

**T.C.
ERZİNCAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PLC KONTROLLÜ SİLAR CİHAZI YAPIMI

Umut Şükrü YAŞAR

Danışman: Doç. Dr. Yunus AKALTUN

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

ERZİNCAN

2018

Her Hakkı Saklıdır.

Kabul ve Onay Sayfası

Doç. Dr. Yunus AKALTUN danışmanlığında, Umut Şükrü YAŞAR tarafından hazırlanan bu çalışma 29/03/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI

İmza:



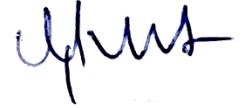
Danışman : Doç. Dr. Yunus AKALTUN

İmza:



Üye : Doç. Dr. Memet Ali YILDIRIM

İmza:



Yukarıdaki sonuç Enstitü Yönetim Kurulunun 27/04/2018 tarih ve 16/9 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Paşa YALÇIN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

PLC Kontrollü SILAR Cihazı Yapımı isimli Yüksek Lisans tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 29/03/2018



Umut Şükrü Yaşar

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PLC KONTROLLÜ SILAR CİHAZI YAPIMI

Umut Şükrü YAŞAR

Erzincan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yunus AKALTUN

Bu çalışmada, ince film kaplama metotlarından birisi olan Ardışık İyonik Tabaka Adsorpsiyon ve Reaksiyonu (SILAR) metodu ele alınarak bu metodu otomatik olarak uygulayacak cihaz yapımı gerçekleştirildi. SILAR metoduna etki eden parametreler; çözelti konsantrasyonu, çözelti pH'sı, çözeltilerin sıcaklığı, SILAR döngü sayısı ve bekleme süreleri gibi SILAR metoduna etki eden parametreler ayrı ayrı incelendi. Bu parametrelerden biri olan çözeltilerdeki bekleme süresi üzerinde özellikle durularak yapılan SILAR cihazının bu parametre üzerindeki olumlu etkisi anlatıldı. Yapılan bu çalışmada, SILAR metodu çok kolay bir metot olmasına rağmen tamamen insan gücü ile yapılmasının hatalara yol açacağı ve insan hatası faktörünün çok kaliteli ince film üretimine engel teşkil edeceği anlaşıldı. Üretilen bu özgün cihaz ile insan hatası faktörünü ortadan kaldırılarak zaman kaybı olmadan çok kaliteli ince filmler elde edilebilmesi amaçlandı.

Ayrıca, üretilen bu otomatik cihazın kontrolünü sağlayan mikro denetleyici ailesinden en yaygın olarak kullanılan Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC) 'de ele alınarak avantajlarından ve kullanım alanlarından bahsedilerek neden projemizde hayat bulduğu üzerinde duruldu.

2018, 47 Sayfa

Anahtar Kelimeler: İnce film büyütme, PLC, SILAR, Yarı iletken

ABSTRACT

Master Thesis

PLC CONTROLLED SILAR MACHINE MANUFACTURING

Umut Şükrü YAŞAR

Erzincan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronic Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yunus AKALTUN

In this master thesis, Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction method (SILAR) was studied and SILAR machine, which makes this method automatic, was carried out. Parameters affecting the SILAR method, solution concentration, solution pH, solution temperature, number of cycles and waiting period timing were examined separately. Waiting period parameter one of these parameters was especially focused on and positive effects of SILAR machine on this waiting period parameter were explained. In this study, it was explained that although the SILAR method was very easy method, it can cause some mistakes if this method is applied entirely by human power. It was understood that the human error factor would constitute an obstacle to the production of high quality thin films. With this original machine, it was aimed to obtain high quality thin films without time loss and human error factors.

Programmable Logic Controller (PLC), the most widely used in control of automated devices and used in the control of this SILAR machine, was also searched in this thesis. It's advantages, areas of use and why it took place in this SILAR machine topics were explained entirely.

2018, 47 Pages

Keywords: PLC, Semiconductors, SILAR, Thin film coating

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamı bana öneren, tezimin yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Yunus AKALTUN'a katkılarından dolayı sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Tez konum olan cihazı tasarlarken ve hayata geçirirken bana katkısı olan arkadaşım Arő. Gör. Kaya Turgut'a dostluğundan ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, maddi manevi hiçbir desteği benden esirgemeyen çok kıymetli aileme minnet ve őükranlarımı sunarım.

Umut şükrü YAŞAR

Mart, 2018



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1. Katkılı Yarı İletkenler	4
2.2. Yarı İletken İnce Filimler	5
2.2.1. Tarihçe.....	6
2.2.2. İnce filim büyütme işlemi	6
2.3. SILAR (Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction).....	8
2.4. SILAR Metodunda Etki Eden Parametreler	11
2.4.1. Çözelti konsantrasyonu	11
2.4.2. Çözeltilerin pH'sı	12
2.4.3. Çözeltilerin sıcaklığı	12
2.4.4. SILAR döngü sayısı ve bekleme süresi	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	14
3.1. Tasarım.....	14
3.2. Motor Seçimi.....	19
3.3. Step Motor Sürücüsü	21
3.4. Arduino Uno Mikrodenetleyici	23
3.5. PLC (Programable Logic Controller).....	25
3.5.1. Merkezi işlem birimi	26
3.5.2. Bellek birimi.....	26
3.5.3. Giriş birimi	27
3.5.4. Çıkış birimi.....	27

3.5.5. PLC'lerin avantajları ve kullanım alanları	27
3.5.6. SILAR deney cihazında PLC	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	40
4.1. Hayata Geçirilen Benzer Projeler	40
4.2. Yerli Tasarım SILAR Deney Cihazı	42
5. SONUÇ	44
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ,	48



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. P-tipi ve n-tipi yarı iletkenlerin oluşumu	5
Şekil 2.2. İnce film üretim tekniklerinden bazıları.....	7
Şekil 2.3. SILAR metodu ile ince film büyütme aşamaları	8
Şekil 2.4. SILAR metodu ile ince film büyütülmesinin şematik gösterimi.....	10
Şekil 3.1. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri	15
Şekil 3.2. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri	16
Şekil 3.3. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri, önden görünüş.....	17
Şekil 3.4. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri, yandan görünüş.....	17
Şekil 3.5. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri, üstten görünüş.....	18
Şekil 3.6. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri	18
Şekil 3.7. Step motor sargıları (Anonim)	21
Şekil 3.8. DRV8824 step motor sürücü kartı pinleri (Anonim).....	22
Şekil 3.9. SILAR cihazında DRV8824 step motor sürücü kartları	23
Şekil 3.10. Arduino Uno mikro işlemci kart	24
Şekil 3.11. PLC programlama kodu	31
Şekil 3.12. PLC programlama kodu	32
Şekil 3.13. PLC programlama kodu	32
Şekil 3.14. PLC programlama kodu	33
Şekil 3.15. PLC programlama kodu	34
Şekil 3.16. PLC programlama kodu	35
Şekil 3.17. PLC programlama kodu	36
Şekil 3.18. PLC programlama kodu	36
Şekil 3.19. PLC programlama kodu	37
Şekil 3.20. PLC programlama kodu	37
Şekil 3.21. PLC programlama kodu	38
Şekil 3.22. PLC programlama kodu	38
Şekil 4.1. Hayata geçirilmiş örnek SILAR deney cihazları	40
Şekil 4.2. Hayata geçirilmiş örnek SILAR deney cihazları	41
Şekil 4.3. Hayata geçirilmiş örnek SILAR deney cihazları	41
Şekil 4.4. Hayata geçirilmiş örnek SILAR deney cihazları	42

Şekil 4.5. Hayata geçirilmiş örnek SILAR deney cihazları42



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

<i>cl</i>	Klorür
<i>cm</i>	Santimetre
<i>CuCl₂</i>	Bakır II klorür
<i>dc</i>	Doğru akım
<i>Ga</i>	Galyum
<i>Ge</i>	Germanyum
<i>gr</i>	Gram
<i>H</i>	Hidrojen
<i>H₂S</i>	Hidrojen sülfür
<i>kg</i>	Kilogram
<i>mA</i>	Mili amper
<i>mHz</i>	Mili herz
<i>Na</i>	Sodyum
<i>Na₂S</i>	Sodyum sülfür
<i>OH</i>	Hidroksit
<i>P</i>	Fosfor
<i>pH</i>	Ph değeri
<i>S</i>	Kükürt
<i>V</i>	Volt
<i>Zn</i>	Çinko
<i>μm</i>	Mikro metre

Kısaltmalar

CVD	Kimyasal buhar biriktirme
EEPROM	Elektronik olarak silinir programlanır salt okunur bellek
Ef	Fermi enerji
EPROM	Silinir programlanır salt okunur bellek
LCD	Sıvı kristal ekran
PIC	Peripheral interface controller
PLC	Programlanabilir mantık kontrolü

PROM	Programlanabilir salt okunur bellek
PVD	Fiziksel buhar biriktirme
PWM	Darbe genişlik modülasyonu
RAM	Rastgele erişimli hafıza
ROM	Salt okunur bellek
SCADA	Veri tabanlı kontrol ve gözetleme sistemi
SILAR	Successive ionic layer adsorption and reaction



1. GİRİŞ

İnce filmler yüzyıllar önce dekorasyon malzemesi olarak kullanılmaya başlanmış ve günümüze gelinceye kadar kullanım alanları bir hayli artmıştır. Buda ince filmlere olan ilgiyi artırarak günümüze taşımış ve teknolojinin ilerlemesinde çok önemli katkısı olan ince filmler üzerine birçok bilimsel araştırmalar yapılmasına sebep olmuştur. İnce filmler, farklı üretim teknikleri kullanılarak kaplanacak olan malzemenin atomlarının ya da moleküllerinin, filmi destekleyerek filmin oluşumuna yardımcı olan bir taban üzerine dizilmesi ile ince bir tabaka halinde oluşturulan ve kalınlıkları genel olarak $1 \mu\text{m}$ 'nin altında olan malzemelerdir (Bilgin, 2003).

İnce film kaplama teknolojisi sayesinde, kaplanan malzemelerin fiziki dayanıklılığı, optik özellikleri veya elektriksel özellikleri büyük oranda artmaktadır. Günümüzde hepimizin hayatında büyük yer kaplayan birçok araç ve gereçlerde ince film kaplama teknolojisine rastlayabiliriz. Evlerimizde günlük yaşantımızda kullandığımız elektronik tüm cihazlar veya hemen hemen her evde rastladığımız aynalar ince film kaplama içeren eşyalardandır.

İnce film kullanım alanına verebileceğimiz bir diğer önemli alan ise güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren güneş panelleridir. Küresel ısınmanın ve çevre kirliliğinin giderek arttığı dünyamızda çevre dostu temiz enerji üretim teknikleri hayati önem taşımaktadır. Bu temiz enerji kaynaklarından en önemlisi olan güneş enerjisi panelleri, ince film teknolojisi sayesinde üretilmektedir. Buda ince filme olan ilginin oldukça artmasına sebep olmaktadır. İnce filmler üzerinde yapılan araştırmalar sayesinde panellerin maliyetinin düşürülmesi hedeflenip kirlilik yaratan tüm enerji kaynaklarından bertaraf edilmesi planlanmaktadır. Böylesine önemli bir yere sahip olan ince filmlerin birçok farklı kaplama yöntemleri vardır. Bu yöntemlerin her biri kendi içerisinde önemli bir yere ve bilimsel araştırmalara sahiptir.

Bu çalışmada, ince film kaplama metotlarından birisi olan Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction (SILAR) metodu ele alındı. İnce film kaplama için en yeni metotlardan olan SILAR metodu, kimyasal banyolama metodu olarak da kabul edilen oldukça basit bir metottur. Çok basit bir metot olmasına rağmen, birçok avantaja sahiptir. SILAR metodu, yüksek sıcaklıklara gerek duymadan oda sıcaklığında

kaplanacak olan taban malzemenin sırasıyla katyonik ve anyonik çözeltilere daldırılma işlemidir. Çözeltilere her daldırmanın ardından deiyonize su içerisinde çalkalanma işlemi de kaplamanın uygulanabilirliği açısından önemli yere sahiptir. Bu metot uygulanırken her bir çözeltinin ve deiyonize suyun içinde bekletilme süreleri ve döngü sayıları oldukça önemlidir. Bu parametrelerin etkisinin ölçülmesi ve SILAR metodunun daha da geliştirilmesi için bilimsel araştırmaların ve uygulamaların devamlılığı şarttır.

Bu SILAR uygulamaları yapılırken, bilgisayar tabanlı otomasyon sistemi haline gelmesi çok büyük önem teşkil etmektedir. Bekleme sürelerinin hassas zaman aralıkları olması ve döngü sayısının yüzlerce defa yapılma ihtimalinin olması deneyi tamamen el ile yapmayı bir hayli zorlaştırmaktadır. Otomasyon düzeneklere göre insan hatası faktörünün fazlasıyla yüksek olduğu ve yüzlerce döngü yapılması gereken deneylerin çok uzun vakitler gerektirdiği göz önüne alınırsa bu deney düzenegini otomatik hale getirmek yapılması gereken önemli çalışmalardandır.

Teknolojinin çok hızlı bir şekilde gelişme kaydettiği günümüzde, teknolojinin getirmiş olduğu bu yenilikler insan hayatının bir parçası olmuştur. Bu yeniliklerden insanları haberdar etme ve yenilikleri insanlara sunma bir zorunluluk haline gelmiştir. Globalleşen dünya da iletişimin çok artması insanları değişik dünya pazarlarına yöneltmiştir. Artık kaliteli ürünü daha ucuza imal etmek rekabet piyasasında bir zorunluluk olmuştur. Bu da ancak otomasyon teknolojisini kullanarak üretim yapmakla mümkün olmaktadır (SPGM, 1991).

Robotları endüstride ilk olarak kullanan ülke Japonya'dır. İlk robot kullanma fikrinin ortaya atılması ile birlikte, işsizlik oluşturacağı endişesi ile büyük tepkiler almıştır. Ama kullanılmaya başlandıktan sonra kaygıların yersiz olduğu anlaşılmıştır. Robot kullanımı ile birlikte birçok iş kolu türemiş ve işsizlik daha çok azalmıştır (Peşkircioğlu, 2005).

Bugün otomasyon sistemli robot kullanımı hayatımızın birçok alanına girmiş olup, özellikle insan sağlığını aşırı derecede tehdit eden iş kollarında, yüksek ısı, titreşim, kimyasal ve nükleer enerji ile çalışılan yerler vb. kullanımı çok daha yaygındır (De Silva, 1987).

Endüstriyel robotlar, bugünün rekabetçi pazar ortamında, üretkenliğin ve üretilen malın kalitesinin etkin bir maliyetle artırılmasında önemli rol oynayan bir faktör olmuştur. Bunun sebebi ise robotların; yüksek güvenilirlik, yüksek verim, düşük işletme maliyeti, geniş uygulama alanı içerisinde kullanılabilir olmasından kaynaklanmaktadır (Berkay A. vd., 2003).

Bu robotların kontrolünü günümüzde birçok farklı mikro denetleyici ile gerçekleştirebilmekteyiz. Bu mikrodenetleyicilerden biriside PLC'lerdir. PLC'ler yerel otomasyon çözümlerinin kalbi niteliğinde olup, otomasyon sistemlerinin olmasa olmazlarındandır. Tarihsel süreci incelendiğinde, doğduğu günden buyana oldukça büyük aşamalar geçirmiştir. Günümüzde PLC'ler kişisel bilgisayarların sahip olduğu işlemci hazlarına erişmiş ve bundan dolayı, karmaşık hesaplamalar içerecek PID, bulanık mantık (Fuzzy Logic) ve Yapay Zeka Algoritma'larını (YSA) kullanabilir hale gelmiştir (Karaçor, 2007).

Ülkemizde akademik kaynakları taradığımız zaman SILAR deneyini yapan bilgisayar tabanlı yerli bir otomasyon sistem olmadığı görülmektedir. İnternet ortamında az sayıda yabancı menşeli yapılmış cihazlar olmasına rağmen akademik tezler veya makaleler incelendiğinde böyle bir cihazın tasarımının ve yapımının bilimsel çalışmasının yapılmadığı anlaşılmaktadır.

Literatür araştırması yapıldığında SILAR metodu hakkında yapılan tüm çalışmalar bu metodu uygulama yaparak çeşitli özgün yarı iletken bileşikler üretmek üzerine yapılan çalışmalardır. Yapılan bu çalışmada literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, SILAR metodunu genel olarak inceleyerek, bu metotla ince film kaplaması yapan PLC tabanlı SILAR deney cihazı tasarımı ve yapımı ele alınmıştır ve hayata geçirilen bu otomatik sistemin önemli avantajlarından bahsedilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Katkılı Yarı İletkenler

Yarı iletken maddeler, iletken ile yalıtkan arasında bir madde olup elektriği istenilen şartlar yerine getirildiğinde ileten maddelere denir. Buda bize bu maddeleri istediğimiz zaman iletken ve istediğimiz zaman yalıtkan malzeme olarak kullanma olanağı sağlamaktadır. Isı, ışık veya elektriksel etki yardımı ile bu maddelerin elektrik iletkenliklerini kolayca değiştirebilir ve elektroniğin en önemli işlerinden olan anahtarlama işlevini yerine getirebilmektedir. Yarı iletken içeren önemli kullanım alanlarını sayacak olursak; güneş pilleri, diyotlar, transistörler ve entegreleri örnek verebiliriz.

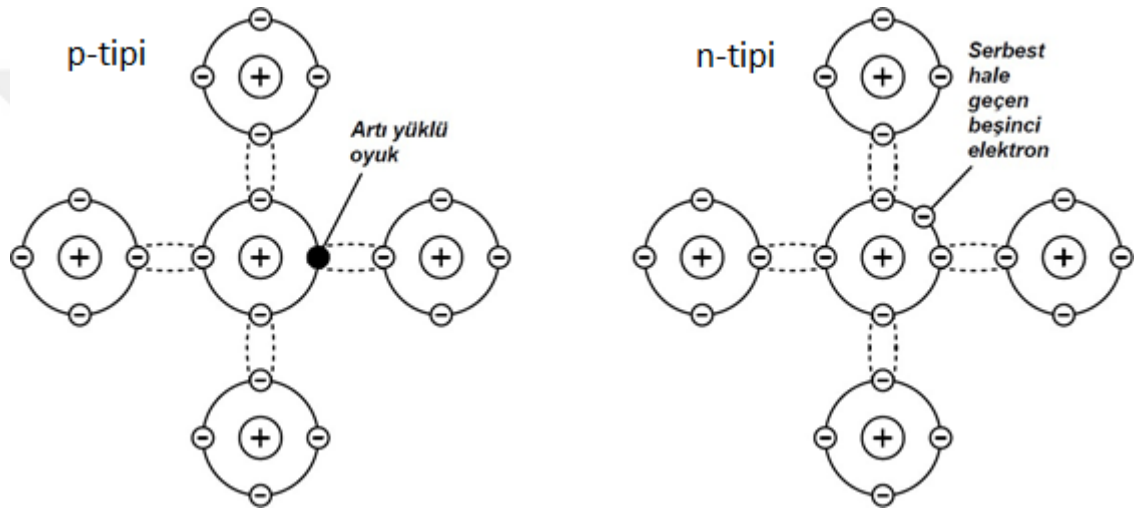
Yarı iletken maddeler ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan birisi asal yarı iletken ve bir diğeri ise katkılı yarı iletkenlerdir. Katkısız yarı iletkenler doğada asal halde bulunan Germanyum ve Silisyum maddeleridir. Elektronik devre elemanlarının büyük bir kısmı bu elementlerden meydana gelmektedir.

Asal (intrinsic) yarıiletken ilginç bir malzemedir. Fakat yarıiletkenlerin gerçek gücü, az ve kontrol edilebilir miktarda özel katkı atomları eklenmesi ile ortaya çıkmıştır. Bu katkılama işlemi yarıiletkenin elektriksel ve optik karakterizasyonunu büyük ölçüde değiştirir. Katkılanmış bir yarıiletken katkılı (extrinsic) bir malzemedir ve birçok farklı yarıiletken aygıtın oluşturulabilmesinin en önemli kaynağıdır (Akaltun, 2006).

Doğada saf halde bulunan katkısız yarı iletkenlerden olan Germanyum ve Silisyuma belli oranlarda başka maddeler eklenmesi ile katkılı yarı iletkenler elde edilir. Bu katkılı yarı iletkenler, son yörüngesinde (valans yörüngesi) 5 atom olan madde ile katkılandırılırsa n-tipi, son yörüngesinde 3 atom olan madde ile katkılandırılırsa p-tipi katkılı yarı iletkenler olarak sınıflandırılmaktadır. Bunlardan n-tipi, katkılandırılan materyalin yapısında elektron yük taşıyıcısı üretirken, p-tipi ise hol üretir.

Örneğin, Germanyum (Ge) yapısını Fosfor (P) ile katkılandırırdığımızda, P'nin yük taşıyıcısı miktarı, Ge'dan daha fazladır. Bu durumda 4 adet Ge kovalent bağı P ile bağ kurar. Fakat P'nin bir elektronu boşta kalır ve atoma zayıfça bağlı olup, rahatlıkla

iletkenlik bandına geçebilir. Oda sıcaklığında bu tür elektronlar, iletkenlik bandına uyarılabilir. Bu durumda çoğunluk yük taşıyıcıları elektronlar olup, hollerden daha fazladır. Bu durum n-tipi yarıiletken olarak bilinir. N-tipi yarıiletkenlerin oluşumu Şekil 2.1' de görülmektedir. P-tipi yarıiletkende ise çoğunluk yük taşıyıcıları hollerdir. Bu sefer, Ge' ye +3 değerlikte Ga katkı edildiğinde, Ge'nin kovalent bağlarından birisi boşta kalır. Bu da yük taşıyıcıları olarak hollere sebep verir. Yeterli miktarda Ga atomu ilave edildiğinde, hollerin sayısı termal olarak uyarılan elektronların sayısını aşar. Bu durumda çoğunluk yük taşıyıcıları hollerdir. P-tipi yarıiletkenlerin oluşumu da Şekil 2.1' de görülmektedir (Göktaş, 2013).



Şekil 2.1. P-tipi ve n-tipi yarı iletkenlerin oluşumu

2.2. Yarı İletken İnce Filimler

İnce filmler, kalınlığı birkaç nanometre boyutunda olan tabakalardır. Kullanım alanının çeşitliğine göre birçok farklı tabaka yüzeyine ince film kaplama yapılabilir. İnce film kaplama teknolojisi son yüzyıl içerisinde keşfedilmiş ve 1940'lı yıllardan itibaren üzerinde birçok araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. İnce filmlerin keşfi yakın geçmişe dayanmasından dolayı üzerine yapılan çalışmaların sayısı bir hayli fazladır. Günümüzde elektroniğin temel taşları olan diyot, transistör, led ekranlar ve mikroişlemciler gibi çok önemli yapılar bu teknolojinin sağladığı ürünlerdir.

Bu ürünlerde dikkat çeken özellikler, hepsinde iletkenlik gerektiren işlevler olması ve boyutlarının teknolojinin gelişmesi ile birlikte hep daha küçük boyuta gelmesidir. İşte tam bu noktada yarı iletken ince filmler devreye girmektedir. Geçmişte oda büyüklüğündeki bilgisayarlardan günümüzdeki tablet bilgisayar teknolojisine geçiş sürecinde ince film yarı iletkenler en önemli rolü oynamıştır.

2.2.1. Tarihçe

Yarıiletken ince film ilk defa 1938 yılında elektroliz yoluyla elde edilmiştir. 1852 yılında ilk metal film Bunsen ve Grove tarafından farklı metotlarla büyütülmüştür. İlk metal filmin elde edilmesinin ardından Faraday, Nahrwold ve Kundt birçok çalışma yapmışlardır. 1857’de Faraday asal gaz içerisinde buharlaştırma ile ilk metal filmi, 1887’de Nahrwold Joule ısıtması ile Pt ince filmleri ve 1888’de Kundt yine aynı metodu kullanarak değişik metal filmleri büyütmüşlerdir. Vakum cihazlarının gelişmesine kadar, buharlaştırılan ince filmler akademik araştırmalar olarak kalmış ve bilimsel çekiciliğini korumuştur (Tek, 2011).

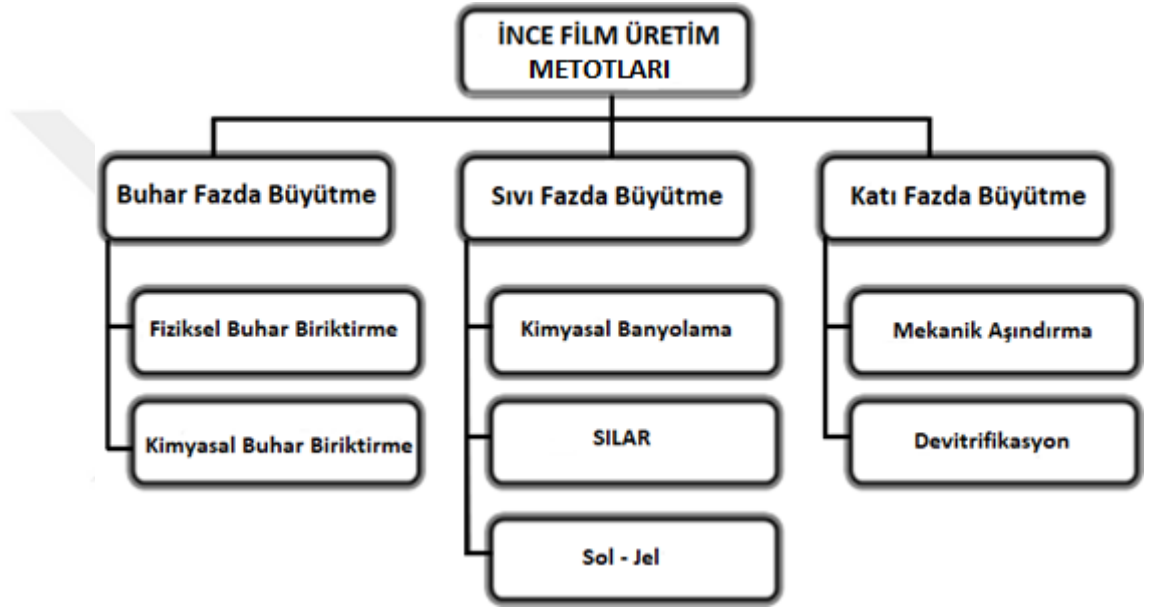
2.2.2. İnce film büyütme işlemi

Günümüz teknolojisinde oldukça önemli yere sahip yarı iletken ince filmleri üretmenin birçok farklı metodu mevcuttur. Bu metotları iki ana başlık altında incelemek mümkündür. Bunlardan birisi kimyasal metotlar ve bir diğeri ise fiziksel metotlardır. Kimyasal metotlar; adından da tahmin edilebileceği gibi, ince film bir kimyasal reaksiyon sonucu meydana gelmektedir. Yaygın olarak “CVD” olarak kısaltılan “Chemical Vapor Deposition” yani Kimyasal Buhar Biriktirme yöntemi ile çok kaliteli ince filmler üretilmektedir. Bu metot da kendi içinde gaz fazı ve çözelti fazı diye ikiye ayrılmaktadır.

Gaz fazı ile yapılan kaplamalarda, kimyasal gazların kaplama yapılacak tabakaya uygulanması sonucu tabakanın yüzeyinde öbek öbek kümelenmeler oluşur ve bu öbeklerin birleşimi sonucu ince film tabakası meydana gelir. Çözelti fazında yapılan kimyasal metotlar ise; kimyasal banyo çökmesi, elektrotsuz çökme, elektrodepozition ve piroliz püskürtme gibi yöntemleri kapsar.

PVD olarak kısaltılan Physical Vapor Deposition yani “fiziksel buhar biriktirme” yöntemi, genellikle vakumlu ortamda ısıtıcı vasıtası ile buharlaştırılan kaplanacak madde bir altlık üzerine uygulanıp ince bir film katmanı oluşturma metodudur. Aşırı yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duymaması CVD yöntemine göre avantajlarından biridir.

İnce film kaplama metotları ayrıca katı, sıvı ve gaz fazda büyütme olarak da gruplandırılabilir. Aşağıdaki şekilde katı, sıvı ve gaz fazına ayrılmış ince film kaplama metotlarından bazılarını görmekteyiz.



Şekil 2.2. İnce film üretim metotlarından bazıları

Herhangi bir ince film kaplama işlemi üç ana basamak içerir;

1. Uygun atomik, moleküler ya da iyonik türlerin üretimi
2. Bunların alt tabakaya geçişini sağlayacak bir ortam
3. Alt tabaka üzerine yoğunlaştırma hem doğrudan hem de kimyasal, elektrokimyasal reaksiyonlarla bir katı kaplaması yapılır.

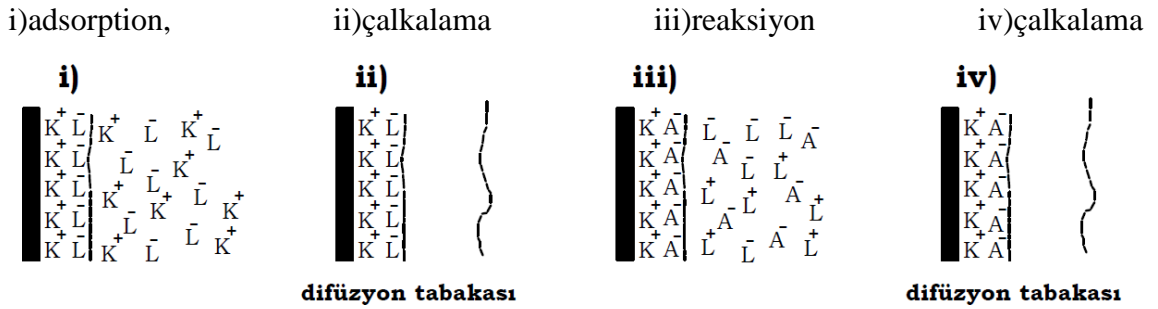
Bu çalışmada modifiye edilmiş kimyasal banyolama çeşidi olarak kabul edilen SILAR metodu ele alınacak (Özakın, 2010).

2.3. SILAR (Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction)

İnce film kaplama metotlarından en yenilerinden birisi olan SILAR metodu ilk olarak 1980’li yıllarda Y.F. Nicolau tarafından ilk defa uygulanmıştır. Uygulanması diğer metotlara göre oldukça kolay olan SILAR metodu kısaca tanımlanacak olursa, çözeltilerdeki iyonların adsorpsiyon ve reaksiyonu işlemidir. Bu her daldırma işleminden sonra çözeltilerde çökelme oluşumunu engellemek için deiyonize suya daldırmakta SILAR metodunun bir parçasıdır. Bu işlemler ardı ardına yapıldıktan sonra taban malzeme üzerinde çok ince bir katman yani ince film tabakası oluşturmaktadır.

SILAR metodu ucuz, basit ve geniş bir aralıkta büyütme yapmak için elverişlidir. Reaksiyon oda sıcaklığında veya oda sıcaklığı civarındaki sıcaklıklarda gerçekleştirildiği için yalıtkan, yarıiletken, metal ve sıcaklığa duyarlı (polyester gibi) çeşitli taban malzemeler kullanılabilir. Bir düşük sıcaklık işlemi olduğu için taban malzemenin oksidasyonu ve korozyonu da önlenir. SILAR metoduyla iyi kalitede ince filmler elde etmek için asıl gerekli olan şey, öncül çözeltilerin konsantrasyonu ve pH’ı, taban sıcaklığı ve adsorpsiyon, reaksiyon ve durulama zamanı gibi hazırlama şartlarını düzenlemektir (Astam, 2010).

SILAR ile büyütme aşamaları Şekil 2.3’de görüldüğü gibi dört adımdan oluşur.



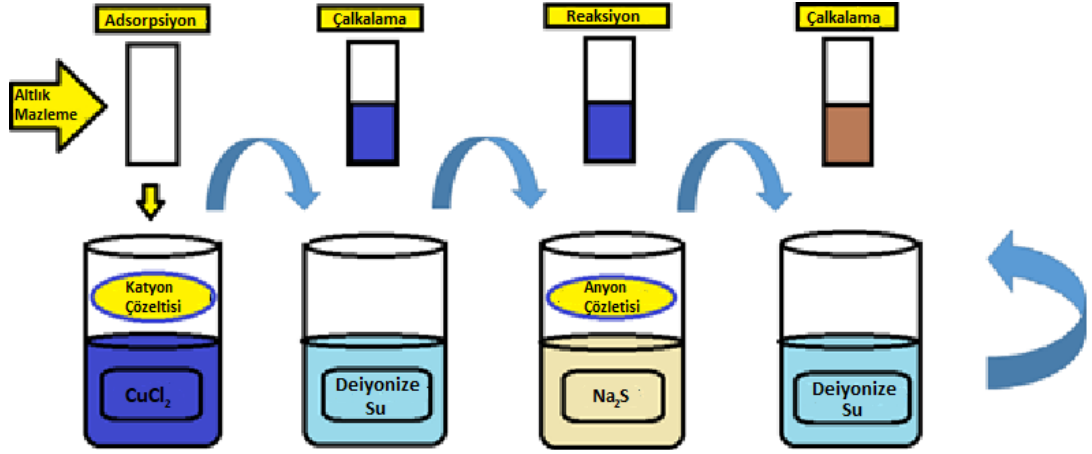
Şekil 2.3. SILAR metodu ile ince film büyütme aşamaları

Adsorpsiyon terimi bir sistemin iki fazı arasındaki ara yüzey tabakaları olarak tanımlanabilir. İki heterojen fazın birbirleriyle kontak haline getirilmesi sonucunda, adsorpsiyon olayının gerçekleşmesi beklenebilir. Bu nedenden dolayı gaz-katı, sıvı-katı

ve gaz-sıvı üç mümkün adsorpsiyon sistemidir. Adsorpsiyon, taban malzemenin yüzeyi ile iyonlar arasında gerçekleşen bir ekzotermik yüzey işlemidir ve çözeltideki iyonlarla taban malzemenin yüzeyi arasındaki çekici kuvvetlerden kaynaklanır. Bu kuvvetler bağlayıcı kuvvetler, Van-der Waals kuvvetleri veya kimyasal çekim kuvvetleri olabilir (Elemiş, 2016).

İnce film kaplama metotlarından en yenisi olarak kabul edilen SILAR metodu, kimyasal banyo çökmesi metodunun güncellenmiş hali olarak da düşünülebilir. Uygulaması oldukça kolay ve maliyeti düşük bir metot olmasına rağmen bu metot birçok avantaja sahiptir. Bu avantajlar kısaca açıklanacak olursa;

- (i) Kaplama işlemi oda sıcaklığında ve bulunduğu oda ortamının basıncı altında kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.
- (ii) Diğer metotlara göre ucuz, basit ve az zaman gerektirmektedir.
- (iii) Kaplanacak olan altlık malzemenin yüksek sıcaklıklara dayanıklı çok kaliteli malzeme olmasına gerek yoktur. Bu sebeple kaplama ihtiyacı doğulan çoğu malzeme bu metotla ince film kaplaması gerçekleştirilebilir.
- (iv) Çökme oranı yani filmin kalınlığı döngü sayısı ile direkt doğru orantılı olmasından dolayı filmin kalınlığı kolaylıkla belirlenebilmektedir.
- (v) Kaplanacak olan altlık malzemenin boyutlarında herhangi bir sınırlama yoktur. İstenilen ebatlardaki herhangi bir altlık malzemeye kaplama yapabilme imkânı sağlamaktadır.



Şekil 2.4. SILAR metodu ile ince film büyütülmesinin şematik gösterimi

Adsorpsiyon: SILAR işleminin ilk adımında öncül çözelti içinde yer alan Cu kationları taban malzemenin yüzeyine yapışır ve ilk tabakayı oluştururlar.

Durulama (I): Bu adımda fazladan yapışan iyonlar çalkalanarak difüzyon tabakalarından uzaklaştırılır. Bunun sonucu doymuş elektriksel çift tabakalardır.

Reaksiyon: Bu adımda anyonik öncül çözelti içindeki anyonlar sisteme dâhil olur. Katmanın sahip olduğu düşük kararlılıktan dolayı yüzeyde katı bir madde oluşur. Bu basamakta taban malzeme yüzeyinde iyonlar arasında reaksiyon gerçekleşerek ince film katmanını tamamlanmış olur.

Durulama (II): SILAR döngüsünün bu son adımında fazla ve reaksiyona girmemiş parçacıklar taban malzeme yüzeyinden uzaklaştırılır.

SILAR metoduyla bakır sülfid, gümüş sülfid, çinko sülfid, kadmiyum sülfid, indiyum sülfid, kalay sülfid, kurşun sülfid, arsenik sülfid, antimon sülfid, bizmut sülfid, molibden sülfid, manganez sülfid, demir sülfid, kobalt sülfid, nikel sülfid ve lantan sülfid gibi metal sülfid ince filmler; bakır selen, gümüş selen, çinko selen, kadmiyum selen, indiyum selen, antimon selen, bizmut selen, lantan selen gibi metal selen ince filmler; bakır tellür, kadmiyum tellür, indiyum tellür ve lantan tellür gibi metal tellür ince filmler; bakır oksit ve çinko oksit gibi metal oksit ince filmler büyütme mümkündür (Elemiş, 2016).

2.4. SILAR Metodunda Etki Eden Parametreler

SILAR metodu uygulanırken kaplama yapılacak olan tabakanın kalınlığına ve kalitesine etki eden parametreler; kullanılan anyon ve katyon çözeltileri, çözeltilerin pH'ları, altlık malzemenin sıcaklığı ve çözeltilerin sıcaklığı, taban malzemenin çözeltilerin içerisinde bekleme süreleri ve en önemli parametrelerden olan SILAR döngü sayısı olarak sıralayabiliriz. Bunlardan bazılarını açıklayacak olursak;

2.4.1. Çözelti konsantrasyonu

Çözeltilerin konsantrasyonu SILAR metoduna etki eden en önemli parametrelerden birisidir. Kaplanacak olan malzemenin daldırıldığı anyonik ve katyonik çözeltilerin uygun konsantrasyonda olması çok önemlidir. Olması gereken uygun değerde olmayan çözeltilerle üretilen filmler istenilen kalitede meydana getirilemeyebilir. Bu da kristal yapıda olması gereken filmlerin amorf yapıda olmasına sebep olmaktadır.

Konsantrasyonu yüksek çözeltilerde film büyütme hızı daha hızlı gerçekleşmektedir. Bu durum daha kararlı bir yapı olmasına olanak sağlamakta ve bu kararlı yapıya dışardan girmek isteyen yabancı atomlara büyük ölçüde engel olmaktadır. Çözeltinin konsantrasyonu tanecikler arasındaki boşluklarla ters orantılı olması yani konsantrasyon arttıkça tanecikler arasındaki boşlukların azalması öz direnci düşük daha kaliteli filmler oluşturmaya sebebiyet vermektedir. Öte yanda konsantrasyonu haddinden fazla çözelti kullanılması durumunda ise kristal yapıda filmler yerine amorf yani homojen biçimi olmayan tortulu filmler oluşmaktadır.

Bu sebepten dolayı çözelti konsantrasyonunun en uygun seviyede seçilmesi kaplanacak olan ince filmin kalitesi açısından oldukça önemlidir.

2.4.2. Çözeltilerin pH'sı

Bilindiği gibi pH bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden bir ölçü birimidir. $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ olup çözelti içerisindeki hidrojen iyonunun eksi logaritması olarak verilir. pH $[\text{H}^+]$ iyonu ile $[\text{OH}^-]$ iyonlarının konsantrasyonlarının doğrudan oranına bağlıdır. Eğer H^+ konsantrasyonu OH^- konsantrasyonundan fazla ise çözelti asidik; yani pH değeri 7'den düşüktür. Eğer OH^- derişimi H^+ konsantrasyonundan fazla ise çözeltimiz bazik; yani pH değeri 7'den büyüktür. Eğer OH^- ve H^+ iyonlarından eşit miktarlarda mevcutsa, madde 7 pH değerine sahip olmak üzere nötrdür. Asit ve bazlar her biri serbest hidrojen ve hidroksil iyonlarına sahiptirler. Belli koşullarda ve belli bir çözeltide hidrojen ve hidroksil iyonlarının ilişkileri sabit olduğu için, birini tespit etmek diğerini bilmek ile mümkündür. SILAR metodunda kullanılan katyonik çözeltiler asidik, anyonik çözeltiler bazik özellik göstermek zorundadır. Çözeltileri hazırlarken pH değerleri en uygun seviyesine ayarlanmalıdır. Çözeltilerin pH'sı ayarlanırken eklenen çözeltilerin özgün çözeltinin konsantrasyonunu değiştirmemesine dikkat edilmelidir.

Uygun pH seçimi film büyümesinde son derece önemlidir. Metallerin hidroksil iyonuna karşı ilgisi olup, pH arttıkça yani çözelti bazik özellik kazandıkça metallerinin hidroksil iyonuna karşı olan ilgileri artacak ve hidroksil iyonu ile birleşip çökelebilecektir. Bu ilginin artması ile bu metal iyonların taban malzemeye olan ilgilerinin azalması ve dolayısıyla taban malzeme üzerine tutunmamalarına neden olacak, bu da filmlerin büyümemesi anlamına gelecektir. Anyonik çözeltide de (örneğin Na_2S çözeltisi) bazik pH önemlidir. Çünkü pH azaldıkça yani çözelti asidik özellik kazandıkça Na_2S çözeltisinde bulunan sülfür iyonlarının H_2S şeklinde çözeltiden uzaklaşma ihtimali çok yüksektir. Bu durum, filmlerde sülfür eksikliğinden kaynaklanan kusurların oluşmasına neden olacaktır. Katyonik çözeltilerin çok fazla asidik ve anyonik çözeltilerin çok fazla bazik özellik göstermemesine dikkat edilmelidir (Yıldırım, 2010).

2.4.3. Çözeltilerin sıcaklığı

SILAR metoduna etki eden bir diğer önemli parametrede çözeltilerin sıcaklığıdır. Oda sıcaklığından farklı bir sıcaklıkta olması istenilen çözeltiler sıcaklık ayarlı bir ısıtıcıların üzerine konumlandırılmaktadır. Bu sayede çözeltilerin sıcaklığı ısıtıcılar vasıtası ile

istenilen değere ayarlanabilmektedir. Uygun çözeltilerin sıcaklığı oldukça önemlidir. Uygun bir sıcaklığa ulaşan çözeltilerin iyonları belli bir kinetik enerji seviyesine gelmekte ve bu sayede iyonların difüzyon hızları artmaktadır. Difüzyon hızları artan iyonların kaplanacak olan taban malzemeye tutunmaları daha kolay olmaktadır. Bu sayede kaplama yapma süresi azalmakta döngü sayısı azalmakta ve daha kaliteli ince filmler elde edilmektedir. Fakat eğer çözeltilerin sıcaklığı olması gereken uygun sıcaklıklarda çok fazla olması durumunda ise kinetik enerjileri çok fazla olan iyonların aşırı difüzyonu sonucu kaplanacak olan altlık malzeme üzerinde homojen olmayan düzensiz kümelenmeler olacak ve yüzeyde tortular meydana gelecektir.

Çözeltilerin konsantrasyonunun da olduğu gibi sıcaklığında istenilen en uygun değerde olması ince filmin kalitesi açısından oldukça önemlidir.

2.4.4. SILAR döngü sayısı ve bekleme süresi

SILAR metoduna etki eden önemli parametrelerden bir diğeri ise SILAR döngü sayısıdır. Döngü sayısı ile film kalınlığı direkt doğru orantılıdır. Eğer döngü sayısı olması gerekenden çok az olursa film çok ince olacak ve amorf yapıda film meydana gelmesine sebep olacak. Döngü sayısı çok fazla olması durumunda ise film kalınlığı belli bir değerin üzerine ulaşacak ve iyonlar yine tortu şeklinde yüzeyde birikecektir. Her iki durumda da aşırı fazla ya da az döngü sayısı filmlerin kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Döngü sayısı en ideal sayıda, film kalınlığı en ideal kalınlıkta olacak ve daha kararlı bir yapı meydana gelecektir. Bu sayede dışardan girmek isteyen yabancı atomlar bu kararlı yapıya giremeyecekleridir ve en ideal kalınlıktaki filmlerin tanecikler arasındaki istenmeyen boşluklarda minimuma inecektir.

Döngü sayısının yanı sıra üzerinde durulması gereken diğeri bir etkende kaplanacak olan malzemenin çözeltilerin içerisinde bekleme süreleridir. Kaplama yapılacak malzemenin yapısına ve istenilen kalınlığa göre bekletme süreleri değişebilmektedir. En uygun zaman aralıklarında daldırılma ve çıkartılma işlemi uygulanarak oluşturulan ince filmlerin kalitesi en ideale yakın olmaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

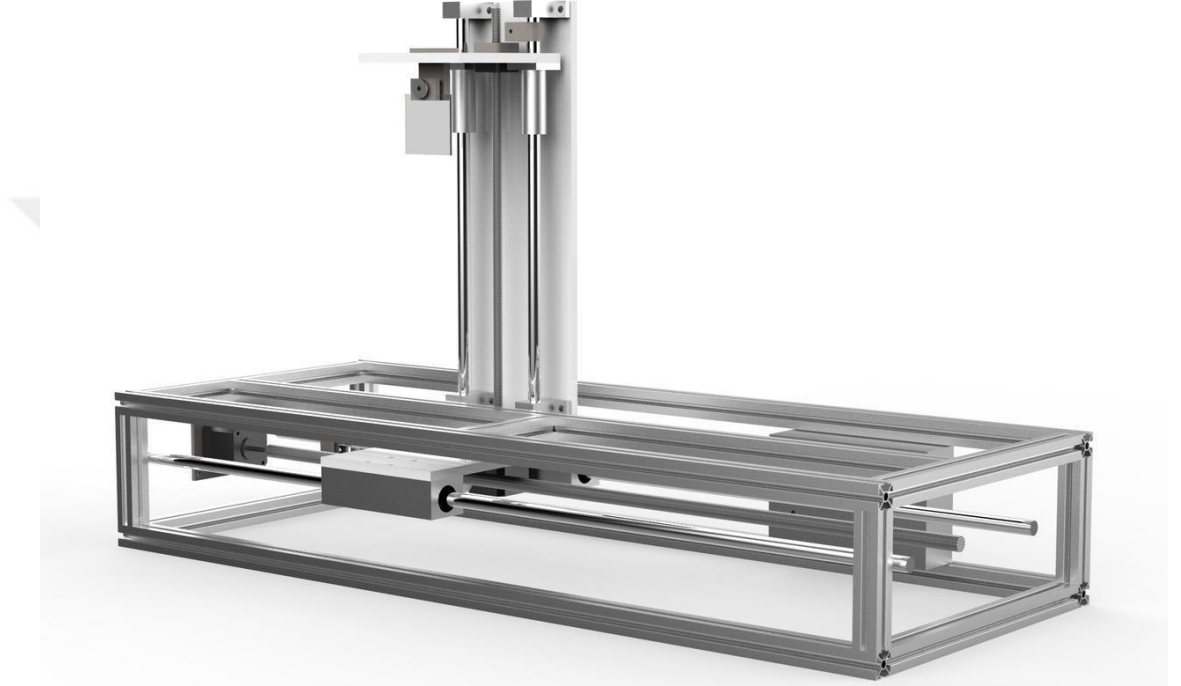
3.1. Tasarım

Basit olarak bilindiği üzere SILAR metodu, kaplama yapılacak plakanın dört adet sıvı dolu kabın içine sırasıyla daldırılma işlemidir. Her bir kabın içinde bekleme süresi ve döngü sayısı önemli parametrelerdendir. Bu deneyi otomatik hale getirmeden önce düşünülmesi gereken cihazın tasarımıdır. Öncelikle daha öncede belirtildiği gibi bu cihazın daha önce yapılmış yerli bir örneği yoktur. Buda tasarımı özgün olmasına olanak sağlamaktadır.

Bu cihaz tasarlarırken daha çok iki tasarım üzerinde duruldu. Bunlardan birisi dairesel tasarım, diğeri ise meydana getirilen yatay tasarımıdır. Dairesel tasarımda daldırılacak olan altlık malzeme dairenin merkezinde konumlandırılmış olup sadece Y ekseninde aşağı yukarı hareketle çalışması planlanıyordu ve dört farklı çözeltimiz dairesel hareket yaparak sırası ile daldırılacak olan plakanın altında konumlandırılacaktı. Bu tasarımda anlaşıldığı üzere plaka ayrı, çözeltiler ayrı hareket edecekti ve bu hareketleri sağlayacak iki adet motor kullanılacaktı. Fakat bu tasarım bazı dezavantajlara sahip olduğu tespit edildi. Bunlardan en önemlisi, çözeltilerin altına konulması gereken ısıtıcıların kabloları dairesel harekette sorun teşkil etmesi idi. Diğeri önemli bir dezavantaj ise dairesel hareketi sağlayacak motorun üzerinde fazla ağırlık meydana gelmesi idi. Isıtıcıların ve çözeltilerin ağırlığı daha maliyetli bir motor seçilmesine sebep olacaktı. Bu sebeplerden dolayı dairesel tasarım tercih edilmedi.

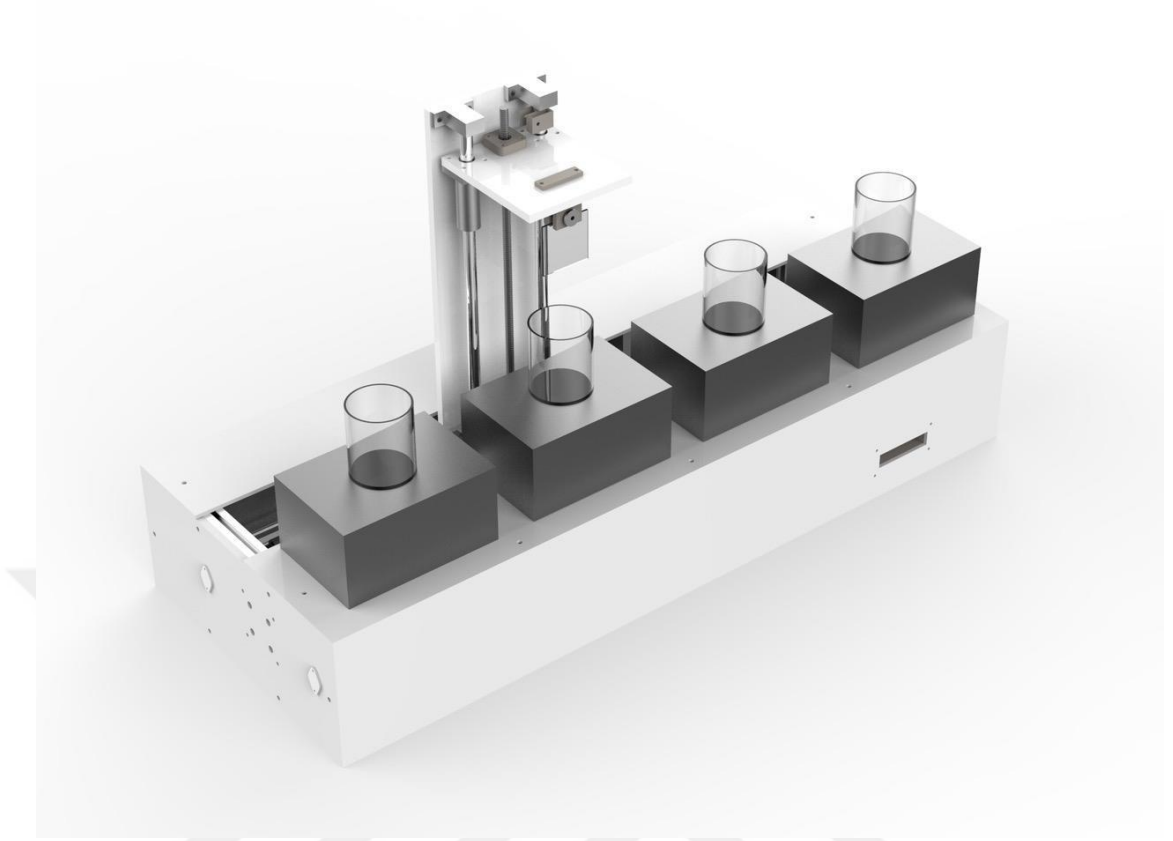
Meydana getirilmiş olan yatay tasarımı ele alacak olursak, bu tasarımda yalnızca plaka x ve y ekseninde hareket etmektedir. Çözeltilerimiz hareketsiz belirlendiği konumlarda dururken plaka önce x ekseninde hareket edip çözeltilerin tam üstünde durup daha sonra y ekseninde aşağı yukarı hareket etmektedir. Hareket eden kısmın yalnızca plaka takılı alanın olması motorlara düşen ağırlığın minimum olmasına olanak sağlamakta ve basit iki adet motorla bu mekanizmayı meydana getirme fırsatı vermektedir. Bu sebeplerden dolayı tasarımın yatay olmasını ve hareket eden kısmın yalnızca plaka olmasına karar verildi.

Bu aşamadan sonra cihazın yatayda ve dikeydeki ölçülerinin belirlenmesi kaldı. Yataydaki uzunluk belirlenirken beherlerin altındaki muhtemel ısıtıcıların genişliği etkili rol oynadı. Dikeydeki uzunluğu ise beher ve beherlerin altındaki ısıtıcıların toplam yüksekliği ve kullanılması muhtemel en uzun plakanın yüksekliği belirledi. Cihazın yapımından önceki çizimler şekilde görüldüğü gibidir,



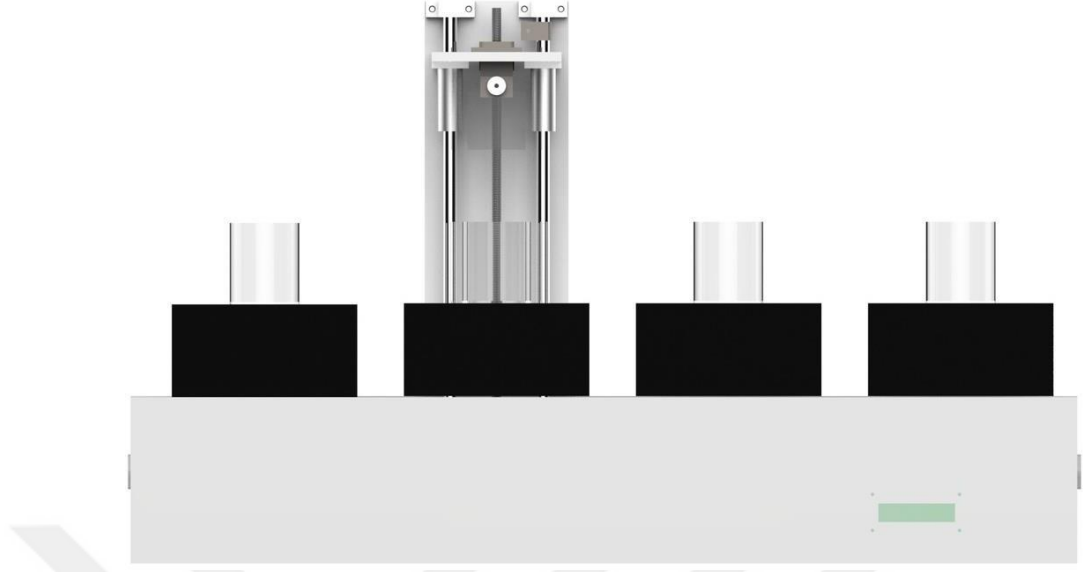
Şekil 3.1. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri

Şekil 3.1’de hayata geçirilen deney cihazının iskelet yapısı ve hareketin yol aldığı x eksenini mili ve y eksenini mili açıkça görülmektedir. x ekseninde ve y ekseninde şekilde de görüldüğü gibi hareketi pürüzsüz hale getirmek için iki taraflı denge çubukları kullanıldı. y ekseninde de 2 adet yataklı rulman kullanılırken x ekseninin çok uzun ve üzerindeki hareket eden mekanizmanın daha ağır olmasından dolayı 4 adet rulman kullanıldı.

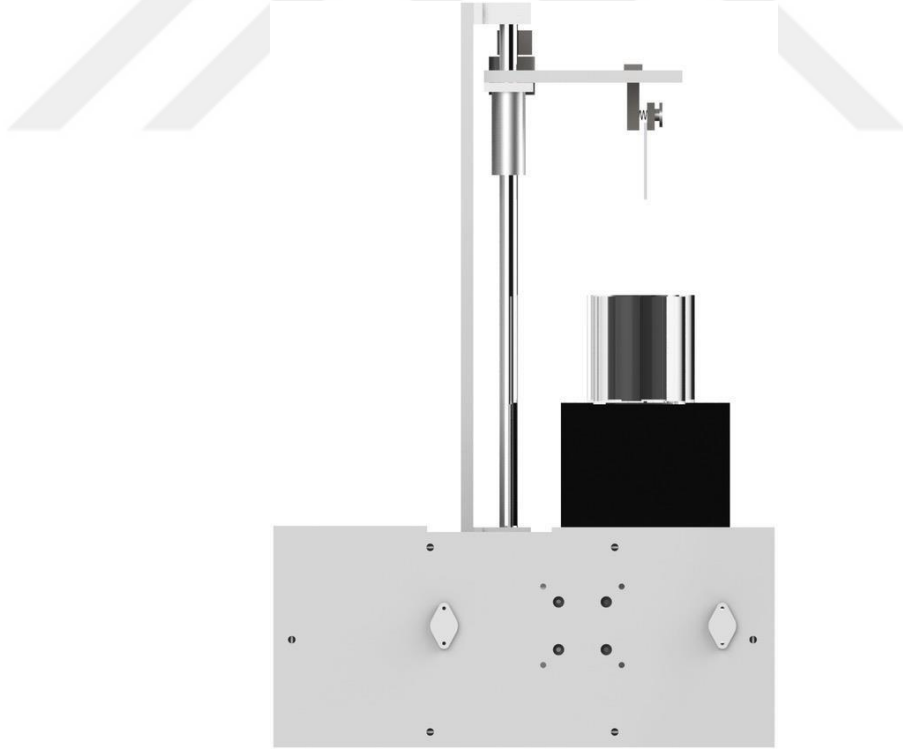


Şekil 3.2. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri

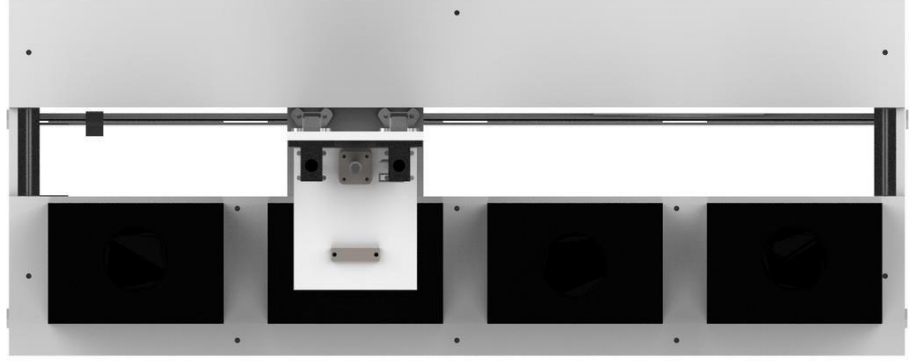
Cihazın dış kaplaması Şekil 3.2’de görüldüğü gibi planlandı. Cihazı giydirmede kullanılan beyaz plakalar 3 boyutlu yazıcıda üretildi. Vidalanacak noktaların yerleri, cihazın açma kapama ve duraklatma yapacak anahtarların alanı, enerji giriş alanı ve önde görünen LCD ekran yeri üretim aşamasında hazır olarak yazıcıda basıldı. Beherlerin altında görünen kübik şekiller ısıtıcıların ölçülerini belirtmek için temsili olarak çizildi. Cihazın diğer önden, yandan ve üstten görünümüleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.3. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri, önden görünüş



Şekil 3.4. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri, yandan görünüş



Şekil 3.5. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri, üstten görünüş



Şekil 3.6. Tasarlanan SILAR deney cihazı çizimleri

Şekil 3.6'da da görüldüğü gibi plakanın tutturulacağı alan ayarlanabilir kısıkaç kullanılarak tasarlandı. Bu sayede kalınlığı milimetre ebatında olan plakalar bu kısıkaç vasıtasıyla tutturulabildi.

Ayrıca bu şekilde y ekseninin başlangıç konum anahtarı da görülmektedir. Sağ denge milinin üst tarafında konumlandırılmış olan anahtar, y eksen hareketinin başlangıç pozisyonunu belirlemede yardımcı eleman olarak tasarlandı. Aynı şekilde alttaki x eksen hareketini sağlayan düzeneğinde başlangıç konumu belirleme anahtarı sayesinde x ekseninin başlangıç konumu belirlendi.

3.2. Motor Seçimi

Tasarlanan cihazda bağımsız 2 hareket vardı. Bu sebepten dolayı iki adet step (adım) motor kullanıldı. Açısal konumu adımlar hâlinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülen motorlara step motor denir. Step motorlar (adım motorları), girişlerine uygulanan darbe dizilerine karşılık (dijital veya sayısal giriş), rotorunda analog dönme hareketi yapabilen elektromanyetik elemanlardır. Bu özellikleri nedeniyle “dijital makina” olarak da tanınan step motorlar, dijital sistemlerle çok rahat bir şekilde kullanılabilirler (Yılmaz, 2012). İsminden de anlaşılacağı gibi step motorlar belirli adımlarla hareket eder. Motorun hassasiyeti yani açısı motorun yapısına göre farklılık gösterebilir. Bir step motor bir sinyalde tam tur dönerken diğer step motor 400 sinyalde tam turunu tamamlar ve buda aşırı hassas hareket kabiliyeti sağlar.

Tasarlanan bu cihazda aşırı hassas hareket gerekmesi de konumlandırma gerektiği için kullanımı çok yaygın olan 200 adım Nema 17 step motor tercih edildi. Bu motor son yıllarda ileri teknoloji ürünü olan 3 boyutlu yazıcılarda sıklıkla kullanılmakta olup temini kolay ve maliyeti düşük olmasından dolayı ilk tercih oldu. 200 adımda tam turunu atması yanı her adımında sadece 1.8 derece hareket etmesi deney cihazında konumlandırmaları fazlasıyla hassas şekilde getirdi. Step motorların avantajları sıralanacak olursa;

- Geri beslemeye ihtiyaç duymazlar.
- Bilgisayar veya mikroişlemci gibi elemanlarla kontrol edilebilirler.

- Motor hareketinde konum hatası yoktur.
- Frekansa bağılı olarak çok geniş hız aralığında çalışabilirler.
- Mekanik yapısı basit olduğundan bakım gerektirmezler.
- Yağlanma ve kirlenme yoktur.
- Herhangi bir hasara yol açmadan defalarca çalıştırılabilirler.

Adım motorlarının bu avantajları yanında bazı dezavantajları da aşağıdaki şekilde;

- Adım açıları sabit olduğundan hareketleri sürekli değil darbelidir.
- Sürtünme kaynaklı yükler, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana getirirler.
- Elde edilebilecek güç ve moment sınırlıdır.
- Ve çok yüksek hızlarda çalıştırmak mümkün olmayabilir.

Sayılan bu avantajların hepsi hayata geçirilecek projeyi direk ilgilendirdiği ve büyük avantajlar sağladığı ve ayrıca dezavantajlarının yapılacak çalışmaya etkili olumsuzluklar katmayacağı için hareket kontrolünde step motorlar kullanıldı. Kullanılan Nema 17 step motorun teknik özellikleri aşağıda verildiği gibidir;

- Çalışma Voltajı: 2,8 V (Sürücü ile istenilen voltajda kontrol edilebilir.)
- Faz Başına Çektiği Akım: 1700mA @2,8V
- Faz Direnç Değeri: 1,65 Ohm
- Faz Endüktans Değeri: 3,2 mH
- Adım Açısı: 1,8°
- Tur Başına Adım Sayısı: 200

- Tutunma Torku: 3,7 kg-cm
- Ölçüler: 42,3x42,3x38mm (NEMA 17)
- Motor Mil Kalınlığı: 5mm
- Ağırlık: 285 g

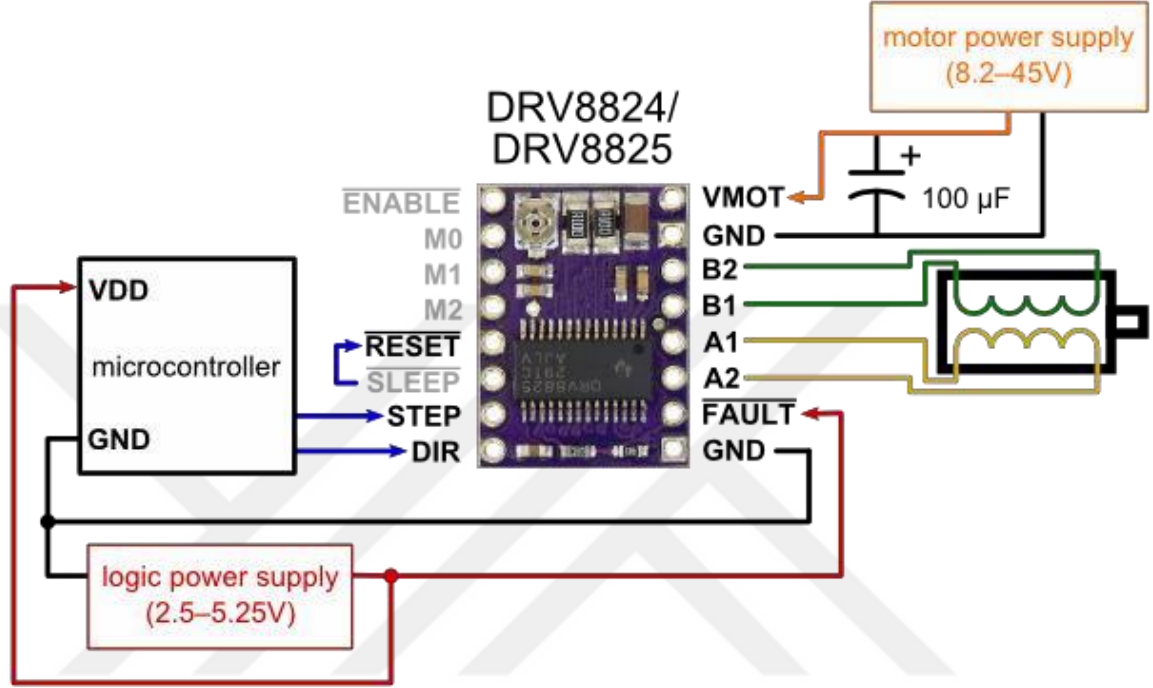


Şekil 3.7. Step motor sargıları (Anonim)

3.3. Step Motor Sürücüsü

Step motorlar alternatif akımla veya sabit doğru akımla çalıştırılmaz. Step motorların hareket ettirilebilmesi için kutuplarına istenilen sıraya göre darbe gerilimi uygulanmalıdır. Sabit doğru akımla çalıştırılmadıkları için step motor sürücüleri olmadan kullanılamazlar. Step motorlar çok yaygın olarak kullanıldıkları için birçok farklı sürücüleri mevcuttur. Bunlardan bazıları sadece step motor sürmek için tasarlanmış özel kartlar olup bazıları ise genel olarak kullanılan mikro denetleyicilerdir. Örnek olarak PLC'leri verebiliriz. PLC'ler kullanımı çok yaygın olan mikro denetleyicilerdendir. PLC'ler ile bir seranın otomasyon sistemini kontrol edebileceğimiz gibi, başka ara eleman kullanmadan direk step motorda sürebiliriz. Fakat bu yöntem programlama açısından zahmetli ve maliyeti daha yüksek olacaktır.

Deney cihazında step motor sürmek için, nema 17 step motor sürmede yaygın olarak kullanılan hazır DRV8825 step motor sürücü kartı kullanıldı. Hem maliyeti ucuz hem de boyutu neredeyse entegre boyutunda olmasından dolayı bu sürücü kartı kullanmaya karar verildi



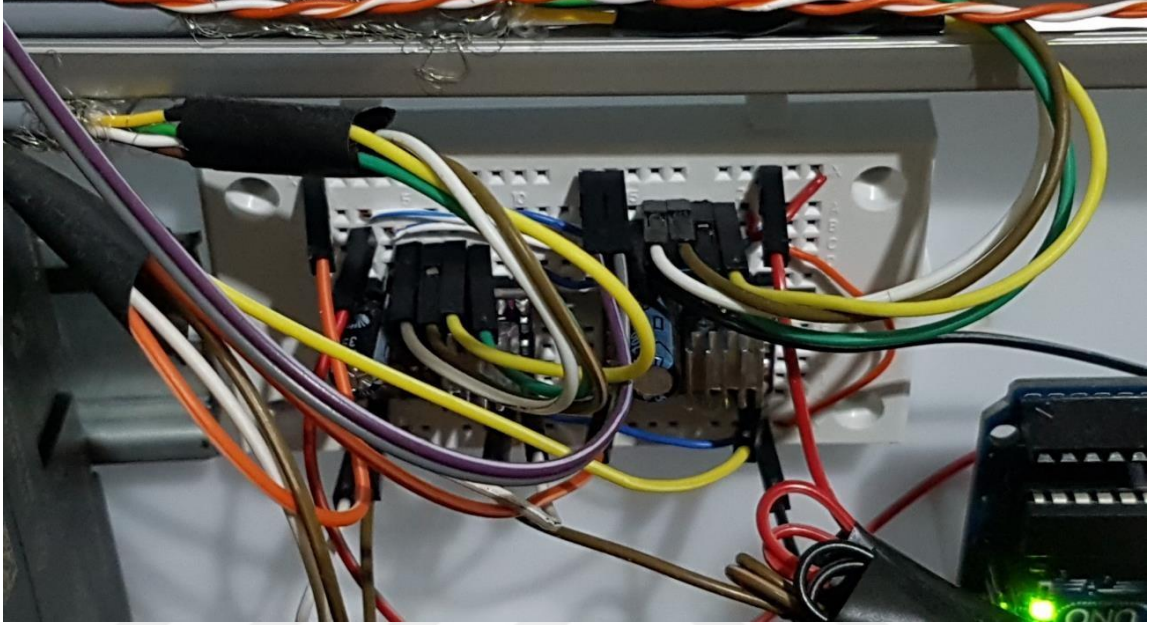
Şekil 3.8. DRV8824 step motor sürücü kartı pinleri (Anonim)

Şekil 3.8’de görüldüğü gibi DRV8825 sürücü kartı dört kutuplu step motoru sürmek için tasarlanmış entegre bir karttır. Kartın beslemesi 5 volt dc olup motor besleme gerilimi aralığı 8,2 ile 45 dc volt aralığındadır. M0 M1 M2 pinleri adım sayısını değiştirme olanağı sağlayan pinlerdir. Bu sürücü step motoru sürebilmek için STEP pinine PWM sinyal ihtiyacı duymaktadır. ENABLE ve DIRECTION pinleride sırasıyla aktif pasif yapma ve yön değiştirme olanağını sağlayan pinlerdir. Sürücünün çalışması için PWM sinyalinin şart olması PWM sinyal üretecek diğer bir ara eleman ihtiyacını doğurmaktadır.

Projede bu PWM sinyali son yıllarda oldukça yaygın olan ve programlaması basit olan ARDUINO kart ile sağlandı. Ayrıca DRV8824 sürücü kartımızın en önemli özelliklerinden birisi akım sınırlayıcı potunun olmasıdır. 12 voltla çalıştırılması gereken nema 17 step motorunu bu akım sınırlayıcı pot sayesinde 24 volt ile beslendi ve deney

cihazında fazladan 12 volt dc güç kaynağı ihtiyacı ortadan kalktı. Bu sürücü kartlarının çok küçük boyutta olması mini breadboard kullanarak devreyi kullanabilme imkânı sağlamış oldu.

Cihazın step motor sürücü kartları breadboard devresi Şekil 3.9'daki gibidir.



Şekil 3.9. SILAR cihazında DRV8824 step motor sürücü kartları

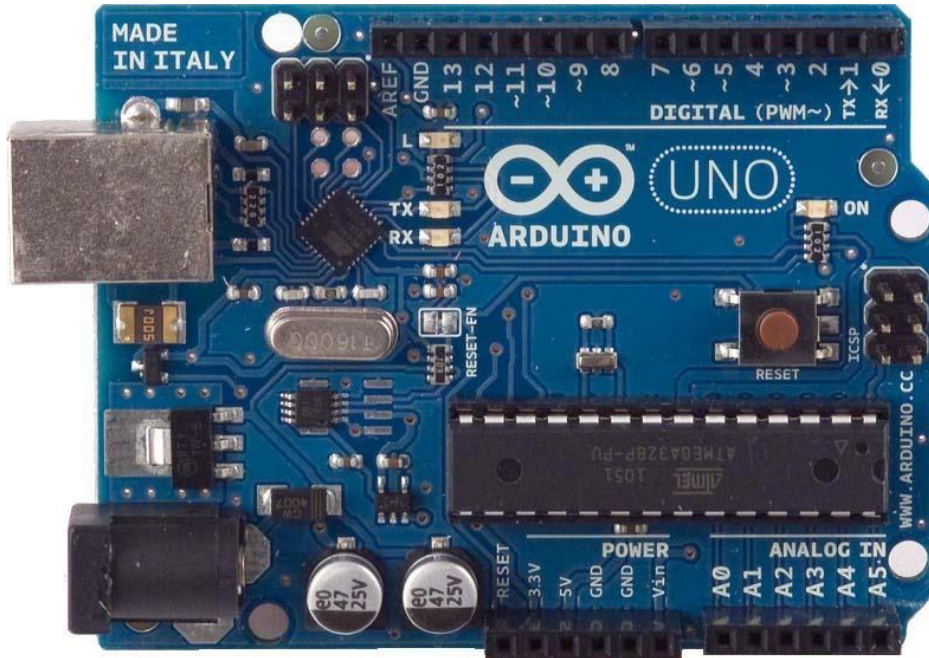
Şekil 3.9'da görüldüğü gibi sürücü kartların devresini konumlandırarak yerin kısıtlı olması sebebiyle mini breadboard kullanılmış ve şekil 3.8'de pin işlev şeması belirtilmiş 2 adet DRV8825 step motor sürücüleri board'a takılarak arduino ve PLC ile kabloları gerçekleştirilmiştir. Herhangi bir temassızlık veya kopukluk olmasını engellemek için hazır kablo başlıklı 24 awg kalınlığında tek damar elektronik devre kabloları kullanılmıştır. Ayrıca uzun süreli kullanımda ısınan step motor sürücü kartlarını soğutmak üzere sürücülerin üzerine alüminyum entegre soğutucuları takıldı.

3.4. Arduino Uno Mikrodenetleyici

Arduino bir bilgisayarın yapabildiği, algılama, fiziksel ortamdaki birden fazla cihaz kontrolü gibi işleri yapabilen bir araçtır. Basit bir mikro denetleyiciye dayalı bir açık kaynaklı fiziksel hesaplama platformudur. Yazılım geliştirmek için bir geliştirme ortamı vardır.

Arduino bir giriş/çıkış kartı ve Java tabanlı bir dilin yer aldığı geliştirme ortamından oluşan fiziksel programlama platformudur. Arduino tek başına çalışan etkileşimli nesnelere geliştirmek için kullanılabilen gibi bilgisayar üzerinde çalışan yazılımlara da bağlanabilir. Arduino IDE kod editörü ve derleyici olarak görev yapan, aynı zamanda derlenen programı karta yükleme işlemini de yapabilen, her platformda çalışabilen Java programlama dilinde yazılmış bir uygulamadır. Geliştirme ortamı, sanatçıları programlamayla tanıştırmak için geliştirilmiş Processing™ yazılımından yola çıkılarak geliştirilmiştir. Açık donanım ve açık kaynak kodlu bir mimariye sahip olan Arduino kullanımı için hazır üretilmiş kartlar satın alınabilir, ayrıca Arduino donanım referans tasarımları Creative Commons dağıtılmaktadır ve Arduino web sitesinden indirilebilir (Ersoy vd., 2011).

Bu kartlar donanımsal olarak genelde Atmel'in mikro denetleyicilerini kullanmaktadırlar. Her kartta en azından bir 5 voltluk regüle entegresi ve bir 16 MHz kristal osilatör (bazılarında seramik rezonatör) bulunur. Mikro denetleyiciye önceden bir bootloader programı yazılı olduğundan programlama için harici bir programlayıcıya ihtiyaç duyulmaz (Katipoğlu, 2013).



Şekil 3.10. Arduino Uno mikro işlemci kart

Bu projede step motor sürücü kartı olan DRV8825 in çalışması için gerekli olan pwm sinyalini arduino uno ile sağlanması düşünüldü. PIC, MSP, ATMEL v.b. gibi birçok mikro denetleyici mevcuttur fakat Arduino kartın; yaygın olarak kullanılmasından, ucuz ve kolay temin edilebilir olmasından ve kolay programlanabilmesinden dolayı projede arduino uno kullanıldı. Birkaç satırlık kodla gerekli olan pwm sinyali sağlanabildi. Üretilen bu pwm sinyalinin frekansı bize motor hızımızın kontrolünü sağlamakta. Her 500 mikro saniye de bir sinyal 0 ya da 1 yapılarak pwm sinyali üretiliyor ve bu periyodu değiştirerek motorun hızını değiştirebiliyoruz.

8 – 12 volt dc besleme ihtiyacı USB, adaptör ya da belirli pinlere gerekli dc volt verilerek karşılanabiliyor. Projede hazır adaptör kullanarak arduinonun beslemesi adaptör üzerinden sağlandı. Ayrıca arduinonun sağladığı 5 volt çıkışı da DRV8825 için gerekli olan besleme voltajı için kullanıldı ve ayrı bir 5 volt dc güç kaynağına ihtiyacını da ortadan kaldırmış oldu.

Programlanan bu mikro denetleyicinin sağladığı pwm sinyali 2 step motorun sürücü kartına bağlandı. Bu sebepten dolayı 2 motorunda hızları aynı oldu. Eğer x ve y eksenindeki hareketlerin hızlarının farklı olmasını istenseydi projede 2 adet arduino kullanılıp farklı frekanslarda pwm'ler ile üretilmek zorunda kalınacaktı. Fakat cihazımızda eksenlerin hızının farklı olmasını gerektiren bir durum olmamasından dolayı tek bir pwm sinyalini 2 sürücü kartta kullanarak motorlara pwm sağlandı.

3.5. PLC (Programable Logic Controller)

Programlanabilir mantıksal denetleyiciler (Programmable Logic Controller: PLC) endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçekleştirmeye uygun yapıda giriş-çıkış ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, endüstriyel bir kontrol cihazıdır. Ticari olarak ilk, röle tabanlı kumanda sistemlerinin yerine kullanılmak üzere 1969 yılında geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yeni cihazlar yalnız temel lojik işlemleri gerçekleştirebilen komutlar içermekteydi. PLC teknolojisinin geliştirilmesi ile giderek geleneksel röle sistemlerinin yerine daha fazla işlev, daha yüksek hız, daha küçük

boyutlarda, düşük maliyetli ve yüksek güvenilirlik gibi özellikleriyle endüstriyel kontrolün standart donanımı haline gelmiştir (Zhou vd., 2008).

PLC, bir dijital kontrolör temsilcisi olarak, küçük boyutlu, güvenilirlik ve yapılandırma esnekliği özellikleri ile endüstriyel kontrol ve diğer alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Li ve Hui, 2010).

PLC'ler 4 ana bölümden oluşmaktadır.

- Merkezi İşlem Birimi
- Bellek Birimi (RAM, ROM, PROM)
- Giriş Birimi
- Çıkış Birimi

3.5.1. Merkezi işlem birimi

Merkezi işlem birimi PLC'nin beyni diyebileceğimiz alanıdır. Bütün aritmetik ve mantıksal işlemler girilen programa göre hatasız bir şekilde yerine getirilmektedir. Girilen giriş komutlarına göre çıkışlarına anahtarlama yaptıran, zamanlama ve sayma gibi görevleri üstlenen en önemli birimdir.

3.5.2. Bellek birimi

Bellek birimi; Giriş görüntü, veri, program belleği gibi kısımlara ayrılmıştır. Her bellek alanının farklı işlevleri vardır. PLC'ler de genelde EPROM (Erasable programmable Read only Memory), bellek elemanı olarak kullanılmaktadır. Bu bellek alanı adından da anlaşılacağı üzere, silinebilir, tekrar yazılabilir, programlanabilir, salt okunur hafıza anlamına gelmektedir. Her PLC'nin kendine özgü programı vardır ve bu programlar PLC'nin hafızasında saklanır. Hafızadan da merkezi işlem birimine gönderilir. Ayrıca bellek elemanlarını da sayarsak; RAM, ROM PROM, EPROM veya EEPROM olarak nitelendirebiliriz.

3.5.3. Giriş birimi

Giriş birimi, kontrol edilen sistemin girdilerinin kabul edildiği alandır. Sistemden gelen analog girdiler; örneğin basınç, sıcaklık, yakınlık sensörleri, anahtarlar, buton verileri, limit anahtarları, motor, kontaktör, seçici anahtarlar veya fotoelektrik sensörler gibi aklımıza gelebilecek birçok eleman bu birime giriş verisi olarak kullanılabilir. Giriş birim voltajları kullanılacak PLC'nin çeşidine göre 24V, 48V, 100V-120V, 200V ve 240V doğru veya alternatif akım olabilir. Buda bize daha geniş kullanım alanları doğurmaktadır.

3.5.4. Çıkış birimi

PLC'nin dış dünyayı kontrol eden birimidir. Giriş birimindeki analog veriler, bellek biriminde girilen programa göre işlendikten sonra çıkış biriminde faaliyete geçmektedir. Çıkış birimi kullanılan PLC'nin özelliklerine göre röle, triyak ya da transistörlü devrelerden oluşabilmektedir. Çok yüksek hızda açma kapama yapması beklenen sistemlerde transistörlü ya da triyaklı çıkış birimli PLC'ler kullanılmaktadır. Çıkış voltajının sabit bir değer olmaması durumunda ise röle çıkışlı PLC'ler tercih edilmektedir. Kontrol edilebilecek çıkış elemanlarına örnek verecek olursak; alarmlar, roleler, kontaktörler, fanlar, motorlar, lambalar vb. olarak gösterebiliriz.

3.5.5. PLC'lerin avantajları ve kullanım alanları

PLC'lerin avantajlarını sıralayacak olursak,

- Güvenilirlik;
Tehlikelere karşı hemen hemen tüm elemanların korunmuş olduğu elektronik birimlerden oluşmaktadır.
- Fiziksel Büyüklük;
PLC'ler yeteneklerine göre çok küçük ve az yer kaplayan cihazlardır. Bu da her ortamda sorunsuzca kullanılmasını sağlamaktadır.
- Maliyet;
PLC çözümlerinin gerek ilk yatırım maliyetleri gerekse sağladığı üretim kazançları açısından maliyetleri önemsiz kalmaktadır

- Ortam Dayanıklılığı;
PLC'ler özellikle endüstriyel ortamlar için tasarlandıklarından bu tip ortamlarda dayanıklılık göstermektedirler
- İletişim Kabiliyeti;
PLC'ler kendi aralarında, kişisel bilgisayarlarla ve diğer akıllı cihazlarla iletişim sağlayabilmektedirler
- Kompleks Yapı;
PLC'ler birçok makinenin aynı anda kontrolünü, bellekteki, her iş elemanına ait alt programlar ile yapabilmektedirler
- Esneklik;
PLC programlarında değişiklik kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir.
Ayrıca PLC bellekleri arttırılabilir
- İşlem Hızı;
PLC mantıksal ve aritmetik işlemlerden oluşan bir programı oldukça hızlı bir şekilde işletebilmektedir
- Görüntüleme;
Bir PLC programı ve ilgili devrenin çalışması direk olarak monitörden izlenebilmektedir. Ayrıca arıza tarama yapılabilmekte ve geçmiş çalışma durumları sonradan izlenebilmektedir

PLC'nin kullanım alanlarını da sıralayacak olursak

- Fabrikalarda otomasyon,
- Asansör tesisatları,
- Otomatik paketleme,
- Enerji dağıtım sistemleri,
- Taşıma bandı sistemleri,
- Doldurma sistemleri,
- Otomobil endüstri sistemleri,
- Balya presleri,
- Alçı ve harç makineleri,
- Vakum tesisleri,

- Merkezi yağlama sistemleri,
- Ağaç işleme makineleri,
- Kapı kumanda sistemleri,
- Hidrolik kaldırıcılar,
- Gıda endüstrisi,
- Laboratuvar cihazları,
- Modem uygulamaları,
- Elektrik tesisatları,
- Havalandırma tesisatları

Bunlara benze yüzlerce sistem PLC ile kontrol edilebilmektedir.

3.5.6. SILAR deney cihazında PLC

Bilindiği gibi SILAR metodunun temeli altlık malzemeyi belirli bir sıra ve belirli zaman aralıkları ile sıvı çözeltilere daldırarak ince film oluşturma işlemidir. Altlık malzemenin çözeltide kalma süresi kaplanacak olan filmin kalınlığını ve kalitesini etkilemektedir. Altlığı çözeltiye daldırma hızı dahi etkili olabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı SILAR metodunda insan hatası faktörünü ortadan kaldırarak daha sağlıklı sonuçlar alabilmek ve daha seri kaplamalar yapabilmek için sistemin robotik hale gelmesi önemlidir. Otomasyonun temel malzemelerinden birisi olan PLC kontrollü mekanik sistemle daldırma işlemlerimizi programladığımız zaman aralıklarında ve programlanan hızlarda 4 çözeltiye ayrı ayrı daldırılıp bekletilecektir. SILAR deney cihazında giriş çıkış sayısı az basit bir role çıkışlı PLC kullanılmıştır.

Cihazın programlaması cihazımızın içinde zaten bulunan arduino mikro denetleyicisi ile de yapılabilirdi. Fakat bazı sebeplerden dolayı projeye fazladan bir kontrol elemanı daha yani PLC entegre etme ihtiyacı duyuldu. Bu sebepler şu şekilde sıralanabilir;

- PLC programlama ara yüzü daha basit olduğu için,
- Kod yerine kontaklarla programlama imkânı olduğu için,
- Role kontaklı PLC kullandığımız için istediğimiz volt değerinde çıkış verebildiğimiz için,

- Program içerisindeki parametreleri ilave panel ekleyerek panel üzerinden kolayca değiştirebilme imkânı olduğu için, örneğin panel üzerinden direk döngü sayısını değiştirebilme imkânı olduğu için
- Gerektiği durumlarda PLC ile haberleşerek bilgisayar üzerinden SCADA ara yüzü ile cihazın kontrolü sağlanabileceği için bu çalışmada cihazın PLC kontrollü olmasını tercih edildi.

PLC mikro denetleyici kontrol elemanının programlamasını aşağıda görüldüğü gibi kodlandı;

İlk olarak PLC'nin giriş ve çıkışlarını belirtecek olursak,

Girişler;

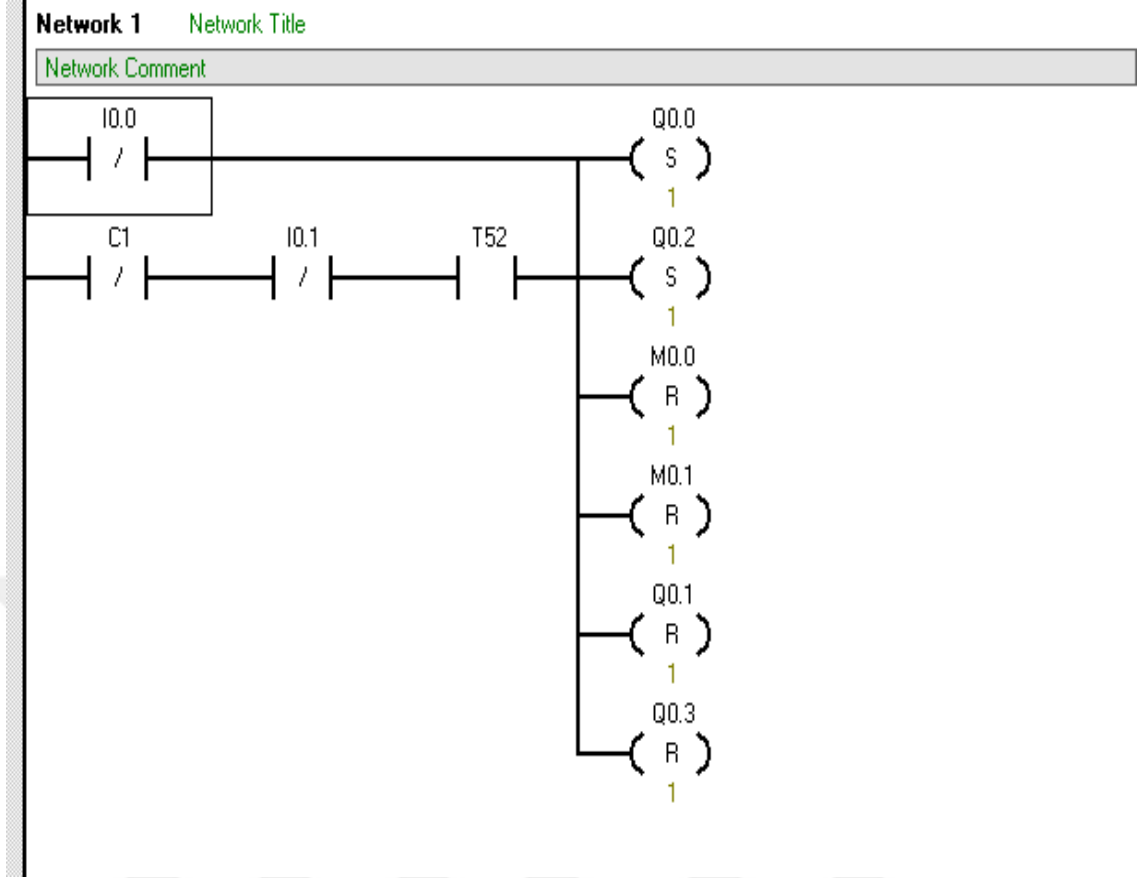
- I0.0 = Sistem başlatma durdurma anahtarı
- I0.1 = Sistem duraklatma anahtarı
- I0.2 = X ekseni başlangıç pozisyon anahtarı
- I0.3 = Y ekseni başlangıç pozisyonu anahtarı

Çıkışlar;

- Q0.0 = X ekseni hareketini sağlayan motor alıştırma durdurma ıkışı
- Q0.1 = X ekseni hareketini sağlayan motor yön ıkışı
- Q0.2 = Y ekseni hareketini sağlayan motor alıştırma durdurma ıkışı
- Q0.3 = Y ekseni hareketini sağlayan motor yön ıkışı

Ara elemanlar;

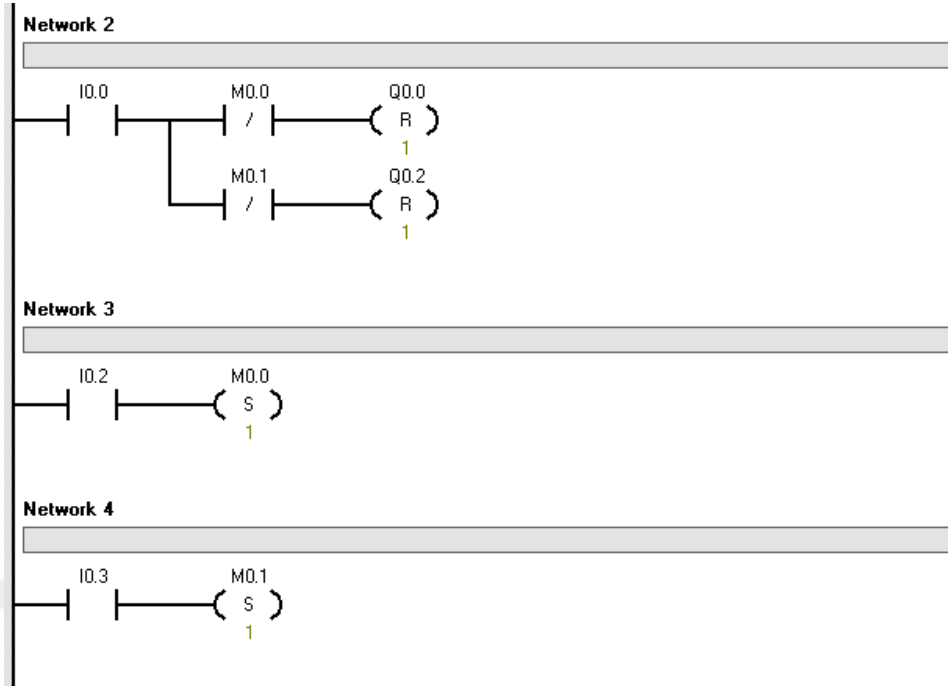
- T37 – T53 = zamanlayıcılar
- C1 = döngü sayısını belirleyen sayıcı
- M0.0 ve M0.1 = yardımcı ara kontaklar



Şekil 3.11. PLC programlama kodu

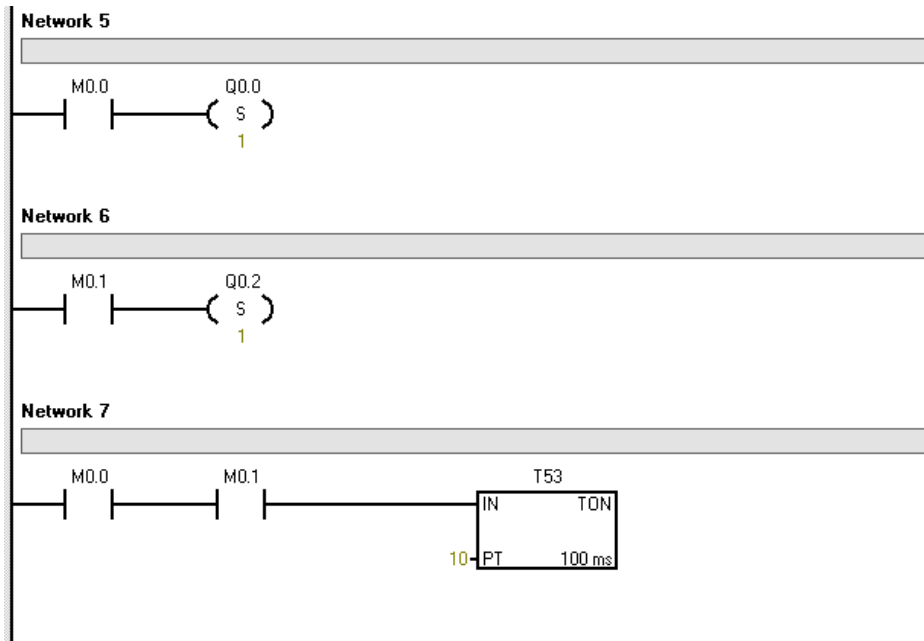
Öncelikle belirtmek gerekirse motor sürücülerinin ENABLE pinleri RESET konumunda iken motorlar aktif halde SET iken yani 5 volt besleme durumunda iken motorlar pasif haldedir. Ayrıca step motor sürücü kartlarının DIRECTION pinleri 0 volt besleme durumunda iken yönler başlangıç konumunu alma yönündedir ve 5 volt besleme durumunda iken ise aşağı ve sağa hareket yönü durumundadırlar.

Bu yüzden şekil 3.11 de görüldüğü gibi, sistem başlatma anahtarı 0 konumunda iken motorlar hareket etmemesi için Q0.0 ve Q0.2 çıkışları SET durumundadır. Ta ki başlama anahtarı 1 konumuna alına kadar ya da döngü sayıcının tamamlanmasına kadar.



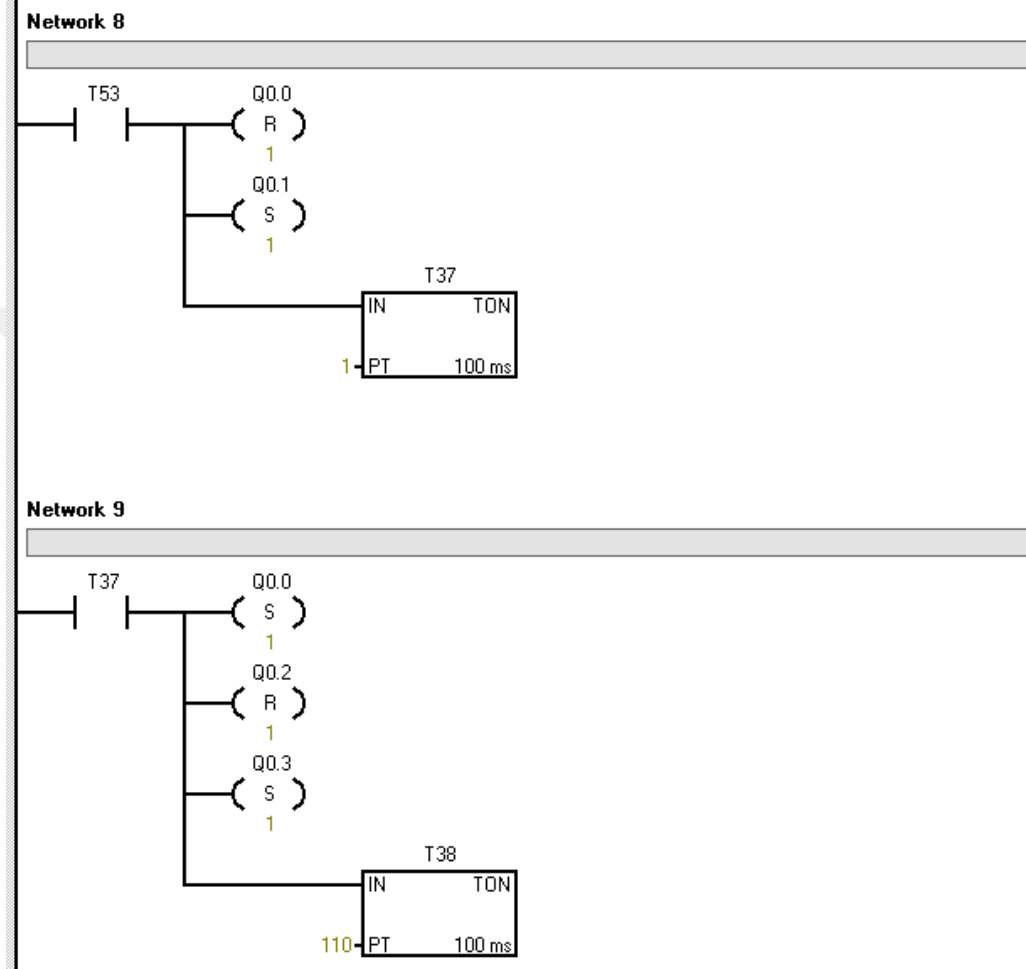
Şekil 3.12. PLC programlama kodu

Şekil 3.12 de görülen kodlamada, başlangıç anahtarı ON yapıldığında ve başlangıç pozisyon anahtarlarının setlediği M0.0 ve M0.1 kontaklarının set olmadığı ana kadar iki motorda harekete geçip başlangıç pozisyonuna geldiğinde otomatik duracaktır.



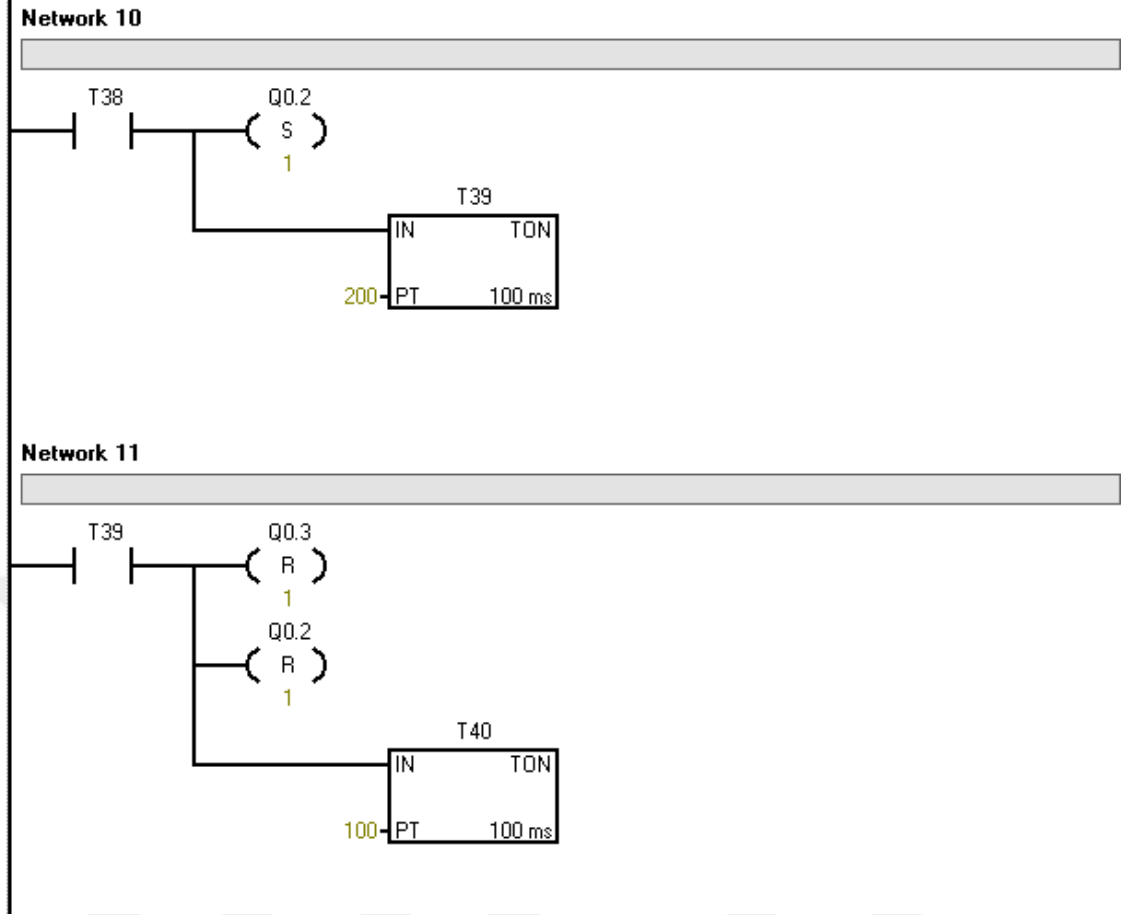
Şekil 3.13. PLC programlama kodu

Şekil 3.13 de network 7 bloğunda sistem iki pozisyon anahtarına ulaştığında yani başlangıç konumuna geldiğinde otomatikman durmakta ve 1 saniyelik bir T53 sayıcısı devreye girmektedir. Bu 1 saniye bekleme keyfi olarak konulmuştur. İsteğe göre sistem başlangıç konumunu alır almaz da başlatılabilirdi.



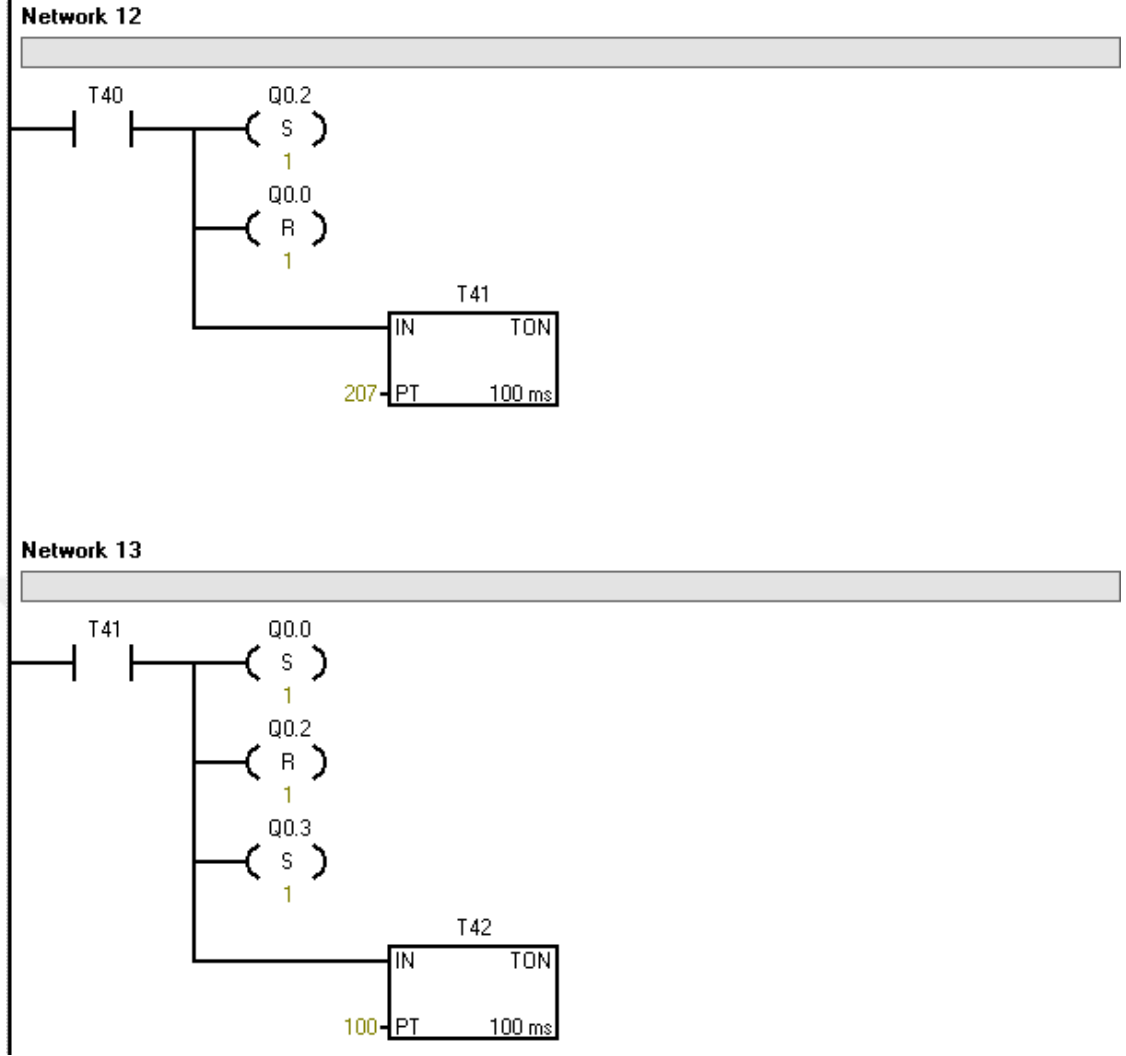
Şekil 3.14. PLC programlama kodu

Şekil 3.14 de görülen kodlamada, T53 zamanlayıcısının 1 saniyeden sonra aktif hale gelmesinden sonra x eksen motoru hareket ettirilip y eksen motoru durdurulmaya devam etmektedir. Ta ki ilk çözeltinin tam üstünde konumlandırılıncaya kadar. Network 9'da da T37 süresinin dolmasından sonra x eksen hareketinin durdurulup y eksen hareketinin aşağı yönlü sağlandığını görmekteyiz. Yine ta ki T38 süresi doluncaya kadar yani altlık malzeme çözeltinin içine girinceye kadar.



Şekil 3.15. PLC programlama kodu

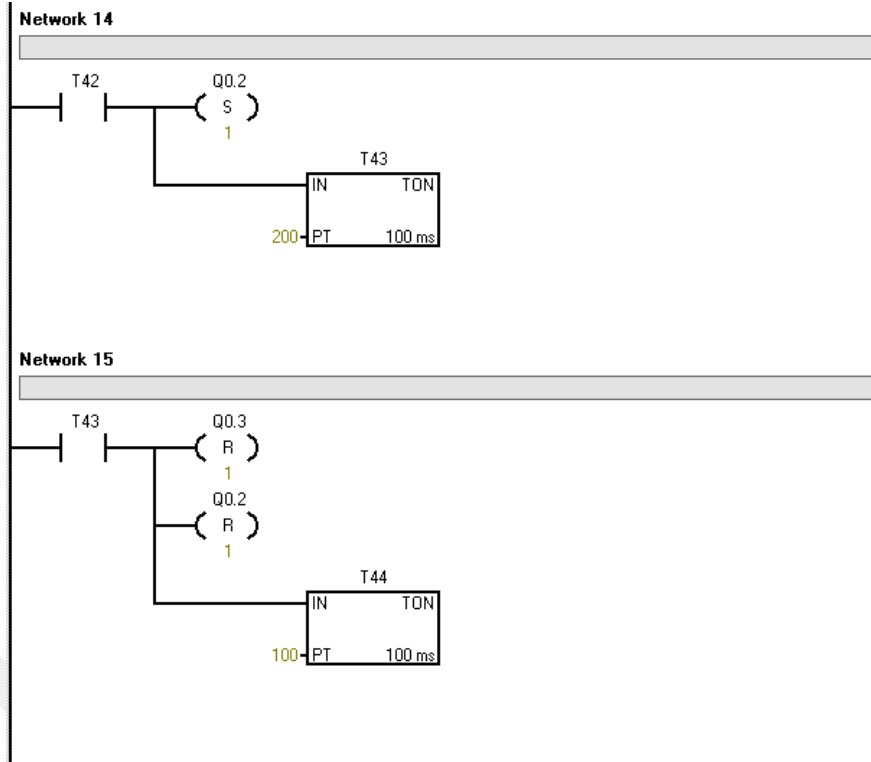
Şekil 3.15 de görülen koddaki, network 10 da y eksenini hareketini sağlayan motor çıkışı SET lenerek motor durduruluyor ve 20 saniye kadar çözeltinin içinde bekletiliyor. T39 zamanlayıcısının süresi değiştirilerek çözeltinin içerisinde bekletilme süresi kolayca değiştirilebilmektedir. Bu koddaki örnek olarak 20 saniye olarak kodlanmıştır. Network 11 de görüldüğü gibi T39 süresi dolduktan sonra Q0.3 çıkışı RESET lenip motorun yönünü yukarı olarak belirledikten sonra motorun sürücüsüne RESET çıkışı verilerek motor yukarı yönlü hareket ettirilmiştir.



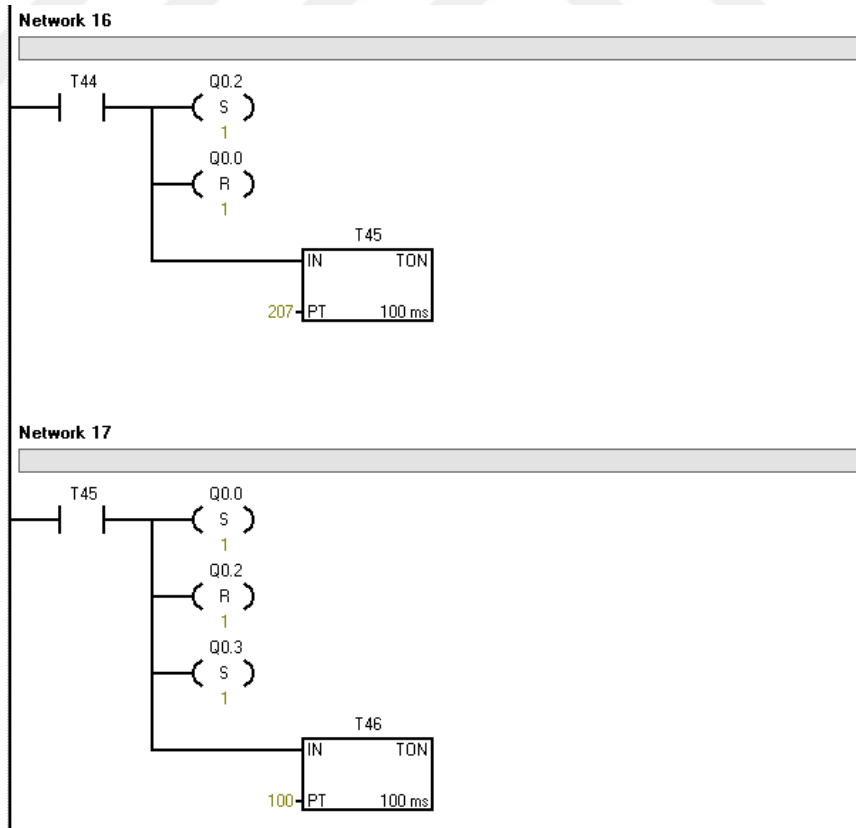
Şekil 3.16. PLC programlama kodu

Şekil 3.16 de T40 süresi dolduğu vakit Q0.2 SET lenip yukarı yönlü hareket durdurulmuş ve Q0.0 RESET lenip sağa doğru hareketlenme başlamış ve diğer çözeltilerin hizasına gidinceye kadar hareketlenme sağlanmıştır.

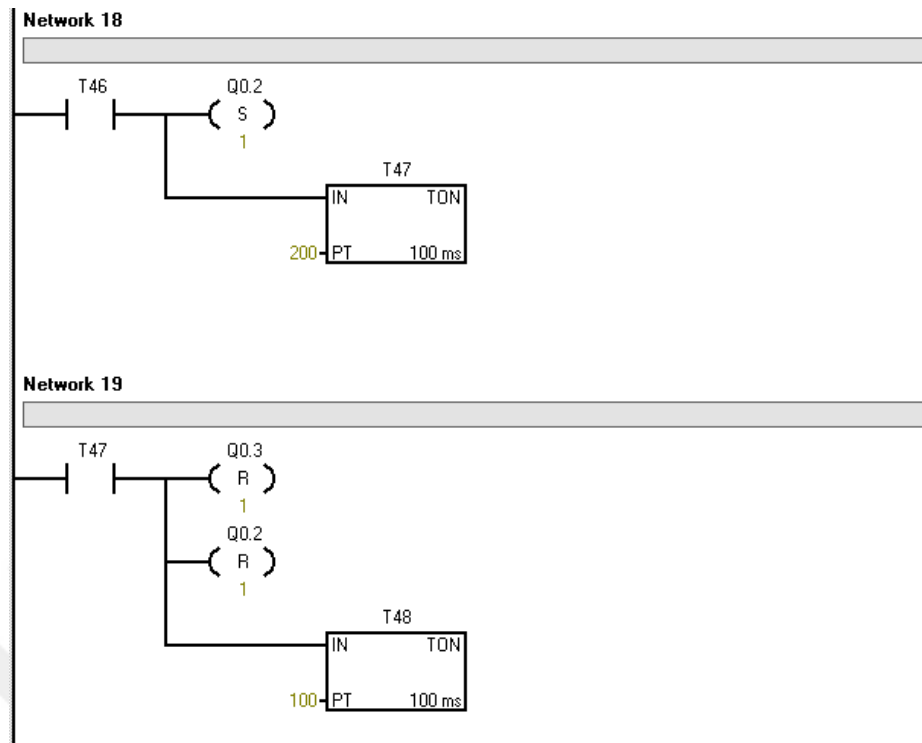
Bu çözeltilerin tam üstünde konumlandırılıp daha sonra çözeltilere daldırılma, çözeltilerin içinde belirlenen sürede bekleme ve süre dolunca çözeltilerden çıkıp tekrar diğer çözeltilere doğru hareket ettirme kodları şekil 3.17, şekil 3.18, şekil 3.19, şekil 3.20 ve şekil 3.21 de aynı yöntemle devam etmektedir.



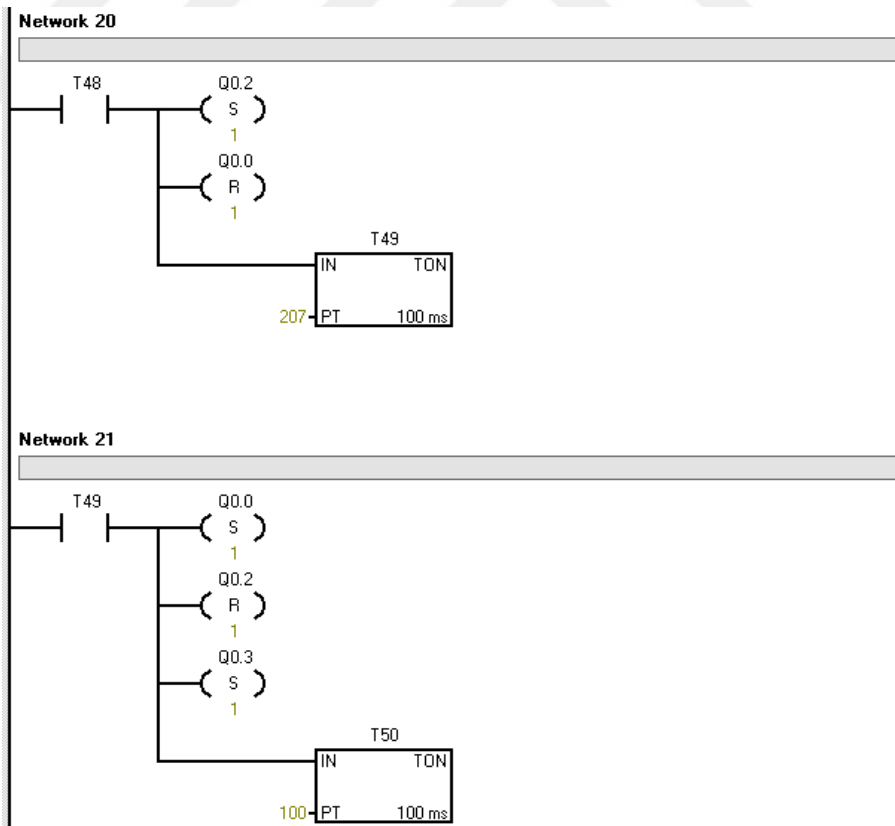
Şekil 3.17. PLC programlama kodu



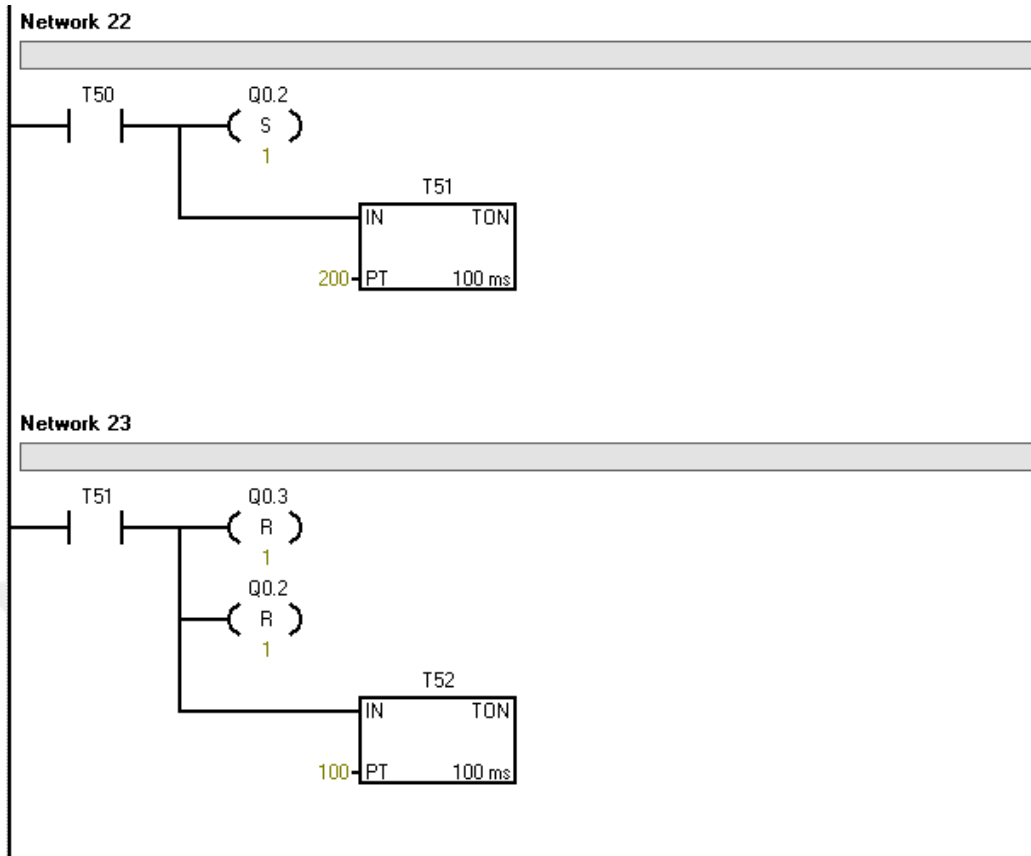
Şekil 3.18. PLC programlama kodu



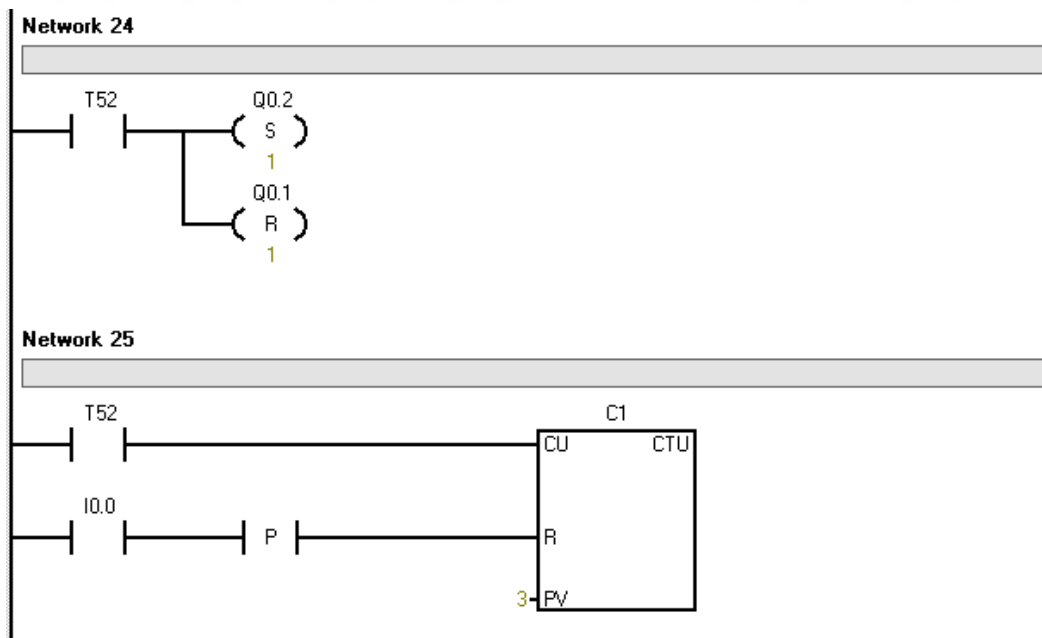
Şekil 3.19. PLC programlama kodu



Şekil 3.20. PLC programlama kodu



Şekil 3.21. PLC programlama kodu



Şekil 3.22. PLC programlama kodu

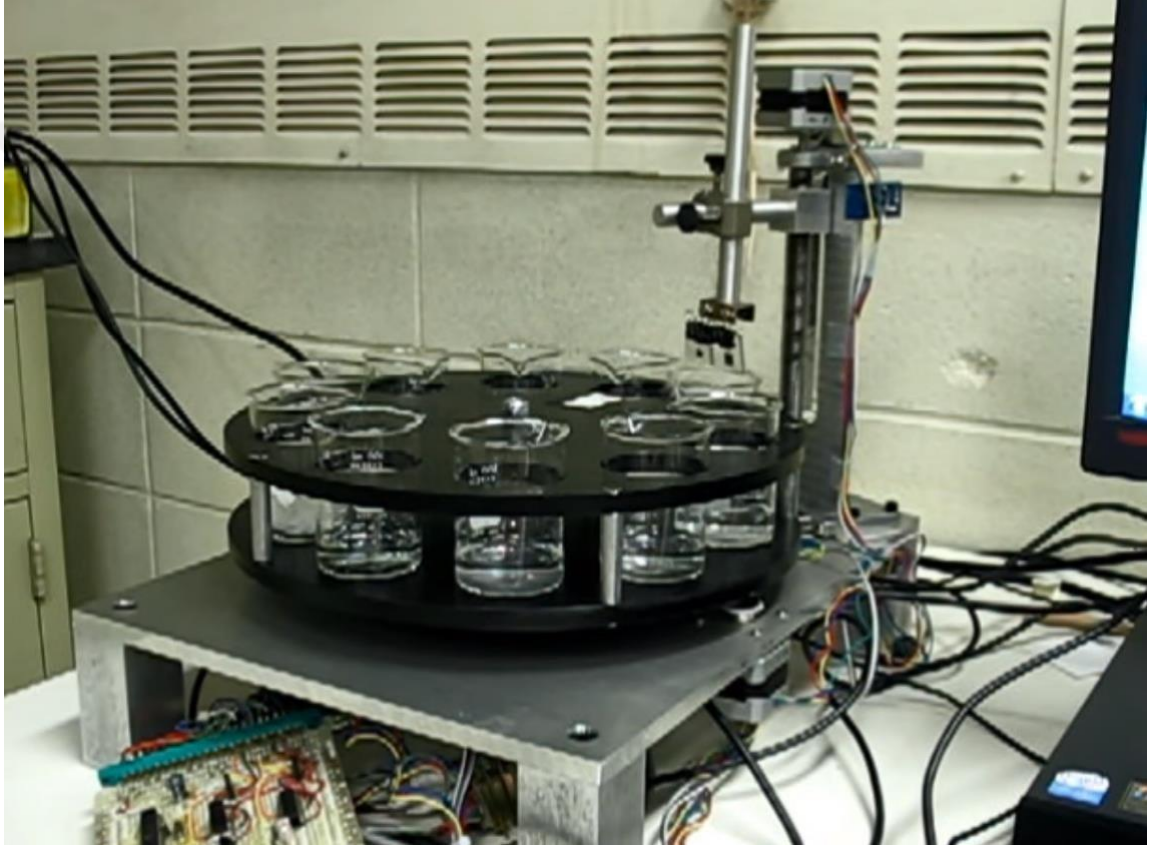
Son şekilde sistem tüm çözeltilere dalmış belirlenen bir süre beklemiş ve tekrar çıkmış olup son çözeltiden çıktıktan sonra yani T52 zamanlayıcısı aktif olmuştur. Burada son adım olan T52'nin aktif olması sayıcı bloğunun +1 saymasına sebep olup döngü sayısını saymaktadır. Döngü sayıcısı network 25 dede görüldüğü gibi temsili olarak 3 olarak girilmiştir. Yani sistem 3 defa döngü yaptıktan sonra C1 aktif olacak ve sistemin tekrar başlamasına engel olacaktır. Ayrıca I0.0'ın yani sistemi açma kapama yapan anahtarın kapatılıp tekrar açılması durumunda C1 sayıcısının resetlendiği görülmektedir.



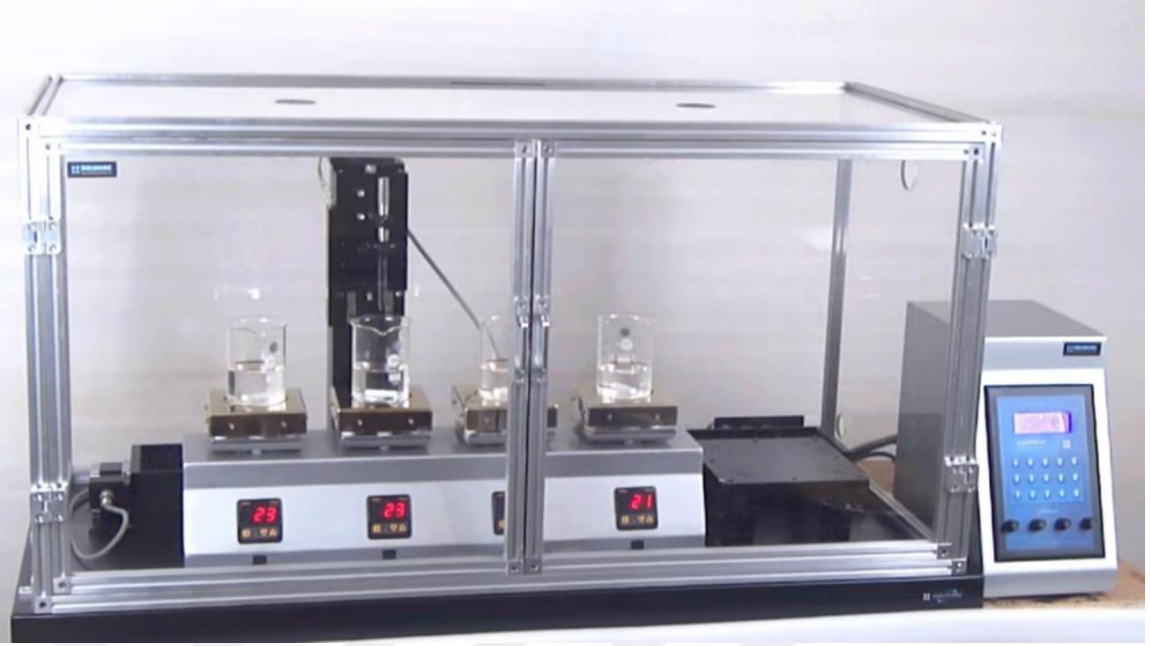
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Hayata Geçirilen Benzer Projeler

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi SILAR deney cihazı üzerine yapılan araŐtırmada bu cihaz üzerine yazılan akademik bir çalışma bulunmamaktadır. Fakat internet ağında yapılan araŐtırmalarda hayata geçirilmiş birkaç farklı tip SILAR deney cihazı olduğu görölmektedir. Bunlar aŐađdaki Őekillerde göröldüğu gibidir.



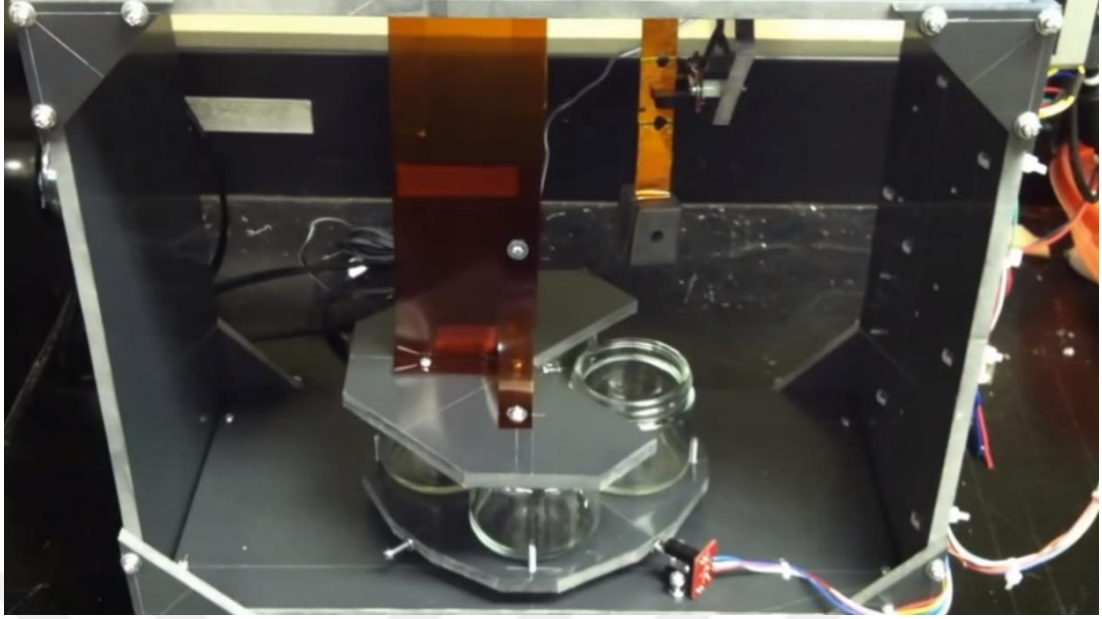
Şekil 4.1. Hayata geçirilmiş örnek SILAR deney cihazları



Şekil 4.2. Hayata geçirilmiş örnek SILAR deney cihazları



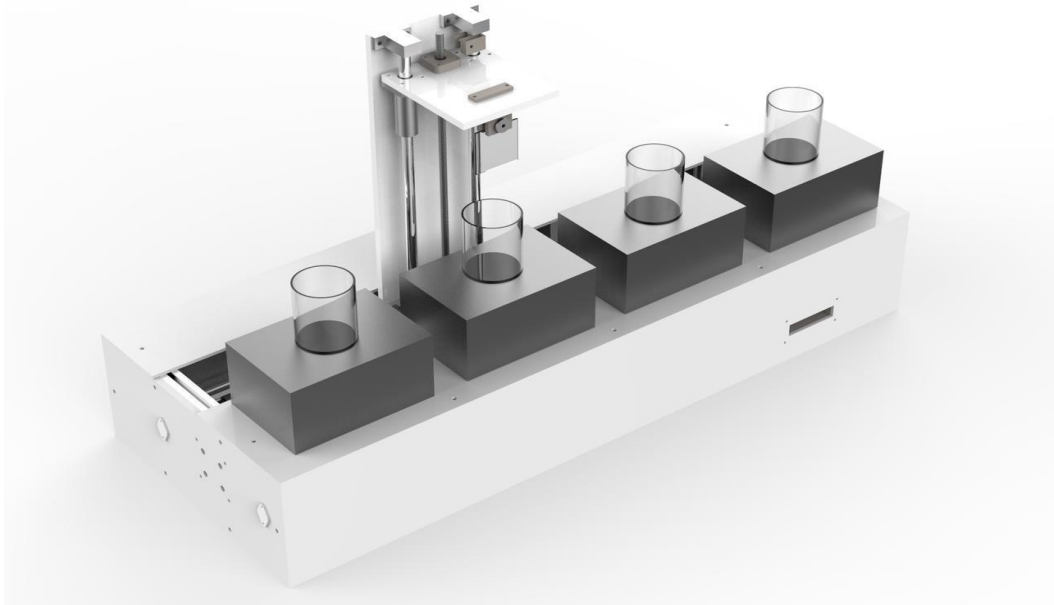
Şekil 4.3. Hayata geçirilmiş örnek SILAR deney cihazları



Şekil 4.4. Hayata geçirilmiş örnek SILAR deney cihazları

4.2. Yerli Tasarım SILAR Deney Cihazı

İnce film kaplama teknolojiye katkısından dolayı hayati önem taşımaktadır. Bu sebepten dolayı üzerine önemli araştırmalar ve geliştirmelerin yapılması gereken bir bilim dalıdır. SILAR metodu da ince film kaplama metotlarından bir tanesi olmakla beraber uygulaması kolay, maliyeti düşük ve son yıllarda sıklıkça kullanılan bir metottur.



Şekil 4.5. Bu çalışmada hayata geçirilen SILAR cihazı

Bu yöntemin geliştirilmesi için laboratuvar ortamlarında deneyler yapılarak ölçümler yapılması oldukça önemlidir. Hızla ilerleyen bilim dünyasında hataya ve zaman kaybına yer olmaması bu yapılan deneylerin insan gücü yerine otomatik hale getirilip hızlı ve hatasız olmasını mecbur hale getirmektedir. Yapılan bu çalışmada başka bir yerli örneği olmayan Şekil 4.5 deki cihazın tasarımı ve üretimi gerçekleştirilerek SILAR metodundaki araştırma ve geliştirmeleri hızlandırmak amaçlanmıştır.



5. SONUÇ

Teknolojideki hızlı gelişmede, yarı iletkenler ve yarıiletkenlerin büyütülmesi çok önemli rol almaktadır. Dolayısıyla, ortaya çıkan bu durum yarı iletkenlerin önemini her geçen gün daha da artırmaktadır. Ayrıca teknolojiye ilaveten artan insan nüfusu enerji talebini oldukça artırmıştır. Bunun sonucunda çalışmalar yeni enerji kaynakları bulmaya doğru yönelmiştir. Çevre faktörü göz önüne alındığında sürekli bir enerji kaynağı olan güneş pilleri üzerinde yapılan çalışmalar, yarıiletken ince filmler üzerindeki araştırmaların artmasına sebep olmuştur.

Bütün bu sebeplerin sonucunda, bu çalışmada ince film kaplama metotlarından birisi olan SILAR metodu araştırılmış ve bu metodun geliştirilmesinde büyük etkisi olacak PLC kontrollü SILAR cihazı yapımı üzerine çalışılmıştır.

SILAR metodu kullanarak ince film oluştururken film kalitesine etki eden bazı önemli parametrelerden yukarıdaki bölümlerde bahsedilmişti. Bahsedilen bu parametrelerden birisi olan döngü sayısı ve bekleme süreleri tasarlanan bu cihaz sayesinde doğrudan etkilenecek en ideale yakın hale getirilebilmektedir.

Bilindiği üzere SILAR kaplanacak plakanın dört sıvıya daldırılma ve belirli bir süre bekletilme işlemidir. Bu dört sıvının içinde bekletme süreleri hassas olup bu sürelerdeki küçük hatalar bile film kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca kaplanacak plakanın çözeltilerin içine düzensiz bir biçimde daldırılması veya çıkartılması işlemleri bile kaplamayı olumsuz etkileyebilecek durumlardandır. SILAR metodu tamamen el ile gerçekleştirilmesi durumunda insan hatası faktörü kaçınılmazdır. Her daldırma hızının ya da çıkartılma hızının aynı hızda yapılması ya da saniye mertebesinde olan bekletme sürelerinin hatasız bir şekilde yüzlerce kez tekrarlanarak insan kaynaklı yapabilmek imkânsızdır.

Bu yüzden bu çalışmada SILAR metodunun otomatik bir düzenekle uygulanması gerekliliği üzerinde durulmuş ve PLC kontrollü SILAR cihazı yapımı anlatılmıştır.

Yapılan bu araştırma ve hayata geçirilen SILAR cihazı sayesinde SILAR metodu uygulanırken oluşabilecek insan hatası faktörü ortadan kaldırılıp çok kaliteli ince film

kaplamaları yapılabilecektir. Ayrıca kaplama işlemi devam ederken uygulama yapan kişi ya da kişiler bu tamamen otomatik sistemin başında beklemesine gerek kalmayacağından çok büyük zaman tasarrufu sağlayacaktır. Bu sayede hem çok kaliteli ince filmler üretilmiş olup hem de zamandan tasarruf edilmiş olacaktır. Zaman tasarrufu, uygulama kolaylığı ve daha kaliteli şekilde üretilebilen ince filmler sayesinde SILAR metoduna ilgi daha da artarak üzerine yapılan araştırmaların artmasına olanak sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Akaltun, Y. (2006) "Growth of CdSe, ZnSe ve $CdxZn_{1-x}Se$ thin films with silar technique and investigation of its structural, optical and electrical properties", Doktora tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 10-11.
- Astam, A. (2010) "SILAR yöntemiyle büyütülen $CuxS$ ve $CuxSey$ ince filmlerin arayüzey tabakalı sandviç yapılarda kullanılması ve karakteristik parametrelerinin incelenmesi", Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 49-50.
- Berkay, A. ŞEKER, M. ve ESEN, E. M. (2003) "Pnömatik robot uygulaması" *Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal kongresi*, Lütfi Kırdar Kongre ve Sergi Sarayı, 11-12
- Bilgin, V. (2003) "ZnO filmlerinin elektrik, optik, yapısal ve yüzeysel özellikleri üzerine kalay katkısının etkisi", Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.
- De Silva, D. (1987)"Reactions to Robots, Engineering". s. 227-230
- Elemiş, T. (2016) "The effect of [Cu]/[In] ratio on structural, optical and electrical properties at thin films of $CuInS_2$ were grown by silar method", Yüksek lisans tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 24-25.
- Ersoy,H.,Madran,O.R. ve Gülbahar, Y. (2011) " Programlama dilleri öğretimine bir model önerisi: Robot programlama" *Akademik Bilişim*, Malatya,731-736.
- Göktaş, A. (2013) "II-IV tabanlı seyreltilmiş magnetik yarıiletken ince filmlerin yapısal, optiksel ve manyetik özelliklerinin incelenmesi", Doktora tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa, 15-16.
- Karaçor, M. ve Keleş, K. (2007) "Otomasyon sistemlerinin bileşenleri" Makale, *Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Kocaeli, 5-6
- Katipoğlu, G. (2013) "Üç serbestlik dereceli robot kolunun pozisyon kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 15-16.
- Li, S. M. and Hui, Y. (2010) "Design of date acquisition system for crane electromotor on S7_300PLC", *Automation and Instrumentatio*, China, 34-35.
- Özakın, O. (2010) "ZnS ince filminin SILAR yöntemiyle büyütülmesi, karakterizasyonu ve sandviç yapılarda kullanılması", Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 15-16.

- Peşkircioğlu, N.,(2005) “Otomasyon ve entegre kalite kontrolü”, *Verimlilik Dergisi*, *Sayı 15*, 19– 40
- SPGM, (1991) “Sanayide robot teknolojisi uygulaması ve önemi”, *Sosyal Planlama Genel Müdürlüğü*
- Tek, M. E. (2011) “Fotovoltaik öneme sahip CuInS₂/In₂S₃ çok tabakalı yarıiletken ince filmlerinin SILAR metoduyla büyütülmesi ve tavlamanın fiziksel özellikler üzerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 20-21.
- Yıldırım, M. A. (2010) “SILAR tekniği ile büyütülen ZnO ve CdO ince filmlerinin karakterizasyonu ve sandviç yapılarda kullanılması”, Doktora tezi, *Atatürk üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 72-73.
- Yılmaz, M. (2012) “Güneş paneli ile beslenen step motorun pıç mikrodenetleyici ile kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 48-49.
- Zhou, L., Chen, J. and Xu, L. (2008) “The research and application of freeport communication of Siemens PLC”, *2008 International Seminar on Future BioMedical Information Engineering*, Wuhan, Hubei, 318-321.

ÖZGEÇMİŞ

Umut Şükrü YAŞAR, 1989 yılında Erzincan'da doğdu. 2007 yılında Erzincan Anadolu Lisesini bitirdi. 2008 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazandı. Bu bölümden 2013 yılında mezun oldu. 2014 yılında Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı.

