



T.C

ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

2016-2017 EÖY LİSANS BİTİRME TEZİ

SABİT ANOTLU X IŞINI TÜPÜ TASARIMI VE İMALATI

MERT ARSLAN

130607037

TUNAHAN YADİGAROĞLU

130607061

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. İlyas KACAR

NİĞDE, 2017

T.C.
ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
BİTİRME TEZİ KABUL VE ONAY BELGESİ

Bölümümüz 130607037 numaralı öğrencisi Mert ARSLAN'ın, 130607061 numaralı öğrencisi Tunahan YADİGAROĞLU'nun “Sabit Anotlu X Işını Tüpü Tasarımı ve İmalatı” başlıklı Bitirme Tezi çalışması aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nde Bitirme Tezi olarak Oy Birliği/Oy Çokluğu ile kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr.İlyas KACAR

İmzası

Üye :

İmzası

Üye :

İmzası

Tezin savunulduğu Tarih: Bitirme Tezi dersi kapsamında yapılan bu çalışma, ilgili jüriler tarafından değerlendirme sonucunda Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nde Bitirme Tezi çalışması olarak kabul edilmiştir.

İmza

Bölüm Başkanı V.

Doç. Dr. Murat BARUT

DOĞRULUK BEYANI

Bitirme tezi olarak sunduğumuz bu çalışmayı tüm akademik kurallara ve Ömer Halisdemir Üniversitesi Yayın Etiği Komisyonu Yönergesi'ne uygun olarak gerçekleştirdiğimizi ve sunduğumuzu; bu kurallar ve ilkelere aykırı hiç bir yol ve yardıma başvurmaksızın bizzat hazırladığımızı beyan ederiz.

Tezimizle ilgili yaptığım beyana aykırı bir durum saptanırsa ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımızı bildiririz.

İmza

Mert ARSLAN

İmza

Tunahan YADİGAROĞLU

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu projede bizden hiçbir yardımını esirgemeyen değerli danışman hocamız Yrd. Doç. Dr. İlyas KACAR'a, her zaman olduğu gibi projemizde de maddi ve manevi desteğini bizlerden esirgemeyen sevgili ailelerimize, bilgi alma aşamasında fizik bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. İbrahim KARACA ve elektrik elektronik mühendisliği bölümü Öğrt. Gör. İbrahim YÜCEL hocalarımıza, malzeme hazırlanması aşamasında Yrd. Doç. Dr. Mevlüt ŞAHİN'e, deney aşamasında bize yardımcı olan fizik bölümü Arş. Gör. Ömer GÖRGÜLÜER'e teşekkür ederiz. Ayrıca malzemeleri uygun fiyata temin etmemizi sağlayan Aliexpress'e teşekkür ederiz.

ÖZET

X-ışınları günümüzde nükleer görüntüleme, tıpta ve endüstride çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ülkemizde de X-ışınları bu alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak ülkemizde kullanılan X-ışını araçlarında dışa bağımlı olduğumuzu görmekteyiz.

Çalışmamızda; tıbbi görüntüleme tekniklerinin temel yapı taşı olan X-ışın tüpünün sabit anotlu modelinin yerli imkanlarla tasarımının yapılması, prototip olarak üretiminin gerçekleştirilmesi ve meydana gelen X-ışınlarının deneysel olarak gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmalarımız sonucunda X-ışını tüpü tasarlanmıştır ve pyrex cam şekillendirme yolu ile 3 adet prototip X-ışını tüpü imal edilmiştir. İmal edilen prototip X-ışını tüpünden geiger müller sayacı ile ölçüm alınmış ve X-ışını olduğu ispat edilmiştir.

Anahtar kelimeler: X ışını, sabit anot, prototip

ABSTRACT

X-rays nowadays have a wide range of applications in nuclear imaging, in medicine and industry. In our country, *X*-rays are widely used in these fields. However, we see that we are in dependence on foreign sources on the *X*-ray vehicles.

In our study; it is aimed to design the fixed anodic model of the *X*-ray tube which is essential in medical imaging techniques with the local possibilities, to carry out the production as a prototype and to experimentally observe the *X*-rays.

As a result of our studies, an *X*-ray tube was designed and 3 prototype *X*-ray tubes were manufactured by pyrex glass forming. By using giger muller counter, *X* rays were measured.

Key words: *X* ray, fixed anode, prototype.

İÇİNDEKİLER

BİTİRME TEZİ KABUL VE ONAY BELGESİ.....	ii
DOĞRULUK BEYANI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ.....	i
BÖLÜM 1	1
1.1 Giriş	1
1.2 X ışınları ve Özellikleri.....	2
1.4 X ışınlarının Oluşumu	3
1.4.1 Doğal X ışınları	3
1.4.2 Yapay X ışınları	4
1.4.3 X ışını Tüpü	4
1.4.4 X-ışınları Kullanım Alanları.....	5
1.5 Proje İçin Planlanan İş Paketleri ve Gerçekleşme Düzeyleri	6
BÖLÜM 2	8
2.1 Literatür Özeti.....	8
BÖLÜM 3	11
3.1 Sistem Tasarımı	11
3.2 Sistemin İmalatı	15
3.2.1 Anot Malzemesi ve İşlenmesi	15
3.2.2 Katot malzemesi ve işlenmesi	18
3.2.3 Pyrex (bor silikat) cam tüp ve işlenmesi	20
3.3 Sistem Kurulumu	24
3.3.1 Vakum Uygulaması	24

3.3.2 Güç Kaynaklarının Bağlanması.....	25
BÖLÜM 4	28
4.1Bütçe ve Gerekçesi	28
BÖLÜM 5	29
5.1 SONUÇ.....	29
5.5.1 X- Işını Tüpü Deney Aşamaları ve Sonuçları	29
Şekil 5.10. Dental film görüntüsü	34
5.5.2 İleride Yapılması Planlanan Çalışmalar	34
KAYNAKLAR.....	36
ÖZGEÇMİŞ	38
1	38
ÖZGEÇMİŞ	39
2	39

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Tasarlanan sistemin şeması	1
Şekil 1.2. Işık spektrumu	3
Şekil 1.3. X-ışın tüpü	4
Şekil 3.1. Bakır-çelik çubuk montajı (anot)	11
Şekil 3.2. Tungsten-Çelik Çubuk montajı (katot)	12
Şekil 3.3. Pyrex cam tüp	12
Şekil 3.4. Tüm sistem görünümü (I)	13
Şekil 3.5. Tüm sistem görünümü (II)	13
Şekil 3.6. Alt tabla-Güç kaynakları-X ışın tüpü (izometrik)	14
Şekil 3.7. Alt tabla-Güç kaynakları-X ışın tüpü (ön)	14
Şekil 3.8. İşlenmemiş bakır	15
Şekil 3.9. Montajı yapılmış anot malzemesi	16
Şekil 3.10. Hedef malzemenin yüzeyinin zımparalandığı zımpara kağıtları	17
Şekil 3.11. Struers Labopol-5 Parlatma cihazı	17
Şekil 3.12. Tel halde tungsten	18
Şekil 3.13. Filaman hale getirilmiş tungsten	19
Şekil 3.14. Filaman-Çelik çubuk kaynak işlemi	19
Şekil 3.15. Filaman-Çelik çubuk son hali	19
Şekil 3-16. Bor silikat cam [11]	20
Şekil 3.17. Oksijen ve asetilen tüpleri [12]	21
Şekil 3.18. Cam işleme aşaması (I)	21
Şekil 3.19. Cam işleme aşaması (II)	22
Şekil 3.20. Anot katot elamanlarının yerleştirilmiş hali	23
Şekil 3.21. Tüpe epoksi uygulama aşaması	23
Şekil 3.22. Epoksi uygulanmış ve kurumaya bırakılmış cam tüp	24
Şekil 3.23. Vakum kompresörü	25
Şekil 3.24. Ayarlı ototransformatör (varyak)	26
Şekil 3.25. Dc güç kaynağı	26
Şekil 3.26. Güç kaynaklarının bağlantısının yapılmış hali	27
Şekil 5.1. Geiger-Müller sayacı	29
Şekil 5.2. Geiger-Müller sayacı ve X-ışını tüpü	30
Şekil 5.3. Deney sisteminin tümü (Geiger-Müller)	30

Şekil 5.4. Zamana göre sayılan x-ışınları	31
Şekil 5.5. Zamana göre sayılan x-ışınları ve lojik değerler	31
Şekil 5.6. Kendinden banyolu dental röntgen filmi	32
Şekil 5.7. Dental röntgen filmi ve x-ışını tüpü	32
Şekil 5.8. Deney sistemin tümü (röntgen filmi)	33
Şekil 5.9. Röntgen filmi için banyo işlemi	33

TABLO LİSTESİ

TABLO 1.1. İş zaman çizelgesi (gant chart).....	7
Tablo 4.1. Bütçe Planı	28
Tablo 4.2. Tek bir X-ışını tüpü için Maliyet Hesabı	28

ÖNSÖZ

Tamamlamış olduğumuz projede sabit anotlu X ışını tüpü imalat yöntemleri araştırılmış olup, prototipi kendi imkanlarımızca imal edilmiş ve testleri yapılmıştır.

Hazırlanılan bu proje genel olarak nükleer görüntüleme teknolojisini kapsayan bir projedir. İlk olarak ilgili alan ve çalışmanın amacından bahsedilmiş olup konunun önemi özetlenmiştir.

Daha sonra, Ömer Halisdemir Üniversitesi tez yazım kuralları dikkate alınarak, giriş, literatür taraması, bütçe hesabı, tasarım yapılması gibi kısımlar detaylıca açıklanmıştır.

Bu çalışma daha sonradan yapılacak olan geliştirme çalışmaları için detaylı bir ön çalışma niteliğindedir.

BÖLÜM 1

1.1 Giriş

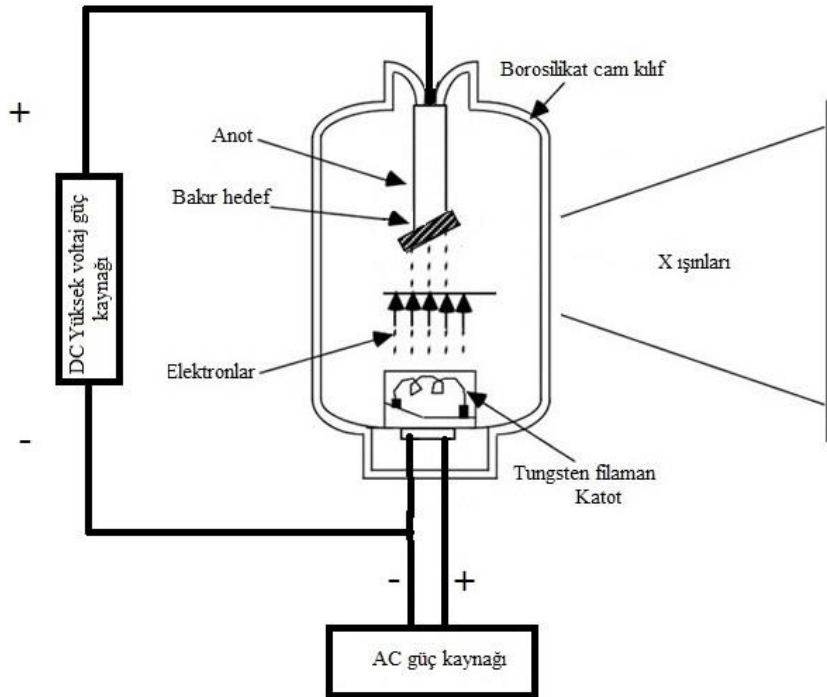
Projeye, “X-ışını araçlarımızı yerli imkânlarla üretebilmek mümkün müdür?” sorusunu tartışarak başladık.

Araştırmalarımızı yaparak, X ışınının nasıl bir ışın türü olduğunu, hangi teknik ile üretilebileceğini, bu tekniği uygulayabilmek için hangi imalat teknolojilerin uygulanması gerektiğini öğrendik. Nihayetinde malzemelerin temin edilebilir ve gereken işlem basamaklarının da uygulanabilir olduğuna karar verdik.

“Eğer yüksek gerilim devresi, vakum ortamı içerisinde düzgün yerleşimi yapılmış anot katot arasına uygulanırsa X -ışınının elde edilebileceği” varsayımıyla çalışmamıza başladık. Sonraki süreçlerde ise çalışmalarımızı geliştirip dışa bağımlılığı ortadan kaldırmayı hedefliyoruz.

Tasarlanan sistemin şematik gösterimi Şekil 1-de verilmiştir. Sistem,

- Anot
- Katot
- Borosilikat cam kılıf
- Güç kaynaklarından oluşmaktadır.



Şekil 1.1. Tasarlanan sistemin şeması

Proje;

- X-Işınları hakkında detaylı araştırma yapılması,
- Anot ve Katot metalleri için uygun malzeme seçimi,
- Uygun yüksek gerilim güç kaynağının belirlenmesi,
- Cam tüp malzeme seçimi,
- X-ışın tüpünün tasarım ve imal edilmesi,

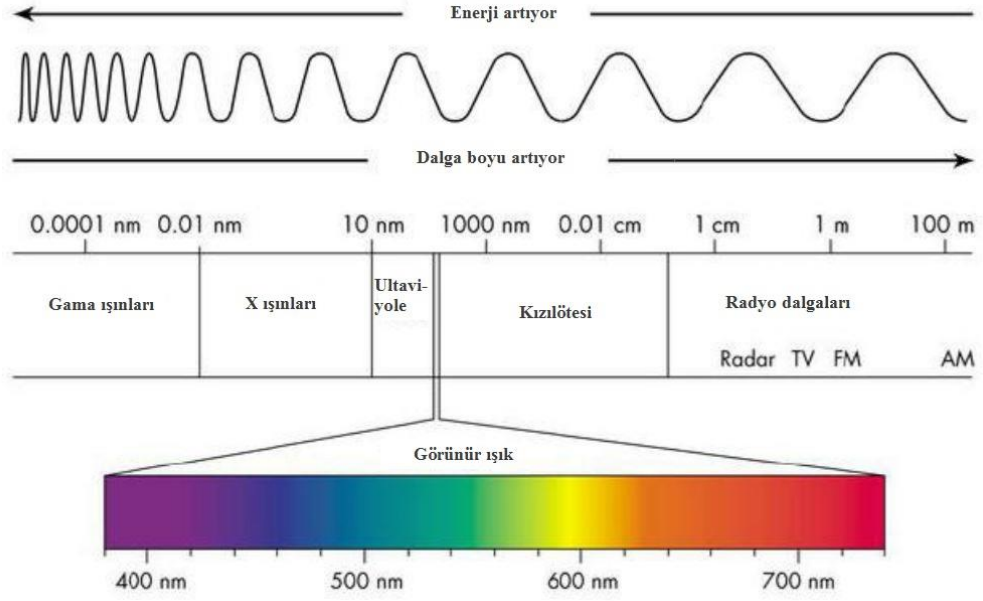
Aşamalarından oluşmuştur.

1.2 X ışınları ve Özellikleri

X-ışınları 1895 yılında yılında Alman fizik profesörü Wilhelm Conrad Röntgen tarafından Crookes tüpünde katot ışınları üzerinde çalışırken bir rastlantı sonucu keşfedilmiştir.

X-ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelen dalga boyları 0.1-100 Å arasında değişen elektromanyetik dalgalarlardır.

Dalga boyları küçük, girginlik dereceleri fazla olan X-ışınına “sert X-ışını”, dalga boyları büyük, girginlik dereceleri az olan X-ışınına “yumuşak X-ışını” denir. Kristalografide 0.5-2.5 Å (yumuşak), radyolojide 0.5-1 Å (sert) dalga boylarındaki X-ışınları kullanılır. X-ışınlarının frekansı görünür ışığın frekansından ortalama 1000 defa daha büyüktür ve X-ışını fotonu görülen ışığın fotonundan daha yüksek enerjiye sahiptir. Şu halde bu ışınları belirleyen iki özellik kısa dalga boyu ve yüksek enerjiye sahip olmalarıdır. X-ışınları hem dalga hem tanecik özelliği gösterirler. Dolayısıyla çift karakterlidirler.



Şekil 1.2. Işık spektrumu

1.4 X ışınlarının Oluşumu

X-ışınları, doğal X-ışınları ve yapay X-ışınları olmak üzere iki şekilde meydana gelir.

1.4.1 Doğal X ışınları

Atom çekirdeği tarafından K enerji kabuğundan elektron yakalanması, alfa bozunumu, iç dönüşüm ve beta bozunumu olaylarıyla meydana gelir.

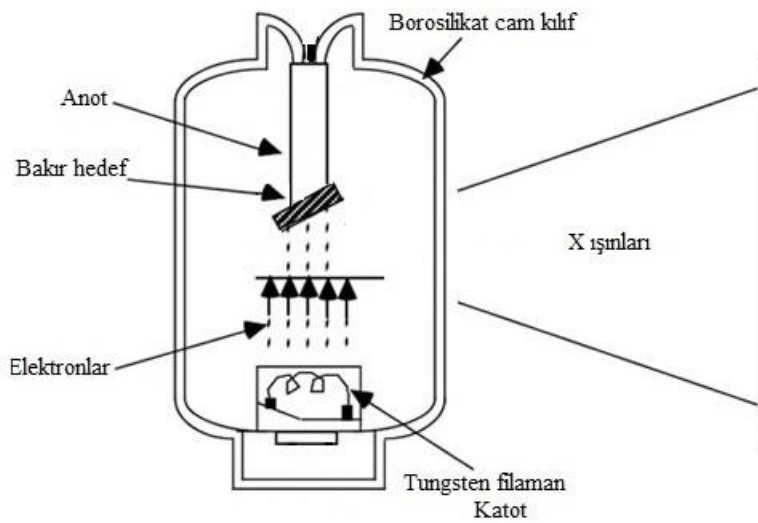
Bir atoma dışarıdan gelen veya gönderilen yüksek enerjili elektronlar o atomun ilk halkalarından elektronlar koparılır. Atomdan kopan bu elektronun yerine daha yüksek seviyelerden (üst halkalardan) elektronlar atlayarak kopan elektronun yerindeki boşluğu doldururlar. Bu sırada ortaya çıkan enerji fazlalığı X-ışını şeklinde dışarı salınır. Çekirdek içerisinde bulunan protonlardan bir tanesi hareketi esnasında atomun ilk halkalarındaki elektronu yakalar ve nötrleşir. Yakalanan bu elektronun halkasındaki boşalan yere diğer bir halkadan bir elektron atlamasıyla X-ışını meydana gelebilir.

1.4.2 Yapay X ışınları

Maddenin; elektron, proton, parçacıkları veya iyonlar gibi hızlandırılmış parçacıklarla etkileşmesinden ya da X-ışını tüpünden veya başka bir uygun radyoaktif kaynağından çıkan fotonlarla etkileşmesinden meydana gelir. Maddenin, fotonlarla etkileşmesinden karakteristik (çizgi) X-ışınları, yüklü parçacıklarla etkileşmesinden hem karakteristik hem de sürekli X-ışınları elde edilir.

1.4.3 X ışını Tüpü

X-ışını tüpü yüksek voltajlı bir katot ışını tüpüdür. Tüp yüksek vakumda havası boşaltılmış cam bir kılıftan oluşmuştur. Bir ucunda anot (pozitif elektrot), diğer ucunda katot (negatif elektrot) bulunur ve bunların her ikisi de lehimle sıkıca mühürlenmiştir. Katot, ısıtıldığında elektron salan tungsten materyalinden yapılmış bir flamandır. Anot, kalın bir çubuk ve bu çubuğun sonundaki metal hedeften oluşur. Anot ve katot arasına yüksek voltaj uygulandığında katot flamanda elektron yayınlanır. Bu elektronlar yüksek gerilim altında anoda doğru hızlandırılır ve hedefe çarpmadan önce yüksek hızlara ulaşır. Yüksek hızlı elektronlar metal hedefe çarptıklarında enerjilerini aktararak bir foton yayınlanır. Oluşan X-ışını demeti cam zarfın içindeki ince cam pencereden geçer. Bazı tüplerde tek dalga boylu X-ışını elde etmek için filtre kullanılır.



Şekil 1.3. X-ışın tüpü

Hareketli bir elektronun kinetik enerjisi vardır. Yüksek hıza sahip bir elektron bakıra çarpınca bir bakır atomu ile çarpışır. Elektron durdurulana kadar birçok atomla çarpışmak zorunda kalabilir. Elektronun durdurulması sırasında kaybedilen kinetik enerjinin yüzde biri veya daha az kısmı X-ışını ışımasına, geri kalan kısmı ise ısı enerjisine dönüşür.

Vakum lambasındaki (X-ışını tüpündeki) hedefin elektronlarla bombardıman edilmesi sonucu elde edilen X-ışınlarının maddenin içine işleyebilme gücüne "sertlik" denir. Bu ışınların sertliği başlıca iki şeye bağlıdır. Bunlardan birincisi, lambadaki havanın ya da gazın ne derece boşaltılmış olduğudur. Lambada kalan gaz moleküllerinin sayısı ne kadar azsa, bu moleküllerle çarpışarak hedeften sapan elektronların sayısı da o kadar az olur. İkinci etken tüpe uygulanan gerilimin şiddeti, yani elektrik basıncıdır. Gerilim ne kadar yüksekse, hedefe çarpan elektron akımının darbe etkisi de o ölçüde büyük olur. Bugün kullanılmakta olan X-ışını lambalarının çoğu Coolidge lambasıdır. Bu lamba türünü ABD'li bilim adamı William David Coolidge (1873-1975) geliştirmiştir. Son derece yüksek bir vakum düzeyine sahip olan bu lambalarda elektronlar, radyo lambalarında olduğu gibi sıcak bir filamandan (ince bir telden) yayılır. Katottan çıkan ve 1 milyon volta kadar ulaşabilen yüksek bir gerilimle hızlandırılan elektronlar bakırdan yapılmış ağır bir çubuğa çarptırılır. Bakır, elektron bombardımanının neden olduğu yüksek sıcaklıklara erimeden dayanabilir. Bakır çubuğun filamana yakın olan ucu belirli bir eğimle kesilmiştir; bu uca hedef denir. Hedeften X-ışınları yayılır, ama lamba belirli bir açıklık dışında kalın bir kurşun katmanıyla sıvanmış olduğundan X-ışınları yalnızca bu açıklıktan dışarı çıkar, bu yüzden de bir demet halinde yol alır.

1.4.4 X-ışınları Kullanım Alanları

X-ışınları Röntgen tarafından keşfedilmesinden bugüne, kısa dalga boyları ve yüksek enerjileri ile günlük hayat içinde çok önemli ve yaygın kullanım alanları bulmuştur. Bunlardan en önemli birkaçını şöyle sıralayabiliriz.

- X-ışınları, tıpta teşhis ve tedavi aracı olarak sıklıkla kullanılmaktadır.
- X-Ray cihazları, nesnelerin sabit bir X-ışını kaynağından geçirilerek içeriği hakkında bilgi veren cihazlardır
- X-ışınları; maddenin yapısı ve karmaşık organik maddelerin molekül yapılarının aydınlatılması için sık başvurulan bir araştırma aracıdır.
- Sanayide X-ışınları metal parçaların, özellikle de dökümlerin ve kaynaklanmış parçaların sağlamlığının denetlenmesinde kullanılır

- Malzeme kontrolünde, sözgelimi ele alınan bir örneğin içinde yabancı bir madde, hava boşluğu ya da bir yapım hatası bulunup bulunmadığını anlamak için, X-ışınları radyografisinden yararlanılır.
- Kimyada bir örnek içinde bulunan eser miktardaki yabancı maddenin analizi, fizikte yeni elementlerin keşfedilmesi ve özelliklerinin incelenmesinde, araştırma aracı olarak X-ışınlarının önemi büyüktür.

Günümüzde nükleer görüntüleme tıpta ve endüstride çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Endüstrideki kullanım alanları tıp alanındaki kadar geniş ve çeşitli olmasa da özellikle reaktör çalışmalarında ve tahribatsız muayene olarak bilinen cisimlerin içsel kesit görüntülerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır.

1.5 Proje İçin Planlanan İş Paketleri ve Gerçekleşme Düzeyleri

Proje için planlanan iş paketleri ve iş-zaman çizelgesi **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** de verilmiştir. Planlanan iş paketleri herhangi bir aksaklık olmaksızın başarı ile gerçekleştirilmiştir.

Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.de verilen iş-zaman çizelgesinde de görüldüğü üzere projenin hayata geçmesi için ilk adımlara kasım 2016 itibariyle başlanmıştır.

Malzeme temini literatür taraması başladıktan 3 hafta sonra başlamıştır. Malzemelerin çoğu Ali express sitesinden verildiği için gelme sürelerinde bazı problemler olmuştur ve malzeme alımı mart ayına kadar sürmüştür. Fakat bu arada sistemin tasarım işlemine belirtilen tarihte başlanmıştır. Tasarım işlemi tamamlandıktan ve bütün malzemeler temin edildikten sonra iş-zaman çizelgesinde belirlendiği gibi anot-katot elamanlarının oluşturulması ve tüp içine montajı için sürekli denemeler yapılmıştır. Bu aşama da elimizden gelenin en iyisi yapabilmek adına bir çok kez deneme yaptık ve belirlenen süreden daha uzun bir zamanı bu aşamada harcadık. Buradan sonra rapor hazırlıklarına hemen başladık ve raporu tamamladık. Haziran ayında sunumu yaparak projeye son verdik.

TABLO 1.1. İş zaman çizelgesi (gant chart)

İş No	İşin Adı / Tanımı	Kim(ler) Tarafından Yapılacağı	Kasım				Aralık				Ocak				Şubat				Mart				Nisan				Mayıs				Haziran			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Literatür taraması	Tunahan Yadigaroglu- Mert Arslan																																
2	Malzeme temini	Tunahan Yadigaroglu- Mert Arslan																																
3	Sistem Tasarımı	Tunahan Yadigaroglu- Mert Arslan																																
3	Anot katot montajı	Tunahan Yadigaroglu- Mert Arslan																																
4	Tüpün imalatı ve vakumun uygulanması	Tunahan Yadigaroglu- Mert Arslan																																
5	Test Süreci	Tunahan Yadigaroglu- Mert Arslan																																
6	Rapor hazırlama	Tunahan Yadigaroglu- Mert Arslan																																
7	Sunum	Tunahan Yadigaroglu- Mert Arslan																																

BÖLÜM 2

2.1 Literatür Özeti

Konunun önemli kısımları, anot katot-malzemesi, aralarındaki mesafe, akım–gerilim miktarları olup, bu hususlarda günümüze kadar yapılmış olan çalışmaların değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

Gorecka-Drzazga (2014) çeşitli minyatür röntgen tüplerinin tasarımı ve teknolojisi ile ilgili genel bir bakış açısı sunmuştur. Pyroelektrik etki kullanan X -ışın tüplerini termal emisyonlu ve alan emisyonlu olmak üzere tarif etmiştir. Çalışmasında karbon nanotüp katotlu bir alan emisyon elektron üretici ve yüksek vakum pompası kullanmıştır. Sonunda, mikro-mühendislik yöntemleri kullanılarak yapılan one-chip entegre X -ışını kaynağı kavramını sunmuştur [1].

Ghani ve ark. (2017) hem sürekli hem de atımlı emisyon modlarında çalışabilen mikro odaklı bir X -ışını tüpünü nicel olarak karakterize etmişlerdir. Çeşitli akım (μA) ve çeşitli mesafelerdeki tüp voltajları (kVs) kullanarak kaynak çıkışını bir iyonizasyon haznesi kullanılarak ölçmüşlerdir. Neticesinde her iki emisyon modunun da ışın kalitesi, spektrum şekli ve mekansal çözünürlük etkileri bakımından karşılaştırılabilir görüntü performansı sağladığını ortaya koymuşlardır [2].

Egglve ark. (2016) çalışmalarında konvansiyonel X -ışın tüplerinin performansının genellikle geniş polikromatik spektrumdan etkilendiğini söylemişlerdir. Yeni bir kompakt sinkrotron üretici, araştırmışlardır. Ters Compton saçılımına dayanan bu kompakt ışık üreteçlerinin (CLS), yarı-monokromatik keskin X -ışınları sağladığını açıklamışlardır. Bir CLS tarafından üretilen akı ve parlaklık şu anda X -ışını tüp kaynakları ile üçüncü nesil sinkrotronlar arasında yer aldığını belirtmişlerdir [3].

Haga ve ark. (2004) minyatür bir X ışın tüpü tanımlamaktadırlar. Kovar malzemesinden yapılmış bu tüpün içinde indüklenmiş elektrotlar arasında yaklaşık 100 saat 10^{-6} Pa aralığında çalışmaya devam eden, hizalı karbon elyaflardan oluşan elektron verici alana yakın konumlandırılmış, topraklanmış bir hedef yer almaktadır. Var olan tekniklerle çekilmesi imkânsız olan biyolojik veya biyolojik dışı malzemelerin görüntüleri elde edilebilmiştir [4].

Hong ve ark. (2016) X-ışını tüpü uygulaması için karbon nanotüp elektron emitörleri kullanarak minyatür elektron ışını modülünü imal etmişlerdir. Işın modülüne sahip X-ışını tüpünü, cam tüp ile imal etmişler ve vakumlayıp mühürlemişlerdir. Minyatür X-ışın tüpünü, 3 mA'dan daha yüksek anot akımı ile, elektrot aracılığıyla elektron iletim oranının% 90'ından fazlasını elde etmek üzere tasarlamışlardır [5].

Kim ve ark. (2016) bir karbon nanotüp elektron vericisine dayanan minyatür X-ışını tüpünü dış radyografisine uygulanması için kullanılmışlardır. Minyatür X-ışını tüpü, X-ışını hedefinin elektriksel olarak topraklandığı negatif yüksek voltaj modunda çalıştırılır. Buna ek olarak, diğer yönlerde saçılan X-ışınlarını bir kolimatör kullanılarak sadece dış yönlerine yönlendirildiğini söylemişlerdir. Sonucunda minyatür X-ışını tüpünün tek bir X-ışını ile beş komşu dışın röntgen görüntülerini elde etmişlerdir [6].

Wang ve ark. (2015) X-ışın tüplerinin koruma kılıfından dışarı çıkan ışınların geçtiği pencere malzemesi hakkında çalışma yapmışlardır. Berilyumun (Be) en sık kullanılan X-ışını tüpü cam malzemesi olduğunu söylemişler fakat berilyum pahalı ve zehirlidir, Bu yüzden düşük enerjili ışın saçılmalarını azaltmak için filtreleme penceresinin alüminyum (Al) ile yapılması gerektiğini söylemişlerdir. Gümüş (Ag) hedefin ve alüminyum ünitenin farklı kalınlığa sahip olduğu X-ışını tüpünün çıkış spektrumunu değişik versiyonlarda denemişler ve sonucunda alüminyum ünitenin kalınlığı 1,5 mm' den büyük olduğunda, düşük enerjili ışınımın, X-ışınından tamamen ayrılabilmiş olduğuna ve sonuçlarının karşılaştırmalı analizi ile hedef kalınlığının ve alüminyum ünitenin iyi kombinasyonunun 2 μ m ve 0.8 mm olduğu sonucuna ulaşmışlardır [7].

Ehrenberg ve Spear (1950) in çalışması ince telin ucundan yayılan elektronların 2 ya da 3 cm lik bir mesafede bir araya getirildiği bir elektrostatik odaklanma sistemini açıklamaktadır. Sistem özelliklerinin deneylerle incelenebilmesi için X ışını yöntemi kullanılmaktadır. Sistemin temelinde yaklaşık 11 kw/mm² lik spesifik bir hedef yükleme odaklı X-ışın tüpü tasarlamışlardır [8].

Zeng ve ark.(2015) çıkış voltajı 0 ila 40 kV arasında ayarlanabilen bir mikro X-ışın tüpü için, düşük dalga boylu minyatür bir yüksek gerilim güç kaynağı tasarlamışlardır. İki kademeli güçlendiriciyi gerçekleştirmek için yükseltme devresinde bir yüksek frekanslı transformatör ve iki yönlü gerilim katlama rektifiye devresi tasarlamışlardır. Testlerinin sonuçlarında, çıkış voltaj dalgalanmasının % 0.3'ün altında olduğunu ve istikrarın % 0.12/10 saatten daha iyi

olduğunu, ayrıca yüksek gerilim güç kaynağının X-ışını tüpünün gereksinimlerini karşıladığını göstermişlerdir [9].

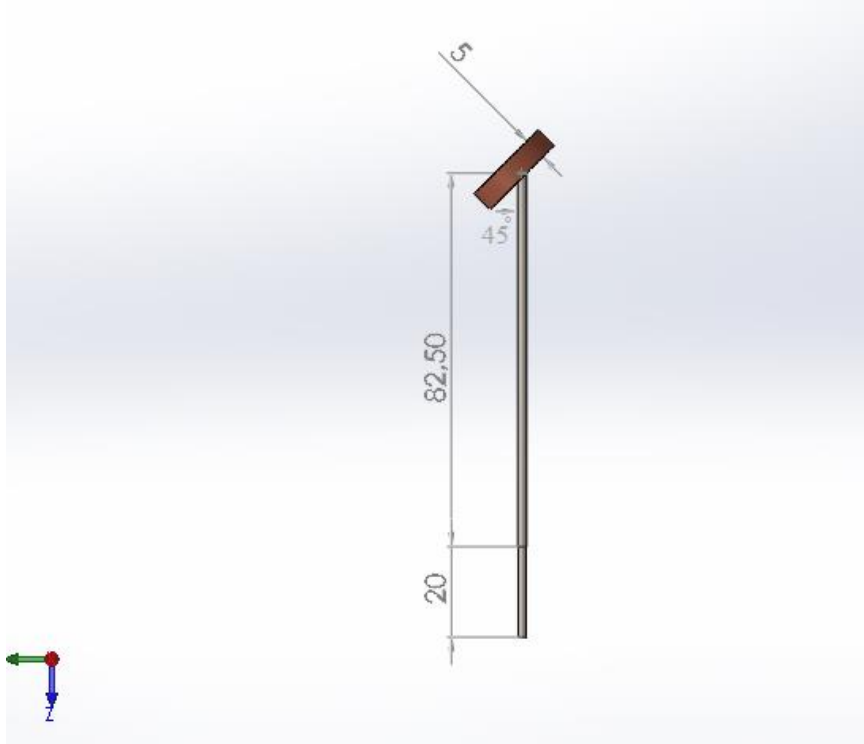
Stephen ve ark. (1996) patenti alınmış bu çalışmalarında içinde bir elektron bulutunun üretildiği katotla anot arasındaki birincil elektrik alanından korunan geniş bir boşluk olan bir katodu kullanarak odaklanan X ışını tüpü geliştirilmiştir. Elektron bulutu küçük dar bir geçitten birincil elektrik alanına akmaktadır. Aynı elektrot bölümlerinden oluşan ızgara çiftlerinin arasından geçen elektron akışının enine kesiti değiştirilmektedir. Elektron akımının değişen kesiti hedef anodu etkileyen elektron demetinin odak noktasının boyutunu belirlemektedir [10].

Yapılan literatür taramasından, X ışını tüpünü oluşturan temel mekanizmalar, bunlar arasındaki ilişkiler genel olarak şekillenmiştir. Bu doğrultuda uygun bir tasarım ve imalat gerçekleştirilmesine karar verilmiştir.

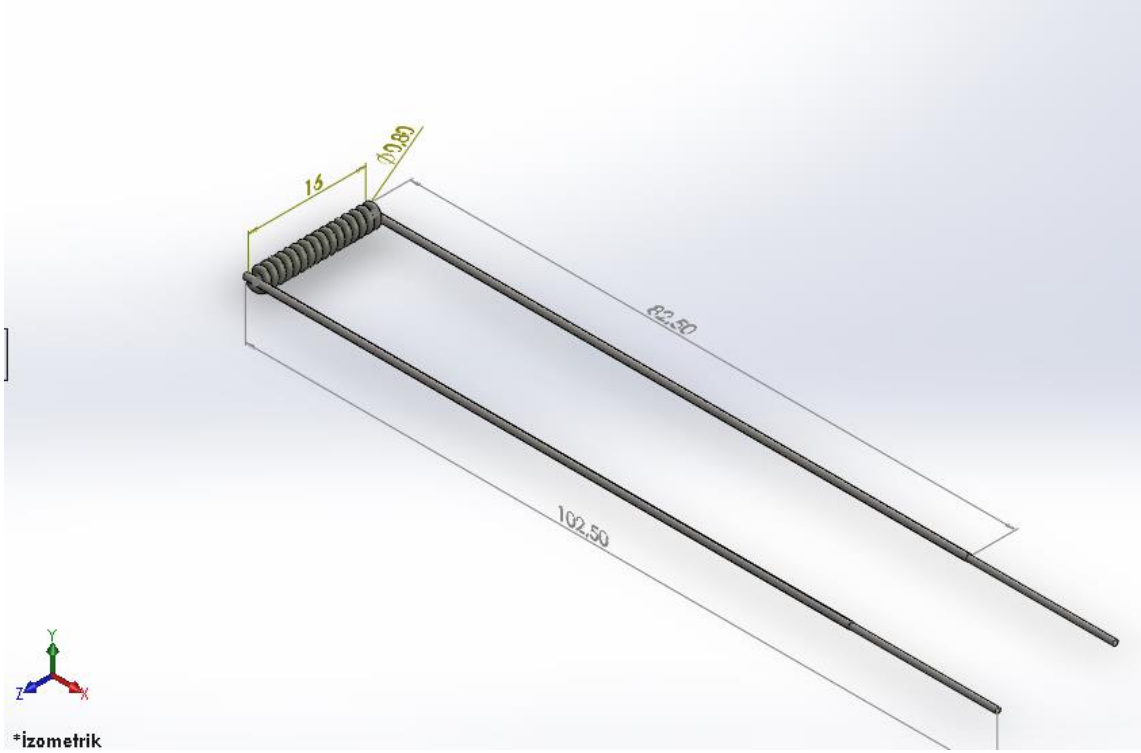
BÖLÜM 3

3.1 Sistem Tasarımı

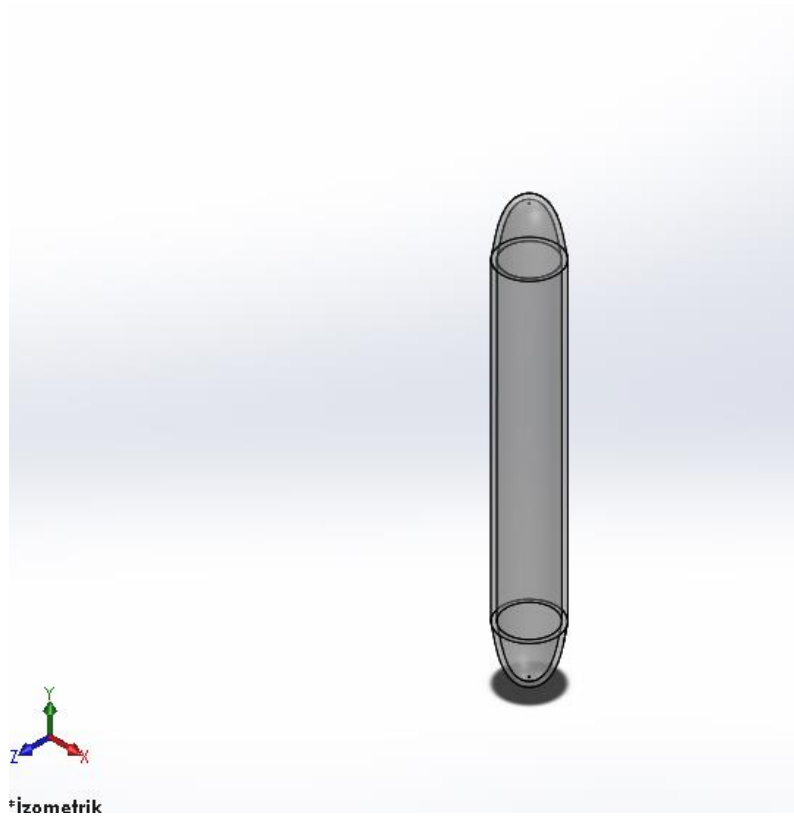
Sistemin tasarımı Solid Works 2014 sürümünde çizilmiştir. X-ışın tüpü toplamda 6 parçadan oluşmaktadır. Sistem parçalarının katı model çizimleri aşağıda verilmiştir.



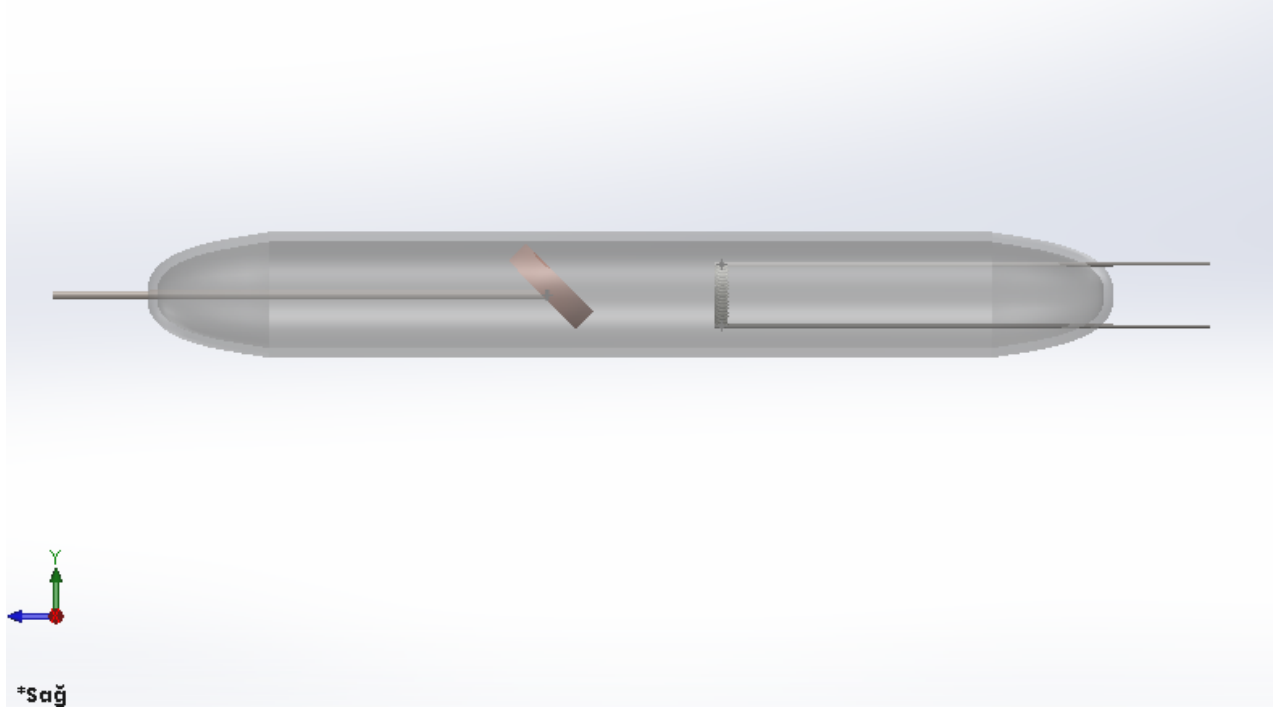
Şekil 3.1. Bakır-çelik çubuk montajı (anot)



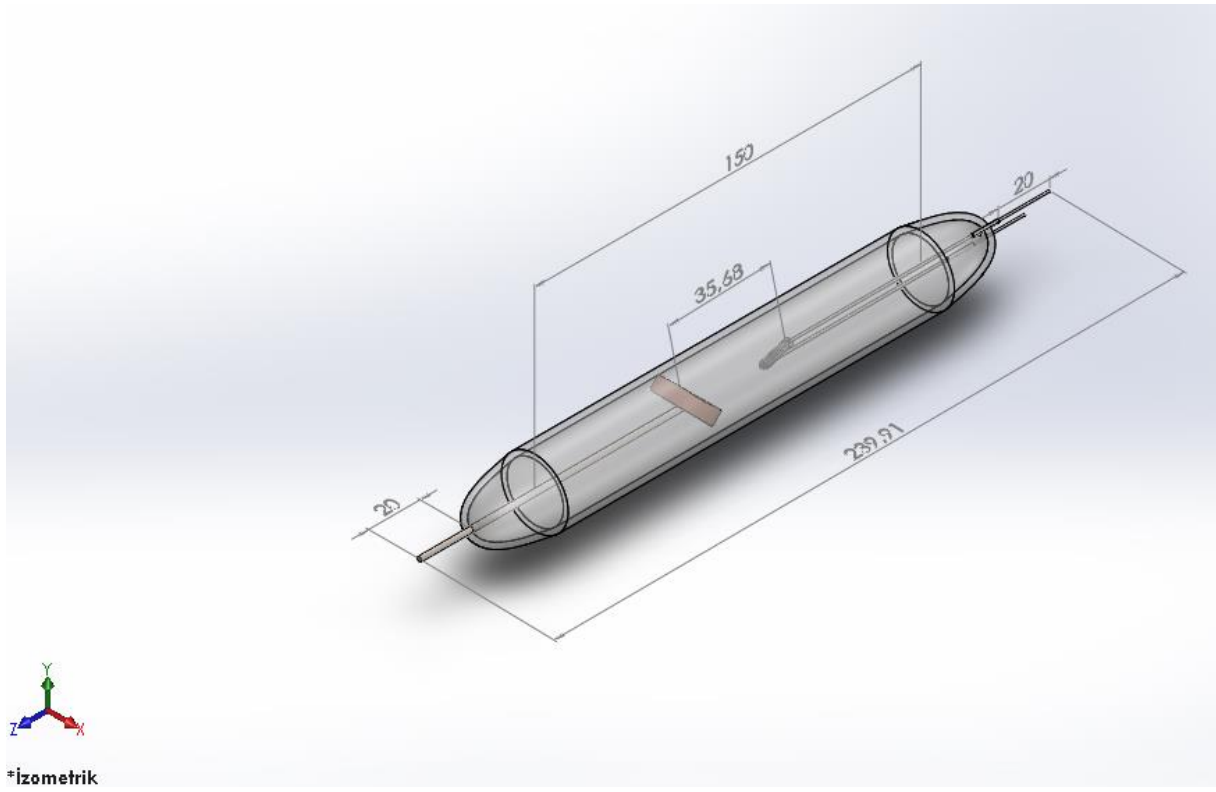
Şekil 3.2. Tungsten-Çelik Çubuk montajı (katot)



Şekil 3.3. Pyrex cam tüp

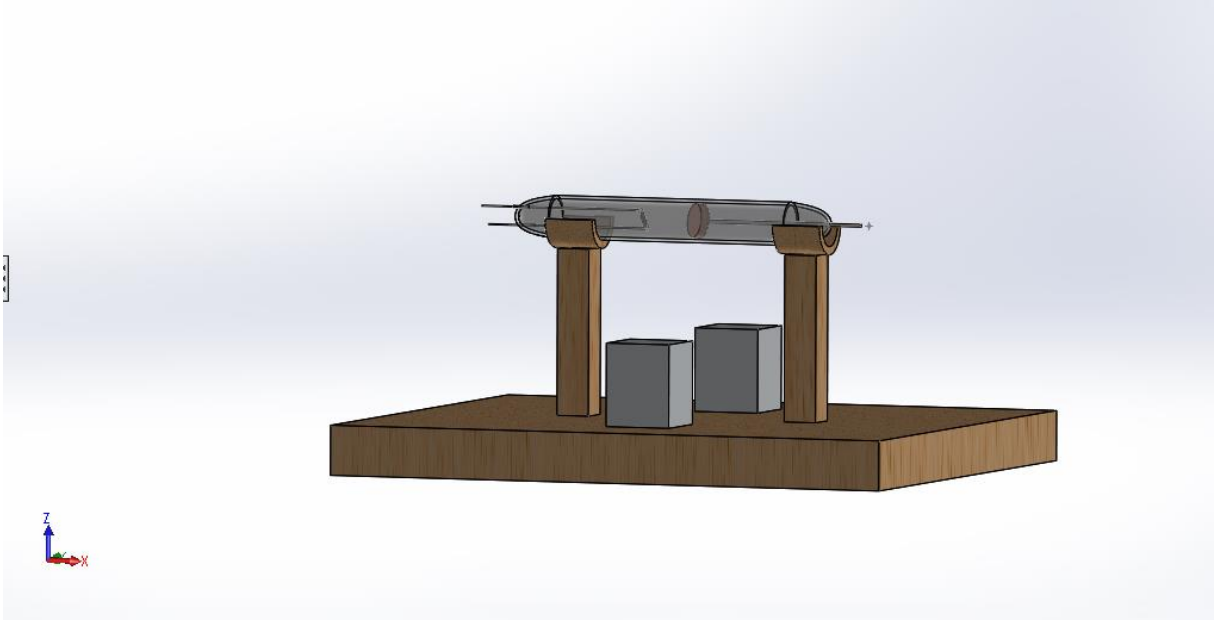


Şekil 3.4. Tüm sistem görünümü (I)

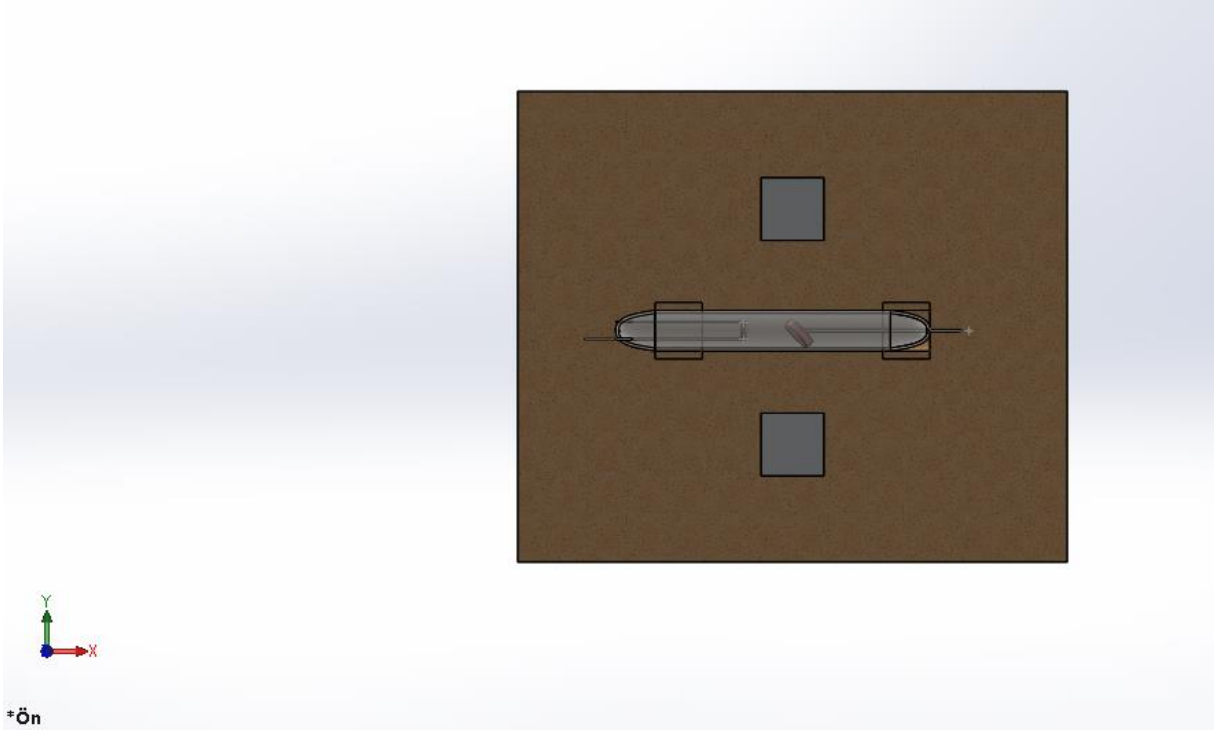


Şekil 3.5. Tüm sistem görünümü (II)

X-ışın tüpünün tasarımı yapıldıktan sonra güç kaynakları ve tüpün birlikte yerleştirileceği alt tabla tasarımı yapılmıştır. Bu tasarıma ait çeşitli perspektif görüşler aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.6. Alt tabla-Güç kaynakları-X ışın tüpü (izometrik)



Şekil 3.7. Alt tabla-Güç kaynakları-X ışın tüpü (ön)

3.2 Sistemin İmalatı

X-ışın tüpü tasarımı yapıldıktan sonra, tasarıma bağlı kalınmak şartı ile imalat aşamasına geçilmiştir. İmalat için öncelikle gerekli bütün malzemeler temin edildi ve ardından gerekli işlemler yapıldı. Aşağıda detaylı bir şekilde malzemeler ve imalat aşamaları verilmiştir.

3.2.1 Anot Malzemesi ve İşlenmesi

X-ışını tüplerinde en çok kullanılan hedef maddeler 3 çeşittir.

Hafif elementleri uyarmada kullanılan hedef maddeleri: Atom numarası 29'dan küçük olan elementlerdir. (Alüminyum, Titanyum, Vanadyum, Krom, Demir, Nikel, Bakır)

Orta ağırlıktaki elementleri uyarmada kullanılan hedef maddeleri: Atom numarası 29 ile 49 arasında olan elementlerdir. (Zirkonyum, Moliptenyum, Paladyum, Gümüş, Kadmiyum)

Ağır elementleri uyarmada kullanılan hedef maddeleri: Atom numarası 73 ile 79 arasında olan elementlerdir. (Tantal, Volfram, Tungsten, Platin, Altın, Gadolinyum)

Biz projemizde atom numarası 29 olan bakır elementini kullandık nedeni ise,

1-Yüksek erime derecesine sahip olması (1083 °C)

2- İyi ısı iletkeni olması

3-Fiyatının ucuz olması



Şekil 3.8. İşlenmemiş bakır

Anot elemanı için tercih edilen bakır elementinin tasarımda verilen ölçülere uygun bir hale getirilmesi parçanın tornada işlenmesiyle yapılmıştır. Elektrot olarak çelik çubuk kullanılmıştır ve hedef elemanına oksijen kaynağı ile birleştirilmiştir. Anot elemanının imal edilmiş hali şekil 3-9 da verilmiştir.



Şekil 3.9. Montajı yapılmış anot malzemesi

Hedef malzemenin yüzey parlatma işlemi silisyum karbür taneleri ve magnetit tozu içeren zımpara kağıtlarıyla yapıldı. Numuneler 350 gridlik zımpara kağıdından başlanarak, 500, 1000, 2200 ve 4000 gride kadar kabadan inceye doğru kademeli olarak zımparalandı. Numunelerin zımparalanmasında kullanılan bazı zımpara kağıtlarının fotoğrafı Şekil 3.-10 verilmektedir.



Şekil 3.10. Hedef malzemenin yüzeyinin zımparalandığı zımpara kağıtları

Hedef malzemenin zımparalanmasında ve parlatılmasında kullanılan Struers Labopol-5 marka parlatma cihazının fotoğrafı Şekil 3.11’de verilmiştir. Malzememiz zımparalanırken cihazın su modu açılarak malzemelere sulu zımparalama yapılması sağlandı. Böylelikle malzemenin ısınması engellendi.



Şekil 3.11. Struers Labopol-5 Parlatma cihazı

3.2.2 Katot malzemesi ve işlenmesi

X-ışın tüpünün negatif terminal kısmıdır. Katoda filaman adı da verilir. Filaman 2 mm çapta 1-2 cm uzunlukta tungsten bileşiğinden yapılmış tel sargıdır. Tungsten tercih nedeni yüksek sıcaklığa dayanıklı olması (3410 °C) ve daha fazla termoiyonik emisyon yapabilmesidir.

X-ışın tüpü kullanılmaya başlanacağı zaman filamandan düşük bir akım geçirilerek ısıtılır ve filaman yüksek ısı şokuna hazırlanır. Uygulanan ac gerilim ve yaklaşık 2-4 amperlik akım, filamandaki yüksek direnç nedeniyle 2200 °C aşan bir ısınmaya neden olur. Isıtılan filamanda tungsten atomlarına ait dış yörünge e^- serbestleşerek metal yüzeyden ayrılırlar. Bu olaya termoiyonik emisyon adı verilir.

Tungsten elementinin filaman haline getirilme aşamaları aşağıda şekillerle verilmiştir.



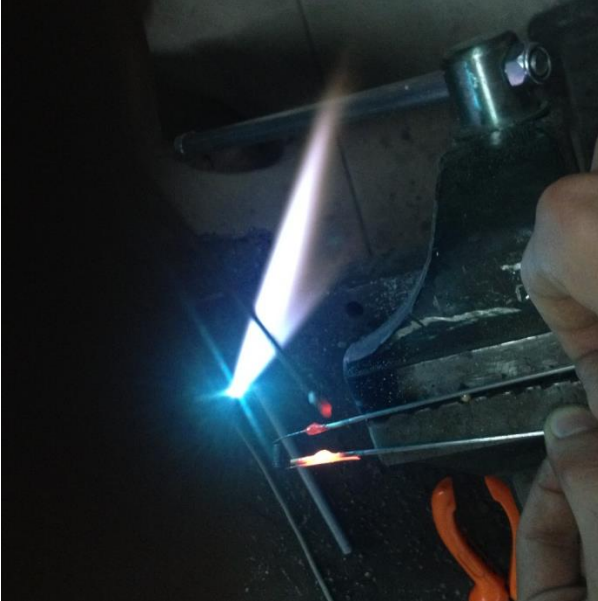
Şekil 3.12. Tel halde tungsten

Tungsten elementi gevrek bir yapıya sahip olduğundan filaman haline getirme işlemi oldukça zordur. Burada izlediğimiz yol, yakıcı gaz olarak oksijen kaynağı ve yanıcı gaz olarak asetilen in şaloma ucunda birleşmesiyle elde edilen alevi kullanarak, tungsteni ısıtma yoluyla filaman haline getirmek oldu. Filaman haline getirilmiş tungsten şekil 3-13 de verilmiştir.

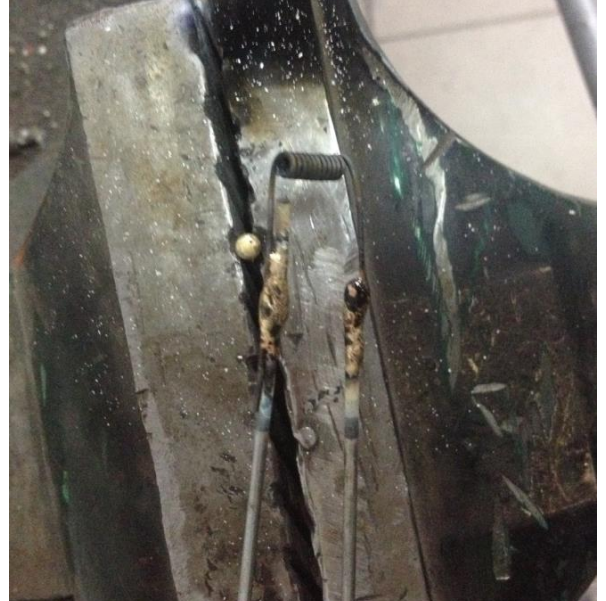


Şekil 3.13. Filaman hale getirilmiş tungsten

Tungsten elementimiz filaman hale getirildikten sonra elektrot olarak kullanılan çelik tellere oksijen kaynağı ile birleştirilmiştir. Kaynak anı ve en son bitirilmiş hali aşağıda resimlerde verilmiştir.



Şekil 3.14. Filaman-Çelik çubuk kaynak işlemi



Şekil 3.15. Filaman-Çelik çubuk son hali

3.2.3 Pyrex (bor silikat) cam t p ve işlenmesi

Endüstride "pyrex" denilen cam bor silikat camıdır. Bor silikat camı 3000 Å a kadar olan ışınları geçirir. Bu camlar korozyona çok dayanıklıdır. Ayrıca bu tür camlar (Pyrex camı) düşük genleşme katsayıları nedeniyle sıcaklığa dayanıklıdır ve laboratuvar aletleri, mutfak gereçleri, borular ve projektörlerde kullanılır.

Bor silikat camın fiziksel  zellikleri

-Tavlama noktası 560  C

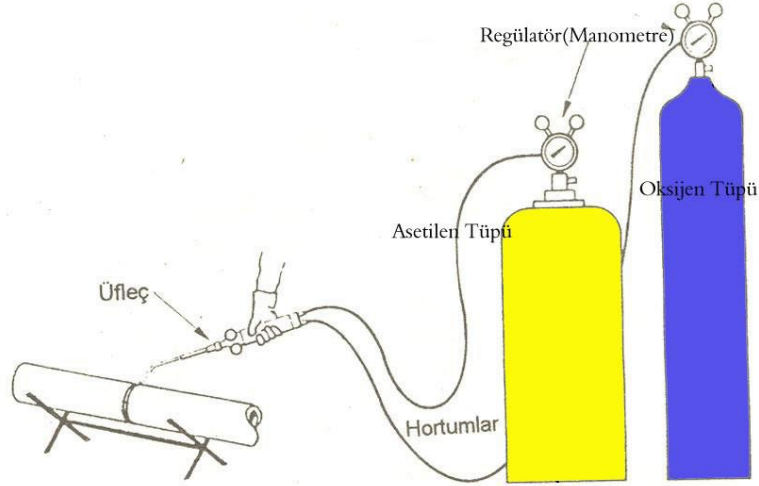
-Yumu ama noktası 825  C

-  leme noktası 1125  C



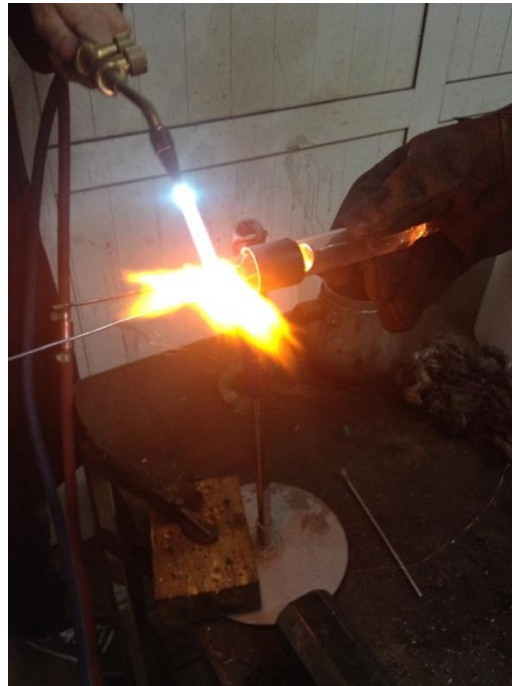
Şekil 3-16. Bor silikat cam [11]

Pyrex camın işlenmesi yanıcı gaz olan asetilenin oksijen ile birlikte yakılmasıyla meydana gelen, takriben 3200  C sıcaklıkta genellikle %50 oksijen %50 asetilen karışımından elde edilen yüksek ısı ile yapıldı.



Şekil 3.17. Oksijen ve asetilen tüpleri [12]

Camın işlenmesi oldukça zor bir aşamadır, özellikle camın içine anot ve katot elemanları yerleştirilirken çok fazla sorun ile karşılaştık pyrex camın ve çelik çubuğun ısı iletkenlikleri farklı olduğu için soğuma hızları ve süreleri farklı oluyor. Montaj işlemi tamamlanıp parça soğumaya bırakıldığında cam üstünde çatlaklar oluşuyor ve sızdırmazlık tam anlamıyla sağlanamıyor. Bu sorunu çözmek için kimyasal yapıştırıcı olan epoksi ile camın ucunun kaplanması yapılmıştır. Aşağıda camın işlenmesi esnasında çekilen fotoğraflar verilmiştir.



Şekil 3.18. Cam işleme aşaması (I)



Şekil 3.19. Cam işleme aşaması (II)

Bora silikat camın 1 tarafına anot elamanı yerleştirilip kapatılması yapıldıktan sonra katot elamanın montajı yapılmadan hemen önce tüpün vakumlanması için 2 mm çaplı ince bora silikat cam büyük camımıza yerleştirilmiştir. Bu yerleşimi yapabilmek için tüpe sıcaklık uygularken tüpün içerisine hava üflemek gereklidir.

Tüpe anot elamanı ve vakum çubuğu yerleştirildikten sonra katot elamanın montajı yapılmıştır. Birleştirme işleminden sonraki görüntü şekil 3-20 de verilmiştir.



Şekil 3.20 Anot katot elamanlarının yerleştirilmiş hali

Camın içine anot katot ve vakum için ince tüpümüz uygun şekilde yerleştirildikten sonra sızdırmazlığın tam anlamıyla sağlanabilmesi için tüpün uçlarına epoksi yapıştırıcı işlemi uygulanmıştır.

Epoksi, termosetler grubundan yapıştırıcı bir kimyasal reçinedir. Suya, aside ve alkaliye direnci çok iyidir ,zamanla direnç özelliğini yitirmez. Çatlağa doldurulmuş epoksi yapıştırıcısı, çatlağın yarattığı süreksizlik ortamını sürekli duruma dönüştürür, çatlağın her iki yüzünü çatlak boyunca sürekli olarak birbirine bağlar ve gerilme birikimlerini önler. Tüpe epoksi uygulama aşaması şekil 3-21 de verilmiştir.



Şekil 3.21. Tüpe epoksi uygulama aşaması



Şekil 3.22. Epoksi uygulanmış ve kurumaya bırakılmış cam tüp

Tüpün çatlak kısımlarını ve uç kısımlarını sızdırmazlığın güvenilir olması açısından epoksi ile doldurduk ve kurumaya bıraktık. Epoksi uygulamasının tamamlanmış hali ve kurutulmaya bırakılmış hali şekil 3-22 de verilmiştir.

3.3 Sistem Kurulumu

Sistem kurulumundaki ilk aşama X -ışın tüpüne vakum uygulanması, ardından ac güç kaynağının filament (katot) tarafına bağlantısının yapılması son olarak da yüksek gerilim kaynağının tüpe bağlanmasıdır.

3.3.1 Vakum Uygulanması

Katottan hızlandırılan elektronların havadaki gaz molekülleri ile çarpışmadan hedefe ulaşması amacı ile tüpe vakum uygulanır.

Tüpün içi vakum olduğunda, tüp içindeki gaz iyonizasyonu tamamen yok edilmiş olacaktır. Ayrıca tüpün vakumlu olması uzun ömür ve etkili X -ışını için gereklidir.

Çalışmada vakum için kullanılan kompresör şekil 3-23 de verilmiştir.



Şekil 3.23. Vakum kompresörü

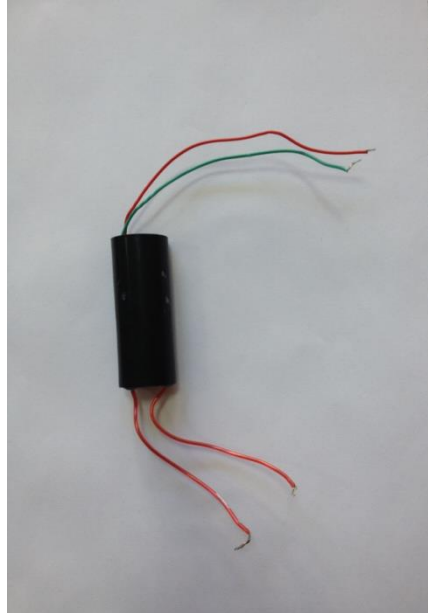
3.3.2 Güç Kaynaklarının Bağlanması

Tungsten atomuna ait elektronların serbestleşerek metal yüzeyden kopabilmeleri için filamanın yaklaşık 2200 °C ye kadar ısıtılması gereklidir. Bu ısıtma işlemi varyak (oto transformatör) ayarlanabilir AC gerilim güç kaynağı ile yapıldı. Şekil 3-24 de ac güç kaynağının resmi verilmiştir.



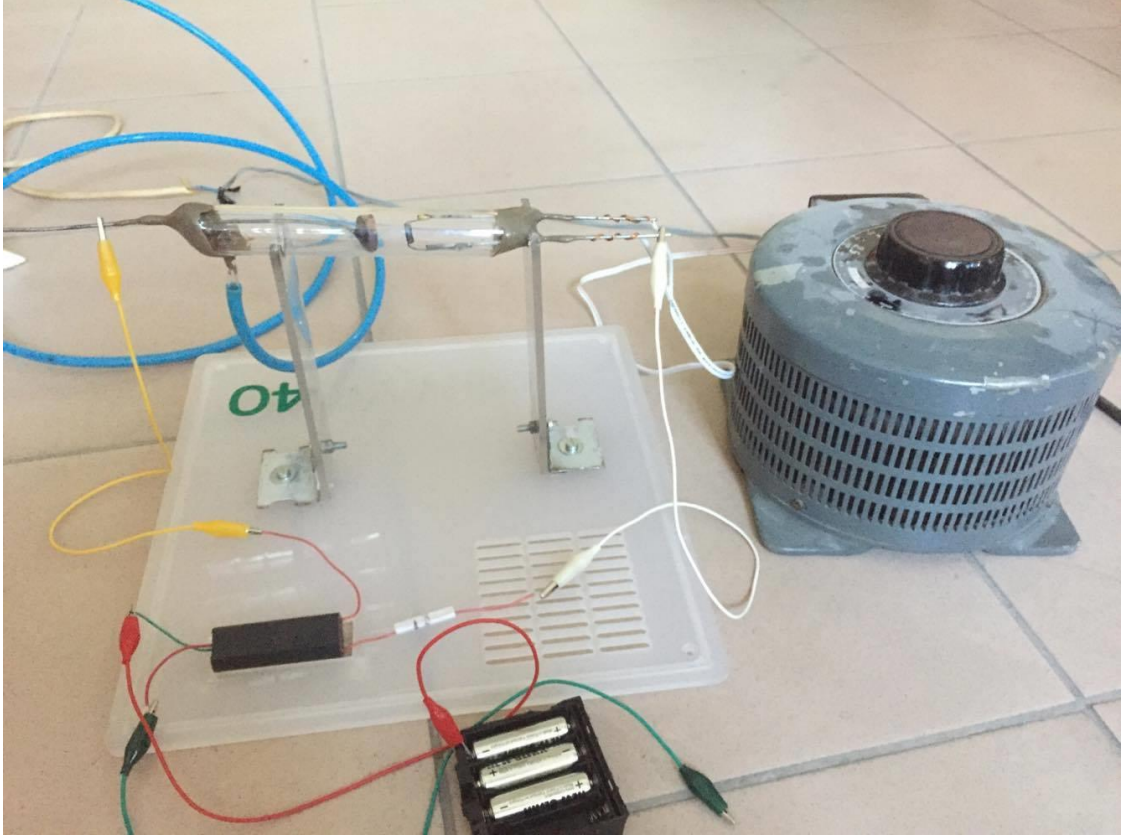
Şekil 3.24. Ayarlı ototransformatör (varyak)

Yüksek gerilim güç kaynağımız 40kV güçlendirici ateşleme bobini güç modülü R-179 şekil 3-25 de verilmiştir.



Şekil 3.25. Dc güç kaynağı

Güç kaynaklarının bağlantısının yapılmış hali şekil 3-26 da verilmiştir.



Şekil 3.26. Güç kaynaklarının bağlantısının yapılmış hali

BÖLÜM 4

4.1 Bütçe ve Gerekçesi

Projede oksijen ve asetilen tüpleri Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik fakültesi mekanik atölyeden kullanılmıştır. Satın alınan ürünler ve fiyatları tablo 4-1 de belirtilmiştir.

Tablo 4.1. Bütçe Planı

Temin Edilecek Ürünler	Miktarı	Fiyat(TL)	Toplam Bütçe(TL)
Borosilikat Cam Boru	1 kg	80 TL	340 TL
40kV-400KV Yüksek Gerilim Güç Modülü	2 adet	40 TL	
Bakır Çubuk	φ20 mm ve 100m uzunlukta	30TL	
Tungsten Tel	φ0.8 mm 100 cm uzunlukta	40 TL	
Kırtasiye ve Tez		100 TL	
Ulaşım(Kargo Ücretleri)		30 TL	

Sadece bir X -ışını tüpü için hesaplanan maliyet giderleri tablo 4-2 de verilmiştir.

Tablo 4.2. Tek bir X-ışını tüpü için Maliyet Hesabı

Kullanılan Ürünler	FİYATI(TL)	Toplam Maliyet(TL)
Borosilikat Cam Boru	4 TL	
40 KV Yüksek Gerilim Güç Modülü	12 TL	
Bakır Hedef	0.5 TL	
Tungsten Tel	7 TL	
Gaz Giderleri (oksijen ve asetilen)	10 tı	
İşçilik	--	

BÖLÜM 5

5.1 SONUÇ

Sabit anotlu X-ışın tüpü tasarımı ve imalatı adlı bu projede tasarım işlemi Solid Works üç boyutlu katı modelleme programı ile yapılmıştır. Tasarımın ardından anot-katot malzemelerinin yerleştirilmesi için cam işlemesi asetilen gazının oksijen gazı ile yanması sonucu oluşan alev ile yapılmıştır. X-ışın tüpünün montaj işlemi tamamlandıktan sonra tüpün vakumlu şekilde denemelerinin yapılması aşamasına geçilip proje tamamlanmıştır.

5.5.1 X- Işını Tüpü Deney Aşamaları ve Sonuçları

X-ışını tüpü deneyleri, iki farklı X-ışını ölçme yöntemi ile yapılmıştır. İlk yöntem radyoaktiviteyi ölçen Geiger Müller sayacıdır. Bu sayaç cihaza adını veren geiger-müller tüpünün içindeki alçak basınçlı gaz tarafından üretilen iyonizasyonun kullanılmasıyla X-ışınlarından kaynaklanan nükleer ışımayı tespit eder. Şekil 5-1 de geiger müller sayacının resmi, şekil5-2 de geiger müller sayacı ve X-ışın tüpü birlikte ve şekil 5-3 de tüm deney sisteminin resmi verilmiştir.



Şekil 5.1. Geiger-Müller sayacı

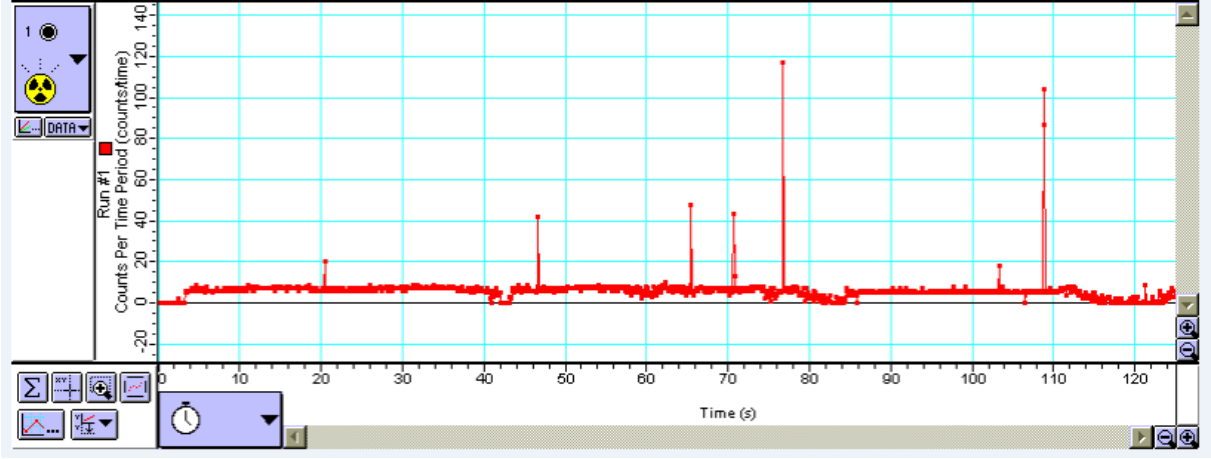


Şekil 5.2. Geiger-Müller sayacı ve X-ışını tüpü

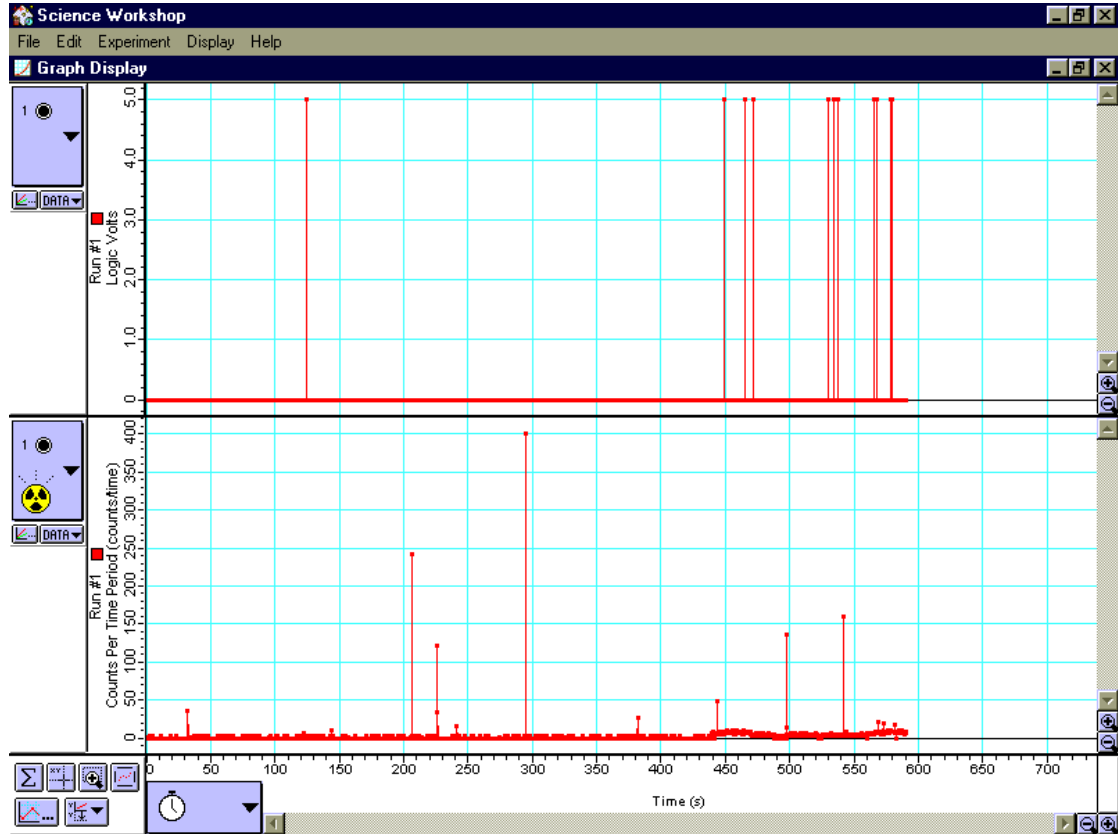


Şekil 5.3. Deney sisteminin tümü (Geiger-Müller)

Şekil 5-3 de verilen deney sistemi X-ışınlarından kaynaklanan nükleer ışımayı tespit eder. Geiger-Müller sayacı X-ışını tüpünün yakınına yaklaştırıldığında yayılan X-ışınlarını tespit edip bilgisayara aktarır ve bilgisayar bir yazılım aracılığı ile zamana göre sayılan X-ışını sayısını ekrana grafik olarak çizdirir. Deney sonuçlarını içeren şekiller aşağıda verilmiştir.

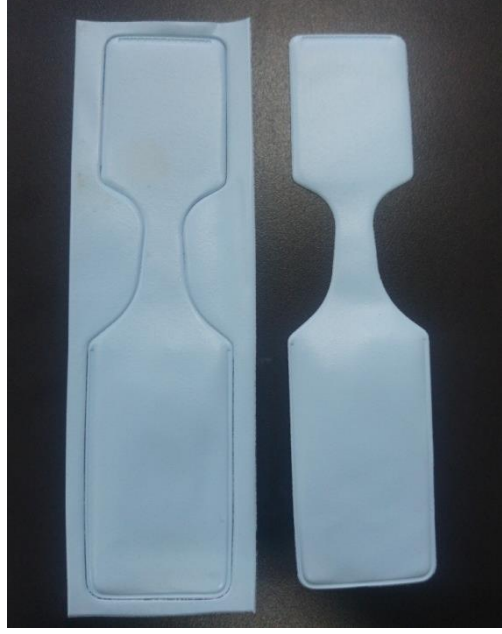


Şekil 5.4. Zamana göre sayılan x-ışınları



Şekil 5.5. Zamana göre sayılan x-ışınları ve lojik değerler

X-ışını ölçmek için kullanılan ikinci yöntem ise röntgen filmidir. Deneyimizde kendinden banyolu dental röntgen filmleri kullanılmıştır. Bu yöntem kalibrasyonun zor olması sıcaklık ve nemden etkilenmesi ve yeniden kullanılamaması nedeniyle artık bilimsel çalışmalarda sayaç olarak tercih edilmiyor fakat sonuç alınması için hala başarılı bir yöntemdir. Şekil 5-6 da dental röntgen filminin resmi verilmiştir.



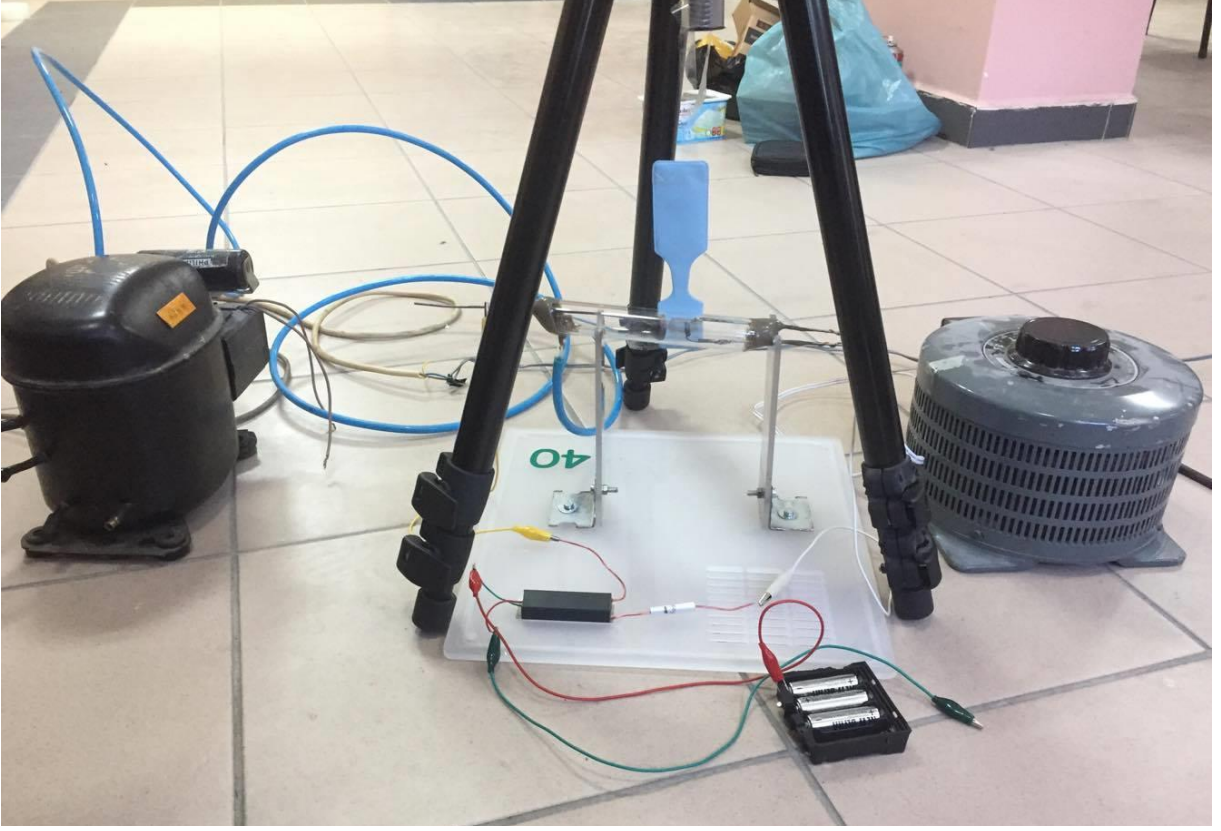
Şekil 5.6. Kendinden banyolu dental röntgen filmi

Kendinden banyolu dental röntgen filmi ve X-ışını tüpünün yerleşimini gösteren resim şekil 5-8 verilmiştir.



Şekil 5.7. Dental röntgen filmi ve x-ışını tüpü

Deney sisteminin tümünü gösteren resim (güç kaynakları ve vakum pompası dahil) şekil 5-9 verilmiştir.



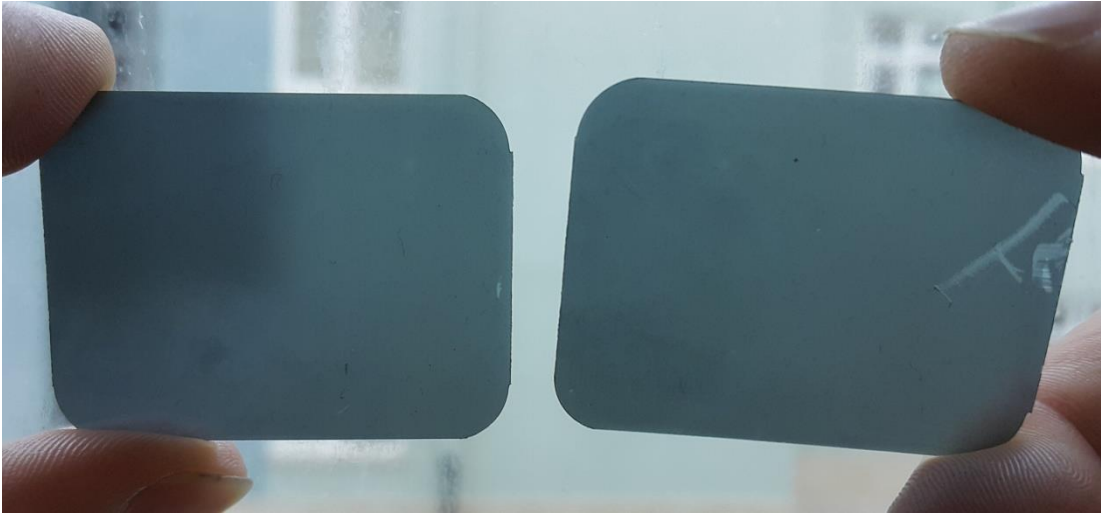
Şekil 5.8. Deney sistemin tümü (röntgen filmi)

Deney yapıldıktan sonra dental röntgen filminin kendi içinde bulunan yıkama sıvısı ile bonya işlemi yapılmıştır ve şekil 5-10 da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Röntgen filmi için banyo işlemi

Banyosu yapılan dental röntgen filminin üzerinde oluşan ufak görüntü şekil 5-11 de verilmiştir. Görüntünün net olarak elde edilemeyişinin sebebi ise foto grafik filmlerin X-ışınlarını soğurmada son derece verimsiz olmasıdır. Gelen fotonların sadece % 2 si soğurulur. bu oranı artırmak için filmin arkasına ekran koyulur ve ekrana gelen X-ışını soğurulduğunda ekrandaki elektronları uyarır ve iyonlaşmaya sebep olur böylece soğurma verimi çok yüksek seviyelere çıkar ve net bir görüntü elde edilmiş olur. Ekran maddesi genellikle floresans maddedir (Kalsiyum-tungsten, katkılı sezyum iyodür gibi)



Şekil 5.10. Dental film görüntüsü

5.5.2 İleride Yapılması Planlanan Çalışmalar

Bu proje kapsamında hedeflenen iş paketleri başarı ile gerçekleştirilmiştir. Bu aşamadan sonra sistemin tam olarak bir röntgen cihazı niteliğinde kullanılabilmesi için gerekli çalışmaların yapılması planlanmaktadır.

X-ışını cihazının (röntgen cihazının) temel kısımları

- X-ışını tüpü
- Kontrol konsolu
- Yüksek voltaj jeneratörü' dür.

Bu proje ile bir röntgen cihazının temel kısımlarından olan X-ışını tüpü imal edilmiştir. Geriye kalan iki temel kısımdan kontrol konsolunda cihazın açma kapama düğmesi, operatörün istediği miktar şiddette x-ışını elde etmesini sağlayan kontrol düğmeleri, şutlama esnasında KV ve MA değerlerini gösteren metreler, cihaza gelen akımı kompanze eden regülatör düğmesi gibi kontrolleri barındıran kısımdır. Üçüncü temel kısım ise yüksek voltaj jeneratörüdür. Röntgen odasının bir köşesine yerleştirilen yağla dolu tanktır. İçinde voltaj yükseltici transformatör, filaman transformatörü, rektifiye ediciler (doğrultmaçlar) yer alır. Yağ elektrik yalıtkanı görevi görerek bu elemanların yan yana yerleştirilmesine olanak sağlar. Bu üç temel kısım bir araya getirildiğinde tam anlamı ile bir X-ışını cihazı yani röntgen cihazı yapılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1].Górecka-Drzazga, A., “Miniatury źródeł promieniowania rentgenowskiego”,
Miniature X-Ray sources, Przegląd Elektrotechniczny, Volume 90, 1 November 2014, Pages
108-112.
- [2].Ghani, M.U., Wong, M.D. Ren, L. Wu, D., Zheng, B., Rong, J.X, Wu, X, Liu,
H. “Characterization of continuous and pulse demission modes of a hybrid microfocus x-
ray source for medical imaging applications”, Nuclear Instruments and Methods in Physics
Research, Section A: Accelerators, Spectrometers,
Detectors and Associated Equipment, Volume 853, 1 May 2017, Pages 70-77.
- [3].Eggl, E., Schleede, S., Bech, M., Achterhold, K., Grandl, S., Sztrókay, A, Hellerhoff,
K., Mayr, D. Loewen, R., Ruth, R.D., Reiser, M.F., Pfeiffer, F., “X-ray phase-contrast
tomosynthesis of a human ex vivo breast slice with an inverse Compton x-ray source”,
EPL Volume 116, Issue 6, December 2016, Article number 68003.
- [4].A. Haga, S. Senda, Y. Sakai, Y. Mizuta, S. Kita, and F. Okuyama, “ A miniature x-ray
tube”, Applied Physics Letters, Vol. 84, Issue 12, American Institute of Physics, 2004.
- [5].Hong, J.H., Kang, J.S., Park, K.C. “Fabrication of miniature carbon nanotube electron
beam module for x-ray tube application”, 2016 29th International Vacuum Nanoelectronics
Conference, IVNC 2016, 24 August 2016, Article number 7551529, 29th International
Vacuum Nanoelectronics Conference, IVNC 2016; University of British Columbia (UBC)
Vancouver; Canada; 11 July 2016 through 15 July 2016; Category number CFP16VAC-ART;
Code 123580.
- [6].Kim, H.J., Kim, H.N., Raza, H.S., Park, H.B., Cho, S.O., “An Intraoral Miniature X-
ray Tube Based on Carbon Nanotubes for Dental Radiography”, Nuclear Engineering and
Technology, Volume 48, Issue 3, 1 June 2016, Pages 799-804.
- [7].Wang, L. , Zhang, Q.-X. , Ge, L.-Q., Lu, Z.-R., Luo, Y.-Y., Zhao, J.-K., Chen, S.,
“Analyse output spectrum in miniature transmission X-ray tube of aluminum window and
silver target by MC simulation”, GuangPuXueYuGuangPu Fen Xi/Spectroscopy and Spectral
Analysis, Volume 35, Issue 10, 1 October 2015, Pages 2891-2894.
- [8]. W. Ehrenberg W.E. Spear, “An electrostatic focusing system and its application to a fine
focus x-ray tube”, Proceeding of the physical society, Section B. Vol. 64 no.1,
Birkbeck College, May 1950.

[9].Zeng, G.-Q., Liu, X.-Y., Luo, Q., Tan, C.-J., Ge, L.-Q., Huang, R., Li, Q., Wu, G.. “High voltagepowersupplydevelopmentformicro X-ray tube of lowripple”,Yuanzineng KexueJishu/Atomic Energy Science and Technology, Volume 49, Issue 2, 20 February 2015, Pages 366-371.

[10].Stephen W. Gravelle, Steven D. Hansen, Karl F. Sherwin , X-ray tube electron beam formation and focusing“, US 5633907 A, 21 Mart 1996.

[11]. Karma tasarım atölyesi, " Şeffaf borasilikat cam boru 26mm",
<http://www.cammalzeme.com/seffaf-borosilikat-cam-boru-26mm>.

[12].Orhan baylan, "oksi-gaz-kaynak-sistemi-sematik", <http://www.metaluzmani.com/oksi-gaz-kaynak-sistemi-sematik/>, 10 Nisan 2015.

ÖZGEÇMİŞ

1

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Mert ARSLAN

Baba Adı: Emin

Anne Adı: Şengül

Doğum Yeri: Karabük

Doğum Yılı: 12.01.1996



İlk ve orta öğrenimini Çankırı' da tamamladıktan sonra 2013 yılında Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2017 yılında lisans öğrenimine devam etmektedir.

Haberleşme Bilgileri

Adres: Yeni kent Mahallesi Elif kent sitesi H-blok no a-1 Çerkeş/Çankırı

Telefon: (+90) 541 552 4769

E-posta: mert.arslan.125@gmail.com

ÖZGEÇMİŞ

2

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Tunahan YADİGAROĞLU

Baba Adı: Hayati

Anne Adı: Memnune

Doğum Yeri: Trabzon

Doğum Yılı: 16.03.1994

İlk ve orta öğrenimini Trabzon' da tamamladıktan sonra 2013 yılında Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2017 yılında lisans öğrenimine devam etmektedir.

Haberleşme Bilgileri

Adres: Aşağıkayabaşı Mah. Alparslan Türkeş Bulvarı Gökkuşığı Sitesi A blok Kat:4 No:15
Merkez/Niğde

Telefon: (+90) 531 491 6152

E-posta: tunahanyadigaroglu@hotmail.com

