



Hibrit RPC (Resistive Plate Chambers) Dedektörlerin Üretimi ve Testleri



Mehmet Tosun^{1,2,3}, Burak Bilki^{1,3,4}, Kutlu Kağan Şahbaz^{1,3,5}

¹ Beykent Üniversitesi, İstanbul

² Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

³ Turkish Accelerator and Radiation
Laboratory, Ankara

⁴ University of Iowa, Iowa City, USA

⁵ Ankara Üniversitesi, Ankara

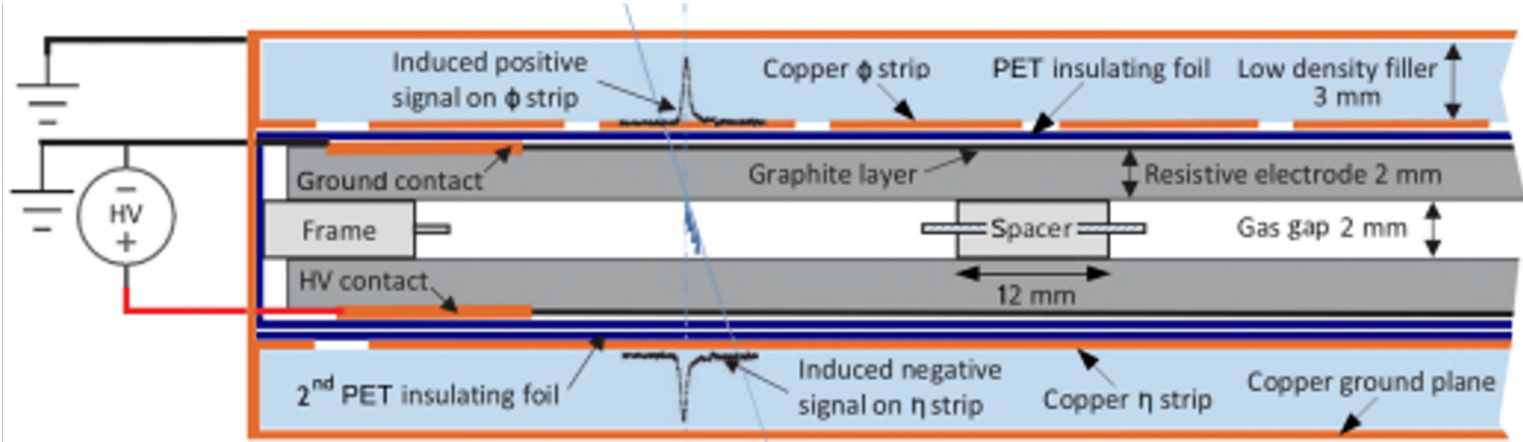


Parçacık Hızlandırıcıları ve Algıçlar Yerel Altyapı AR-GE Çalıştayı
3-4 Aralık, 2022
İstanbul, Türkiye



RPC (Resistive Plate Chambers) Nedir ?

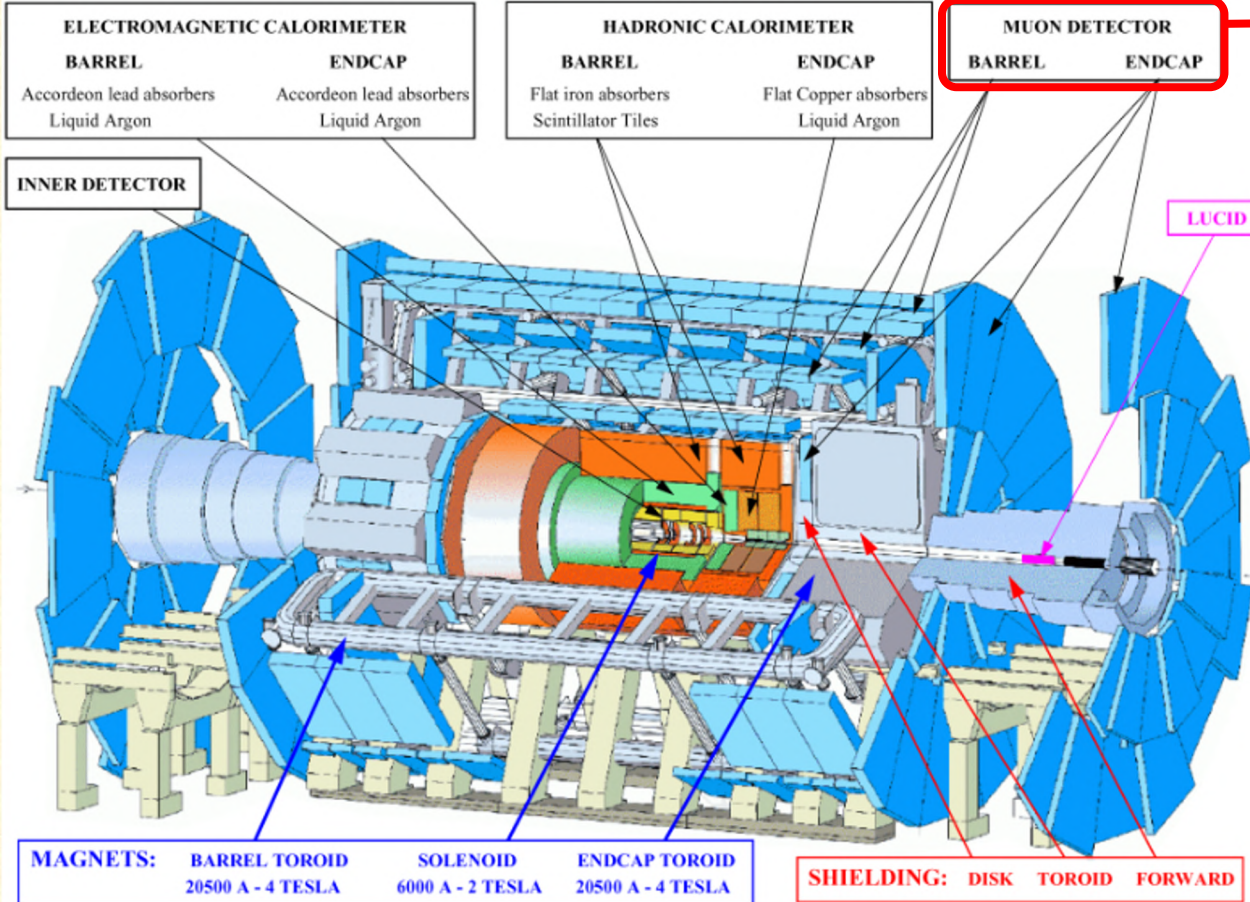
RPC dedektörleri, birbirine paralel katot ve anot yüzeyler arasında elektrik alan uygulayarak, bu katmanlar arasındaki gaz içerisinde iyonize edici bir parçacık geçtiğinde oluşan elektron-iyon çiftinin elektronlarını anoda doğru hızlandırma ve anot üzerinde önce indüklenen, sonra toplanan yükü okuma prensibi üzerine kurulu parçacık dedektörleridir. [1,2]



ATLAS RPC dedektör modülü

RPC'nin Önemi Nedir?

ATLAS DEDEKTÖRÜ



3650 m² ve 380 RPC

RPC'ler düşük maliyetleri, üretim ve işletim kolaylığından dolayı yüzlerce metrekarelik alanı kaplayan büyük deneylerin, özellikle de müon sistemlerinin vazgeçilmez bir parçasıdır [3].

CMS DEDEKTÖRÜ

CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 28.7 m
Magnetic field : 3.8 T

STEEL RETURN YOKE
12,500 tonnes

SILICON TRACKERS
Pixel ($100 \times 150 \mu\text{m}$) $\sim 1\text{m}^2 \sim 66\text{M}$ channels
Microstrips ($80 \times 180 \mu\text{m}$) $\sim 200\text{m}^2 \sim 9.6\text{M}$ channels

SUPERCONDUCTING SOLENOID
Niobium titanium coil carrying $\sim 18,000\text{A}$

MUON CHAMBERS
Barrel: 250 Drift Tube, 480 Resistive Plate Chambers
Endcaps: 540 Cathode Strip, 576 Resistive Plate Chambers

PRESHOWER
Silicon strips $\sim 16\text{m}^2 \sim 137,000$ channels

FORWARD CALORIMETER
Steel + Quartz fibres $\sim 2,000$ Channels

CRYSTAL
ELECTROMAGNETIC
CALORIMETER (ECAL)
 $\sim 76,000$ scintillating PbWO_4 crystals

HADRON CALORIMETER (HCAL)
Brass + Plastic scintillator $\sim 7,000$ channels

480 RPC orta silindir
576 RPC uç kapaklar

Hibrit RPC (Resistive Plate Chambers)

- Günümüz RPC dedektörlerinde ağırlıklı olarak Freon (r134a) ve SF₆ gibi gazlar kullanılmaktadır. Bu gazlar sera etkisi nedeniyle yakın gelecekte ya tamamen yasaklanacak ya da bu gazların kullanımları son derece kısıtlanacaktır. Bu nedenle, RPC'lerde, iyonizasyon ve elektron oklama yeteneği mevcut gazlardan daha düşük olan gazlar kullanılması gerekecektir.
- Parçacığı dedekte etmekte %95'in üzerinde yüksek verimliliğe sahip olan RPC dedektörlerinin özelliklerini sürdürebilmeleri için, gaz türünde ve/veya miktarında oluşacak yukarıda belirtilen önemli değişikliği telafi etmek gereklidir.

Gazlı Dedektörler İçin Alternatif Çevre Dostu Gazların Üretimi ve Performans Testleri ile İlgili Çalıştay

Mini-Workshop on gas transport parameters for present and future generation of experiments

📅 Thursday 22 Apr 2021, 09:00 → 20:00 Europe/Zurich

📍 remote-only

👤 Archana Sharma (CERN) , Davide Piccolo (INFN e Laboratori Nazionali di Frascati (IT)) , Piet Verwilligen (Universita e INFN, Bari (IT)) ,
Rob Veenhof (Uludag University (TR)) , Roberto Guida (CERN)

Description A large range of gases has been now constrained due to renewed sensitivity to climate change and environment. This has resulted in new rules and policies for environment safety vis-à-vis gases containing greenhouse gases for the large experiments at CERN, hence that will be one of the main focus. If you wish to contribute please get in touch with the convenors.

Registration

🔗 Registration form for the mini-workshop on gas transport paramteters

👤 217

📄 Register

Participants

👤 Abhi Modak 🇮🇳 Abhik Jash 🇷🇺 Aleksandar Aleksandrov 🇮🇹 Alessandra Pastore 🇮🇹 Alessandro Rocchi
🇷🇺 Alexander Akindinov 🇩🇪 Alexander Deisting 🇮🇳 Amrutha Samalan 🇬🇷 Anatoli Romaniouk 🇦🇹 Andreas Wagner

Support

✉ florian.brunbauer@cern.ch
✉ eraldo.oliveri@cern.ch

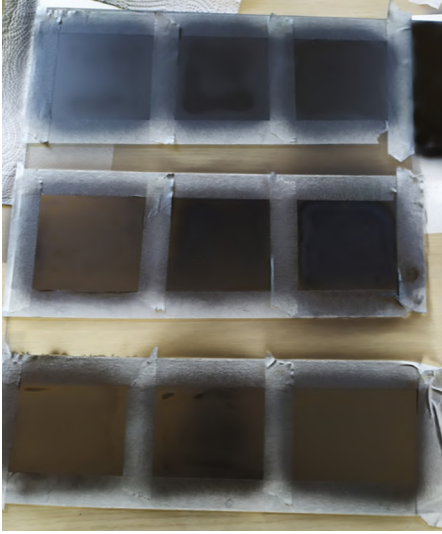
<https://indico.cern.ch/event/1022051/sessions/391807/#20210422>

- Bu çalışma ile, elektron çoklama mekanizması gaz katmanından, anot üzerine kaplanacak ikincil elektron çoklama yeteneği yüksek malzeme katmanına kaydırılacaktır. Böylelikle daha farklı ve az miktarlarda gazlar ile mevcut RPC performansı korunarak daha çevre dostu RPC dedektörleri elde edilecek. Amacımız bu çevre dostu RPC sistemlerinin büyük deneylerde kullanılmasını sağlamaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

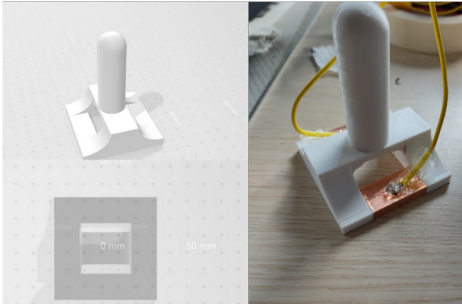
- Öncelikli olarak standart tek ve çift camlı RPC'ler tarafımızdan üretilmiş olup performansları daha önce üretilmiş olan RPC performansları [2, 4-9] ile karşılaştırılmıştır.
- RPC performans ölçümlerinin ardından anot yüzey Al_2O_3 ve TiO_2 gibi ikincil elektron çoklama özelliği yüksek maddeler ile, magnetron saçtırması yöntemiyle çeşitli kalınlıklarda kaplanmış ve performans testleri gerçekleştirilmiştir.
- Performans testleri için öncelikle laboratuvarımızda kurduğumuz kozmik müon test istasyonu kullanılmış, en yüksek performanslı RPC'ler Fermilab'da parçacık ışınlarıyla test edilmiştir.

RPC Cam Elektrot Üretim Çalışmaları

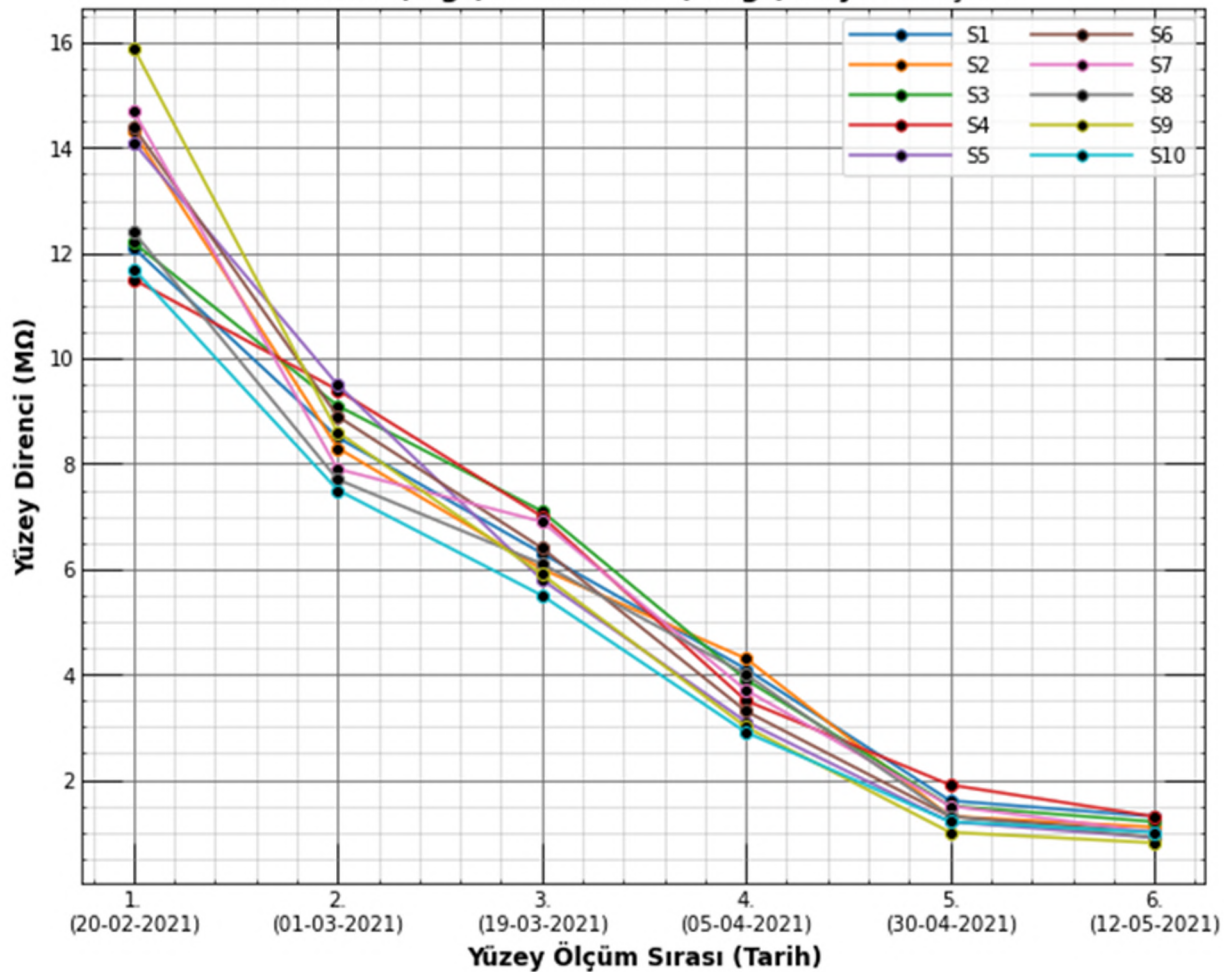


- Cam elektrotların hedef yüzey direnci $0.8-1.5 \text{ M}\Omega/\square$ olarak belirlendi. Bunun için biri iletken, diğeri yalıtkan iki su bazlı boya karışımı kullanıldı. Daha sonra bu boya karışımı hava tabancası kullanılarak cam numunelere uygulanmıştır.
- Cam elektrotlar, yüzey direnci hava koşullarına bağlı olarak değiştiği için **temiz odada** ve oda sıcaklığında saklandı.
- En etkili yüzey direncini elde etmek için çok sayıda karışım üzerinde ölçümler yapıldı ve istenen yüzey direnci aralığı $0.8-1.5 \text{ M}\Omega/\square$ olarak elde edildi.

Yüzey Direnci Ölçüm Cihazı

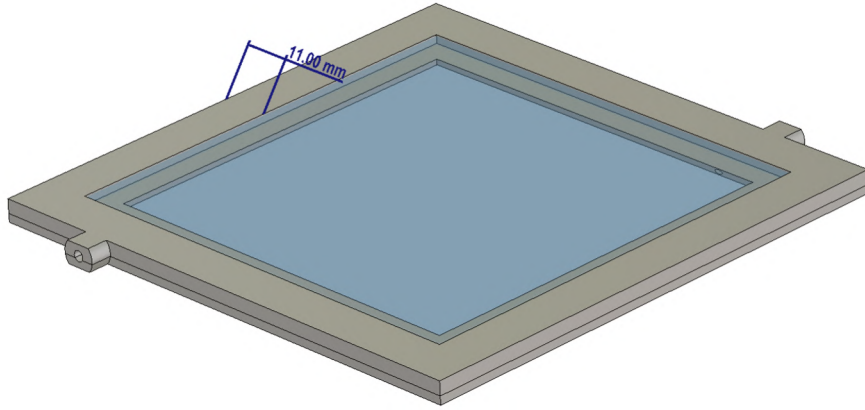
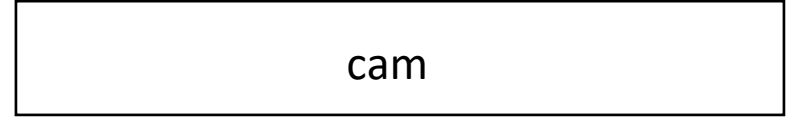


Ekoline (1 gr)+Indian ink (20 gr) Boya Karışımı



RPC Çerçevesi

			1 mm
			1
			1.3
			1
			1
2 mm	2	5	



Birkaç farklı çerçeve tasarımı geliştirilmiş ve bu çerçeveler 3d yazıcı ile basılmıştır.

Tasarımlar temel olarak gaz giriş çıkışlarının yeterli açıklıkta olması ve gaz katmanı kalınlığının düzenli olması için optimize edilmiştir.

RPC Sinyal Okuma Kartı

1. 10 cm x 10 cm x 1.5 mm FR4 levhalar kesilir. Elektronik kontak için 3 mm çapında delik açılır.

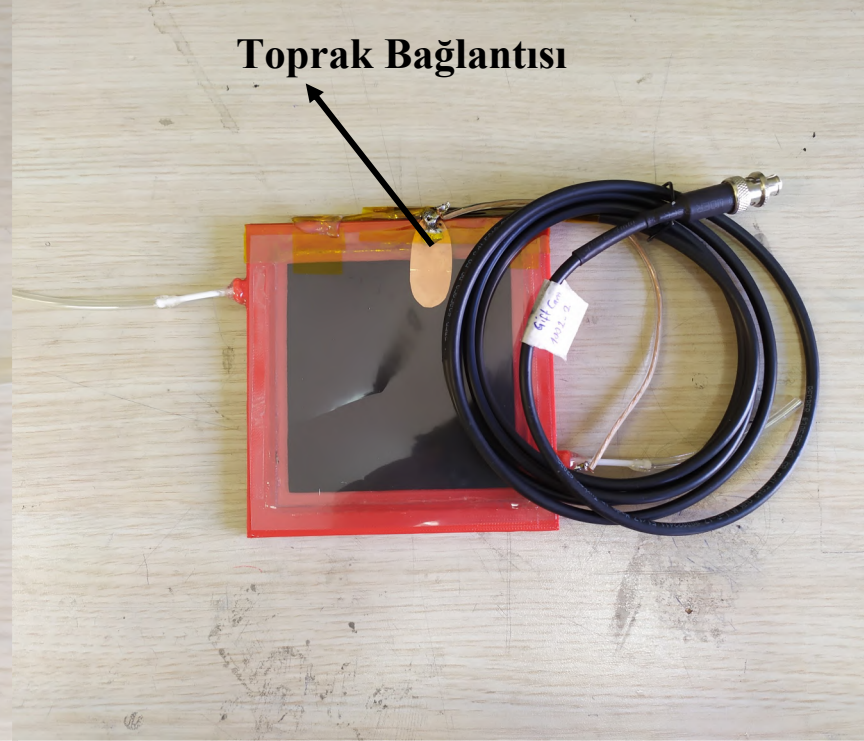
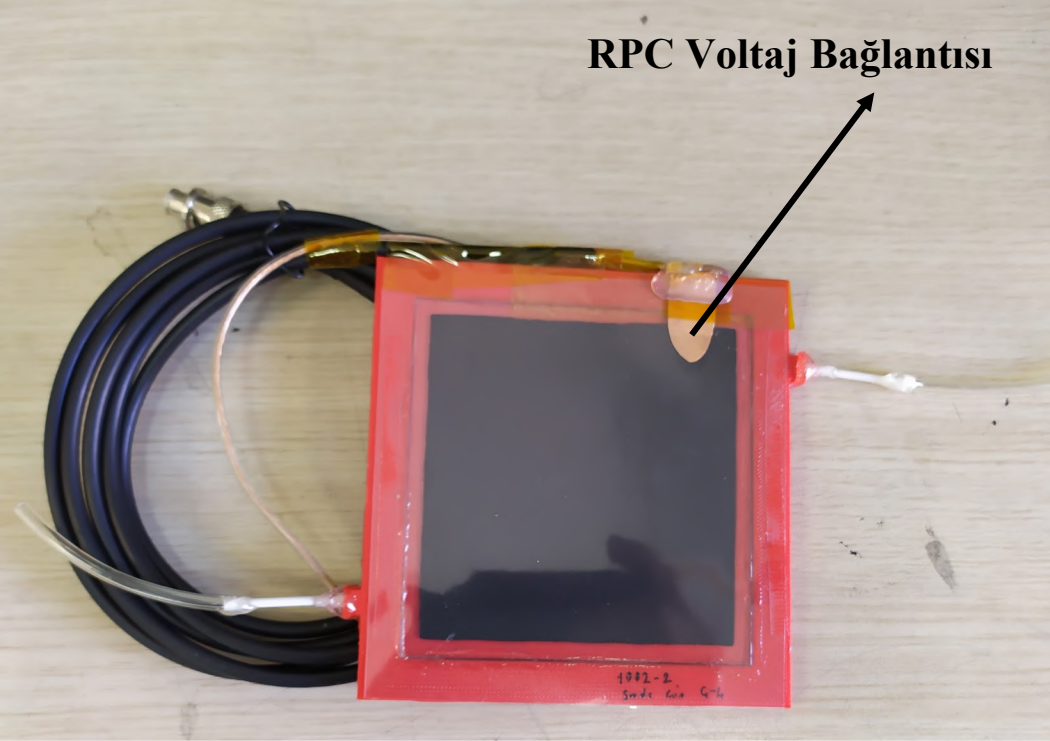
2. 9 cm x 9 cm x 0.6 mm bakır levha kesilir. Yüzey ve kenar kalitesi çok önemlidir.

3. Bakır levha ve FR4 epoksi ile yapıştırılır. Tam yapışma için 1 gün beklenir ve sonra kullanıma hazır hale gelir.

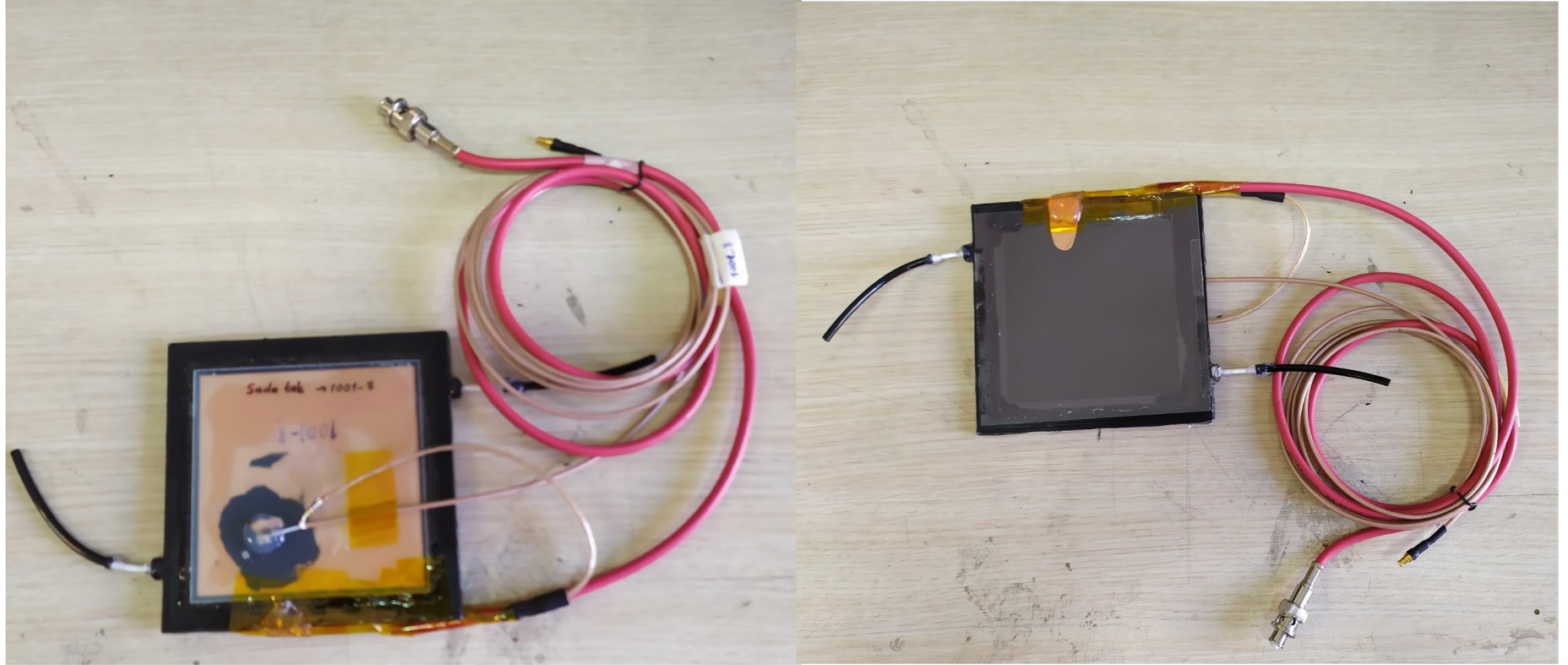
Sinyal Kontak Noktası



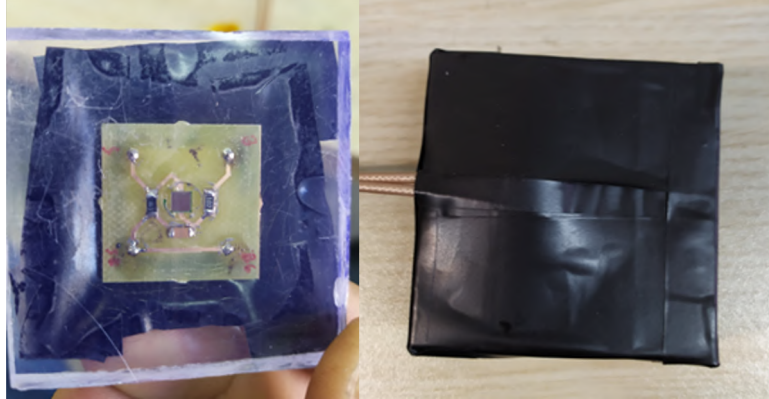
Standart 2-Camlı RPC Dedektörü



Standart 1-Camlı RPC Dedektörü

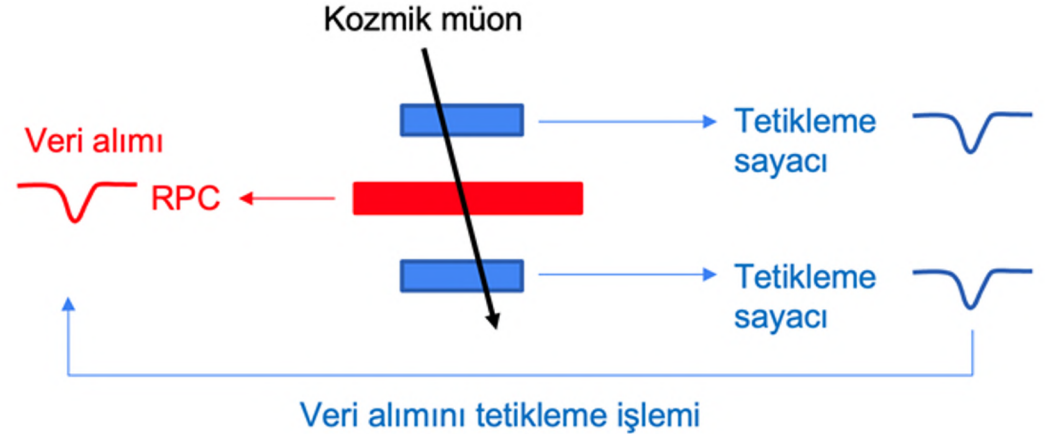


Kozmik Müon Test İstasyonu Tetikleme Sayaçları



Çeşitli boyutlarda tetikleme sayaçlarıyla kozmik müonlar için tetikleme sağlanır.

Sayaçlar, ışık geçirmez bir hazne içerisine yerleştirilmiş bir sintilatör ve fotoçoklayıcı tüpten veya SiPM'den (Silikon fotoçoklayıcı) oluşur. Elektronik ve mekanik bileşenler ekibimiz tarafından tasarlanıp üretilmiştir.

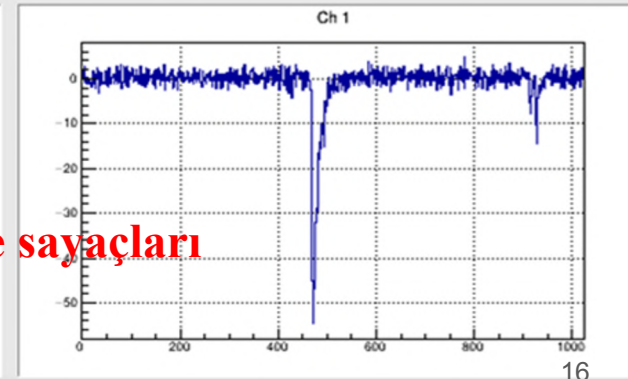
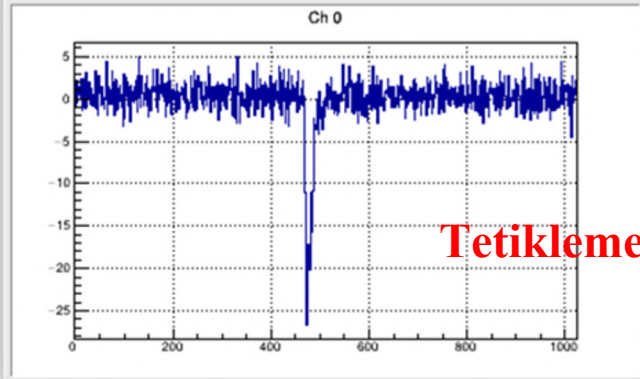
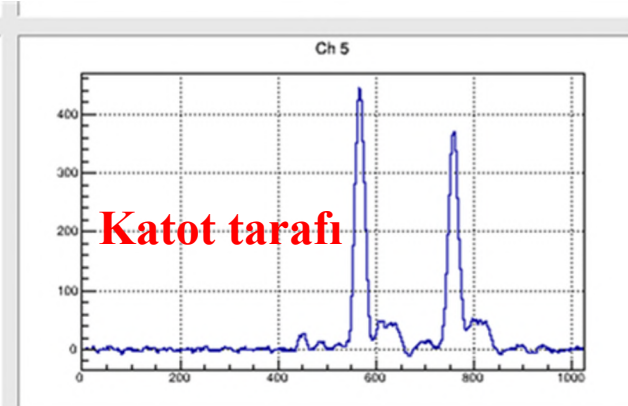
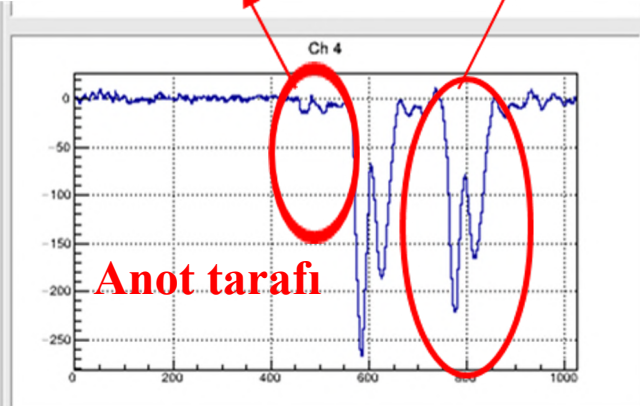


Çift Camlı RPC Dedektörünün Sinyali

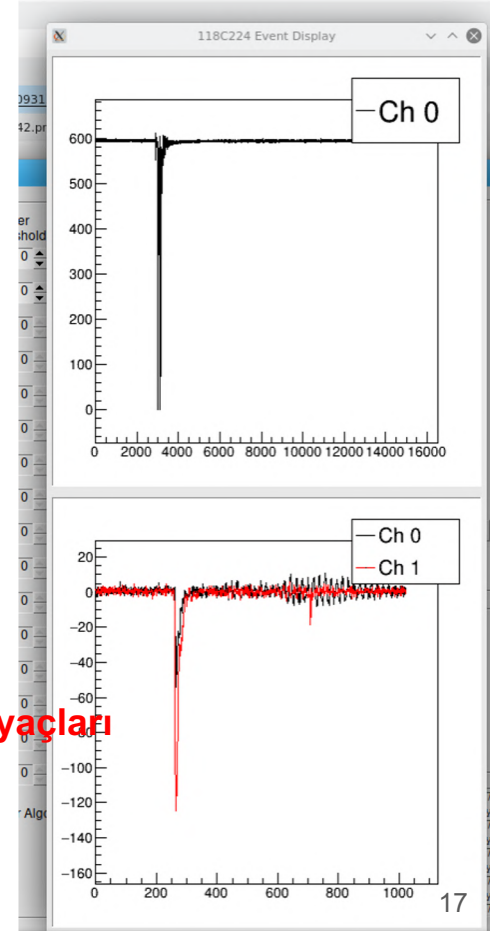
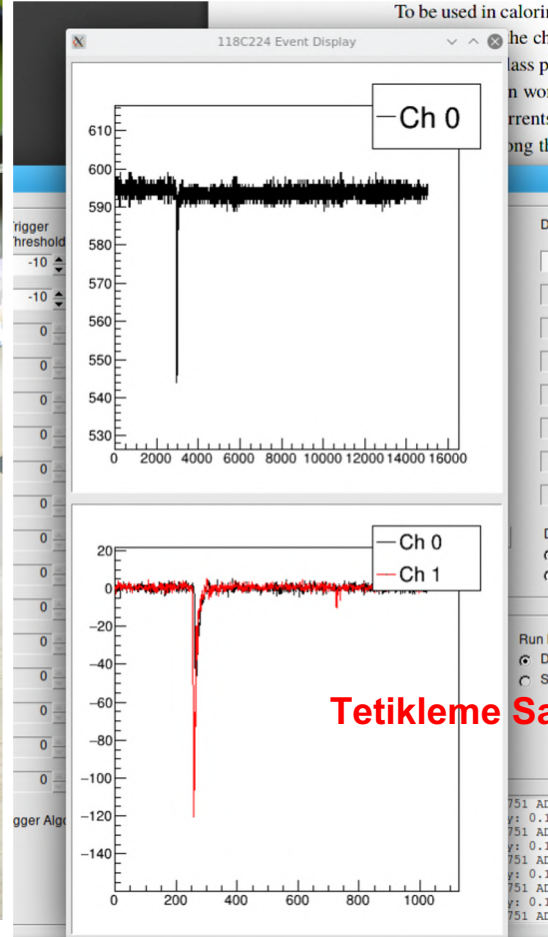
Avalanche (Çığ)

Streamer

Kozmik münön test istasyonu



Tek Camlı RPC Dedektörünün Sinyali



Yüzey Kaplama

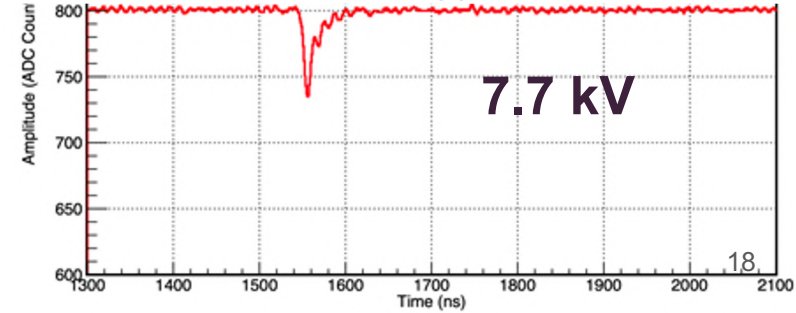
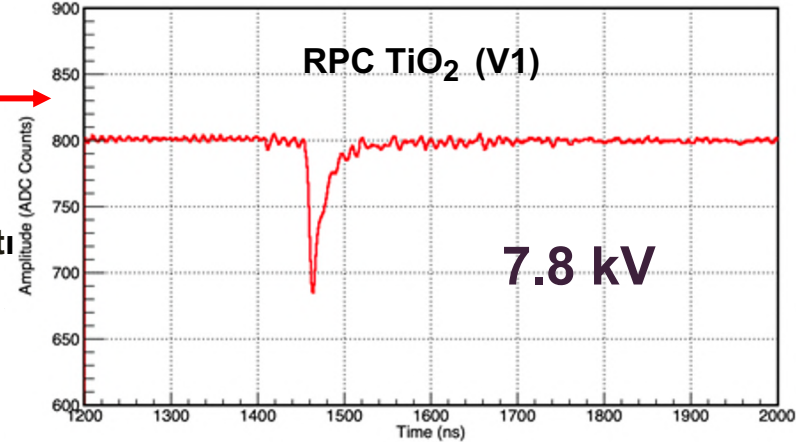
- Pek çok tek camlı RPC dedektörü ürettik.
- Bir kısım tek camlı RPC'lerin sinyal okuma kartlarını, Gazi Üniversitesi Fotonik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde magnetron püskürtme ile Al_2O_3 kapladık. (<https://fotonik.gazi.edu.tr/>).
- Diğer bir kısım tek camlı RPC dedektörünün sinyal okuma kartlarını ise hava tabancası kullanılarak ethanol içinde çözülmüş TiO_2 ile kapladık.



Kozmik müon tepkisi

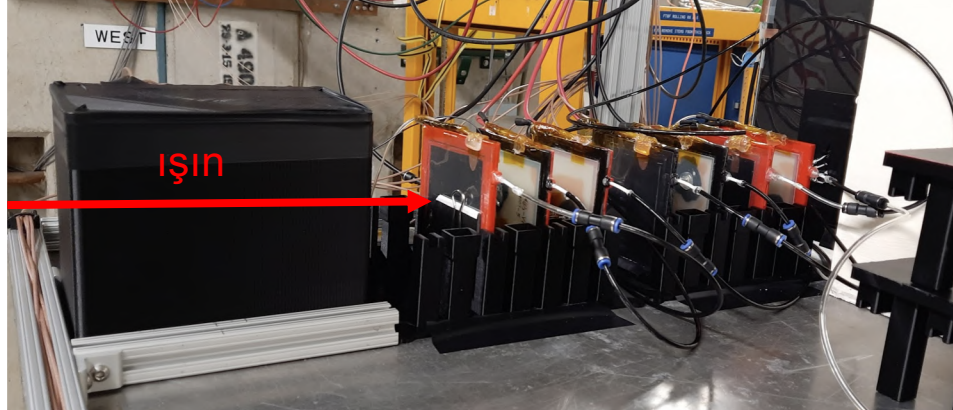
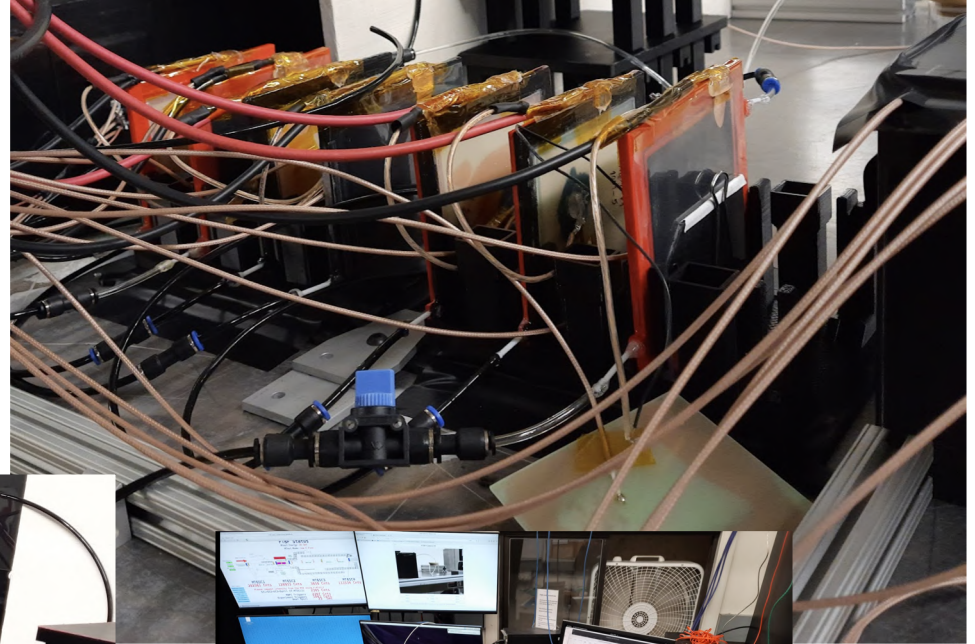
Al_2O_3 ile kaplanmış sinyal okuma kartı

TiO_2 ile kaplanmış sinyal okuma kartı



Birinci Nesil Hibrit RPC Dedektörlerinin Işın Testleri

- Birinci nesil hibrit RPC'ler ve standart RPC'ler Fermilab'da 30 GeV müonlarla test edildi.
- Gaz karışımı olarak CALICE DHCAL RPC gaz karışımı R134A : İzobütan : SF6; 94.5 : 5.0 : 0.5 kullanıldı.
- Gaz akış hızı 2-3 cc/dk (nominal 5 cc/dk'dan daha düşük).

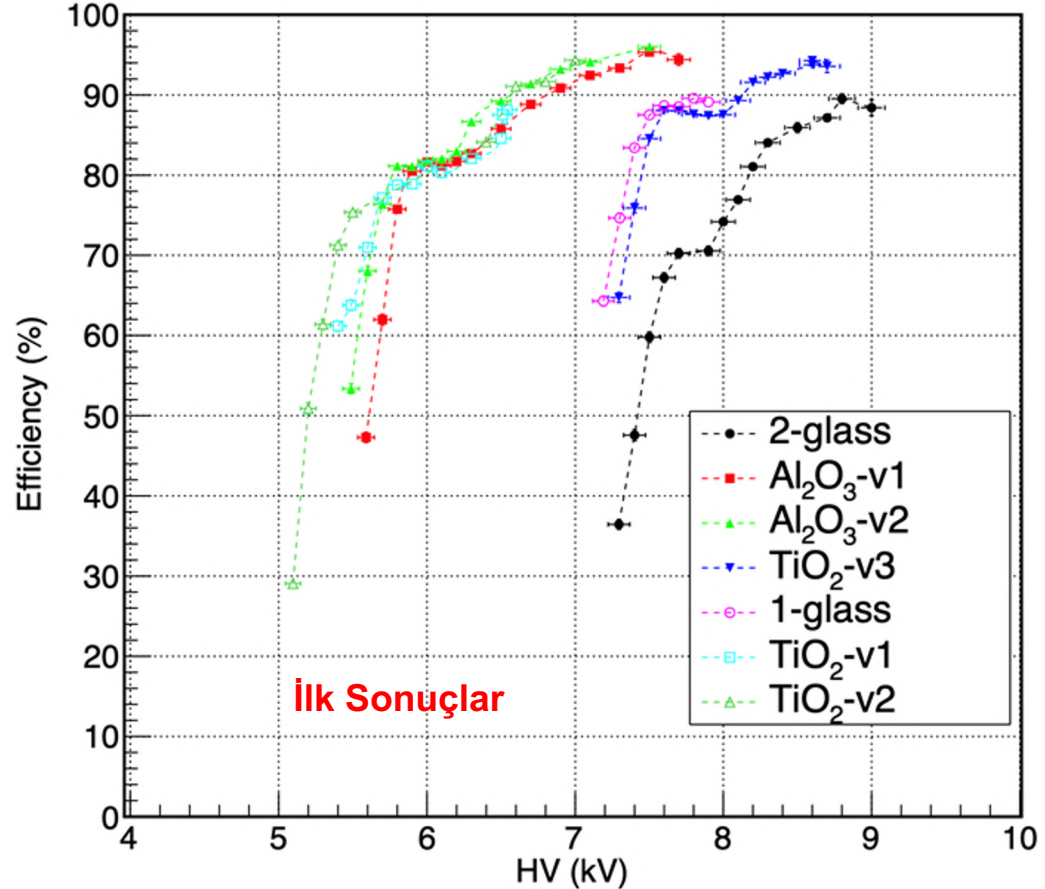


Birinci Nesil Hibrit RPC Dedektörlerinin Işın Testleri

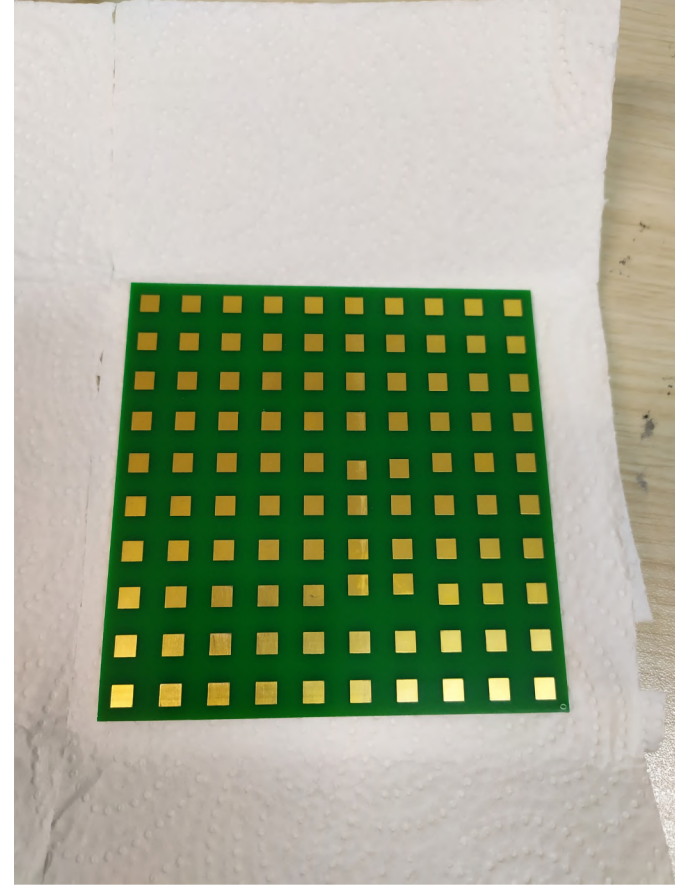
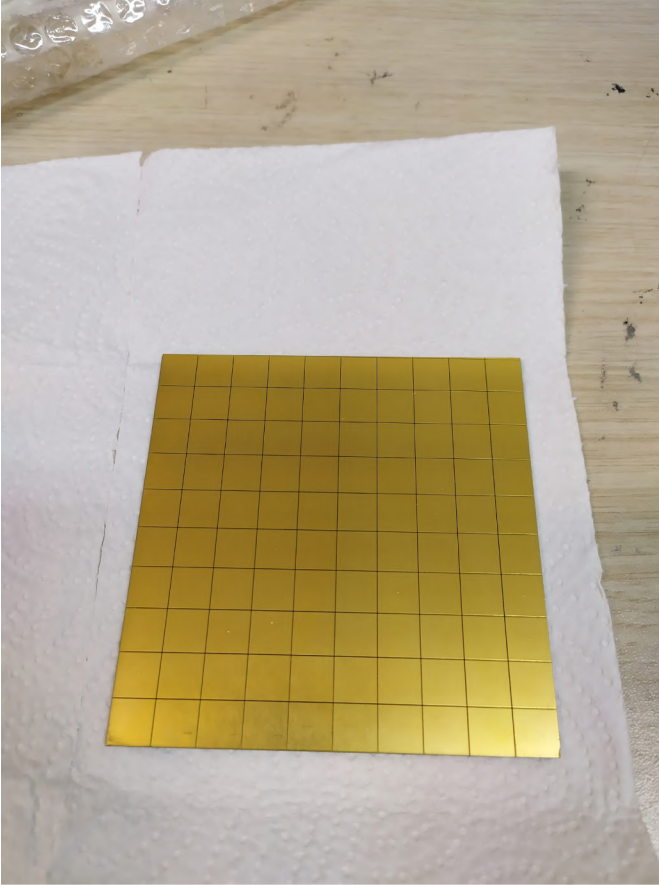
Test Edilen RPC'ler

- 2-Camlı RPC
- 1-Camlı RPC
- 500 nm Al_2O_3 (v1)
- 350 nm Al_2O_3 (v2)
- 1 mg/cm^2 TiO_2 (v1)
- 0.5 mg/cm^2 TiO_2 (v2)
- 0.15 mg/cm^2 TiO_2 (v3)

İlk sonuçlar ikincil elektron çoklama katmanlarının performansını doğrulamaktadır.



Çok Kanallı RPC Üretimi

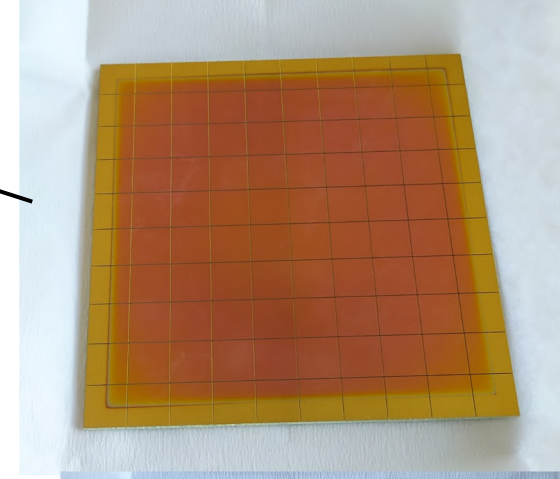


Çok Kanallı RPC Üretimi

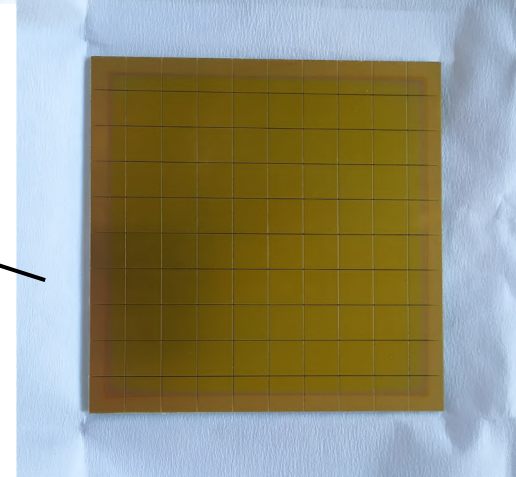
Yapılacak çok kanallı RPC'ler

- Tek camlı RPC
 - 300 nm Al_2O_3
 - 500 nm Al_2O_3
 - 300 nm TiO_2
 - 300 nm ZnO
 - 1 mg/cm² TiO_2 (v1)
 - 0.5 mg/cm² TiO_2 (v2)
- Magnetron Püskürtme Yöntemi**
- Ethanol içinde çözülmüş TiO_2**

300 nm TiO_2



500 nm Al_2O_3



Sonuçlar

- RPC'ler gerek operasyonel dedektör sistemlerinin gerekse gelecek deneylerin vazgeçilmez bileşenlerindedir.
- RPC'lerde kullanılan gazların sera etkisinin yüksek olmasından dolayı, bu gazlar yakın gelecekte ya son derece kısıtlı miktarlarda kullanılacak ya da tamamen yasaklanacaklardır.
- RPC ArGe grupları olarak dünya genelinde çeşitli fikirleri test etmekteyiz.
- Ekibimiz tarafından geliştirilen tasarım, gaz katmanındaki elektron çoklamasının bir kısmını, anot yüzey üzerine kaplanan ikincil elektron çoklama yeteneği yüksek malzemelere kaydırarak gazlar üzerindeki ağır gereksinimleri hafifletmek üzerinedir (hibrit RPC'ler).
- Geliştirilen birinci nesil hibrit RPC'lerin laboratuvar ve ışın testleri gerçekleştirilmiş, tasarım, üretim ve çalışma prensipleri doğrulanmıştır.
- ArGe'nin sonraki aşamalarında çok kanallı okuma gerçekleştirilecek, pozisyon çözünürlüğü ve anot kaplama kalınlığına bağlı sistematik performans parametreleri ölçülecektir. Büyük boyutlu hibrit RPC üretimi de yakın gelecekte gerçekleştirilmelidir.

Referanslar

1. R. Santonico and R. Cardarelli, “Development of Resistive Plate Counters”, Nucl. Instrum. Meth. 187, 377, 1981.
2. G. Drake et al., “Resistive Plate Chambers for Hadron Calorimetry: Tests with Analog Readout”, Nucl. Instr. And Meth. A 578, 88, 2007.
3. A. M. Sirunyan et al., “Performance of the CMS muon detector and muon reconstruction with proton-proton collisions at $\sqrt{s}=13$ TeV”, JINST 13 P06015, 2018.
4. B. Bilki et al., “Measurement of the rate capability of Resistive Plate Chambers”, JINST 4 P06003, 2009.
5. N. Johnson et al., “Electronically Conductive Vanadate Glasses for Resistive Plate Chamber Particle Detectors”, Int. J. Appl. Glass Sci., 6 [1] 26-33, 2015.
6. M. Affatigato et al., “Measurements of the rate capability of various Resistive Plate Chambers”, JINST 10 P10037, 2015.
7. B. Bilki et al., “Tests of a novel design of Resistive Plate Chambers”, JINST 10 P05003, 2015.
8. C. Adams et al., “Design, construction and commissioning of the Digital Hadron Calorimeter – DHCAL”, JINST 11 P07007, 2016.
9. B. Bilki et al. “Calibration of a digital hadron calorimeter with muons”, JINST 3 P05001, 2008.