

Parçacık Hızlandırıcıları ve Algıçları Yerel Altyapı ve Ar-Ge Çalıştayı

İstanbul BİLGİ Üniversitesi
Yüksek Enerji Fiziği Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEFAM)



İstanbul
Bilgi Üniversitesi

TÜRKİYE ENERJİ, NÜKLEER MADEN ARAŞTIRMA KURUMU
NÜKLEER ENERJİ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ
İstanbul Yerleşkesi
NÜKLEER FİZİK BİRİMİ



DÜŞÜK ENERJİLİ İYON HIZLANDIRICILARI

Doç. Dr. Recep BIYIK

recep.biyik@tenmak.gov.tr



HIZLANDIRICILAR

Sames KS-400 ve Sames J-150 Düşük Enerjili İyon Hızlandırıcıları



Sames KS-400



Sames J150



HIZLANDIRICILARIN GENEL KAREKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Hızlandırıcılar özel olarak D/D ve D/T reaksiyonları ile nötron üretimi için dizayn edilmiş.

Bununla birlikte proton hızlandırıcısı olarak da kullanabilmektedir.

Uygulamalar

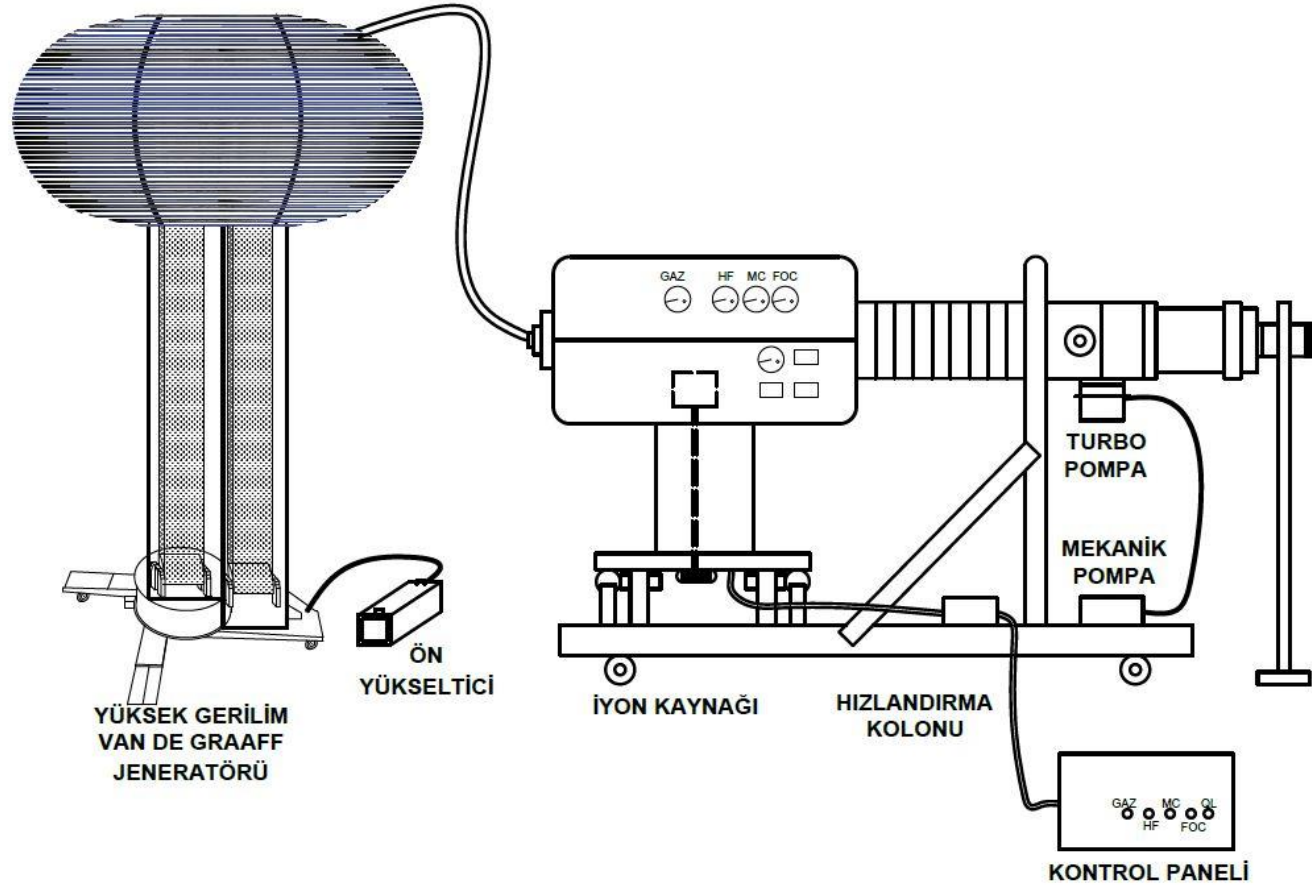
- Nötron difüzyon
- Nötron tahrikli çekirdek reaksiyonları
- Hafif çekirdek proton reaksiyonları
- Fast nötron radyografi
- Radyoizotop üretimi
- Aktivasyon Analizi
- Moderatör veya zırlama çalışmaları
- Sub-critical sistemler...

Karakteristik Özellikler			J-15	KS-400
Yüksek Voltaj Jeneratörü	Voltaj	kV	150	400
	Akım	mA	1.5	2
Yüksek voltaj hassasiyeti		%	<1	<1
tek atomlu iyon yüzdesi		%	>80	>80
Iyon akımı	Sürekli	mA	1.5	2
	Puls	mA	1.5	3
Demet çapı		mm	5-25	
Soğutma	su	Gall/min	2.2	2.5
Mains Supply	Voltage	V	3-phase 110-220 V veya 220/380 V	3-phase 110-220 V veya 220/380 V
	Frekans	C/s	50	50
	Güç tüketimi	kVA	4	5
Nötron akısı	D/D	n/sec	10 ⁹	8x10 ⁹
	D/T	n/sec	10 ¹¹	5x10 ¹¹



HIZLANDIRICI BİLEŞENLERİ

ALÇAK ENERJİLİ İYON HIZLANDIRICISI SAMES J - 15



• 1-Ana hızlandırma ünitesi

- İyon Kaynağı
- Hızlandırma Kolonu
- Demet Yönlendirme Elemanları
- Vakum Sistemi
- Su Soğutma Sistemi

• 2- Yüksek Gerilim Ünitesi

• 3-Kontrol ünitesi



Ana Hızlandırma Ünitesi

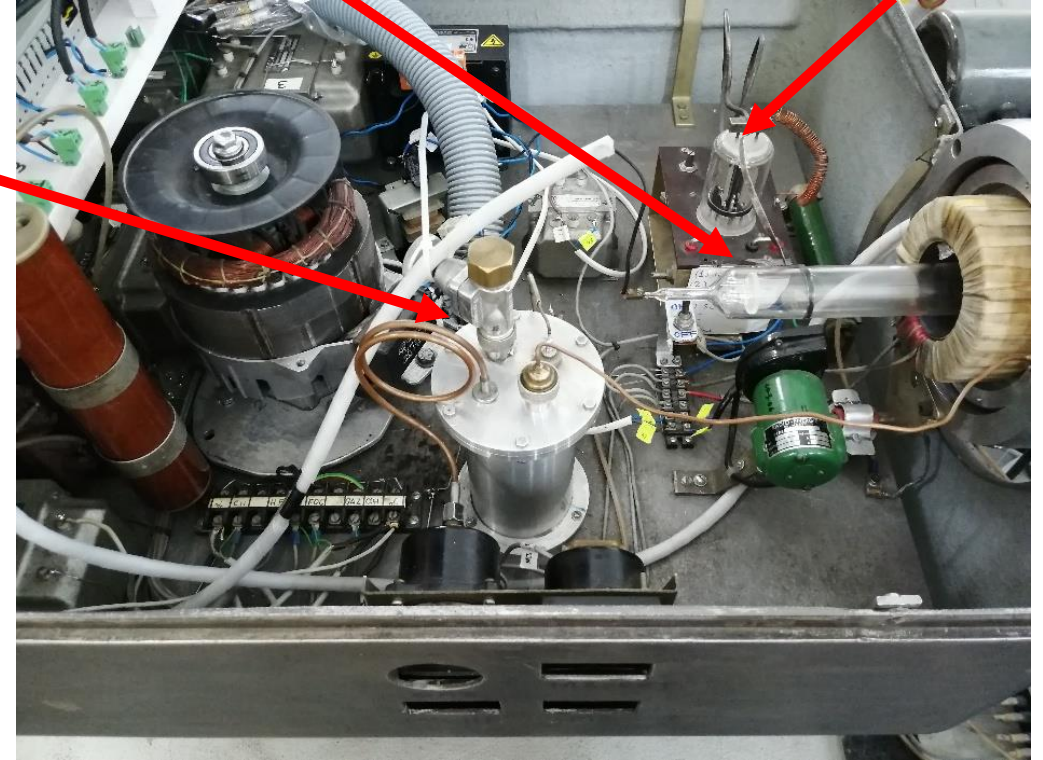
• İyon Kaynağı elemanları;

- Osmoregülatör,
 - quartz malzemedan yapılan plazma tüpü,
 - yüksek frekans kaynağı (HF) ve
 - bir adet bobin ve
 - konik şekilli odaklaştırma (fokalizasyon)
- Osmoregülatör hidrojen gazının bulunduğu paslanmaz çelikten imal edilen, gaz sızdırmazlık özelliğine sahip **bir tüptür**. Osmoregülatör içerisinde , gazın miktarını takip etmeye yarayan bir **basınç sensörü** yerleştirilmiştir.
 - Osmoregülatör **%99,9 saflıkta hidrojen (H₂) gazı veya detöryum gazı** ile doldurulur. Osmoregülatör, H₂ gazı ile dolduğunda, iç ortam basıncı **~ 9 atm** değerindedir.
 - Tüpün içinde, düşey olarak monte edilmiş, alt tarafı kapalı ince bir **paladyum boru** mevcuttur.
 - Bu paladyum borunun üst tarafı ise **ince bakır bir boru yardımıyla, plazma tüpe bağlanmıştır**.
 - Paladyum boruya verilen, **elektrik akımı sayesinde paladyum genişir** ve oluşan gözeneklerden hidrojen molekülleri difüzyon olayı sayesinde paladyum borunun içine iletilir.

Osmoregülatör

Plazma Tüpü

Yüksek Frekans (HF)

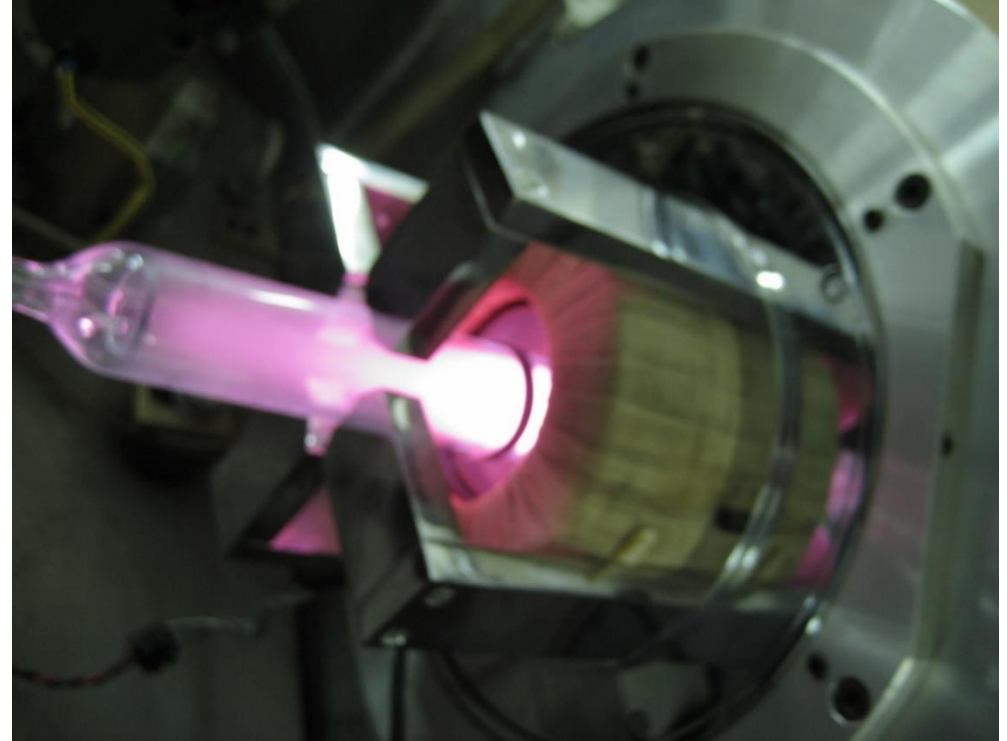


İyon kaynağı bileşenleri



Ana Hızlandırma Ünitesi

- İnce paladyum ve bakır borulardan oluşan bu boru sistemi içerisindeki **hidrojen molekülleri**, **basınç farkından dolayı**, **hızla plazma tüpüne transfer olurlar.**
- Ozmoregülatörden **istenen miktarda H₂ gaz çekilmesi**, **palladyum boruya verilen elektrik akımı** ile kumanda edilerek sağlanır.
- Plazma tüpünde biriken H₂ gazı bu tüp içerisinde, **100 MHz'lik bir Radyofrekans (RF) kaynağıyla iyonize hale getirilir**
- Oluşan plazmaya +6000V'a kadar çıkabilen bir gerilim uygulanarak pozitif (+) yüklü iyonların tüpten hızlandırma kolonuna itilmesi sağlanır.
- **Tüpün** çıkış kısmında bulunan **bobin yardımıyla** oluşturulan manyetik alan, ve **odaklaştırma (fokalizasyon) konisine** uygulanan, pozitif (+) gerilim yardımıyla, hızlandırma kolonuna gönderilecek iyon demetinin genişliği kontrol edilir.

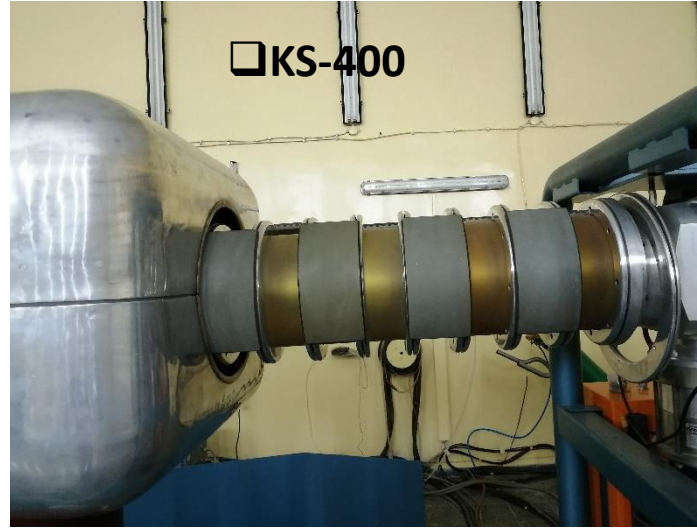


Plazma oluşumu



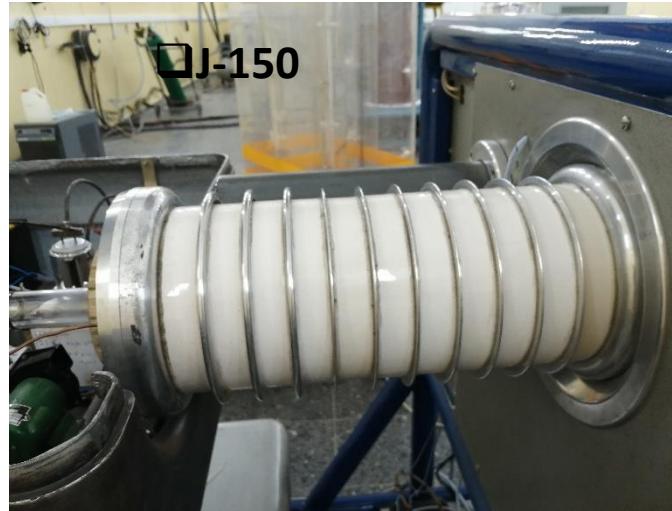
Hızlandırma Kolonu

- Hızlandırma kolonunda, 11 adet metal plaka (J-15), 8 adet metal plaka (KS-400) kullanılmıtır. Bu plakalar birbirine seri olarak bağlanmıştır.
- Plaklar arasına 150 M Ω 'luk (J-15),325 M Ω 'luk(KS-400) direnç uygulanmıştır.
- 1. metal plaka odaklama amaçlı kullanılmaktadır.
- Yüksek gerilim ünitesinde oluşturulan gerilim, dirençler yardımıyla bölünerek bu plakalara uygulanır.
- Örneğin; 90 kV'luk bir gerilim dağıtılırken birinci plakaya 90 kV, ikinci plakaya 80 kV, üçüncüye 70 kV uygulanır ve son plakanın gerilim değeri sıfır olur.
- Hızlandırma kolonuna itilen pozitif yüklü iyonlar bu gerilim farkı sayesinde, ileri doğru hareket ederler. Eğer yükleri +1 ise, her bölmede 10 keV olmak üzere, toplam 90 keV kinetik enerji kazanırlar ve hedefe doğru ilerlerler

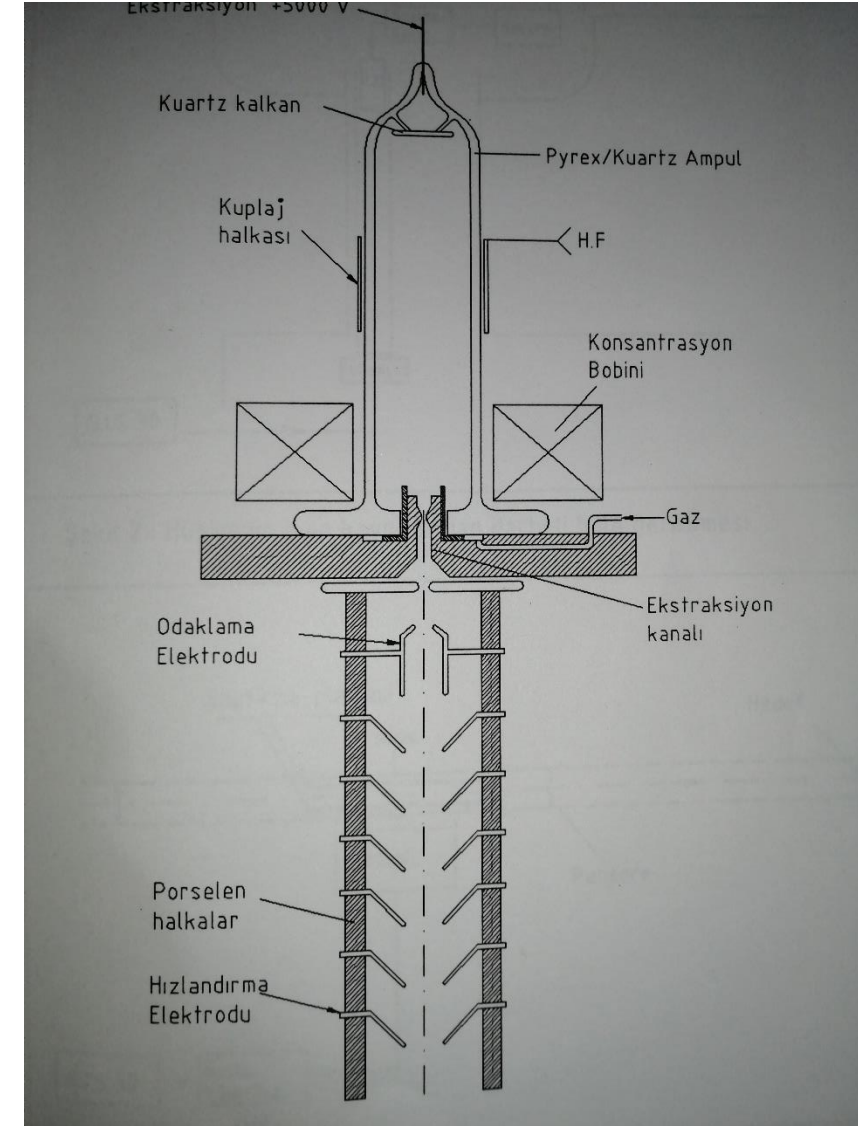


KS-400

Hızlandırma Kolonları



J-15



Hızlandırma Kolonunun genel görünümü



Demet Yönlendirme Elemanları

1.ELEKTROSTATİK QUADRAPOL MERCEKLER

- Karşılıklı olarak yerleştirilmiş iki adet yatay ve iki adet dikey plakadan oluşmaktadır.

Elektrostatik Quadrapol Merceklerin kullanım amaçları:

Plakalara uygulanan pozitif (+) gerilim sayesinde

1. Hızlandırılan yüklü tanecik huzmesinin merkezde tutulması,
2. Hedef üzerine düşen hüzmenin toplanması,
3. Hüzmenin çapının belirlenmesi ve iyon kayıplarının giderilmesi

2.DİYAFRAM

- Ortasında 3 cm çapında delik bulunan bir plakadan meydana gelmektedir.
- Diyafram elektriksel olarak izole edildiğinden, elektrikçe nötr haldedir.
- Kuvvetli akımlarda diyaframın soğutulması gerekli olmaktadır. Bu nedenle, diyaframın soğutulması için dışına bir su ceketi geçirilerek, soğutma ünitesine bağlanmıştır.

Diyaframın kullanım amaçları:

1. Işınlama esnasında, iyon demetinin çapının izlenip kontrolünü sağlar.
2. Diyafram kumanda ünitesinde bulunan bir mikrometreye bağlı halde olup, bu mikrometre sayesinde diyafram üzerine iyon demeti düştüğünde, oluşan akım belirlenebilmektedir.
3. Mikrometre üzerinde eğer akım okunuyorsa demet yönlendirme parametreleri değiştirilerek bu akımın sıfırlanması sağlanır.





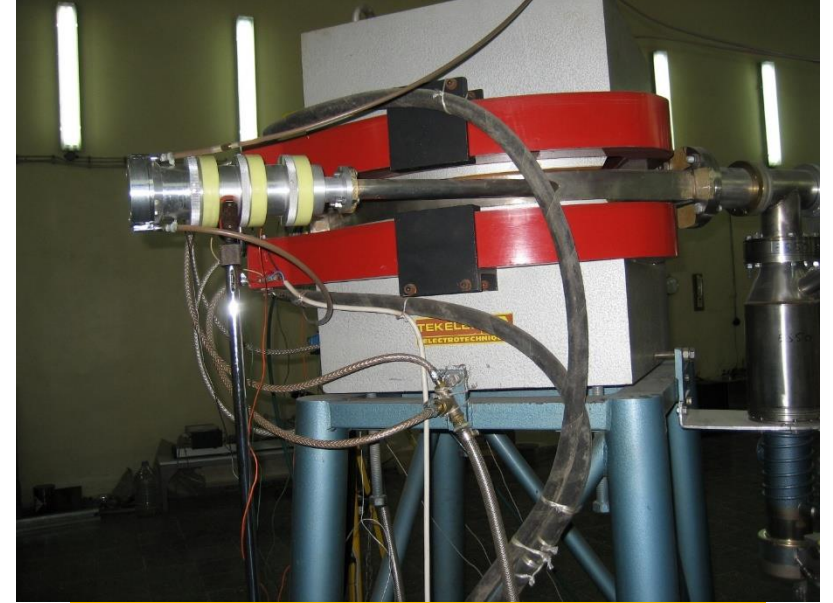
Demet Yönlendirme Elemanları

3.Kolimatörler

1. İç çapları 3 mm olan ve ard arda sıralanmış üç adet metal bilezikten meydana gelmiştir.
2. İletkenler yardımıyla birbirlerine temas halinde olduklarından kolimatör akımını veren mikrometrede okunan akım, üç kolimatörün toplam akım değeridir.

Kolimatörlerin kullanım amaçları:

1. İyon demetinin düzgün, dairesel bir şekilde hedefe çarpmasını sağlarlar.
2. Soğutma suyuyla veya kompresörden gelen havayla soğutulurlar.



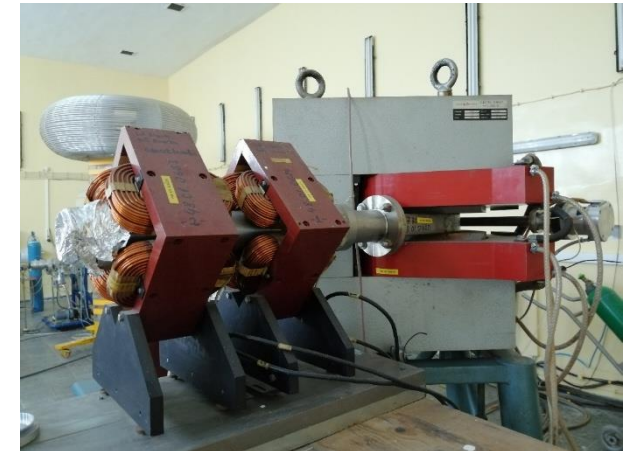
Elektromagnet-Beam yönlendirici

4.Elektron Tuzağı

- Hedefin önüne yerleştirilen ve ortası demetin geçmesine izin verecek şekilde delik olan metal plakadır.

Elektron Tuzağının kullanım amaçları:

1. Bu metal plaka, -200 V gerilimle yüklü olduğundan hedeften elektronların ayrılmasını engeller.
2. Bu sayede hedef akımının doğru olarak okunmasına yardımcı olur.



Quadrapol magnet-Beam büzücü



Vakum Sistemi

- Mekanik pompa, difüzyon pompası, turbomoleküler pompa, vakum sensörleri, sayaçlar ve diğer bağlantı elemanlarından (kablolar, o-ring contalar, hortumlar vb.) oluşan sistemdir.
- Mekanik pompa yardımıyla, hızlandırıcı bölmelerindeki basınç değeri, $\sim 10^{-3}$ torr seviyesine kadar düşürülür
- Difüzyon pompasının devreye girmesiyle de bu değer yaklaşık 10^{-6} seviyesine kadar indirilebilmektedir.

Vakum Sisteminin kullanım amacı:

- Hızlandırma ortamının, yukarıda belirtildiği şekilde hava moleküllerinden arındırılması sayesinde, yüklü taneciklerin kinetik enerjilerini kaybetmeden hedefe ulaştırılmasıdır.

Mekanik – Turbomoleküler
Pompa ikilisi



Mekanik –Difüzyon Pompa ikilisi



Yüksek Gerilim Ünitesi

- Vande Graff Jeneratörü
- Yüksek Gerilim Ünitesi
- Yerli üretim ve tasarım
- 1 MV
- Harici şarj ünitesi gerilimi- 20 kV
- 68 tane alüminyum halka (Çap-80 cm-210 cm)
- 2 ayrı paralel tambur-şarj
- iletken olmayan esnek PVC bant
- Motor kalkışlarda-soft start
- 1500 Mohm test yükü 150 kV(100 mikroA)

- Hermetik yapıda oluşturulmuş yüksek gerilim üretici ile bir yüksek gerilim besleme kaynağından meydana gelmiştir.
- Hermetik ünite, bir stator ve bir rotordan oluşmuştur.Çalışma sırasında rotor 2800 devir/dak.'lık bir hızla döndürülmektedir. Üretcin içi, kolay iyonize olmaması ve yapısal maddelerle kimyasal reaksiyona girmemesi nedeniyle yüksek basınçta (~ 15 Atm.) hidrojen gazı ile doldurulmuştur.
- Bir vantilatörle soğutulur. Stabilizasyonu $\pm\%1$ civarındadır.
- Besleme kaynağı ise üretcin 30 kV uyarma (eksitasyon) gerilimini ve diğer alçak besleme gerilimlerini, çeşitli regülasyon ve koruma devrelerini içermektedir.



7 10:21



Kumanda Birimi

Kumanda Birimden Kontrol Edilebilen Parametreler;

1. Yüksek gerilim birimine, difüzyon pompasına, bükücü mıknatısa, kolimatörlere gönderilen **soğutma suyu bu birimden kumanda edilerek, açılıp kapatılabilir.**
2. Bu birim sayesinde, hızlandırıcının gerek **hızlandırma kolonuna**, gerekse **yüksek gerilim birimine** verilen **gerilim miktarı**,
3. Plazma tüpüne **gönderilecek gaz miktarı** ve plazma tüpüne uygulanacak **yüksek frekans (RF) değeri**
4. Üretilen plazmadan çekilecek akım miktarını kontrol etmek için iyon kaynağına uygulanan **pozitif gerilim (extraction gerilimi)** ve tüpün ucundaki **bobine (magnet coil)** verilen akım
5. Hızlandırma kolonundaki **plakalar arasına uygulanacak yüksek gerilim değeri**
6. Demet genişliğini kontrol eden **elektrostatik lenslere** ve huni şeklindeki **focuslama aytına uygulanacak gerilim**

- **Kumanda birimi üzerinde bulunan göstergeler sayesinde takip edilebilen anlık parametreler;**

Hızlandırma gerilimi, Hızlandırıcıdaki vakum değerleri,

Hedef üzerindeki akım, Diyafram ve kolimatör akımları



KS-400 kumanda panosu

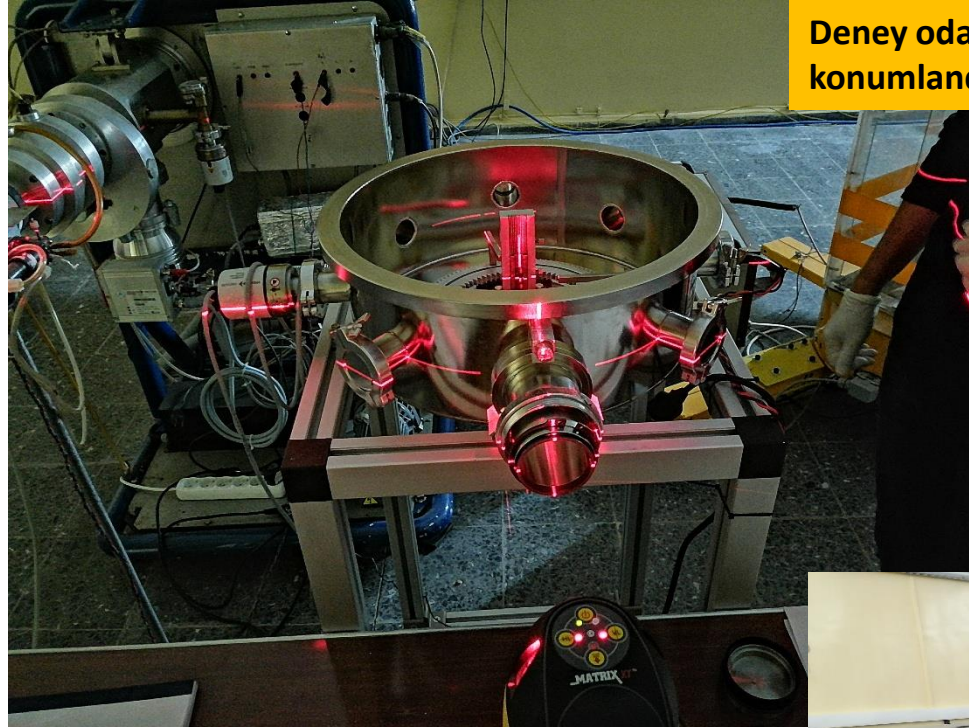
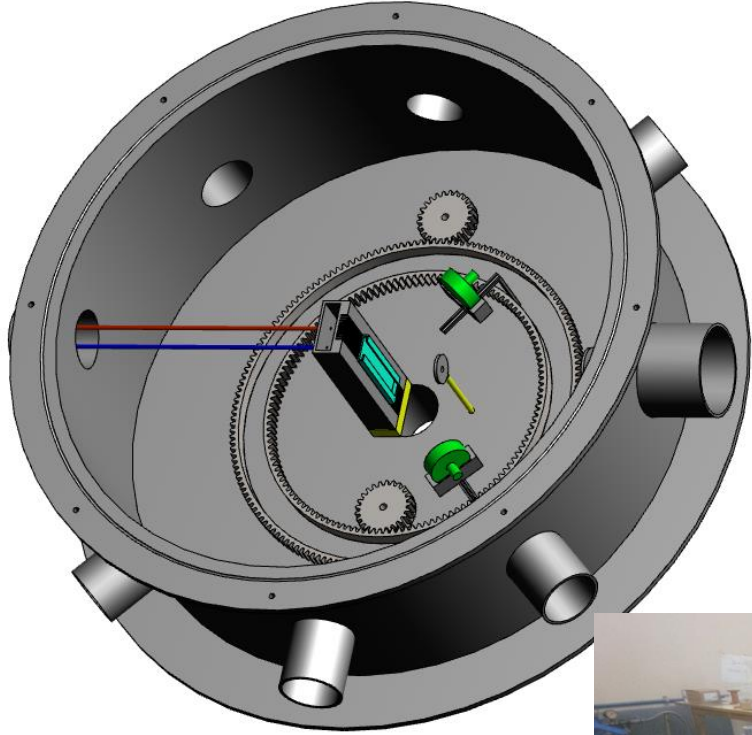


J-150 Kumanda panosu



Deney Odacığı Tasarımı ve Kurulumu

Yeni tasarlanan ve üretilen deney odacığı ve iç kontrol görüntüsü (feedthrough, flange, viewport vb.)



Deney odacığı komponentlerinin 3d lazer ile konumlandırılmaları

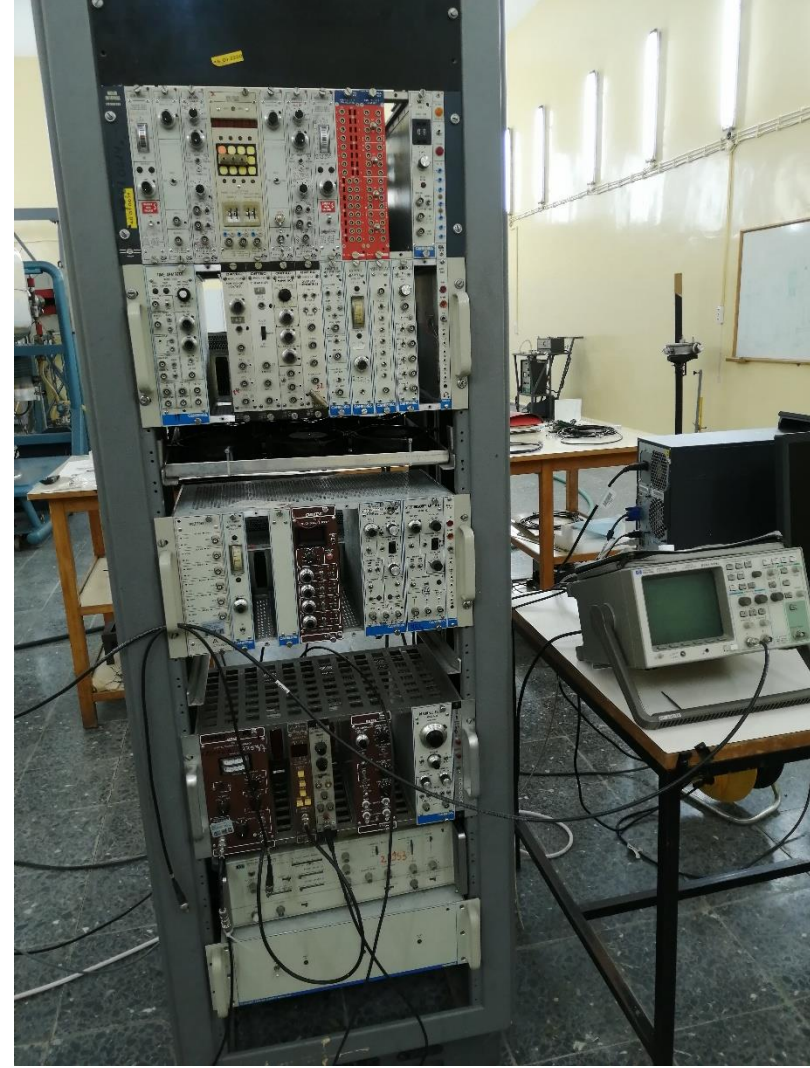




Verilerin Toplanması



Sayım sistemleri



NIM Modülleri

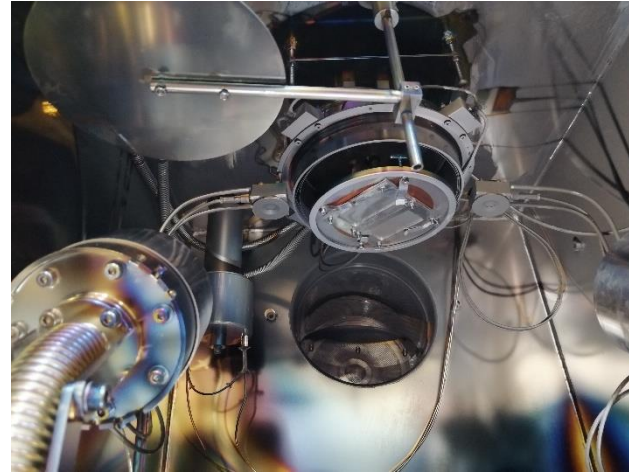


Hedef Hazırlama-İnce Film Kaplama

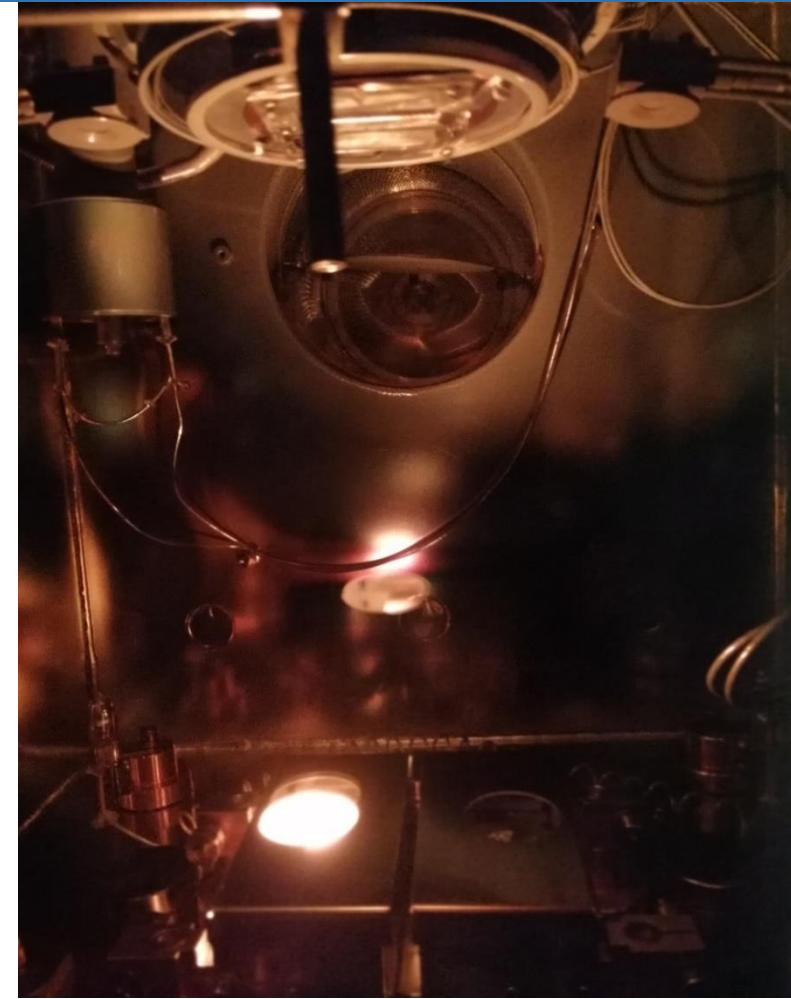
Parçacık Hızlandırıcıları ve Algıçları Yerel Altyapı ve Ar-Ge Çalışmayı



İnce Film
Kaplama Cihazı
NVTS 400
Nanovak
Evaporation
RF Sputter
DC Sputter



Alüminyum folyo
üzerine kaplama



Kaplama cihazı iç kısmı

katılımınız için teşekkür
ederim...

recep.biyik@tenmak.gov.tr