi boyunca yapacağı çarpışmalar vasıtasıyla iyonizasyon yapmaları sonucu kontağa ulaşan elektron sayısı;

$$N = N_0 e^{\alpha x}$$

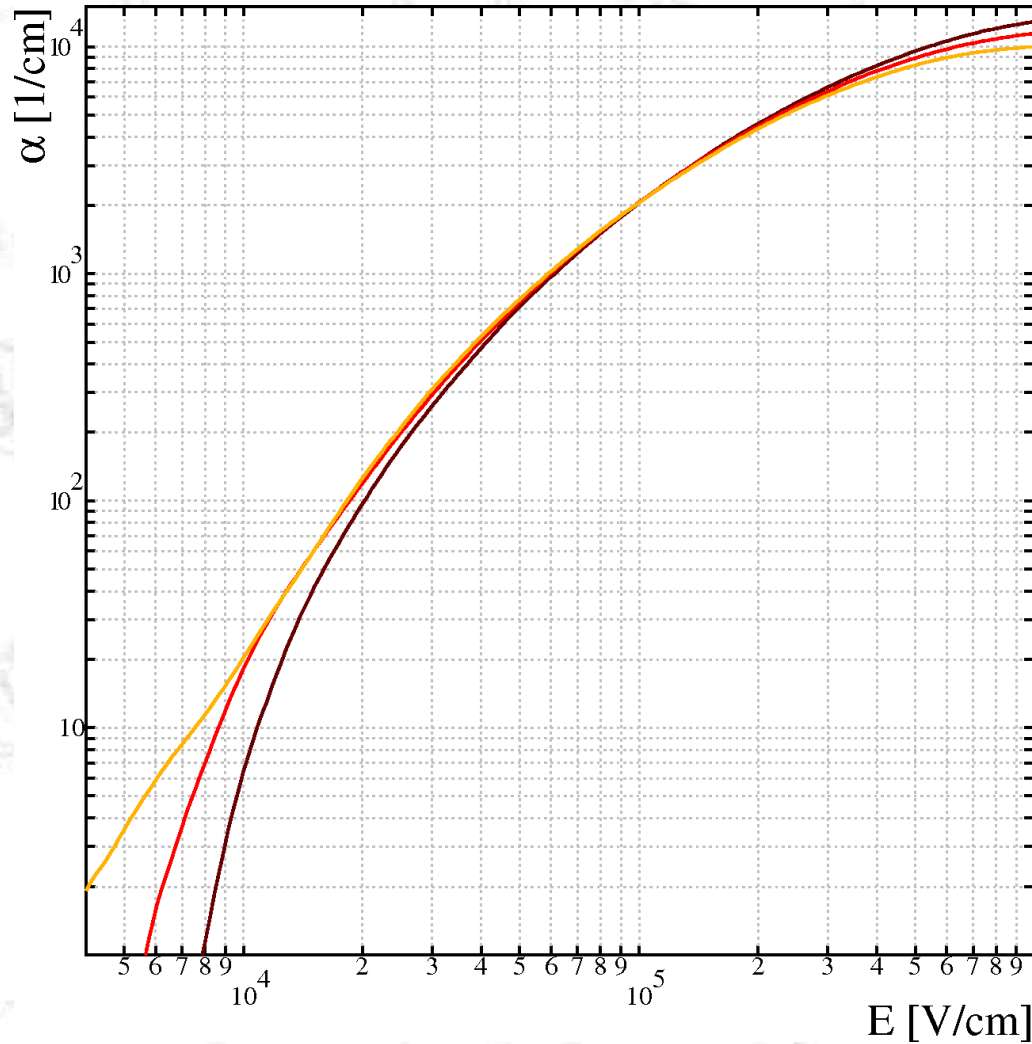
$\alpha$  Birinci Townsend katsayısı

$$\alpha / P = A \exp(-BP/E)$$

P basınç, E uygulanan elektrik alan,  
A ve B katsayıları gazın cinsine bağlı sabitler



# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması



Birinci Townsend katsayısının E alana bağlı değişimi

# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması

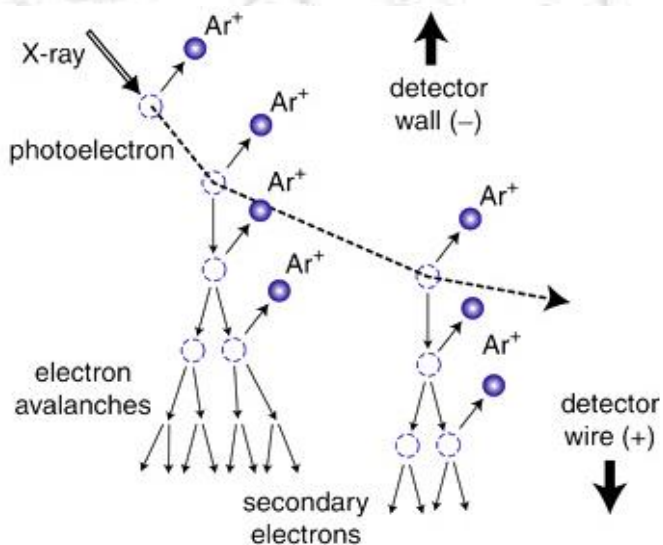
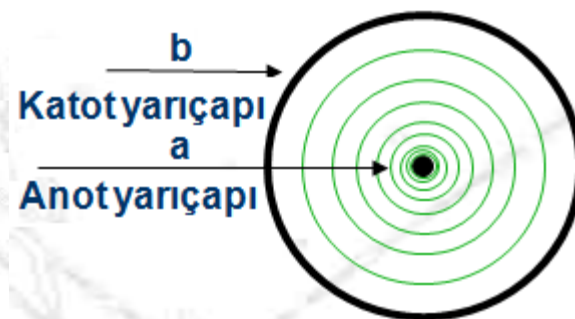
Eğer detektör hacmi içerisindeki **elektrik alan değişken** ise,

$$N = N_0 \exp \left[ \int_{x_1}^{x_2} \alpha(x) dx \right]$$

$x_1$  elektronun harekete başlama konumu,  
 $x_2$  kantağın (Anot) konumu.

$$E(r) = \frac{V}{r \ln(b/a)}$$

$V$  anot teline uygulanan voltaj,  
 $r$  anot telinden olan uzaklık,  
 $a$  anot telinin yarıçapı ve  
 $b$  tüpün yarıçapıdır.

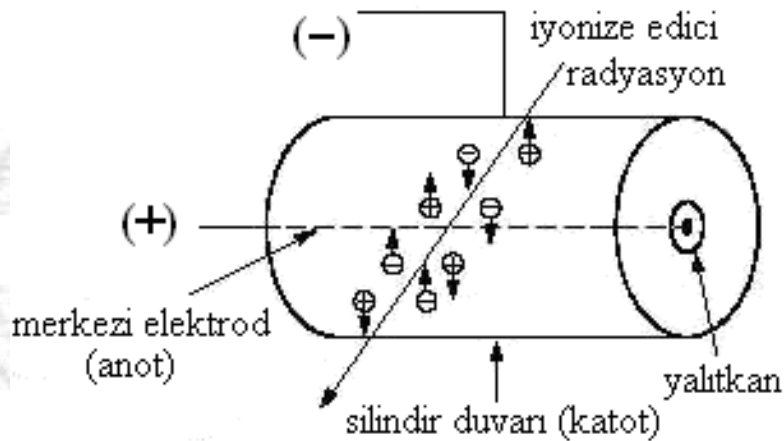


Yük çoğalma faktörü  
ya da **kazanç**,

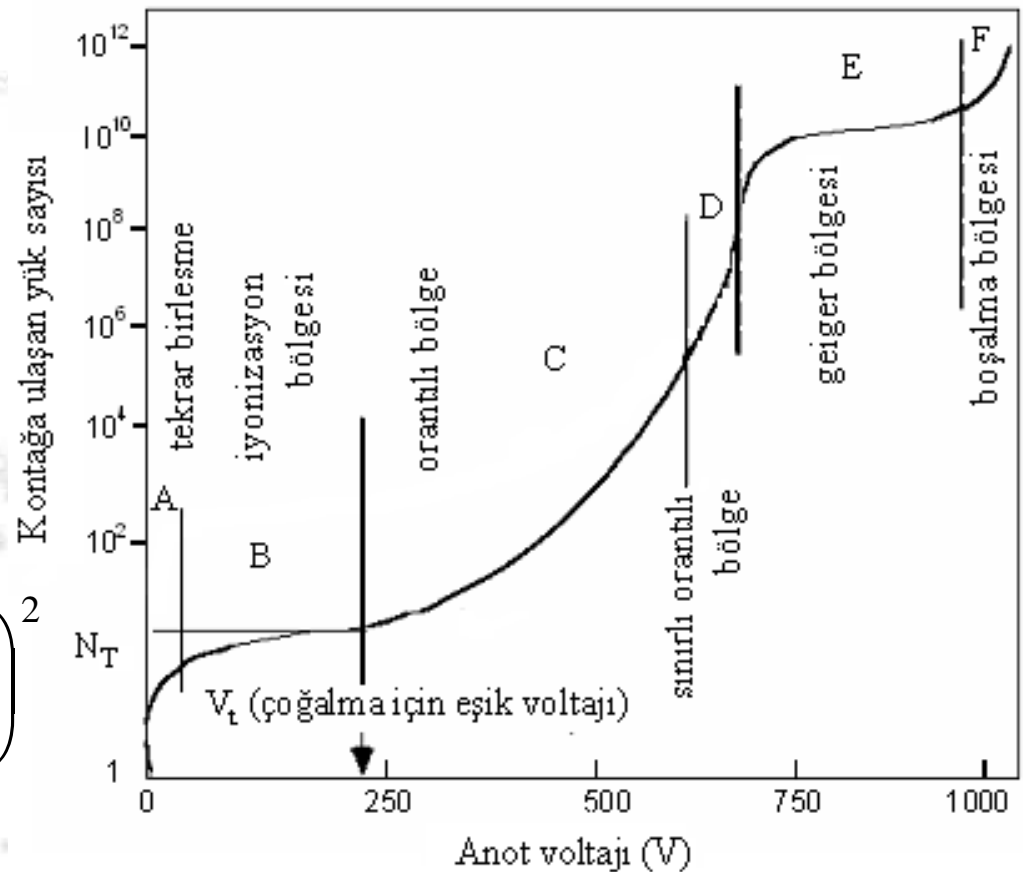
$$M = N / N_0 = e^{\alpha x} = \exp \left[ \int_{x_1}^{x_2} \alpha(x) dx \right]$$

# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması

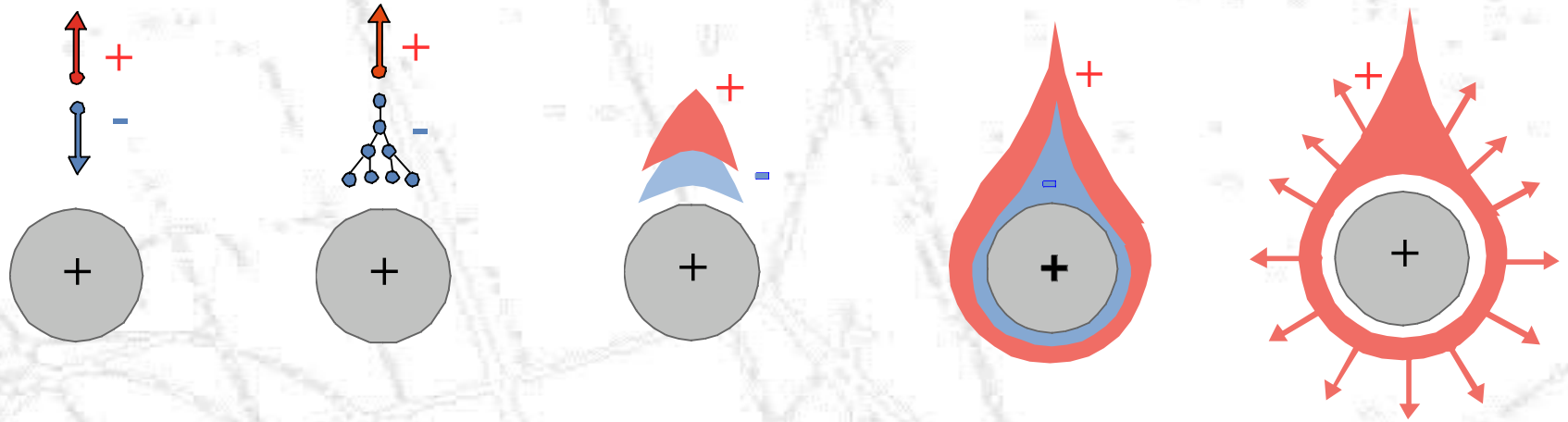
Bir detektörden alınan sinyalin büyüklüğü kontağa ulaşan yük sayısına, sinyaldeki dalgalanma ise birincil parçacık adedindeki ve detektörün iç kazancındaki dalgalanmalara bağlıdır.



$$\left(\frac{\sigma_S}{S}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_{N_i}}{N_i}\right)^2 + \left(\frac{1}{N_i}\right)\left(\frac{\sigma_M}{M}\right)^2$$



# Gazlı Algıçlar-Sinyal oluşum mekanizması



## Kazancı etkileyen faktör: Yüklerin (Space Charge) Etkisi

Yük çoğalması sonucu oluşan yükler, detektör içerisinde var olan elektrik alan şiddetini azaltır. İyonizasyon katsayısı elektrik alanın bir fonksiyonu olduğu için bu durum, kazancın ve çıkış sinyalinin değerinin düşmesine neden olur.

Detektör hacmi içerisinde oluşan  $E$  elektrik alan değeri, yük etkisi nedeni ile  $E_{s_{ce}}$  kadar azalacaktır. Bu durumda iyonizasyon katsayısı,

$$\alpha/P = A \exp(-BP/E - E_{s_{ce}})$$



# Gazlı Algıçlar- Gaz seçimi

Kullanılan **temel gazlar** Ar, Ne, He gibi kolay iyonize olabilen ve elektron alma eğilimi az olan (bu nedenle anoda giden elektronlara fazla bir etkisi olmaz) **asal gazlar** dır.

**Ek gazlar** ise Etan, Metan, Karbondioksit gibi **dindirici (quenching)** gazlardır.

Bu gazlar da düşük elektron alma eğilimine sahip olmakla birlikte, pozitif iyonlara elektron aktararak onları nötr hale getirir. Dindirici gazlar aynı zamanda yük çoğalması esnasında gerçekleşen çarpışmalarda uyarılmış gaz atomlardan yayınlanan fotonları da soğururlar.

Detektörlerde yaygın olarak kullanılan **P10 gazı**, **% 90 argon** ile dindirici gaz olan **% 10 metan** karışımından oluşur

# Gazlı Algıçlar-Yaşlanma (Aging)

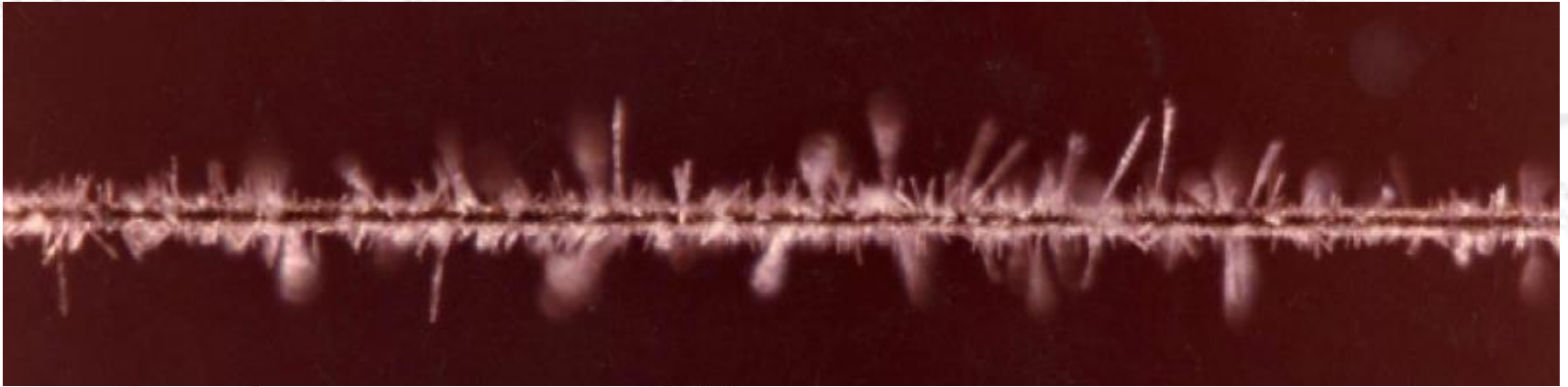
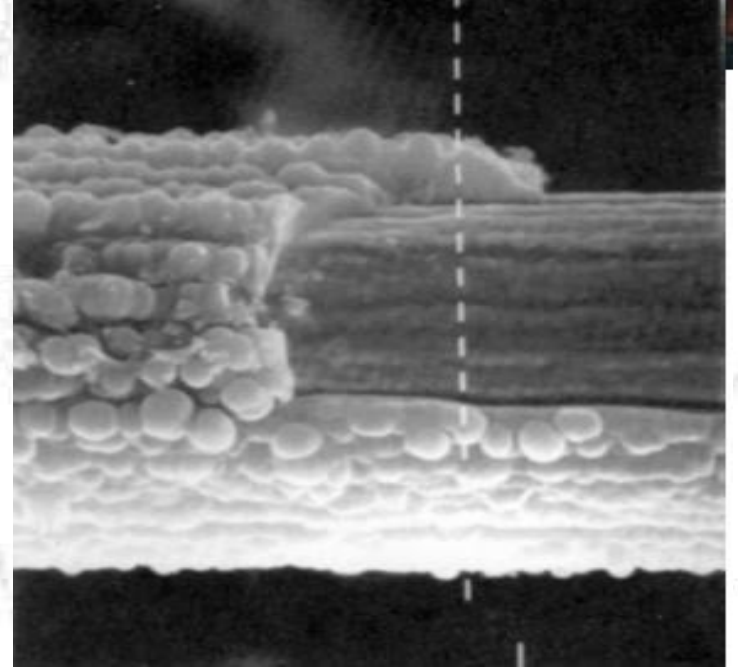
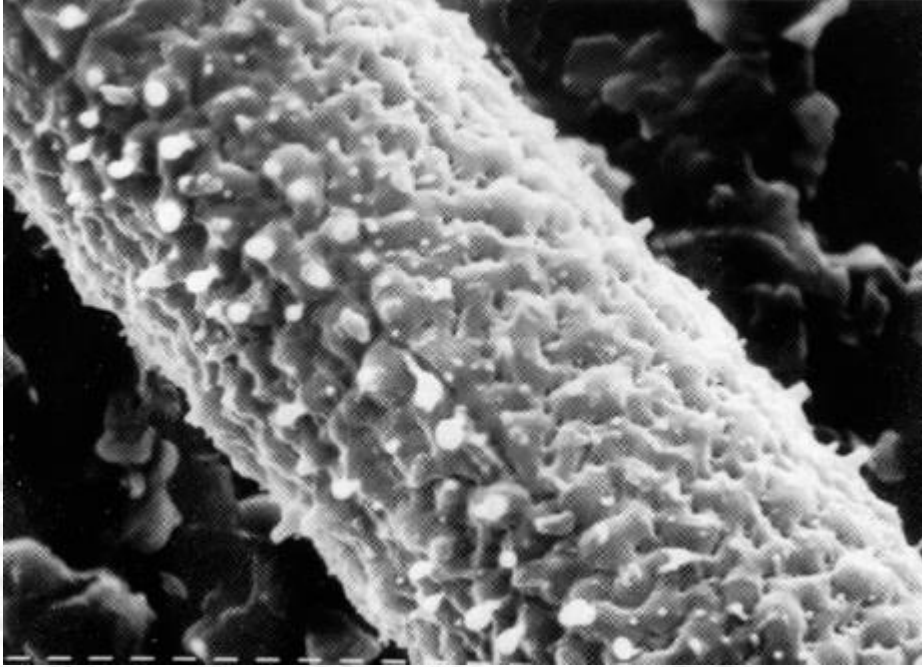
Yaşlanmadaki kasıt, algıçın kontak elektrotlarının yüzeyinde oluşan birikmeler sonucu, kazançta kayıp ve dalgalanmalar, enerji çözünürlüğünde bozulma, kendiliğinden yük boşalması, kıvılcım atlama, yüksek voltaj kararsızlığı, tellerde ise aşınma, şişme ve kopma gibi etkilerin oluşarak algıçın çalışma performansının düşmesidir.

Çarpışma iyonizasyonunun gerçekleşmesi için elektron enerjisinin 10 eV' dan büyük olması gerekirken, **moleküllerin kovalent bağlarının kırılması ve serbest radikallerin oluşması için elektronun 3-4 eV enerjiye sahip olması yeterlidir.**

Serbest radikaller diğer moleküllere kovalent bağlarla bağlanarak daha ağır moleküller oluşturur (**Serbest radikal polimerizasyonu**). Yeterince yoğunlaşma olduğunda, bunlar **elektrot yüzeyine difüzyon ile giderek yapışırlar.**

# Gazlı Algıçlar-Yaşlanma (Aging)

THE ANODE WIRE DEPOSITS SAGA, kazanç kayıplarına yol açmaktadır

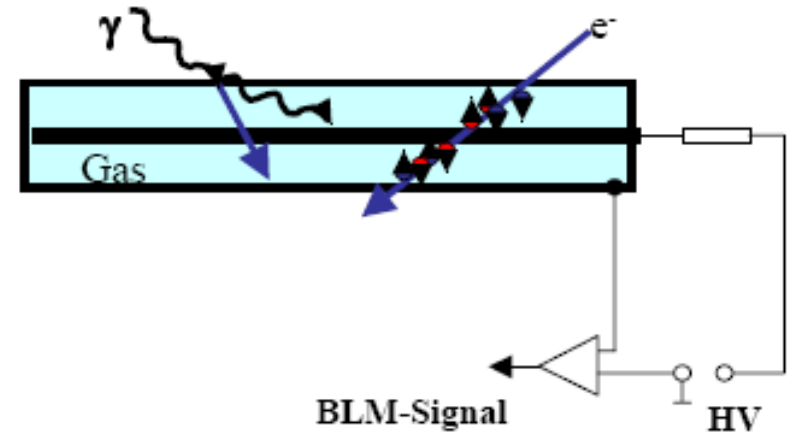


# Gazlı Algıçlar- Hızlandırıcılarda kullanımı

## Demet kayıp monitörü – Kaçak ölçümü

Özellikle süperiletken magnetlerin kullanıldığı hızlandırıcı sistemlerinde, kayıpların yerini ve büyüklüğünü görebilmek için demet kayıp monitörü kullanılır. Burada kullanılan algıçlar, demet borusunun çevresine yerleştirilir ve boru malzemesi tarafından soğurulmayan yüklü parçacıkları veya ışınları detekte etmek için kullanılırlar.

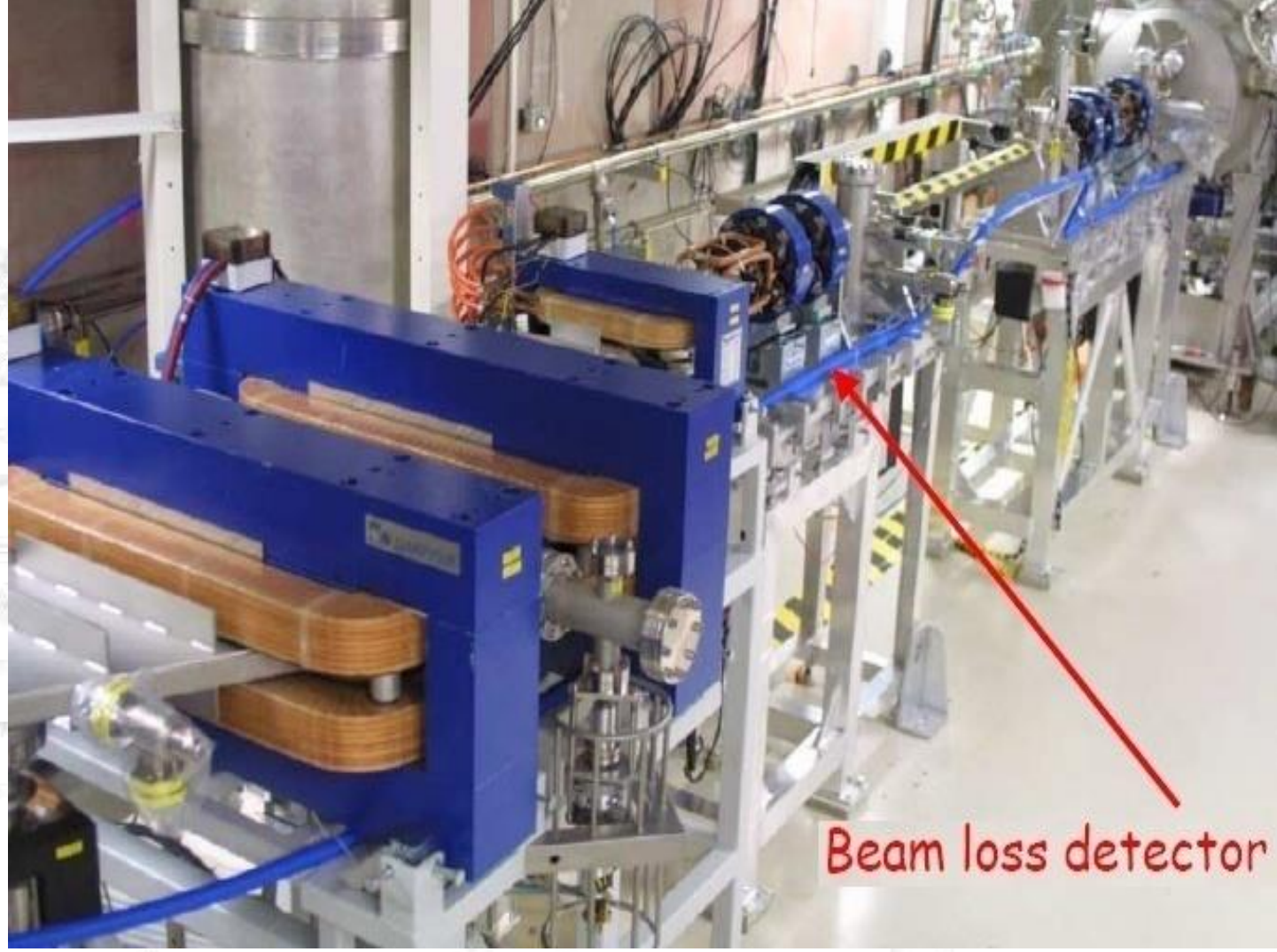
İçerisine Ar gazı doldurulmuş ince bir boru tüm demet hattı boyunca paralel olarak yerleştirilir. Böylece demette meydana gelecek en ufak elektron kaybı gaz ile etkileşip, gazı iyonlaştırır. Böylece bir akım elde edilir.





# Gazlı Algıçlar- Hızlandırıcılarda kullanımı

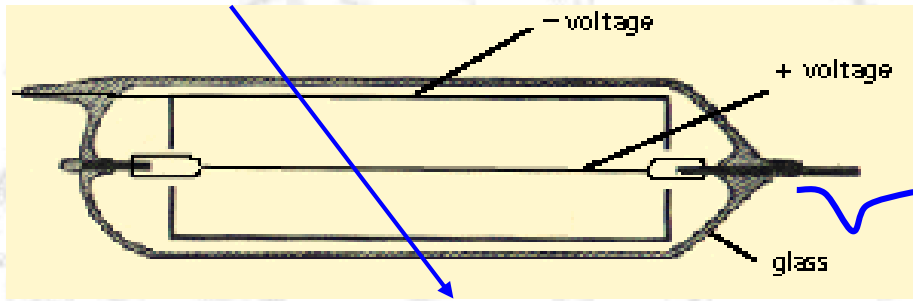
## *Demet kayıp monitörü – Kaçak ölçümü*





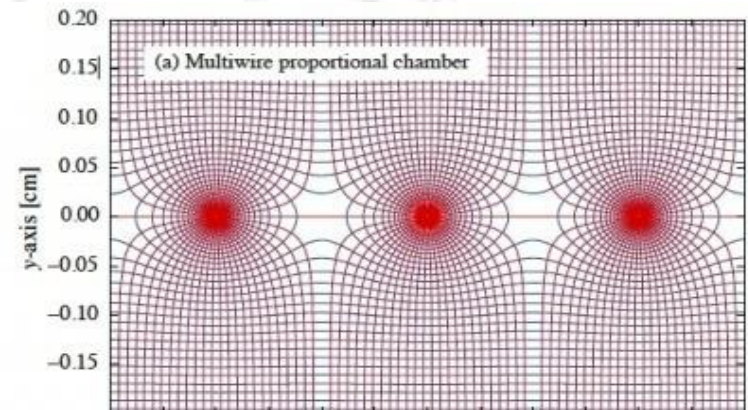
# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)- Kısa Tarihçe

Gazlı Algıçlar, Parçacık algılama ve takibi için kullanılan algıç ailesinin önemli üyelerinden birisidir.



1968 yılında G. Charpak tarafından algıç ortamına giren yüklü parçacıkların iz takibini, 1 mm'lere varan bir hassasiyetle belirleyebilen “çok telli orantılı sayaç” (Multi-Wire Proportional Chamber, MWPC) geliştirilmiştir

1928 yılında, Geiger'in ilk tasarımını yaptığı algıç, Walther Müller tarafından geliştirilerek **Geiger- Müller** adını almıştır ve günümüz modern gazlı algıçların atası olarak bilinmektedir.



# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)- Kısa Tarihçe

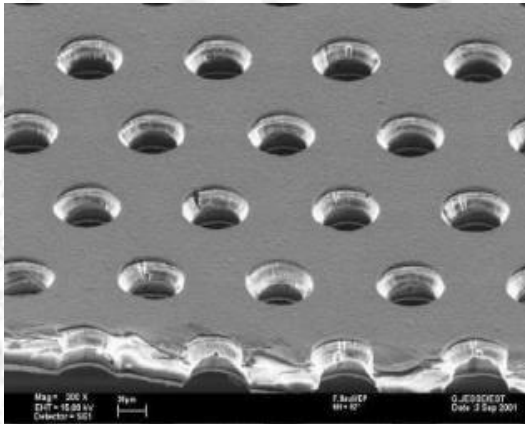
Bunu izleyen yıllarda;

- Ring Imaging Cherenkov Chambers (RICH) (Seguinot, 1977)
- Çok Basamaklı Çığ Odaları (Multi Step Avalanche Chambers, MSAC (Charpak, 1978)
- Gaz Sürüklenme Odaları (Drift Chamber, DC) (Walenta, 1979)
- Mikro-Şeritli gaz odası” (Micro-Strip Gas Chamber, MSGC) (Oed, 1988) geliştirilmiştir.

MSGC ler MWPC lere kıyasla 1000 kat daha yüksek sayma hızlarına sahip olmalarına rağmen özellikle yüksek enerji deneylerinde ihtiyaç duyulan sayma kapasitesi ve kararlılık gibi gereksinimleri karşılayamadıkları görülmüştür.

# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)- Kısa Tarihçe

Bu nedenle, 1990'lı yılların ikinci yarısından itibaren, Mikro desenli gazlı yeni nesil algıçlar ile ilgili çalışmalar, daha fazla önem kazanmıştır.

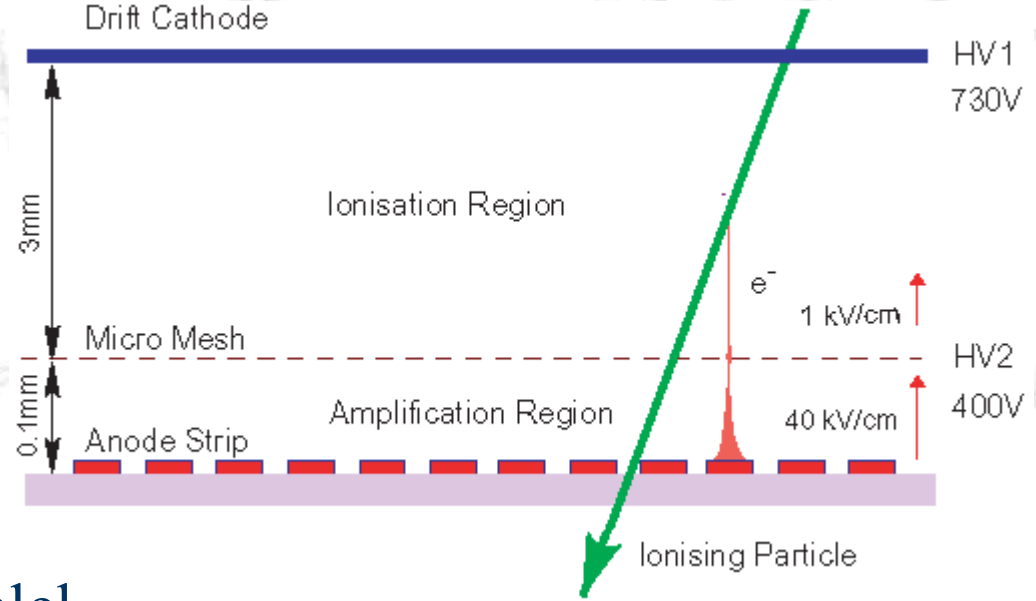


Bunun sonucunda, sinyalin gaz hacmi içerisinde ayrı bir çoğalma bölgesi vasıtasıyla daha güçlü alınmasını sağlayan **Micro-Pattern Gas Detectors (MPGD)** ler üretilmiştir.

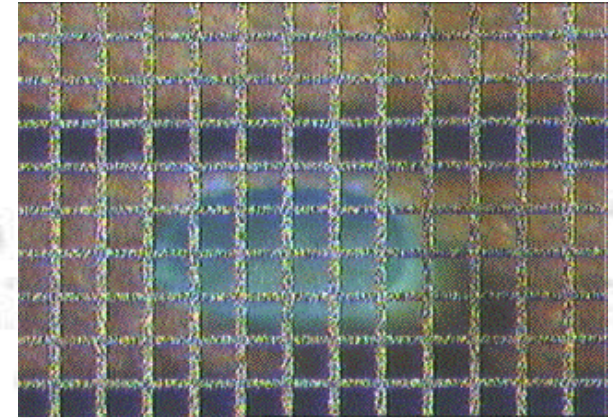
MPGD'lerde parçacıkların algıç içerisinden geçişi sırasında oluşturduğu birincil parçacıklar (e-iyon çiftleri), bir ön E alan sayesinde sinyalin alındığı bölgeden ayrılır. Böylece ikincil etkileşmeler nedeniyle ortaya çıkan ve algıçın performansını düşüren etkiler azaltılmış olur.

# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)

MPGD'ler arasında öne çıkan algıçlardan ilki **Micromegas (Micro-Mesh Gaseous Structure)** olmuştur (Giomataris, 1996).



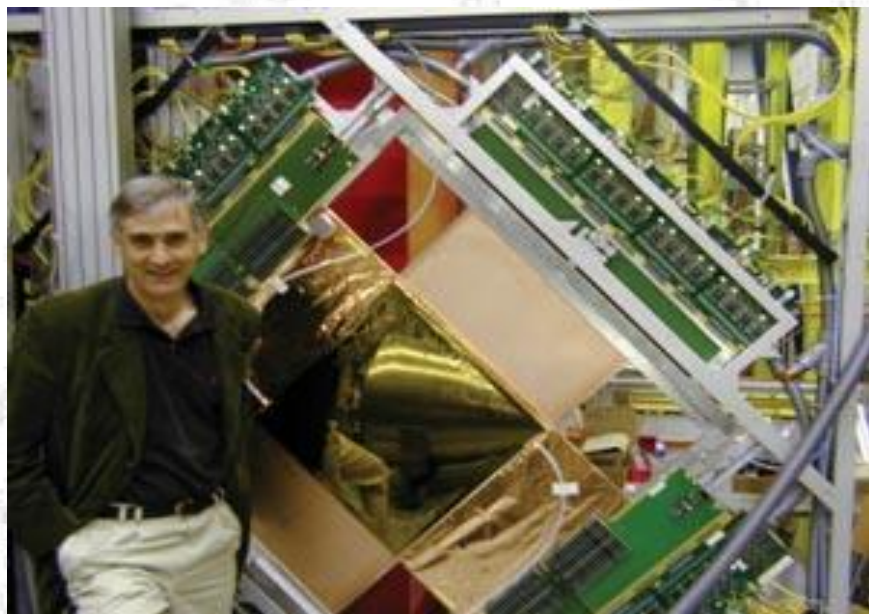
Micromegas'lar temelde paralel levhalı algıça oldukça benzer. Birincil parçacıklar geniş bir iyonizasyon bölgesi içerisinde oluşur, elektrik alan etkisindeki elektronlar küçük deliklere sahip ince katot mesh (ağ) ile anot arasındaki dar bölgede çoğalır.



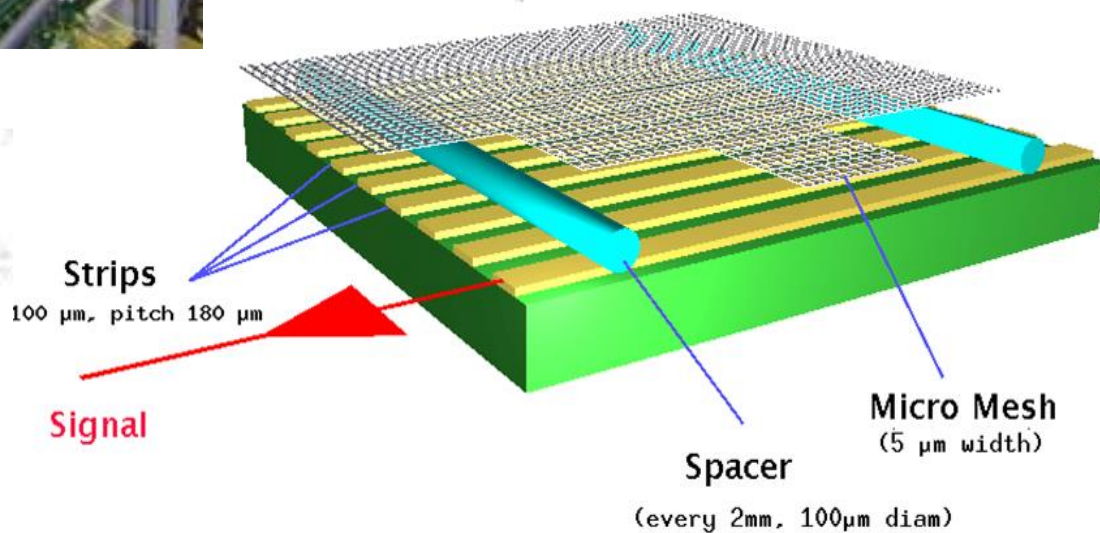
A mesh



# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)



Yannis Giomataris

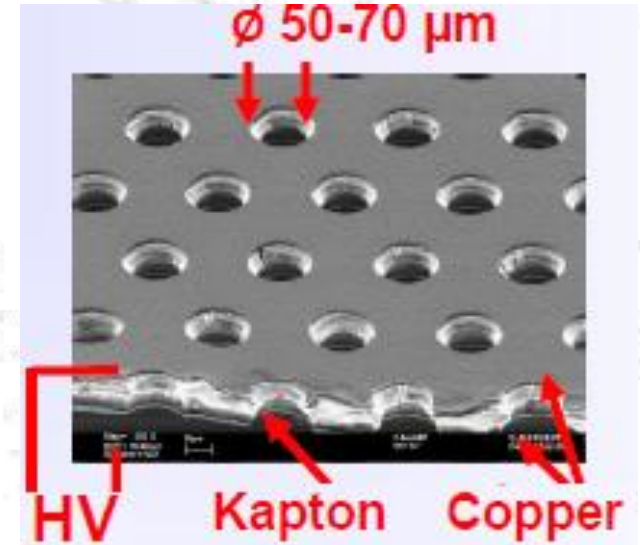
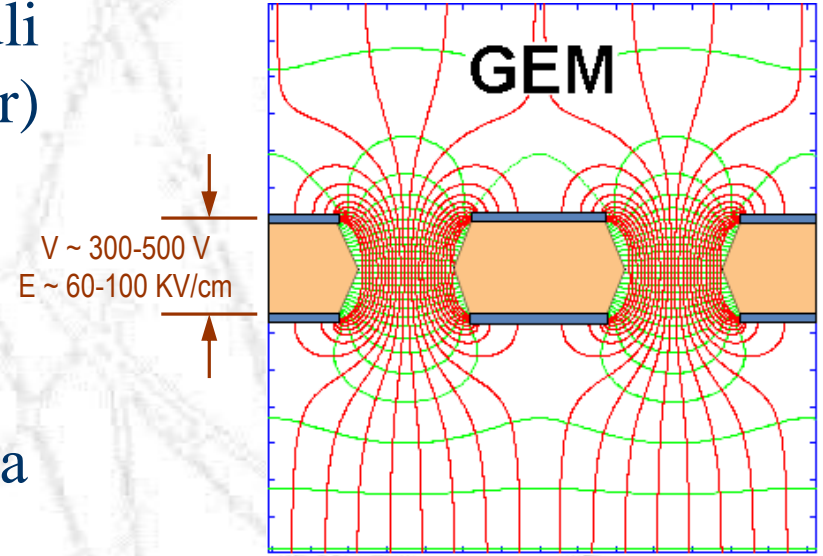
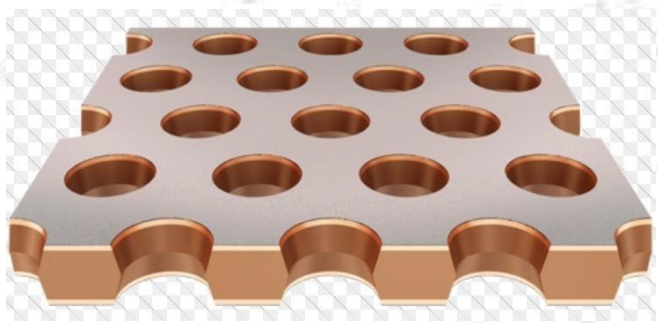




# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)

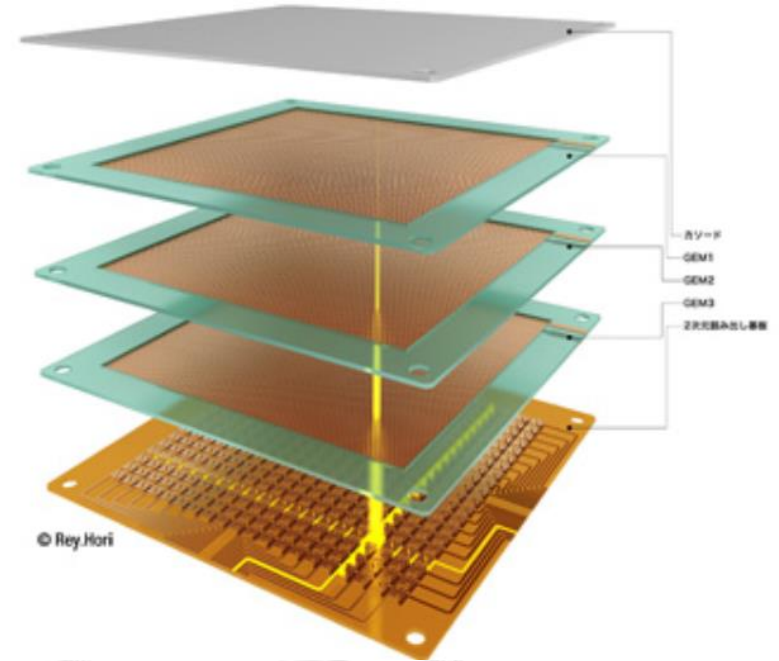
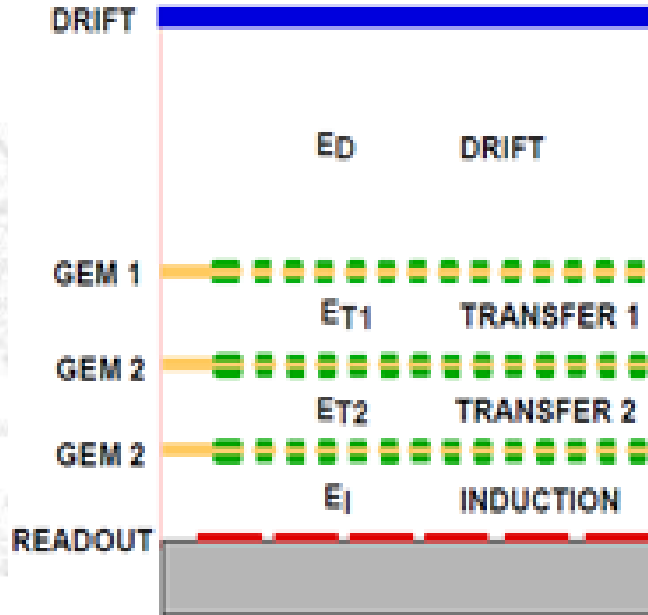
1997 de G. Charpak ve F. Sauli  
**GEM (Gas Electron Multiplier)**  
algıçını önermişlerdir

GEM algıçının örgü bölgesi,  
her iki tarafı metal ile kaplanmış  
yalıtkan polimer foil den meydana  
gelir. Elektronların çoğalması,  
elektronların deliklerin içerisinde  
geçmesi esnasında gerçekleşir.



# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)

## Triple GEM



Achieve gas gains  $\sim 10$ - $20$  per foil  
 $\sim 10^3$ - $10^4$  or higher in triple  
GEM structures

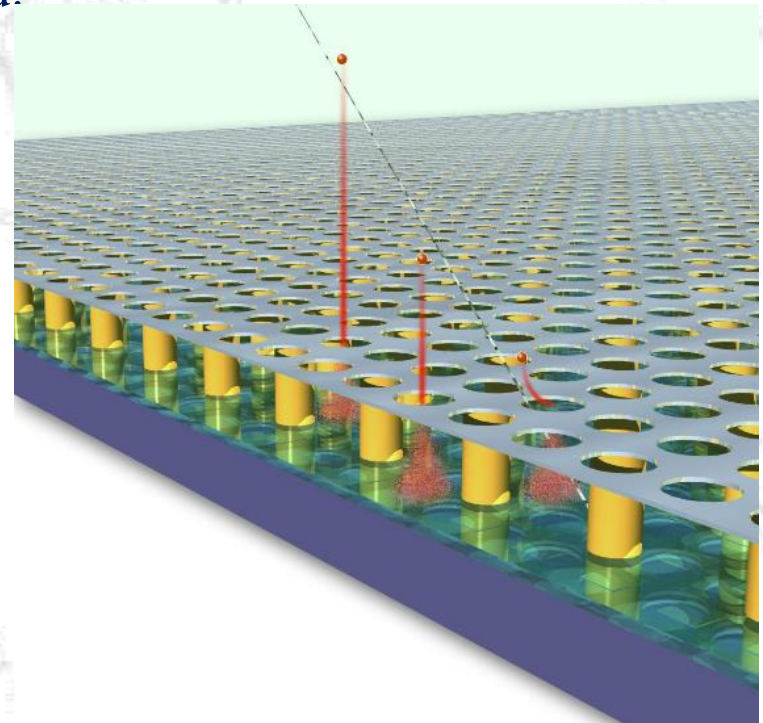
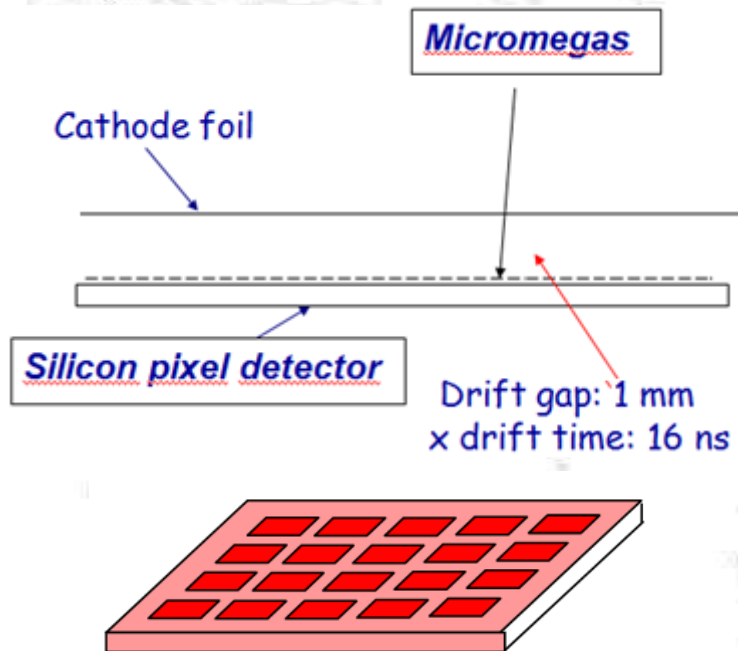


Fabio Sauli

# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)

## GOSSIP: Gas On Slimmed Silicon Pixels

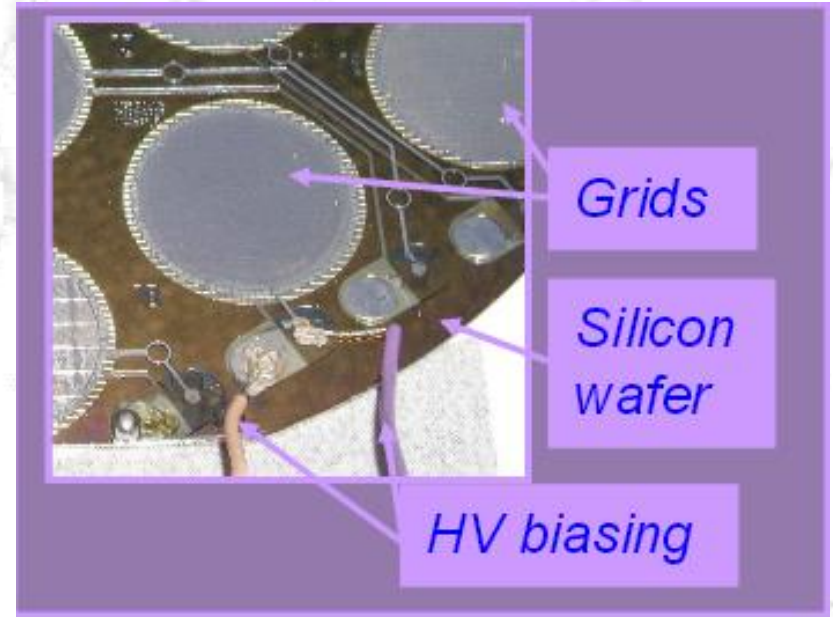
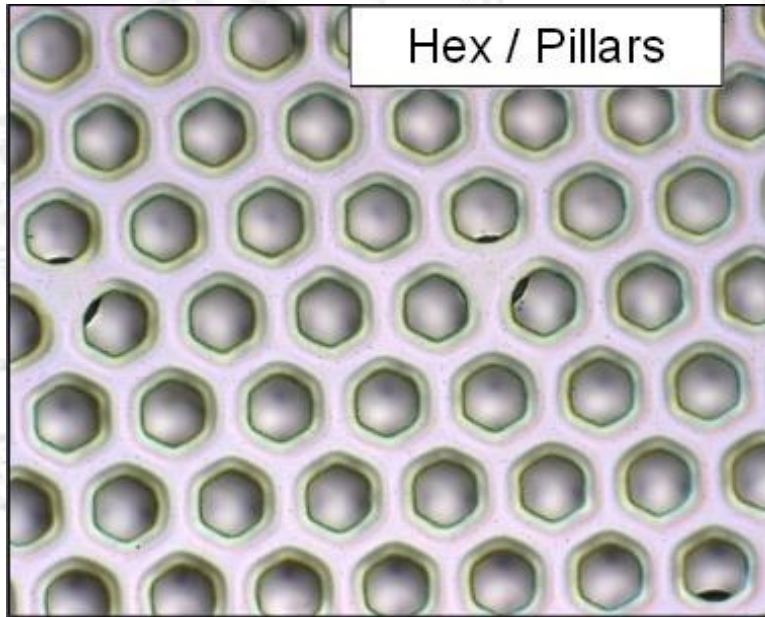
In GOSSIP, Electron-ion pairs are created, along the track, in the thin gas-filled drift gap. The electrons drift towards a grid which is placed parallel to the (pixel) anode. A strong electric field is applied in the gap between grid and anode, causing electron avalanches and, consequently, gas electron multiplication. The avalanche charge induces a signal on the pixel input pad.





# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)

## InGrid: an Integrated Grid on Si (wafers or chips)

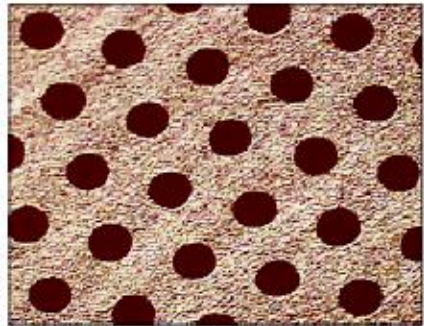


perfect alignment of grid holes and pixel pads

# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)

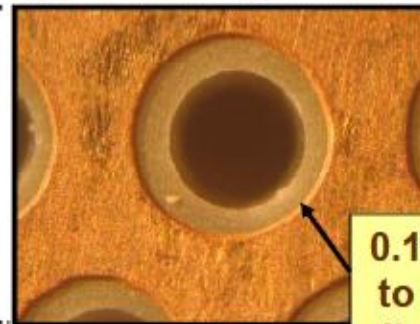
## Thick GEM (THGEM)

**STANDARD GEM**  
 $10^3$  GAIN IN SINGLE GEM

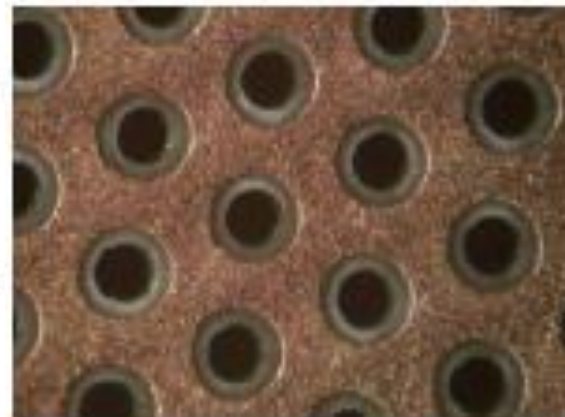
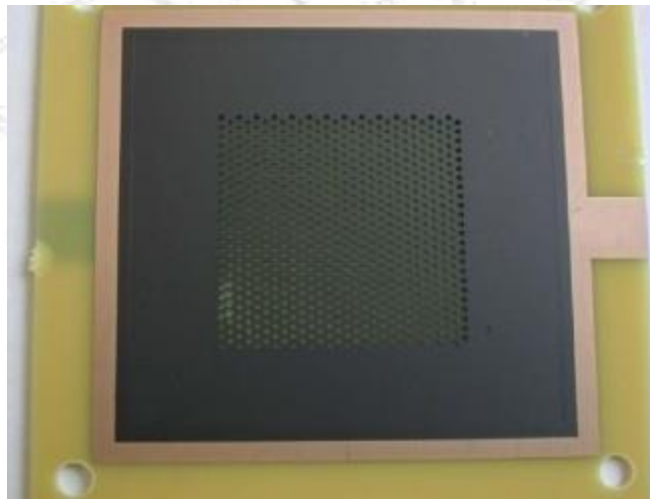


1 mm

**THGEM**  
 $10^5$  gain in single-THGEM



0.1 mm rim  
to prevent  
discharges





# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)- Kullanımı

## Ongoing R&D Projects using MPGDs in the framework of HEP Experiments

	Vertex	Inner Tracker	PID/ photo-det.	EM CALO	HAD CALO	MUON Track	MUON Trigger
<b>ATLAS</b>	<b>GOSSIP /InGrid</b>	<b>GOSSIP /InGrid</b>				<b>Micromegas</b>	<b>Micromegas</b>
<b>CMS</b>						<b>GEM</b>	<b>GEM</b>
<b>ALICE</b>		<b>TPC (GEM)</b>	<b>VHPMID (CsI-THGEM)</b>				
<b>Linear Collider</b>		<b>TPC(MM, GEM, InGrid)</b>			<b>DHCAL (MM,GEM, THGEM)</b>		

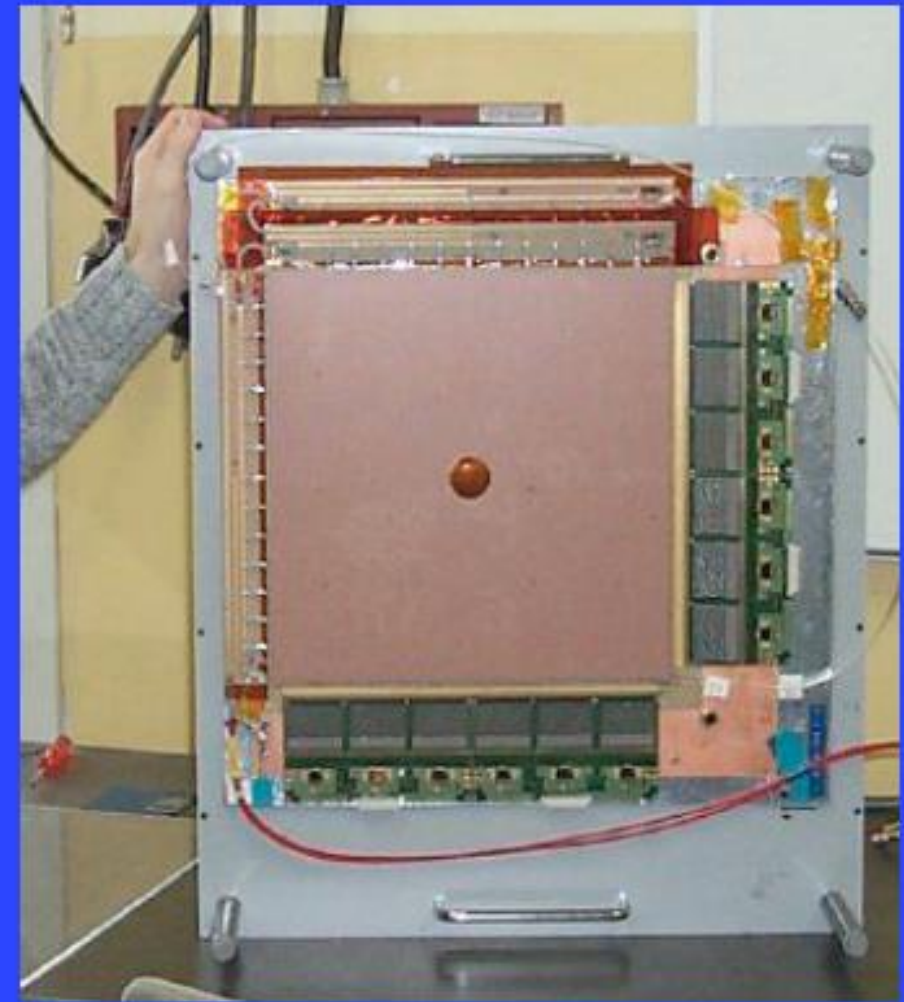


# MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)- Kullanımı

**MICROMEAS DETECTORS  
FOR COMPASS AT CERN**



**GEM DETECTOR FOR COMPASS**





# RD51 İşbirliği

CERN de büyük deneylerin yanında AR-GE (R&D) Projeleri de yapılmaktadır.

**RD48** The ROSE Collaboration, Research and development on silicon for future experiments: *2000 de tamamlandı*

**RD49** (RADTOL) Studying radiation tolerant ICs for LHC: *2010 da tamamlandı*

**RD50** Development of radiation hard semiconductor devices for high luminosity colliders: *2002 de başladı-devam ediyor*

**RD51** Development of Micro-Pattern Gas Detectors technologies: *2008 de başladı-devam ediyor*

**RD52** Dual-Readout calorimetry for high-quality energy: *2011 de başladı-devam ediyor*

**RD53** Development of pixel readout integrated circuits for extreme rate and radiation: *2013 de başladı-devam ediyor*

# RD51 İşbirliği

1908 tarihinde Hans Geiger tarafından ilk kez doğal radyoaktiviteyi ölçmek için, içi gaz doldurulmuş telli bir sayaç kullanılmıştır.

Bu olayın 100. yıldönümünde, 100 kadar fizikçi 16–18 Nisan 2008 tarihinde Amsterdam'da bulunan NIKHEF Parçacık Fiziği Laboratuvarı'nda bir araya geldi. Bu birinci RD51 grup toplantısının amacı, mikro desenli gazlı algıçların (MPGDs) geliştirilme çalışmalarının başlatılmasıydı.

100 years after the Geiger counter: new MPGD Trackers  
**Micro-Pattern Gas Detectors**  
First RD-51 Workshop  
April 16–18, 2008. Nikhef, Amsterdam, the Netherlands

LOCAL: Europe/Zurich

**Micro-Pattern Gas Detectors (RD51) Workshop**

6-18 April 2008 NIKHEF, Amsterdam

> [Timetable](#) > [Session details](#) > Contribution details

**Penning effect on gas amplification factor**

Id: 40  
Place: NIKHEF, Amsterdam  
Starting date: 17-Apr-2008 12:10 (Europe/Zurich)  
Duration: 20'  
Presenters: SAHIN, Ozkan  
Material: [Slides](#)

Included in session: [Data analysis, simulations and software](#)



## EXPERIMENTS AT CERN

INTRODUCTION

PROGRAMMES

INDEX TO  
INSTITUTES

RESEARCH  
COMMITTEES

ACCELERATORS  
AND BEAMS

MACHINE  
SCHEDULES

EXPERIMENTS /  
PROJECTS  
UNDER STUDY

CRITERIA FOR  
INCLUSION

CHANGES

Grey book experiment data  
are maintained by the larger  
experiments and the

Users' Office:  
✉ [Grey.Book@cern.ch](mailto:Grey.Book@cern.ch)

Requests for updates to the  
institute data should be sent  
to: ✉ [info-greybook-  
institutes@cern.ch](mailto:info-greybook-institutes@cern.ch)

The Grey Book lists  
experiments, institutes and  
people participating in  
experiments. Appearance in  
the Grey Book gives no a  
priori rights to resources.

These pages have been  
produced by [GS-AIS](#)

## RD51

### Development of Micro-Pattern Gas Detectors Technologies

ABSTRACT &  
FIGURES



HOME PAGE



NOTES &  
PUBLICATIONS

**SPOKESPERSON:** Leszek ROPELEWSKI  
**SPOKESPERSON:** TITOV Maxim  
**Experiment secretariat e-mail:** [dt-secretariat@cern.ch](mailto:dt-secretariat@cern.ch)

Beam:	
Approved:	05-12-2008
Status:	Preparation

[Complete list of members per institute](#)

#### Switzerland, Geneva

[Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire \(CERN\)](#) (16 participant(s)) *Team Leader: Hans TAUREG*

Maria CAPEANS GARRIDO, Rui DE OLIVEIRA, Fabio FORMENTI, Silvia FRANCHINO, Hartmut HILLEMANN, Martin KILLENBERG, Wolfgang KLEMPT, Hans MULLER, Eraldo OLIVERI, Werner RIEGLER, Leszek ROPELEWSKI, Heinrich SCHINDLER, Archana SHARMA, Tim TSARFATI, Miranda VAN STENIS, Jorg WOTSCHACK

#### Tunisia, Sidi Thabet

[Centre National des Sciences et Technologies Nucléaires](#) (2 participant(s)) *Team Leader: Adel TRABELSI*

Nidhal KAHLAOUI, Adel TRABELSI

#### Turkey, Bursa

[Uluda? Universitesi](#) (5 participant(s)) *Team Leader: Ilhan TAPAN*

Stephen BIAGI, Yalcin KALKAN, Ozkan SAHIN, Ilhan TAPAN, Robert VEENHOF

#### United States of America, Argonne

[Argonne National Laboratory](#) (3 participant(s)) *Team Leader: David UNDERWOOD* *Deputy Team Leader(s): Jose REPOND*

Jose REPOND, David UNDERWOOD, Lei XIA

#### United States of America, Cambridge

[Massachusetts Institute of Technology \(MIT\)](#) (1 participant(s)) *Team Leader: Bernd SURROW*

# RD51-U.Ü. Ekibi

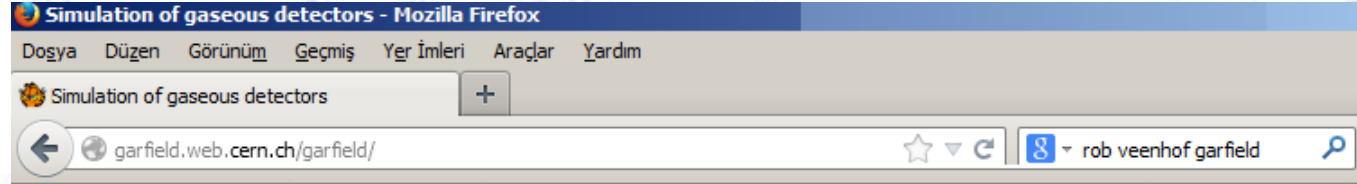


Dr. Rob Veenhof  
RD51 WG4 software-  
simulasyon grup lideri



Dr. Stephen Biagi

İlhan Tapan



CERN Consult Writeups Garfield

## Garfield - simulation of gaseous detectors

Responsible at CERN: [Rob Veenhof](#)

Manual Type: User Guide

Version: 9

Author: Rob Veenhof

Reference: W5050

Created: 1 Sep 1984

Last Update: 7 Sep 2010

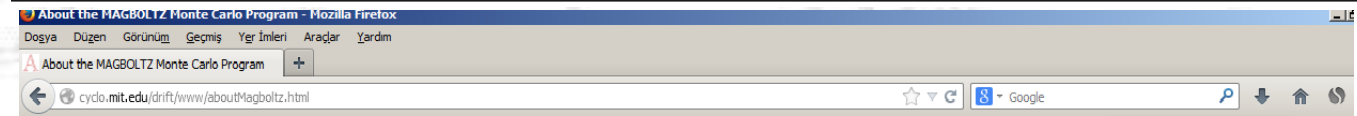
Verified: 7 Sep 2010

Valid until: further notice

Support Level: [High](#)

### What Garfield does

Garfield is a computer program for the detailed simulation of two- and three-dimensional drift chambers.



### MAGBOLTZ

The MAGBOLTZ program computes drift gas properties by "numerically integrating the Boltzmann transport equation"-- i.e., simulating an electron bouncing around inside a gas. By tracking how far the virtual electron propagates, the program can compute the drift velocity. By including a magnetic field, the program can also calculate the Lorentz angle. It can just as easily compute transverse diffusion coefficients, electron mobilities and other parameters, but since our apparatus does not measure those quantities, they are not included in our database's plots.

In order to find macroscopic parameters like the drift velocity, MAGBOLTZ needs to know about the microscopic nature of each gas under study. The most important quantities are the scattering cross sections, which measure how likely collisions are to occur, and the energy loss per collision. In some cases, such as the noble gas helium, the excitation energies are so high that over our experimental range, the drifting electrons lack the energy to excite the atoms, thus making all collisions elastic hard-sphere interactions. Other gases, like the organic quenchers CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, etc., have vibrational and translational modes which the program must also take into account.

The article by Fraser and Mathieson (cited below) provides a good introduction to the algorithms MAGBOLTZ contains for implementing various types of scattering. I recommend keeping this paper at hand while examining the MAGBOLTZ source code.

The program's author may be reached through the following:

Dr. S. F. Biagi,  
Physics Department,

Algı Fiziği: Gazlı Algıçlar

31 Mayıs- 3 Haziran 2016, İstanbul

# RD51-U.Ü. Ekibi

Özkan Şahin



Yalçın Kalkan



# U.Ü. Ekibinin çalışmaları

Ekip, RD51 2. çalışma gurubu “MPGD lerin tanımlanması ve içerisindeki fiziksel olayların anlaşılması” ve 4. çalışma gurubu olan “Simulasyon ve Yazılım Araçları” ile çalışmalar yapmaktadır.

2. çalışma grubunda, farklı gazlı algıç teknolojilerin karşılaştırılması ve bir ortak standartın geliştirilmesi çalışmaları yapılmaktadır. MPPGD lerin yıpranma ve radyasyon etkisine dayanımı üzerine sistematik çalışmalar yapılarak, deney şartlarına dayanıklı algıçlar üretme çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

4. çalışma grubunda, MPPGD algıçlarının simülasyonunda kullanılmak üzere ROOT arayüzlü Geant4 kullanılarak bir gaz-tabanlı detektör yazılımı geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Sinyale etki eden Fizik süreçleri üzerinde teorik çalışmalar da sürdürülmektedir.

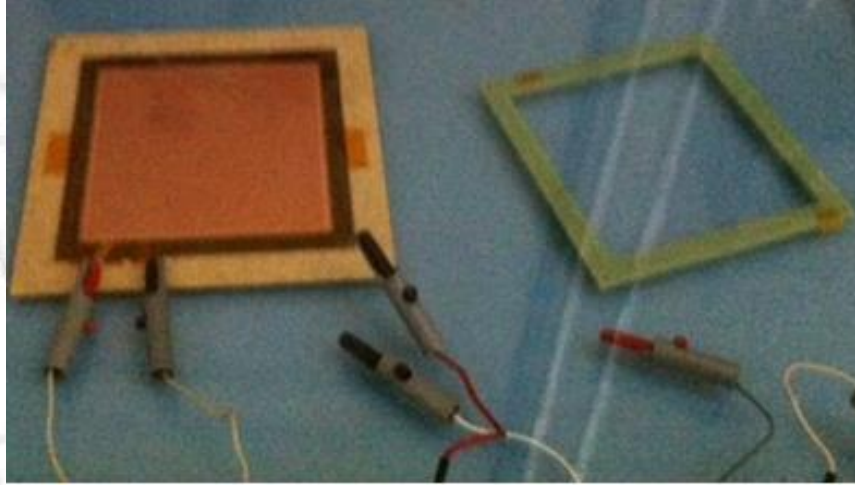


# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Testler- tanımlamalar

- GEM yapraklarının üretim sonrası testleri,
- Testler sırasında belirlenen üretim hatalarının veya arızaların giderilmesi,
- Triple GEM algıçlarının test ve kazanç kalibrasyonu ile ilgili çalışmalar,
- Gözlenen elektronik gürültünün giderilmesi hususunda çalışmalar,
- Boron- Triple GEM algıçlarının test çalışmaları,
- GEM hollerinde gerçekleşen kazanç kayıplarının incelenmesi,

# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Testler- tanımlamalar

GEM yapraklarının üretimi sırasında kullanılan plastik ve metal parçalardan kopan nano boyuttaki partiküllerin GEM holü içerisine kaçması, deşarja neden olmaktadır.

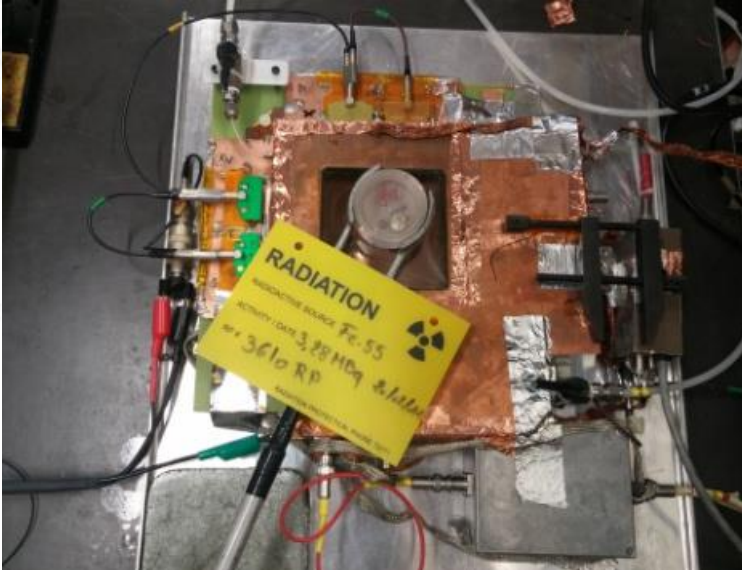


GEM yaprağının bakır elektrotlarına ani yüksek voltaj uygulayarak holler içerisine yerleşmiş olan partiküllerin temizlenmesi gerçekleştirilmektedir.

# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Testler- tanımlamalar



Triple GEM algıçlarının testleri ve kazanç kalibrasyon işlemleri yapılmaktadır.

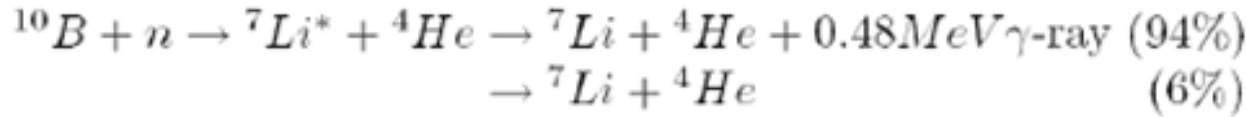


Ayrıca algıçlarda elektronik gürültünün belirlenebilmesi için sinyal okuma girişlerine çeşitli müdahaleler yapılarak ölçümler yapılmaktadır

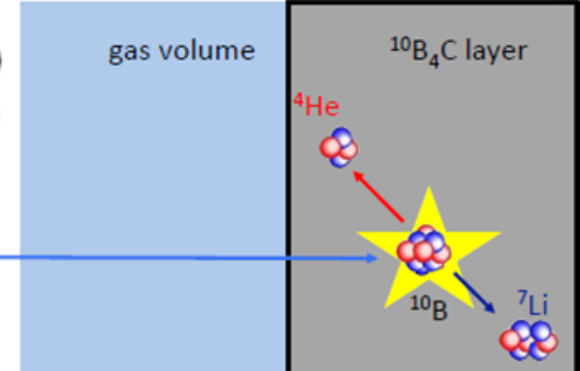


# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Testler- tanımlamalar

## Boron- Triple GEM algıçlarının test çalışmaları:



neutron



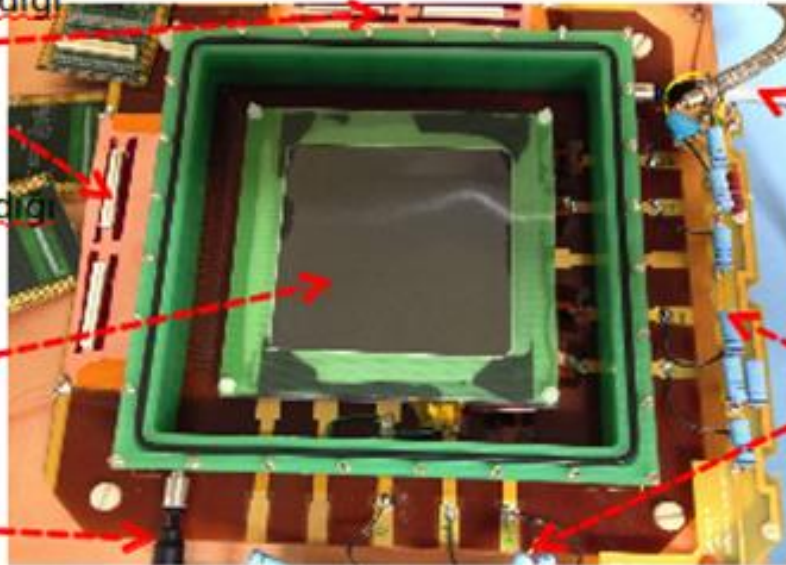
B<sub>4</sub>C (Boron Carbide) enriched with <sup>10</sup>B isotope by more than 97%

X eksen  
üzerinden  
sinyalin alındığı  
bağlantı

Y eksen  
üzerinden  
sinyalin alındığı  
bağlantı

Bor Tabakası  
(10B4C)

Gaz Çıkışı



Gaz girişi

Voltaj bölücü  
(3 GEM yaprağına)

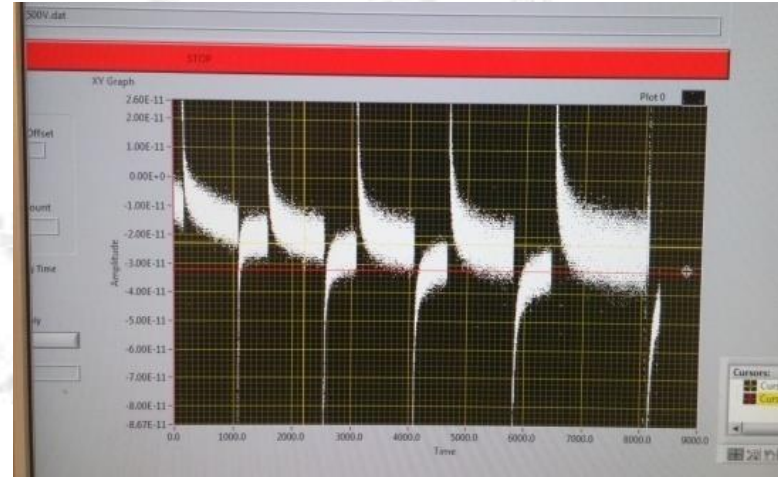


# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Testler- tanımlamalar

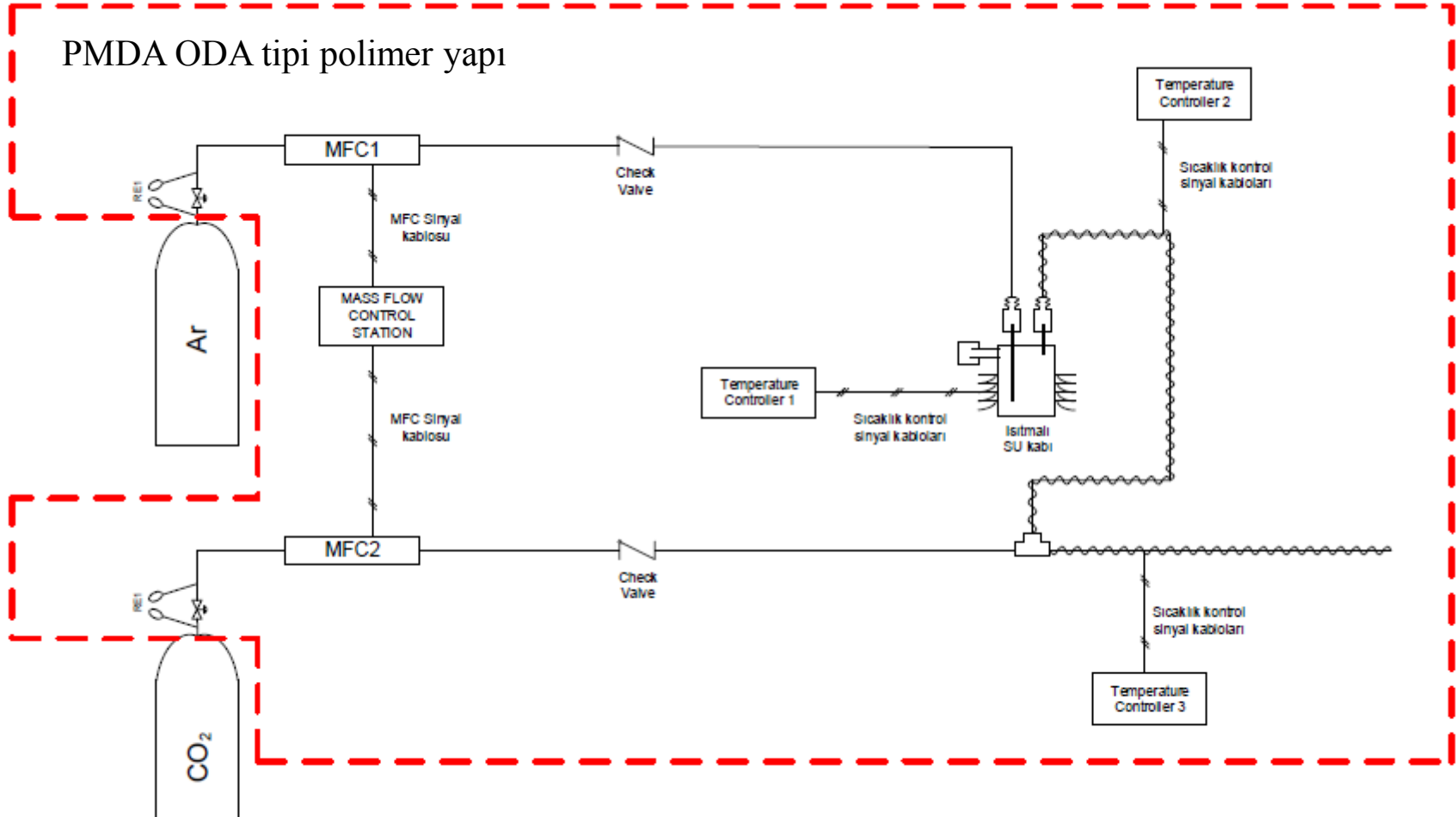
GEM algıçı için yapılan simulasyonda kazanç, deneyin % 10 fazlası çıkmaktadır. (Micromegas da bu durum görülmemektedir.)

Bu kaybın, elektronların hollerden geçerken % 10 civarında kayba uğramasından kaynaklandığı anlaşılmıştır.

GEM yaprağının arasında bulunan polimer yapının buna neden olduğu düşünülmektedir. Polimer yapının elektriksel iletkenliği ölçülmüştür.



# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Testler- tanımlamalar



Gaz içerisinde kontrollü nem ve sıcaklık altındaki ölçümlerin Bursa'da yapılması için oluşturulan sistemin şematik görünümü.

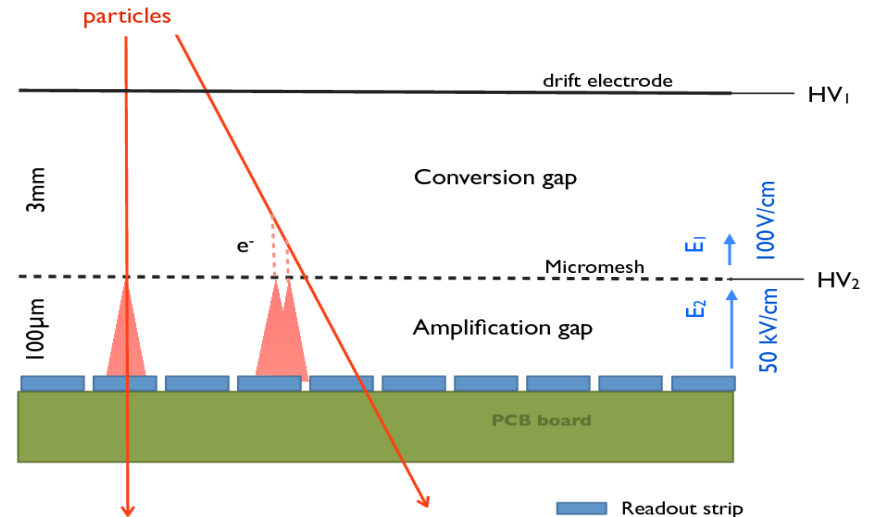
TERRALAB LABORATUVAR MALZEMELERİ SAN

# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Yük birikmesi etkisi

Standart bir Micromegas algıcında anod yüzeyinin dirençli bir tabaka ile kaplanması ile Resistive Micromegas (RM) algıcı geliştirilmiştir.

Algıca gelen parçacıkların sıklığının fazla olması ve anot şeritlerindeki yüklerin temizlenmesinin zaman almasından dolayı, bir sonraki sinyal için elektronların gelişinden önce, anot şeritlerinde önceki sinyalden kalan yükler temizlenememektedir. Bu durum dirençli anod yüzeyinde yük birikmesine neden olup kazançta azalmaya yol açmaktadır.

Kontaklar arasında düşük bir iletkenlik oluşturabilmek için karbon nanotüp ile kaplama çalışmaları yapılmıştır.

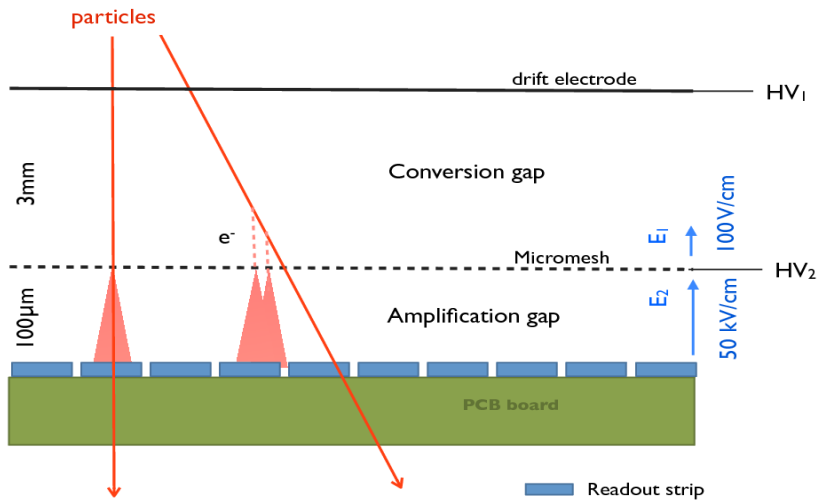


# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Simulasyon

Micromegas da çığ olayı ile meydana gelen ikincil elektronlar çok kısa bir sürede anod yüzeyine ulaşmaktadır.

İyonlar ise çok yavaş hareket ettiklerinden mesh e ulaşma süreleri elektronlara göre oldukça fazladır.

Dolayısıyla elektronların oluşturduğu sinyalin ardından, uzun bir süre iyonların indüksiyonundan kaynaklanan sinyal gözlenmektedir.



Gerçek Micromegas geometrisi için cluster iyonların sinyale katkısı ile ilgili hesaplamalar yapılmaktadır.

**Magboltz** can simulate electron transport but there is no such a program which it simulate ion transport in the literature yet.





PUBLISHED BY IOP PUBLISHING FOR SISSA MEDIALAB

RECEIVED: March 5, 2015

ACCEPTED: May 12, 2015

PUBLISHED: July 9, 2015

## Cluster ions in gas-based detectors

Y. Kalkan,<sup>a,b,1</sup> M. Arslanok,<sup>c</sup> A.F.V. Cortez,<sup>d</sup> Y. Kaya,<sup>e</sup> İ. Tapan<sup>a</sup> and R. Veenhof<sup>f,a</sup>

<sup>a</sup>Department of Physics, Uludağ University,  
16059 Bursa, Turkey

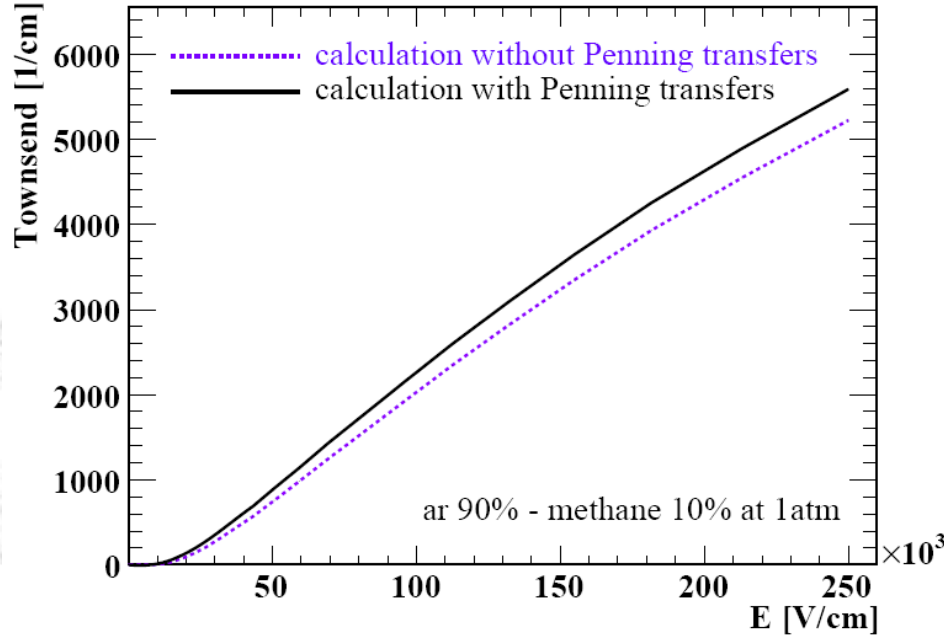
2015

Elektronlar için Magboltz benzetişim programında olduğu gibi, iyonların da gaz içerisindeki hareketlerini simüle edebilen ve Garfield<sup>++</sup>simülasyon programı ile birlikte çalışan bir alt program hazırlanmaktadır.

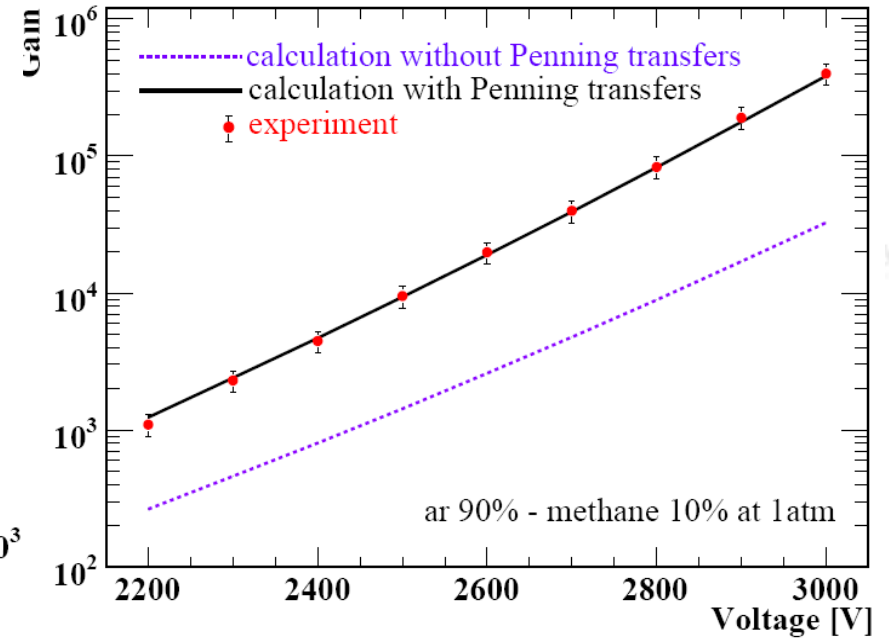
# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Simulasyon

Ek gazlar kullanıldığında ortaya çıkan problem; penning etkisi

Townsend coefficient



Experimental and calculated gain curves



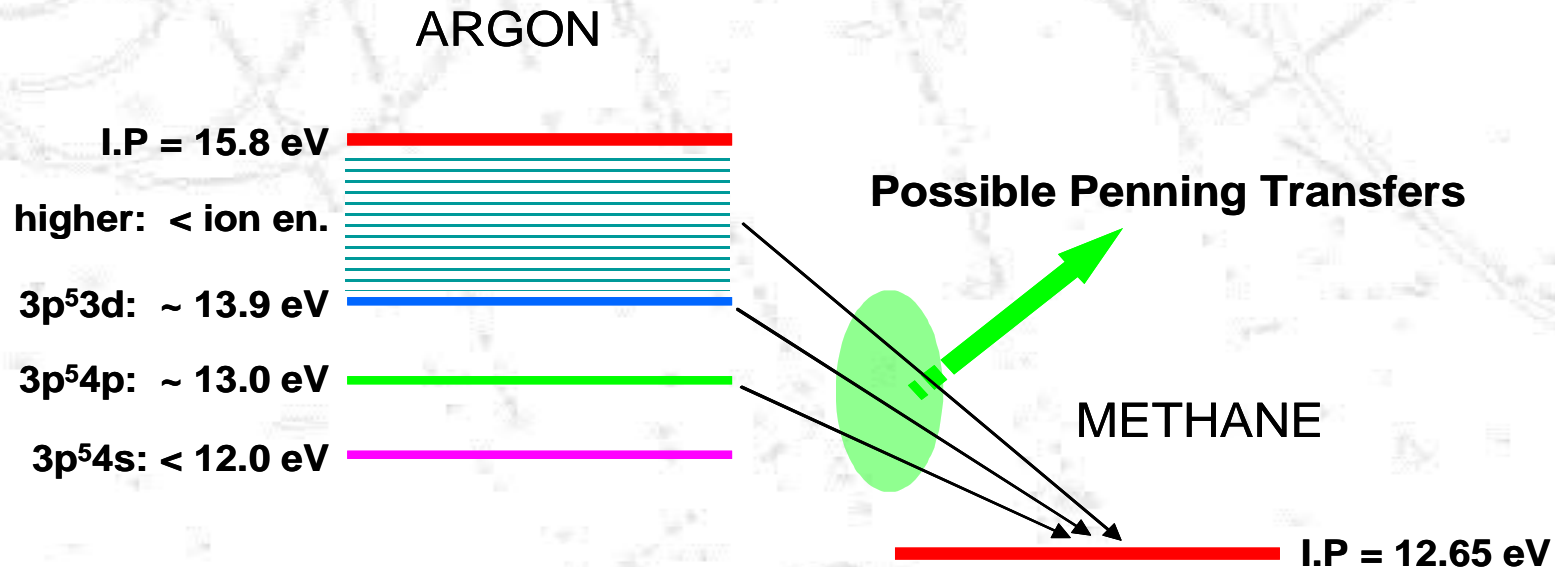
There may be many non-ionising interactions in avalanche formations. In such interactions some fraction of the energy is spent on the creation of short or long lived (metastable) excited states. Excited gas atoms or molecules can transfer their excess energy to ionise the other ones in the mixture by making collisions with them. Such an energy transfer is known as Penning effect and often occurs in the gas mixtures when the metastable excitation energy level of one gas component is energetically higher compared to the ionisation energy of the other gas component. These kinds of mixtures are also known as Penning gas mixtures which consist of a noble gas and an admixture at lower concentrations

Ö Şahin *et al*, *JINST*, 2010

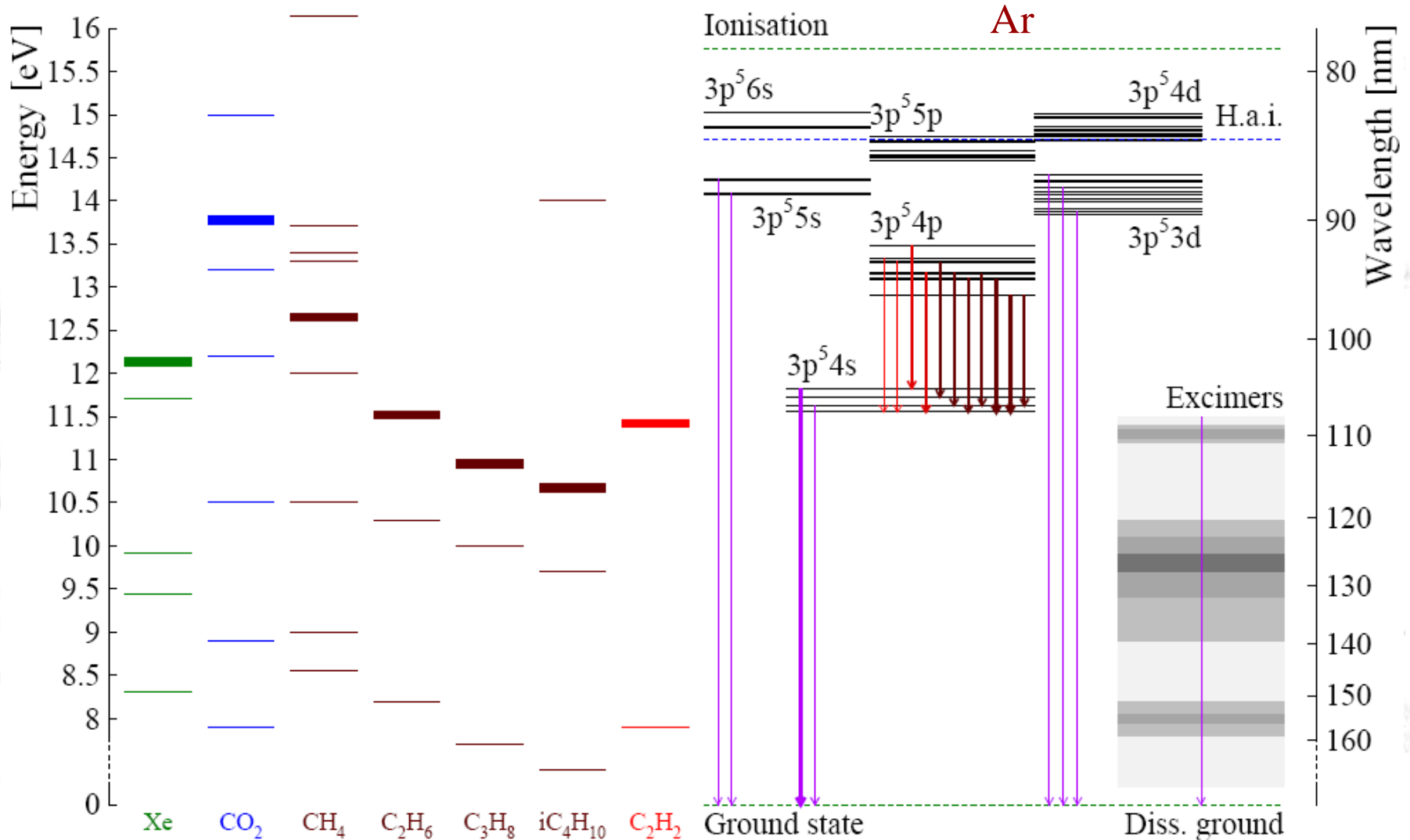
# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Simulasyon

**Penning Transfers:** In addition to direct ionising collisions, there may be many non-ionising interactions in which some fraction of the energy is spent on the creation of short or long lived excited states. If the energy stored in excited noble gas atoms is used efficiently for additional ionisations.

## Excitation and ionization levels for Argon and Methane



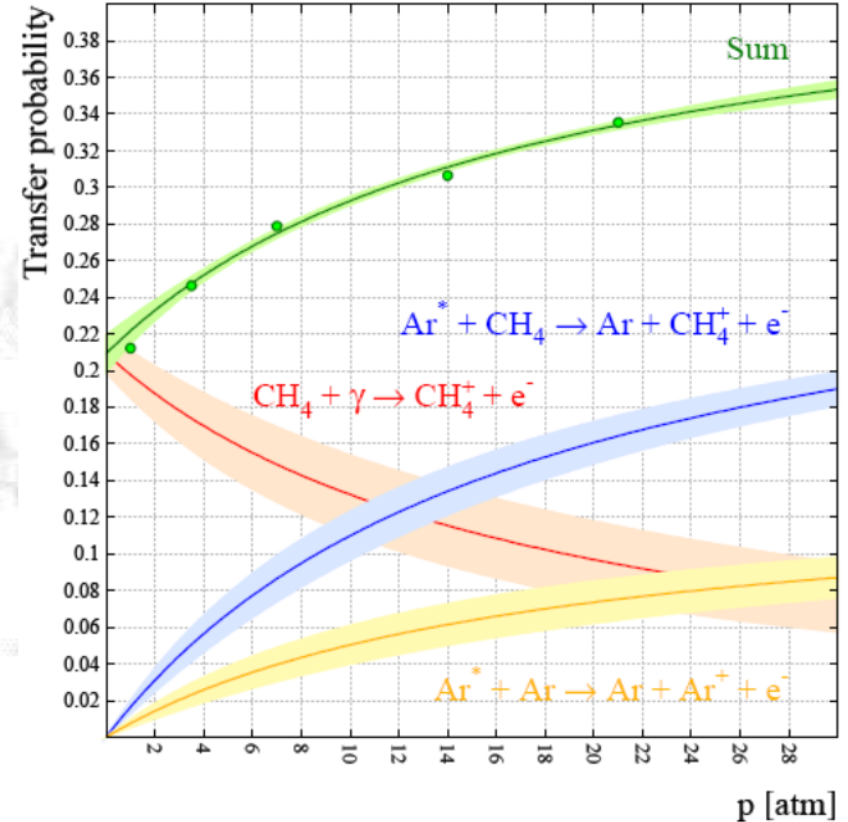
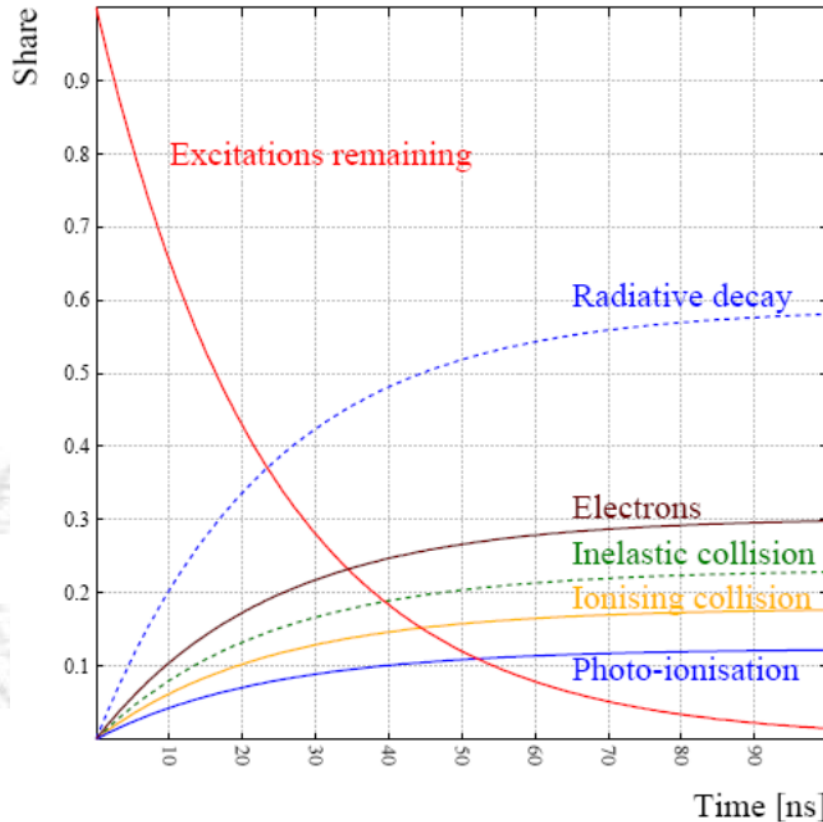
# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Simulasyon





# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Simulasyon

## Argon-methane mixtures

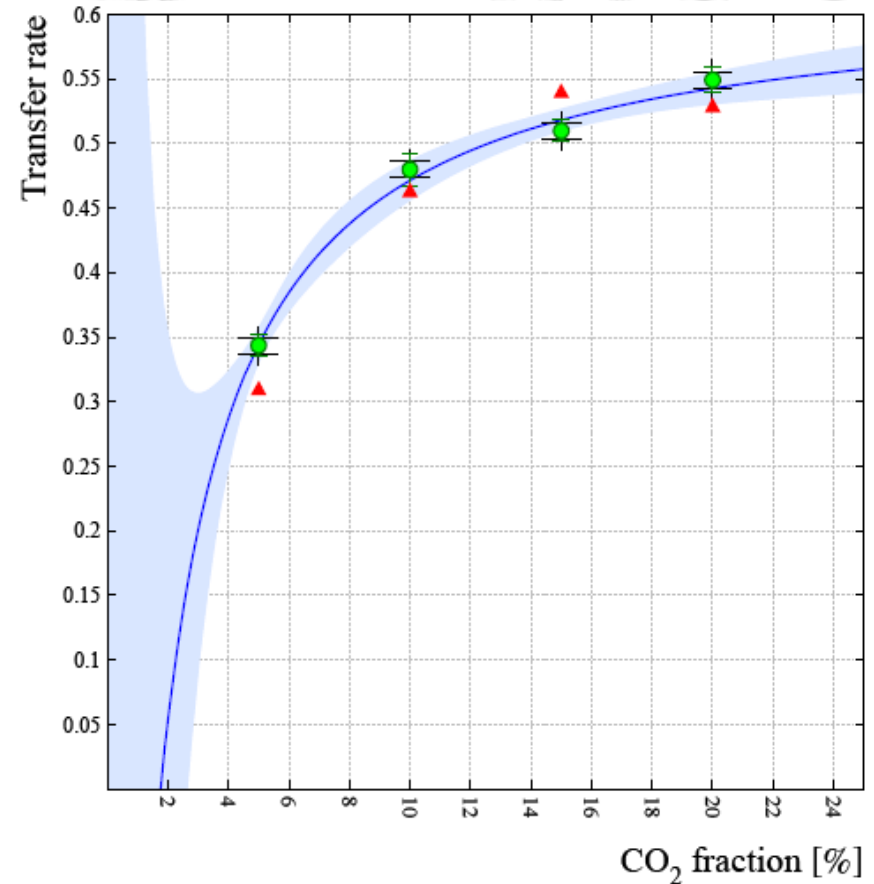
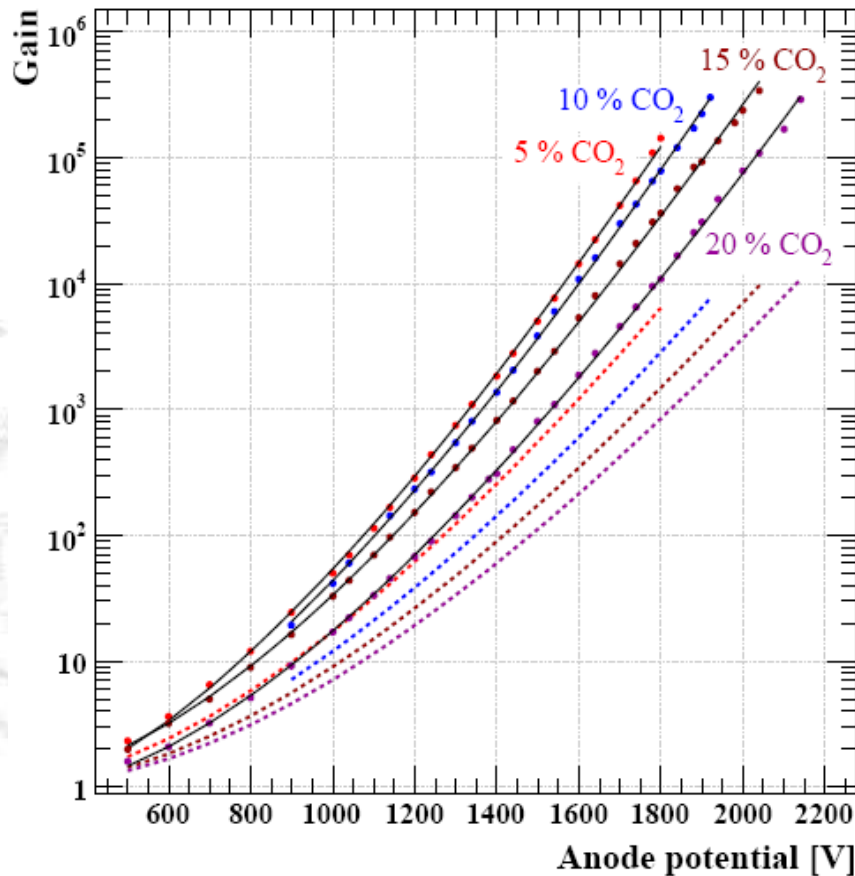


- ❖ Time evolution of the Penning transfer processes.
- ❖ Calculated from fit parameters, collision times and decay times.

- ❖ Contributions to the transfer rates:
- ❖ Collisional ionisation  $Ar^*-CH_4$ ,
- ❖ Radiative ionisation
- ❖ Hint of  $Ar^*-Ar \approx 1\%$  upper limit at 1 atm: 1.5-2%

# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Simulasyon

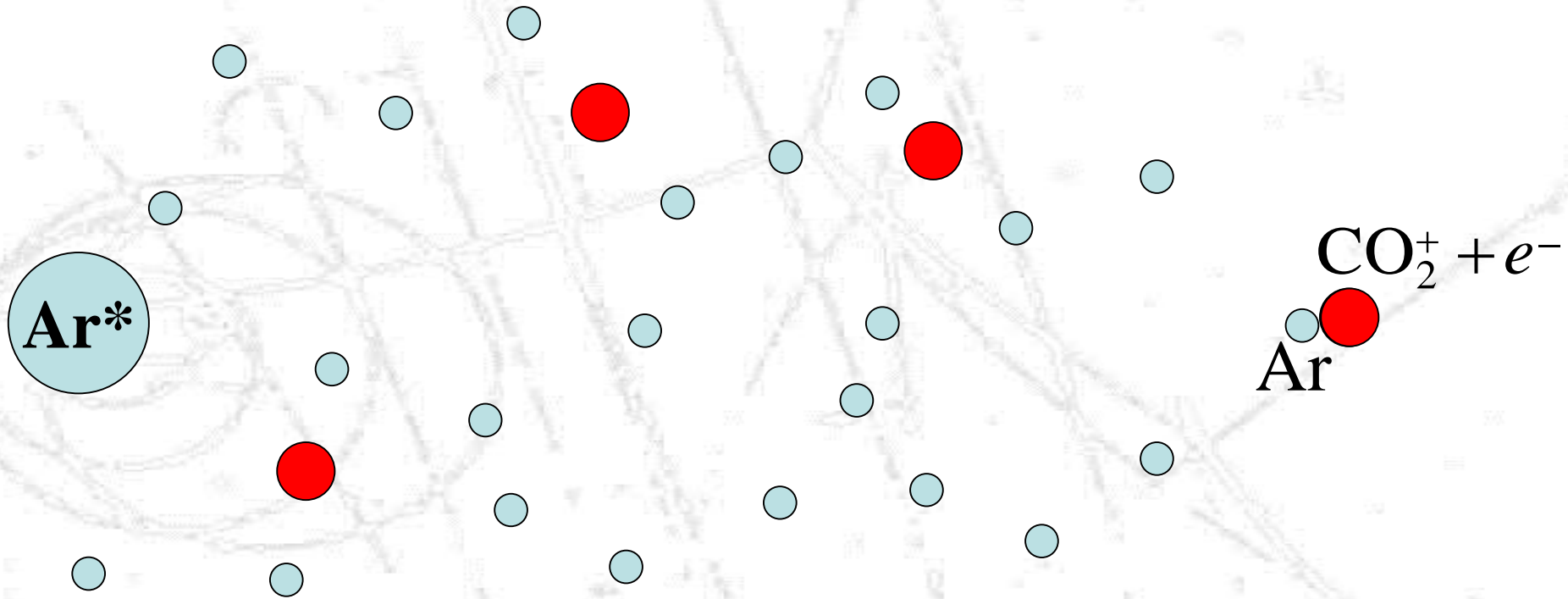
## Argon-carbon dioxide mixtures



- ❖  $1 \times 1.16 \text{ cm}^2$ ,  $50 \mu\text{m}$  anode diameter,  $p_{\text{gas}} = 1070 \text{ hPa}$
- ❖ no photon feedback,
- ❖ [T.Z. Kowalski *et al.* NIM A **323** (1992) 289–293.]
- ❖  $\epsilon_{4s}, \epsilon_{4p} < IP_{\text{CO}_2} (13.77 \text{ eV}) < \epsilon_{3d} \dots$
- ❖ loss of Ar\* via inelastic collisions,
- ❖ collisional ion. + loss prob.  $< 0.04$

# Collisional transfer

- Ar 90% - CO<sub>2</sub> 10%
- Duration: 2 ns



# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Simulasyon

## ❖ Townsend coefficient adjustment

$$\alpha_{Penning} = \alpha \frac{\sum v_i^{\text{ion}} + \sum r_i v_i^{\text{exc}}}{\sum v_i^{\text{ion}}} \quad G = e^{\int_{r_a}^{r_b} \alpha_{Penning}(E(r)) dr}$$

- ❖  $r_i$  transfer probabilities: assuming  $\alpha$  proportional to the sum of  $v_{\text{ion}}$ ,
- ❖  $\alpha, v_i$  : gas properties (pressure, temperature ...)
- ❖ calculated by Magboltz [S.F. Biagi, *NIMA* **421** (1999) 234–240]
- ❖  $r_a$  is the anode radius
- ❖  $r_b$  is the distance from the centre of the anode wire where  $\alpha(E(r))$  is zero

**Included to Garfield++**



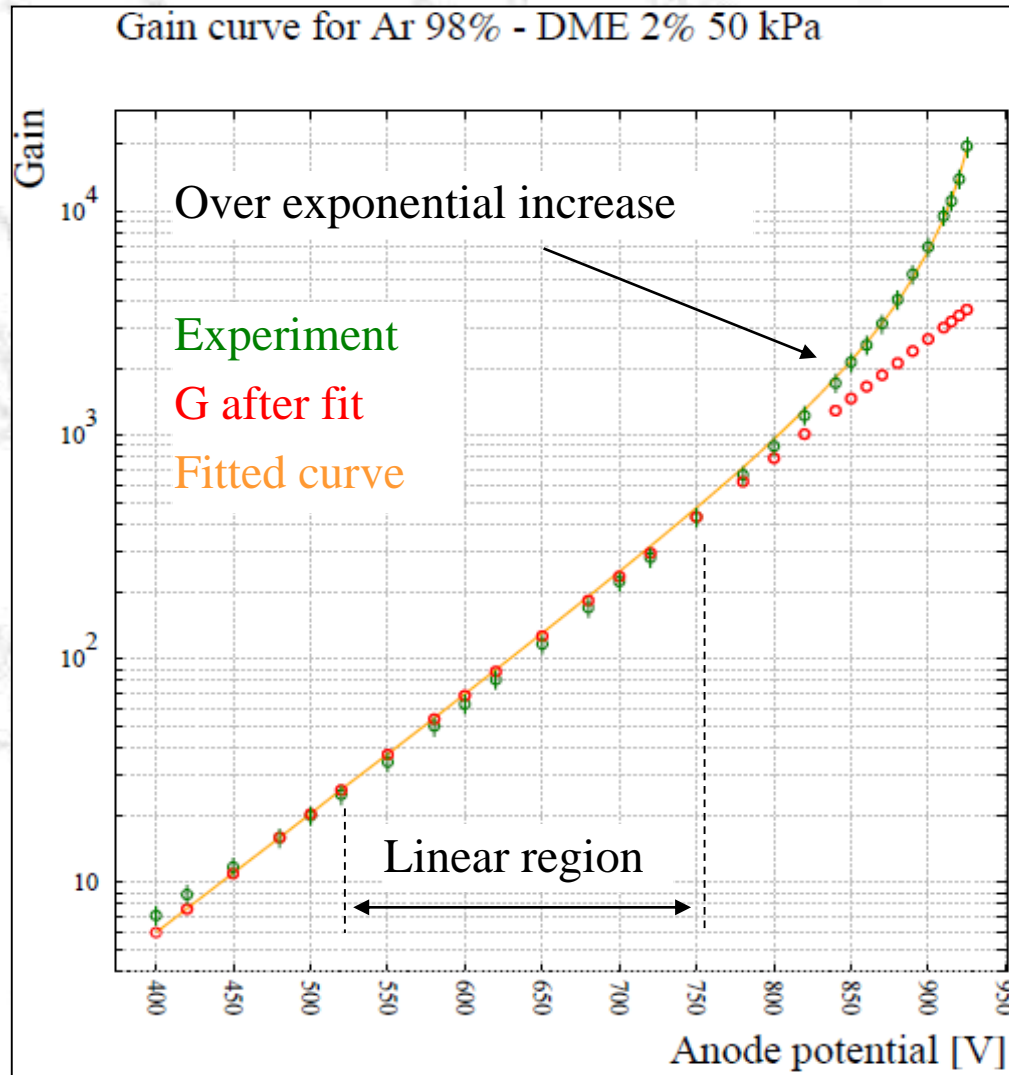
## Source of photon feedback

- ❖ Excited states ( $A^*$ )  $\Rightarrow$  radiative decay ( $A^* \rightarrow A + \gamma$ ),
- ❖ Photons  $\Rightarrow$  photo-electrons (from cathode and in gas itself),
- ❖ Secondary, delayed avalanches  $\Rightarrow$  over exponential increases at high gains:
  - ❖  $G \Rightarrow$  average avalanche size without feedback,
  - ❖  $\beta \Rightarrow$  number of secondary avalanches started by one avalanche electron,
    - ❖ electrons: 1<sup>th</sup> step  $\Rightarrow \beta G$ , 2<sup>nd</sup> step  $\Rightarrow \beta G^2$ , 3<sup>th</sup> step  $\Rightarrow \beta G^3$ , ...
    - ❖ Summing over each step:

$$G' = G + \beta G^2 + \beta^2 G^3 + \dots = G / (1 - \beta G)$$

- ❖  $G' \Rightarrow$  average avalanche size with feedback.

# U.Ü. Ekibinin çalışmaları- Simulasyon

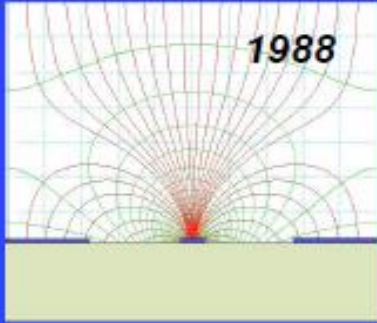


# Sonuç-yorum!

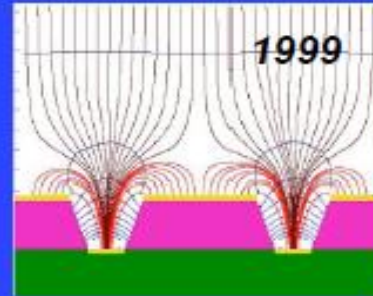


# Ek: MPGDs (Micro-Pattern Gas Detectors)

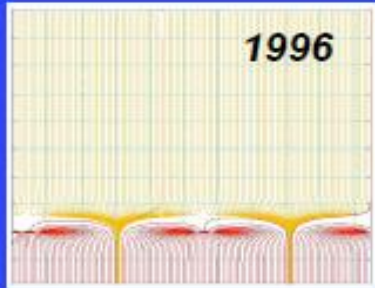
## MICRO-PATTERN GAS DETECTORS (MPGD)



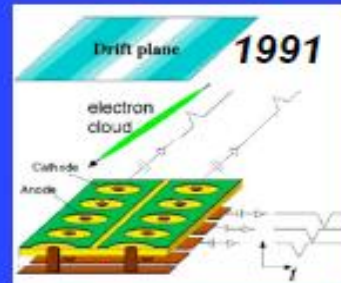
**MICROSTRIP  
GAS CHAMBER  
MSGC**



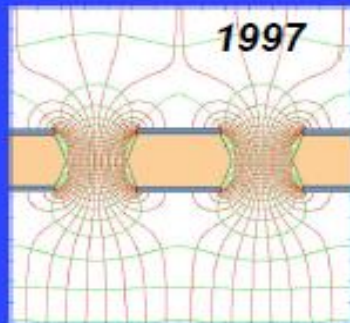
**MICRO-GROOVE  
CHAMBER**



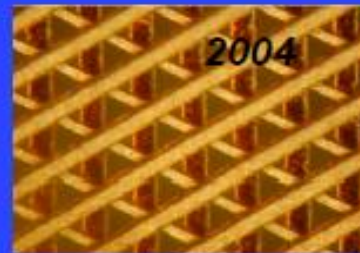
**MICROMEGAS**



**MICRO-PIXEL  
CHAMBER  
 $\mu$ -PIC**



**GAS ELECTRON  
MULTIPLIER  
GEM**



**FIELD GRADIENT  
LATTICE DETECTOR  
FGLD**



# Trends in tracking

## ▶ Intrinsic resolution:

- ▶ Geiger counter:  $\sim 1$  cm tube is hit or not
- ▶ MWPC:  $\sim 1$  mm detect which wire is hit
- ▶ drift chambers:  $150\text{-}250$   $\mu\text{m}$  measure drift time
- ▶ micropattern detectors:  $20\text{-}50$   $\mu\text{m}$  small scale electrodes

