

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNDE
ARAYÜZ AYDINLATMASI TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet ALTUĞ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNDE
ARAYÜZ AYDINLATMASI TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mehmet ALTUĞ
(503101233)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503101233 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mehmet ALTUĞ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNDE ARAYÜZ AYDINLATMASI TASARIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Cevat Erdem İMRAK**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. M. Cüneyt FETVACI**

İstanbul Üniversitesi

Y. Doç. Dr. Vedat TEMİZ

İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Aralık 2014**

Savunma Tarihi : **19 Ocak 2015**

Anneme, babama ve kardeşime,

ÖNSÖZ

Tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme, tez yazımında danışmanlığımı yapan hocam sayın Prof. Dr. Cevat Erdem İmrak'a, on senedir öğrencisi olduğum İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi'ne ve eğitim kadrosuna, bir üyesi olduğum ve tez konumu ve çalışma ortamımı sağlayan Arçelik A.Ş. şirketine, Arçelik'in Ar-Ge Direktörlüğü'ne ve direktörümüz sayın Cem Kural'a, üyesi olduğum Yapısal Tasarım Yöneticiliği'ne ve yöneticimiz sayın Mehmet Durmaz'a, takım liderimiz sayın Ali Levent Hasanreisöglü'na, optik konusu hakkında ufkumu açan ve birikim edinmemi sağlayan sayın İsmail Gerzeli'ye ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Aralık 2014

Mehmet Altuğ
(Makina Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Makina - Kullanıcı Arayüzü Nedir?.....	1
1.3 Arayüz Aydınlatma Tarihi.....	2
2. FOTOMETRİ.....	7
2.1 Optik Terimler	7
2.2 Kırılma ve Yansıma	8
2.2.1 Kırılma	8
2.2.2 Yansıma	9
3. ARAYÜZ AYDINLATMASI TASARIMINDA KULLANILAN OPTİK ELEMENLER.....	11
3.1 Işık Kaynakları	11
3.1.1 Akkor lambalar	12
3.1.2 Floresan lambalar	12
3.1.3 Elektroışımaya kaynakları	14
3.1.4 LED'ler	16
3.1.5 Organik LED'ler	18
3.2 Işık Taşıyıcılar	19
3.2.1 Işık taşıyıcı tasarımı	19
3.2.2 Işık taşıyıcıların fiziksel özellikleri.....	19
3.2.3 Işık taşıyıcı girişi	20
3.2.4 Köşe tipi ışık taşıyıcıları	22
3.2.5 Kama şekilli ışık taşıyıcılar	23
3.3 Reflektörler.....	23
3.3.1 Hiperbolik profilli reflektörler	24
3.3.2 Parabolik profilli reflektörler	25
3.3.3 Küresel profilli reflektörler	26
3.3.4 Eliptik profilli reflektörler	27
3.4 Difüzörler	28
4. ÖRNEK TASARIM: ARÇELİK IN LOVE GURME ÇAY MAKİNASI ARAYÜZ AYDINLATMA TASARIMI.	31
4.1 Tasarım Kriterleri ve İstekler	31
4.2 Çözüm Matrisi ve Tasarımlar	34

4.3 Optik Analizler	36
4.4 Fayda-Değer Analizi ve Sonuç.....	38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR.....	43
EKLER.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	49

KISALTMALAR

LED	: Light Emitting Diode
OLED	: Organic Light Emitting Diode
TFEL	: Thin Film Electroluminescent
TDEL	: Thick-film Dielectric Electroluminescent
LCD	: Liquid Crystal Display
PMMA	: Polymethyl Methacrylate
PET	: Polyethylene Terephthalate
PC	: Polycarbonate

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : In Love Gurme arayüz aydınlatması istekler listesi.	33
Çizelge 4.2 : In Love Gurme arayüz aydınlatası çözüm matrisi.....	34
Çizelge 4.3 : Hedef büyüklükler matrisi.....	39

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : 1898 ilk arayüz aydınlatma örneği (US683133).	2
Şekil 1.2 : 1914 ışıklı tabela patenti (US1139723).	3
Şekil 1.3 : Çıktı rakam göstergesi (US2751584).	3
Şekil 1.4 : Yumurta kutusu (Eggcrate) gösterge.	4
Şekil 1.5 : LED nokta matris gösterge.	4
Şekil 1.6 : İlk tek renk elektroışma ekranı.	5
Şekil 1.7 : LED Light tiles.	5
Şekil 2.1 : Yönlenmiş dağınık yansıma.	9
Şekil 2.2 : İdeal dağınık yansıma.	10
Şekil 2.3 : Lambertian yansıması.	10
Şekil 2.4 : Karışık yansıma.	10
Şekil 3.1 : Işık kaynaklarının tarihsel gelişimi.	11
Şekil 3.2 : Akkor lamba.	12
Şekil 3.3 : Floresan lamba çalışma prensibi.	13
Şekil 3.4 : Floresan lamba çeşitleri.	13
Şekil 3.5 : Örnek elektroışma dijital saat art aydınlatması.	14
Şekil 3.6 : Saydam gösterge.	14
Şekil 3.7 : TFEL.	15
Şekil 3.8 : TDEL yapısı.	15
Şekil 3.9 : LED yapısı.	17
Şekil 3.10 : Organik LED yapısı.	18
Şekil 3.11 : Düz giriş yüzeyli ışık taşıyıcı.	20
Şekil 3.12 : Işık girişinde mercek kullanımı.	21
Şekil 3.13 : SMT LED ışık taşıyıcı çifti.	21
Şekil 3.14 : Küp tipi ışık kaynağı ve ışık taşıyıcısı giriş tasarımı.	22
Şekil 3.15 : T-1 ^{3/4} ve T-1 tipi LED'ler için ışık taşıyıcı giriş tasarımı.	22
Şekil 3.16 : Köşe tipi ışık taşıyıcıları.	23
Şekil 3.17 : Kama tipi ışık taşıyıcılar.	23
Şekil 3.18 : Hiperbolik profilli reflektör.	24
Şekil 3.19 : Parabolik profilli reflektör.	25
Şekil 3.20 : Küresel profilli reflektör ve merkezinde ışık kaynağı.	26
Şekil 3.21 : Küresel profilli reflektör ve odak yüzeyinde ışık kaynağı.	27
Şekil 3.22 : Eliptik profilli reflektör ve odak noktasına yerleştirilen ışık kaynağı.	27
Şekil 3.23 : Katkılı difüzör.	28
Şekil 3.24 : Gauss difüzör.	29
Şekil 3.25 : Prizmatik difüzör.	29
Şekil 4.1 : Arçelik In Love Gurme Çay Makinası.	31
Şekil 4.2 : Arayüz camı, elektronik kart ve LED'ler.	32
Şekil 4.3 : Ligitek LG-170WK-DT beyaz LED.	32
Şekil 4.4 : In Love Gurme tasarım 1.	35

Şekil 4.5 : In Love Gurme tasarım 2.....	36
Şekil 4.6 : Ortalama parlaklık karşılaştırması; tasarım1 (sol) tasarım 2 (sağ).....	37
Şekil 4.7 : Homojenlik karşılaştırması; tasarım 1 (sol) tasarım 2 (sağ).....	37
Şekil 4.8 : İzin verilen ışık kaçağı karşılaştırması; tasarım 1 (sol) tasarım 2 (sağ). ..	38
Şekil 4.9 : Çözüm 1 seri imalat ürünü.	40
Şekil A.1 : Tasarım 1 Optki Analiz Sonuçları.	46
Şekil A.2 : Tasarım 2 Optik Analiz Sonuçları.	47

ELEKTRİKLİ EV ALETLERİNDE ARAYÜZ AYDINLATMASI TASARIMI

ÖZET

Gelişen teknoloji ile insanlar hayatlarının birçok alanında makinalarla etkileşim içine girmektedir. Gün geçtikçe makinalarla geçen zaman yüzdesi de artmaktadır. İlk olarak sanayi alanında kendini gösteren makinalaşma, günümüzde özel ve ortak her yaşam alanına girmiş bulunmaktadır.

Makinalarda insanlarla makinalar arasındaki etkileşimi sağlamak amacıyla bulunan sistemler arayüz olarak adlandırılmaktadır. İlk örnekleri basit kol ve düğme gibi mekanik sistemler olan makina arayüzleri evrimleşerek elektromekanik ve elektronik kontrol sistemlerine dönmüşlerdir. Ana görevi kontrol amaçlı girdileri makinaya iletmek olan arayüz sistemleri ilerleyen teknoloji ile kullanıcıya makinanın durumu ve devam etmekte olan fonksiyon hakkında bilgi veren görsel ve işitsel çıktılar da sağlamaya başlamışlardır.

Görsel çıktılar ilk örneklerde basit ışıklandırmalar olarak ortaya çıksa da, günümüzde şekil ve yazı ışıklandırmasından ekranlara kadar örnekleri bulunmaktadır. Bu tezin konusu olan elektrikli ev aletlerinin evlerimize girişinden itibaren şekil ve yazı ışıklandırmaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Başta işleve yönelik tasarımlar yeterliyken, günümüzde arayüz aydınlatmasında görsel kaygılar da tasarımı etkilemektedir. Gelişen ve değişen optik elemanlar, tasarımda çeşitliliği sağlasalar da karmaşıklığı da yanlarında getirmektedirler.

Bu tezin ilk bölümünde makine-insan arayüzünün ne olduğu ve görevleri hakkında daha detaylı bilgi verilerek arayüz aydınlatma tarihi patent ve uygulama örnekleri ile anlatılmıştır. Arayüz aydınlatma tarihi 1900'lerin başında akkor lambaların kullanıldığı aydınlatılmış kutularla başlayıp LED'lerin kullanıldığı art aydınlatma örneklerine kadar gelişim göstermiştir. Bu zaman zarfında akkor, floresan lambalar, elektroşıma kaynakları ve LED'lerin kullanıldığı art ve kenar aydınlatma prensibine dayanan birçok örnek ortaya çıkmıştır.

Bir sonraki bölümde basit optik bilgisi verilerek önemli dört optik terimlerden bahsedilmiş, kırılma ve yansıma basitçe anlatılarak, toplam iç yansıma prensibi ve yansıma çeşitleri üzerinde durulmuştur. Toplam iç yansıma kırılmada bahsedilen Snell yasasına göre ışık çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçerken kırılma açısını 90 derece yapan geliş açısından fazla bir geliş açısına sahip ışının ortam değiştirmeden geldiği ortama geri dönmesi olayıdır. Bu prensip bir sonraki bölümde anlatılacak ışık taşıyıcıların görevini yerine getirmesini sağlayan prensiptir.

Üçüncü bölümde arayüz aydınlatması tasarımında kullanılacak optik tasarım elemanları hakkında bilgi verilmiştir. Akkor lamba, floresan lamba, elektroşıma kaynakları, LED ve OLED olmak üzere 5 adet ışık kaynağı çeşidi tanıtılmıştır. Işık taşıyıcılar hakkında temel tasarım bilgileri verilmiştir. Düz ve konik reflektörlerden bahsedilerek eliptik, parabolik, hiperbolik ve küresel konik reflektörler üzerinde durulmuştur. Son olarak katkılı, Gauss ve prizmatik difüzörlerden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde örnek olması açısından Arçelik In Love Gurme Çay Makinası'nın arayüz aydınlatması tasarımı çalışmasından bahsedilmiştir. Bu çalışmada tasarım temel konstrüksiyon sistematığı adımları kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle firmanın istekleri sıralanarak bir istekler listesi oluşturulmuştur. İstekler listesinde dörtü kesin üçü arzu tipi olmak üzere yedi istek sıralanmıştır. İstekler listesinde üç adet temel fonksiyon belirlenmiştir. Bunlar ışığın iletilmesi, ışığın dağıtılması ve ışık kaçaklarının sınırlandırılmasıdır. Işığın iletilmesi temel fonksiyonu için ışık taşıyıcı ve hava fonksiyon taşıyıcıları seçilerek çözüm matrisine eklenmiştir. Işığın dağıtılması temel fonksiyonu için çözüm matrisine eklenen fonksiyon taşıyıcılar katkı, Gauss ve prizmatik difüzörlerdir. Işık kaçaklarının sınırlandırılması temel fonksiyonu için seçilen fonksiyon taşıyıcılar ise toplam iç yansıma prensibi ve reflektördür. Fonksiyon taşıyıcıların oluşturduğu çözüm matrisinden iki çözüm elde edilmiş ve bu çözümler OptisWorks optik analiz programı ile analiz edilmiştir. Son olarak hedef kriterlere göre oluşturulan hedef büyüklükler matrisi ile çözümler puanlanmış ve en yüksek puanlı çözüm seçilmiştir.

Son bölümde örnek tasarım hakkında elde edilen sonuçlar üzerinden genelleme yapılarak elektrikli ev aletlerinde aydınlatma tasarımı hakkında öneriler sıralanmıştır.

ILLUMINATED USER INTERFACE DESIGN IN HOME APPLIANCES

SUMMARY

People are interacting with machines in different fields of daily life because of developing technology. Percentage of time spend with machines is increasing day by day. Nowadays mechanization, which was first seen in the field of industry, is in all private or common living spaces of people.

A system used in machines, which makes human-machine interaction possible, is called a human-machine user-interface. The first examples of user-interfaces are basic mechanical systems with levers and buttons. While the technology is developing user interfaces are also evolved to electromechanical or electronic control systems. At the beginning, the main and only role of a user-interface is to transmit control inputs given by user to machine. By evolution, now a user-interface can give information about current situation of a machine and ongoing function with visual and audial signals.

The first examples of visual signals given by a user-interface are simple lamps. For now this signals are in the form of illuminated symbols, words and electronic display monitors. Illuminated symbols and words are common methods for home appliances interfaces from the very first time they entered to our life. Functional designs are adequate for this type of illuminations at first examples but while time is passing esthetically worries are become more and more important for design. While developing optical design elements are bringing a design variety in illuminated user interface design for designer they bring confusion too.

In first chapter human-machine user-interface concept and the functions of human-machine interface are explained in detail. A brief history of user-interface illumination is recited with the help of patent and application examples. The evolution is started with basic illuminated box concept with incandescent lamps and reached at LED tiles. Some of the steps of this evolution are fluorescent lamp edge lighting, eggcrate display, LED dot matrix display; electroluminescent display and LED back lighting.

In second chapter basic optic knowledge is given. Four important optical terms for optics are explained. These are luminous intensity, luminous flux, luminance and illuminance. Reflection and refraction rules are recited and Snell's law, Fresnel loss and total internal reflection principle are emphasized. According to Snell's law multiplication of sine of incidence angle and refraction index of the medium that ray is in before refraction is equal to multiplication of sine of refraction angle and refraction index of the medium that ray is in after refraction. While refraction, some of the light rays are reflected and some of them are absorbed and this percentage is called Fresnel loss. While a ray wants to pass from a denser medium to a low-density one it will be reflected when its angle of incidence is higher than a critical angle, which is identified according to Snell's law. This situation is called total internal reflection.

In third chapter all optical design element that are necessary for illuminated user-interface design are explained. There are five light sources. Incandescent lamps are first and the older light sources. They are known as hot light sources because they transforms only 10% of the electric energy to light and rest of it to heat. Fluorescent lamps give light when negative ions hit the fluor layer. Negative ions are created by mercury inside the lamps so fluorescent lamps are not nature friendly and they are big in size. Electroluminescent sources give light by passing electrical current from a phosphor layer. They are cold sources. They can be very thin and can be in the form of a flexible panel but their luminous intensity is low and their service life is short. LEDs are small light sources that uses semiconductors and electroluminescent principle. They are efficient light sources. OLEDs are some kind of electroluminescent sources that use organic materials instead of phosphor. They are in the form of flexible panels. Lightguides are specially designed transparent parts that transport light according to total internal reflection principle. They can be made off any transparent material like plastics (PC, PMMA, and PET) and glass. Entrance surface of the lightguide must have a proper design to accept more light rays from light sources. There is two main type of reflectors, which are called planar and conical reflector. Conical reflectors have four types. Hyperbolic reflectors reflect light coming from their one focus, as it come from other focus. Parabolic reflectors reflect light coming from their focus, as parallel rays. Elliptical reflectors reflects light coming from their one focus and direct to their other focus. Spherical reflectors has two characteristic. They reflect light coming from their geometrical center, back in the same direction and they reflect light coming from their focus, as parallel rays. There is three types of diffusers. Opal diffusers are made by adding micro opaque particles to a transparent material while manufacturing. Gaussian diffusers are made by increasing the surface roughness of a transparent part. Prismatic diffusers are engineered surfaces with micro prismatic structure and are made with extrusion process as films.

In forth chapter a case study about the illuminated user interface design of Arçelik In Love Gurme Teamaker is done according to systematic construction principle. Geometric boundaries, minimum average luminance, homogeneous luminance distribution, limited light leakage, least part, easy to manufactured and least fitting are determined as the needs of design and the list of needs are prepared. Light transportation, light diffusion and leakage limitation are derived from list of needs as the primary functions of the design. Atmosphere and a solid transparent part is chosen as the function carriers for light transportation primary function. Opal, Gaussian and prismatic diffusers are chosen as function carriers for light diffusion primary function. Total internal reflection and planar reflector are chosen as function carriers for leakage limitation primary function. A solution matrix is made with all these function carriers to find combinations for solutions. Two design solution are derived from solution matrix. One of these is group of conical light guide with concave spherical entrance surface to increase the amount of light entered and increased roughness in exit surface to form a Gaussian diffuser. This design is a combination of solid transparent part, Gaussian diffuser and total internal reflection function carriers. Second design is a nine-eyed reflector with an opal diffuser sheet on the exit surface of it. This design is a combination of atmosphere, opal diffuser and reflector function carriers. After this step, 3D CAD models are made and optical simulations are done for two designs with OptisWorks add-in for SolidWorks, which is an add-in of Optis Corporation. According to solutions, both of the designs are suitable according to minimum average luminance with 922,259 cd/m² for first

design and 640,503 cd/m² for second design at the lowest illuminated area of the word “normal”. Homogeneity is measured as a ratio of average luminance to highest luminance at the area and it is seen that first design has a more homogeneous distribution than the second one. As it is observed from simulation results, leakage limitation of first design is suitable and limitation of leakage is more than needed in second design. After that, design criteria are derived from list of needs and a weight is given to them for a scoring of design alternatives. Design criteria gave a weight between zero and one and total of all weights is equal to one. Then a score from zero to ten is given to designs for all criteria. After scores are multiplied with the weight of the criteria and added designs have a comparison score from zero to ten. A design criteria score matrix is made with all these information. First design has a 6,3 comparison score and second design has a 4,5 comparison score.

In last chapter, results are discussed. According comparison scores in the case study first design is selected for application. First design has enough minimum average luminance and better homogeneous luminance distribution and leakage limitation than second design according to needs. It has only one part while the second one has two. It will be produced with injection process from polycarbonate material. It can be fixed between electronic cardboard and interface glass with the help of ribs at the back of the interface glass. According to results of case study, some suggestions are made below:

- Lightguides, which is using total internal reflection principle, are an effective method to transport light from one point to another.
- Entrance surfaces of the lightguides must have a suitable design to increase the amount of light entered, according to type of light source.
- Transparent polymer materials like PC or PMMA should be used to increase the producibility of lightguide parts.
- To increase the effect of total internal reflection conical lightguide design is suggested.
- Light sources with wider viewing angle are suitable for wide area illumination.
- Diffuser should be used to increase homogeneity. Lightguide exit surfaces can be designed as diffusive surfaces to reduce part number.
- For designs, which are narrow and have parts that have low heat resistance, cold and small light sources like LEDs should be used.
- To increase the efficiency of light source and direct the light as needed, usage of reflectors is suggested.

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe insan makinalar ile daha sık etkileşime girmektedir. Evlerimize giren elektrikli ev aletleri teknoloji ile gelişmekte ek özellikler, modlar ve programlar edinmektedir. Bu makinaların kullanımını zorlaştırmaktadır. Kullanımı kolaylaştırmak, etkileşimi arttırmak için görsel çıktılar uzun zamandır kullanılsa da günümüzde arayüz aydınlatması da gelişim göstermektedir. Eskiden tek bir lamba ile verilen çıktı, şimdi bir sembolün, şeklin veya yazının aydınlatılmasıyla, değişik renklerde ışık kaynaklarının kullanılmasıyla kullanıcıya aktarılmaktadır. Tüm bu etkileri yaratacak tasarımlar da gelişmektedir. Bu tez de günümüzde elektrikli ev aletlerinde bu tip aydınlatma tasarımlarının nasıl yapılacağını ele almaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Optik geniş ve gün geçtikte gelişen bir fizik dalıdır. Bu nedenle optik tasarım yapılırken birçok değişken ve seçenek ortaya çıkmaktadır. Ancak tasarımın ne ile alakalı olduğu göz önüne alındığında bu seçenekler daraltılarak daha kolay tasarım yapılabilir. Bu tez de genel olarak arayüz aydınlatması tasarımında nasıl bir yol izlenmesi gerektiğini açıklamak, kullanılacak optik elemanları tanıtmak ve tüm bunları bir örnek ile uygulamalı anlatmak amacıyla yazılmıştır.

1.2 Makina - Kullanıcı Arayüzü Nedir?

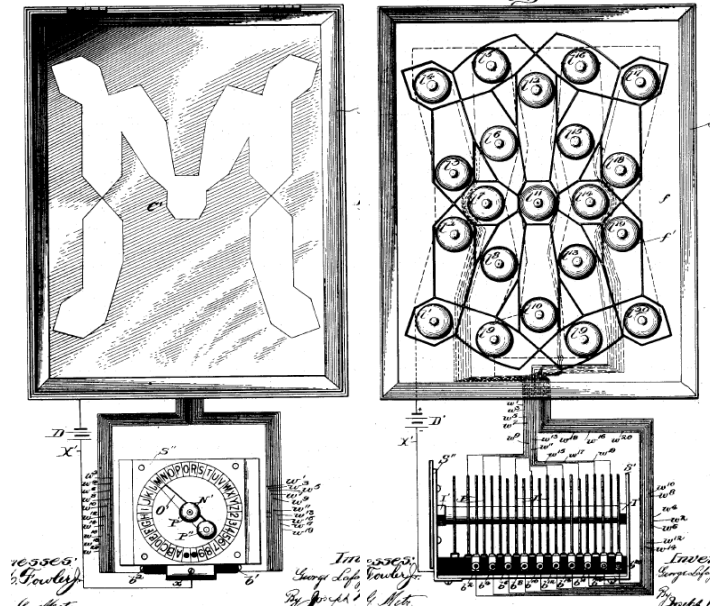
Arayüz, insan - makina etkileşimini sağlayan her türlü yöntem ve teknolojiyi kapsayan bir terimdir. Makina - kullanıcı arayüzü, makina kullanılırken hata, rahatsızlık ve yaralanma riskini azaltmayı ve kullanıcının makineyi daha verimli ve efektif kullanabilmesini amaçlar. Bu amaç çerçevesinde kullanıcı makineyi kontrol etmek için arayüz aracılığıyla bir takım girdiler gönderir ve makinenin çalışmasına göre yine arayüz aracılığıyla bir takım çıktılar elde eder. Örneğin çamaşır makinasında program butonu istenilen programa getirildiğinde makina o programda çalışacağını göstermek için döner butonun olduğu noktada ışık yakar. Girdileri

sağlayan bu tip butonlar veya çıktılar veren yazı ve işaretler arayüz tasarımında anlaşılabilirliği sağlamak amacıyla ışıklandırılırlar.

Bu tez çalışmasında arayüzlerde bulunan bu ışıklandırmalar ele alınmıştır. Makina - kullanıcı arayüzü tasarımında girdi kanallarını ve çıkan bilgileri ışık ile göstermek, açığa çıkarmak için yapılan tasarıma Arayüz Aydınlatması Tasarımı adı verilmiştir.

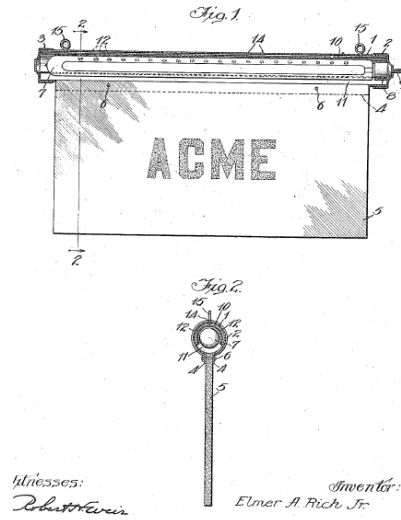
1.3 Arayüz Aydınlatma Tarihi

Arayüz Aydınlatma Tasarım tarihi ilk elektrikli ışık kaynağı (akkor lamba) Thomas Edison tarafında 1879'da icat edildiğinde başlamıştır. İlk örnek arkadan 20 farklı lamba ile ışıklandırılan, 20 farklı bölmenin, farklı kombinasyonlarla aydınlatılarak, alfabedeki harflerin veya rakamların oluşturulduğu 1898 yılındaki patenttir. 1908 yılında günümüzde yaygın kullanılan seven-segment displaylerin akkor lambalı ilk örneğinin patenti alınmıştır (US974943). Bu patentteki prensibi kullanarak çalışan ilk dijital saatin patenti de 1915 yılında alınmıştır (US1289371).



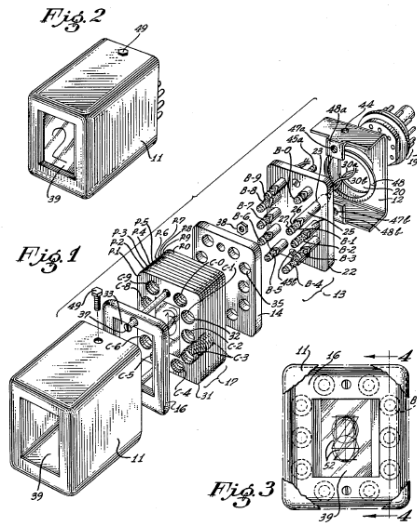
Şekil 1.1 : 1898 ilk arayüz aydınlatma örneği (US683133).

Arkadan aydınlatmanın yanı sıra bir diğer yöntem de aynı zamanlarda ortaya çıkmıştır. 1914 yılında üzerinde bir yazı bulunan, şeffaf ve kenarından aydınlatıldığında yazı harici ışık yayarak yazıyı görünür kılan ışıklı tabelanın patenti alınmıştır. Teknik olarak ışık taşıyıcısı ile aydınlatmanın ilk örneğidir. 1948 yılına kadar bu prensibe sahip ışıklı tabela patentleri devam etmiştir. (US1707965, US1741748, US2082724, US2623313).



Şekil 1.2 : 1914 ışıklı tabela patenti (US1139723).

Kenar aydınlatma prensibini kullanarak, bir makinanın çıktılarını rakamlar şeklinde gösteren ilk patent 1953 yılında ortaya konulmuştur. Bu icatta her biri farklı bir ışık kaynağı (genel olarak akkor lamba) tarafından aydınlatılan tabelaların üzerinde bulunan rakamlar okunur kılınmaktadır. Benzer icatlar 1958 yılına kadar devam etmiştir.



Şekil 1.3 : Çıktı rakam göstergesi (US2751584).

Bu modellerin dışında ışık kaynaklarının direk görüldüğü ve belirli kaynakların aydınlanması ile oluşan harf ve sayıları gösteren nokta matris göstergeler ise bu evreden sonra gelişmiştir. 1970lerden 2000'lere kadar, özellikle yarışma programlarında kullanılan, Yumurta Kutusu (Eggcrate) tipi göstergeler akkor lambaların kullanıldığı nokta matris gösterge örnekleridir. LED nokta matris

göstergeler ise günümüzde toplu taşıma araçlarında, bazı elektronik eşyalarda ve mağaza vitrinlerinde sıkça görülmektedir.



Şekil 1.4 : Yumurta kutusu (Eggcrate) gösterge.



Şekil 1.5 : LED nokta matris gösterge.

1970'lerin başında LED'lerin çıkışıyla ışık taşıyıcı ile arayüz aydınlatması tekrar canlanmıştır. Günümüzde dahi elektronik kart monte olması gerektiği için arayüze yakın olamayan LED'lerin ışıkları ışık taşıyıcılar ile çıkış noktalarına taşınırlar. LED'lerin piyasaya çıkması aynı zamanda arayüz için gerekli hacmin de düşmesine yardımcı olmuştur. LED'ler ilerleyen zamanlarda hem art aydınlatma hem kenar aydınlatma prensibiyle LCD televizyonlara ışık kaynağı olmuştur ve günümüzde de kullanılmaktadır.

1980'ler bir başka gelişme de elektroışma yapan panellerin ortaya çıkması olmuş, homojen ışık dağılımlarının büyük alanlarda sağlanması başarılmıştır. İlk olarak saat, hesap makinası gibi basit LCD ekranlarda arka aydınlatma elemanı olarak kullanılmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile göstergeler ekranlara evrimleşirken elektroışma panelleri matris diyot yapısı ile ekran görevi de görmüştür. 1985'te elektroışma prensibine göre çalışan ilk tek renk notebook ekranı, 1993'te de ilk çok renkli ekran piyasaya sunulmuştur.



Şekil 1.6 : İlk tek renk elektroışma ekranı.

1983 yılında elektroışma prensibine benzer özelliğe sahip OLED'lerle ilgili ilk patent alınmıştır. Büyük alanlarda homojen aydınlatma sağlamanın yanı sıra esnek de olan OLED'ler matris diyot yapısıyla 2003 yılında tek başlarına ekran olarak da kullanılmaya başlanmıştır.

Yeni teknolojilerin yanı sıra soğuk katot floresan lambalar (CCFL)'de günümüz teknolojilerinde kullanılmaya devam etmektedir. Özellikle billboardlarda arka aydınlatmalarında ve 1988'den beri art veya kenar aydınlatma şeklinde LCD televizyonlarda kullanılmıştır.

Yan LED'lerin kullanıldığı art ve kenar aydınlatmanın bir karışımı sayılabilecek bir teknoloji de (LED Light Tiles) 2006'da DesignLED firması tarafından patentlenmiştir. Bu teknoloji büyük alanlarda da homojen aydınlatma ve esneklik görevlerini başarı ile yerine getirebilmektedir aynı zamanda üzerine baskı yapılarak istenilen şekillerde aydınlatma sağlanabilmektedir.



Şekil 1.7 : LED Light tiles.

2. FOTOMETRİ

Işık kaynakları morötesi, görünür ve kızılötesi spektrumlarında elektromanyetik dalgalar yayar. Bu üçü için yapılan ölçümlere bir bütün olarak radyometri denir. Fotometri görünen ışığın ölçüldüğü radyometrinin özel bir koludur.

Işığı tanımlamak için ışık şiddeti, ışık akısı, aydınlatma şiddeti ve parlaklık olmak üzere dört terimden yararlanılır. Bunların yanı sıra bir ışık kaynakları için elektriği ne kadar verimli şekilde ışığa dönüştürdüğünü ölçen “etkinlik” terimi de önemlidir. Etkinlik lümen/W olarak ölçülür. Etkinlik hesaplamasında kaynağın kontrol sistemindeki kayıplar da eklenir.

2.1 Optik Terimler

Işık şiddeti, bir ışık kaynağından, belli bir yönde, küçük bir konik açı ile ne kadar ışık akısının yayıldığına ölçüsüdür. Birimi kandeladır (cd). I sembolü ile gösterilir.

Genel olarak ışık kaynağından yayılan ışık akısı her yönde aynı değildir. Bu yüzden ışık şiddeti açıyla değişkenlik gösterir. Bir ışık kaynağı için her açıdaki ışık şiddetleri bir grafik üzerinde toplanırsa, o ışık kaynağı için polar bir ışık şiddeti dağılım diyagramı elde etmiş oluruz.

Işık akısı, bir ışık kaynağının yönden bağımsız olarak, toplam ne kadar görünür ışık yaydığına bir ölçüsüdür. Belirli bir zamanda her yöne yayılan görünür ışığı temsil eder. Birimi lümen dir. 1 lümen, 1 steradyan katı açıda 1 kandela ışık şiddetine sahip homojen bir nokta kaynağın yaydığı ışık akısıdır. F ya da Φ sembolü ile gösterilir.

Genel olarak görünür ışık enerjisini temsil eden ışık akısının birimi olarak Watt yerine lümen kullanılmasının nedeni göz hassasiyetinin dalga boyuyla değişkenlik göstermesidir. Farklı dalga boylarında aynı lümen değerinde ışık akısına sahip ışık kaynaklarının Watt değerleri farklıdır. Örneğin 555 nm dalga boyunda 1 lümen $1/680W$ 'a eşitken, 400 nm dalga boyunda 1 lümen $3,5 W$ 'a eşittir.

Bir kaynaktan yayılan ışık ışınlarının bir katı yüzeye çarpması olayına aydınlatma denir. Aydınlatma şiddeti de aydınlatılan yüzeyde birim yüzeye gelen ışık akısıdır. Birimi lümen/m² veya lükstür. *E* sembolü ile gösterilir.

Parlaklık aydınlatılan yüzeyin daha sonra geriye yaydığı ışığın ölçüsüdür. Işık yayan yüzeyde birim alandan yayılan ışık şiddeti olarak da tanımlandığı için birimi kandela/m²'dir. *L* ve ya *B* sembolü ile gösterilir.

Bir başka deyişle parlaklık yüzeye gelen aydınlatma şiddeti ve yüzeyin yansıtıcılığıyla alakalıdır. Aynı aydınlatma şiddetiyle aydınlatılan ancak yansıtıcılıkları farklı yüzeyler farklı parlaklıkta olurlar. Ayrıca toplamda aynı ışık şiddetini yayan iki yüzeyden küçük olanının parlaklığı daha fazla olacaktır.

2.2 Kırılma ve Yansıma

Işık ışınları iki ortam arasındaki ara yüzeye denk geldiklerinde iki olaydan bile karşılaşılır. Işın hareket ettiği doğrultuyu değiştirerek diğer ortama geçerse bu olaya kırılma denir. Eğer ışın geldiği ortama geri dönerse bu olaya da yansıma denir.

2.2.1 Kırılma

Bir ışık ışını bir ortamdan diğerine geçerken doğrultu değiştirmesi olayına kırılma denir. Gelen ışının ara yüzey ortamı normali ile yaptığı açının sinüsünün, kırılan ışının ara yüzey normali ile yaptığı açının sinüsüne oranı iki ortamın kırılma indisleri oranına eşittir. Buna “Snell Yasası” denir. Atmosfer kırılma indisi 1 olarak referans alınabilir.

Işın az yoğun ortamdan daha çok yoğun ortama geçiyorsa yüzey normalinden uzaklaşarak. Daha yoğun ortamdan daha az yoğun ortama geçiyorsa yüzey normaline yaklaşarak kırılır.

Işınlar ortam değiştirirken kırılmanın yanı sıra ara yüzeyde bir miktar yansıtılarak kayıp yaşarlar. Buna “Fresnel Kaybı” denir. Bu kayıp, ışının ilk geldiği ortamın kırılma indisi n_i ve geçiş yaptığı ortamın kırılma indisi n_f ile alakalıdır. İndisler arasındaki farkın, indislerin toplamına oranının 100 ile çarpımı yüzde cinsinden Fresnel kaybını vermektedir.

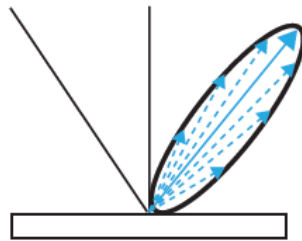
Işınlar daha yoğun ortamdan daha az yoğun ortama geçerken Snell Yasası'na göre kırılma açısını 90° olmasını sağlayan gelme açısı kritik açı olarak belirlenir. Bu

açından daha büyük açı ile gelen her ışın tamamen yansyarak geldiği ortama geri döner, buna “toplaml iç yansyma” denir.

2.2.2 Yansyma

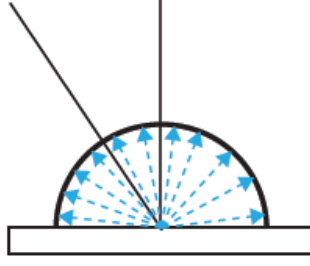
Optik olarak yansyma ışık ışınlarının iki ortam arasındaki ara yüzeyde çarpıp geldikleri ortama geri dönmesi olayıdır. Genel olarak yansyma opak yüzeylerde görölse de, saydam veya yarı saydam ara yüzeylerde de kırılmada bahsedildiği gibi yansyma görölabilir. Yansyma ışın yansydıktan sonraki izlediği yola göre düzgün, dağınık ve karışık yansyma olarak üçe ayrılır.

Düzgün yansyma yasasına uyan yansymalara denir. Buna göre yansymanın olduğu noktada gelen ışın, yansyan ışın ve yüzey normalinin aynı düzlem üzerinde olduğu, yüzey normaline göre zıt taraflarda bulunan gelen ve yansyan ışınların yüzey normali ile yaptığı açının eşit olduğu yansyma çeşidine düzgün yansyma denir. Işık ışını bir yönden gelip dağılmadan diğer yöne yansır. Düzgün yansyma görülen bir yüzeye bakarak ışık kaynağının yerini tespit edebiliriz. İdeal düzgün yansyma ışığın yansydığı yüzeyin yüzey pürüzlölüğünün gelen ışının dalga boyundan küçük olduğu durumlarda görölür. Ancak gerçek hayatta hiçbir zaman bir yansyma yüzeyi pürüzlölüğü görölür ışık dalga boyu kadar küçük olmaz. Gerçekte karşılaşılan ideal düzgün yansymaya en yakın yansyma çeşidi yönlenmiş dağınık yansymadır. Bu yansyma da yansyma yasasına uygunluk gösterir. Gerçekte ayna yansyması bu şekildedir.



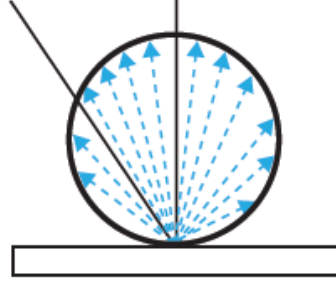
Şekil 2.1 : Yönlenmiş dağınık yansyma.

Dağınık yansyma, yüzeye gelen ışının farklı açılarla, birçok yöne yansyarak dağıldığı yansyma çeşididir. İdeal dağınık yansymada yüzeyden yansyan ışınlar yarım küre oluşturacak bir dağılıma sahip olurlar.



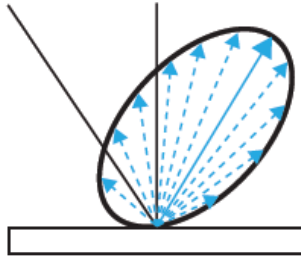
Şekil 2.2 : İdeal dağınık yansıma.

Bir diğer dağınık yansıma örneği de Lambertian yansımasıdır. Bu yansıma ışınlar; bir noktadan yansıma noktasına temas eden bir tam küre formunda yansır. Dağınık yansıma pürüz yüksekliğinin fazla yüzeylerde görölür. Bu yüzeylerden yansıyan ışıkla ışık kaynağının nerde olduğu anlaşılamaz ve bu yüzeylere mat yüzeyler denir.



Şekil 2.3 : Lambertian yansıması.

Her iki yansımanın beraber olduğu yansıma çeşididir. Yönlenmiş dağınık yansımadan farklı olarak yansıyan ışınlar gelen ışınla yüzey normaline göre zıt taraflarda değildir, her yöne yansır.



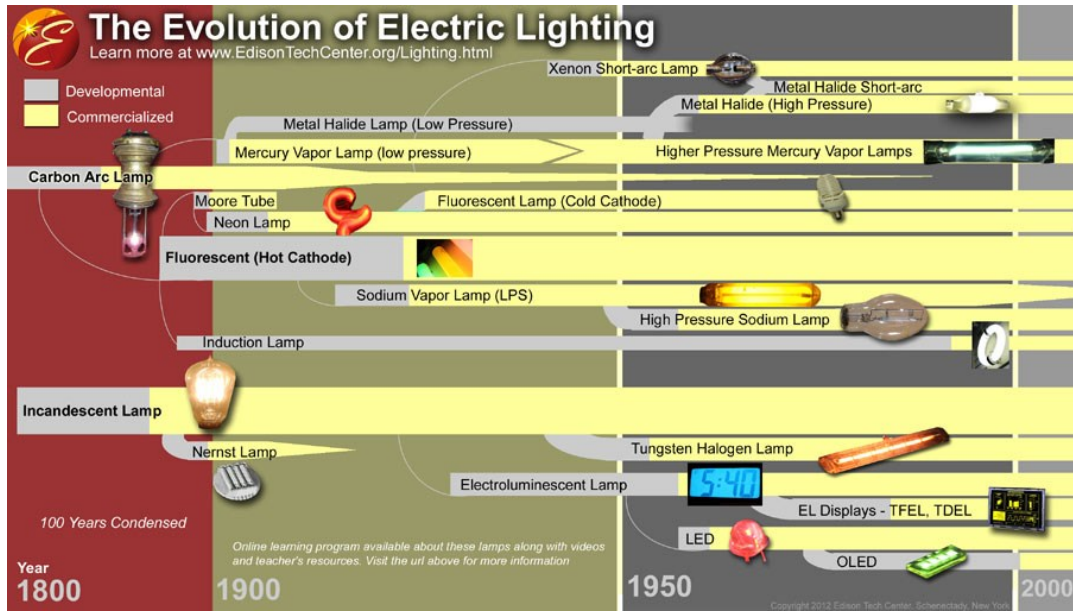
Şekil 2.4 : Karışık yansıma.

3. ARAYÜZ AYDINLATMASI TASARIMINDA KULLANILAN OPTİK ELEMANLAR

Arayüz aydınlatma tasarımında kullanılan optik elemanlar kabaca 4 ana gruba ayrılabilir. Bunlar aydınlatma için ışığı sağlayan ışık kaynakları, homojen aydınlatmayı sağlayan dağıtıcı filmler, kaynaktan çıkan ışık ışınlarını yansıtarak yönlendiren reflektörler ve ışınları bir noktadan diğerine ileten ışık taşıyıcılarıdır.

3.1 Işık Kaynakları

Aydınlatma teknolojisinde elektriği kullanarak ışık yayan kaynakların tarihsel gelişimi aşağıda bulunan resimdeki gibidir.



Şekil 3.1 : Işık kaynaklarının tarihsel gelişimi.

Resimde görüldüğü gibi ışık kaynakları çok fazla çeşitlilik gösterse de bu bölüm altında arayüz aydınlatma tasarımında yaygın kullanılan 5 ışık kaynağı teknolojisi hakkında bilgi verilecektir. Bunlar akkor lambalar, floresan lambalar, elektroışıma kaynakları, LED'ler ve OLED'ler.

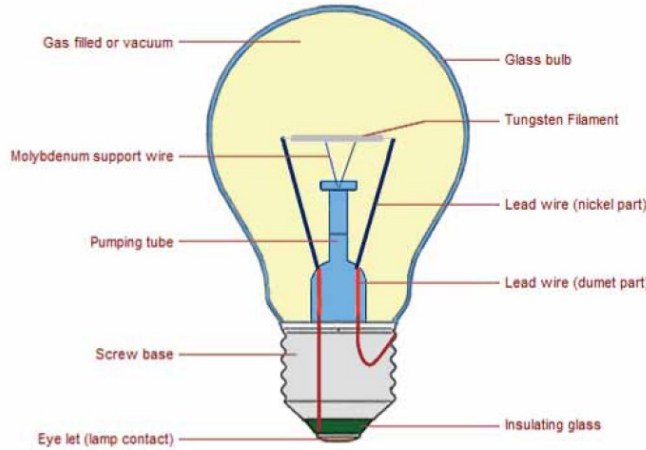
3.1.1 Akkor lambalar

Akkor lambalar, karbon ark lambalarından sonra ticari kullanım için geliştirilen ikinci ışık kaynağıdır. Günümüzde floresan lambalardan sonra en çok kullanılan lamba çeşididir.

Akkor lambalar termal ışımaya prensibi ile ışık yayan kaynaklardır. Lambanın filamanı üzerinden geçirilen elektrik akımı filamanın direnci nedeniyle ısı açığa çıkarır. Açığa çıkan ısı yoğunlaştığında gözle görülebilir dalga boylarına ulaşır. Açığa çıkan ışığın rengi çıkan ısının miktarıyla orantılıdır. Düşük miktarlarda kırmızı parlayan filaman yayılan ısı miktarı arttıkça beyaza doğru renk değiştirir. Ancak akkor lambalardan açığa çıkan enerjinin ancak %10'u görülebilir dalga boyundadır.

Akkor lambalar elektrik akımı verildiği gibi maksimum verimi ile çalışmaya başlar. Çalıştırmak için ekstra donanım ihtiyacı yoktur. Renksel geriverim indisi 100 üzerinden 100'dür, yani akkor lamba ile aydınlanan cisimlerin renkleri güneş altında aydınlatılmış gibidir. İmalatı ve temin maliyeti ucuzdur. Doğa ve insan sağlığına zararlı maddeler içermez. Flaş ve kısma devrelerinde kullanımı kolaydır.

Verimli değildir, kullandığı enerjinin %90'nı ısı olarak atılırken ancak %10'u ışık sağlar. Bu nedenle işletme maliyeti yüksektir. Kısa ömürlüdür.



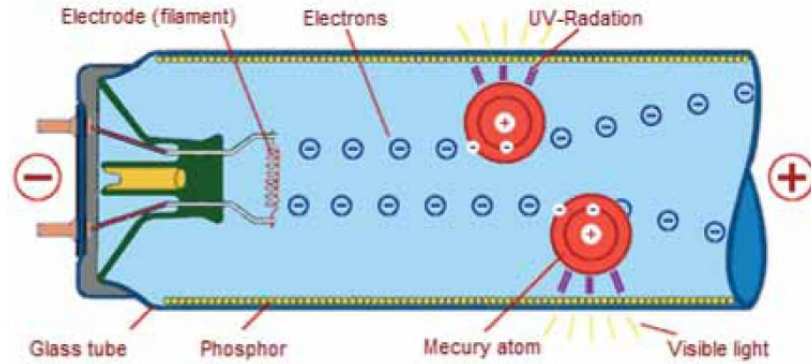
Şekil 3.2 : Akkor lamba.

3.1.2 Floresan lambalar

Floresan lambalar geniş bir ailedir. Geleneksel floresan lambası ticari kullanım için 1930larda geliştirilmiştir. Floresan ışık kaynağı fikri 1880lerde oluşmasına rağmen ticari kullanıma uygun bir modelin ortaya konması yarım yüzyıl almıştır.

Floresan lambalar iç ve dış mekân aydınlatmasında, LCD televizyon art aydınlatmasında, dekoratif aydınlatma ve ışıklı panolarda kullanılır. Floresan ışık kaynağından yayılan ışığın dağınık doğası nedeniyle uzak noktaları aydınlatmada tercih edilmez.

Geleneksel floresan lambalar, ince uzun, iç yüzeyi flor veya fosfor kaplı, iki ucunda elektrotlar bulunan, içinde argon bir miktar cıva bulunduran, cam deşarj tüpleridir. Lamba çalışırken alternatif akım verilen katot düşük voltajla bir miktar ısıtıldıktan sonra voltaj yükseltilerek elektron yayması sağlanır. Lambaya gelen alternatif akım balast denen donanım sayesinde düzenlenir. Yayılan elektronlar argon gazını iyonize ederek anotta doğru atlar ve ark oluşturur. Argon ark oluşumunu kolaylaştırır. İyonize olan argon tüp içini ısıtarak cıvanın buharlaşmasını sağlar buharlaşan cıva elektronlara maruz kalarak ultraviyole ışımaya yapar. Ultraviyole ışınlar cam içindeki kaplamayı etkileyerek görünür ışık oluşmasını sağlar. Alternatif akım kullanılmasının nedeni katottun fazla elektron salınımı yaparak katot tarafında parlaklığın yoğunlaşmasına engellemek ve katottun ömrünü uzatmaktır.



Şekil 3.3 : Floresan lamba çalışma prensibi.

Günümüzde floresan lamba formları çeşitlilik göstermektedir. Geleneksel lineer floresan lambanın yanı sıra, tüp 2 veya 3 katlanarak ve elektrotlar bir noktada toplanarak çeşitli şekillerde floresan lambalar üretilmektedir.



Şekil 3.4 : Floresan lamba çeşitleri.

3.1.3 Elektroışıma kaynakları

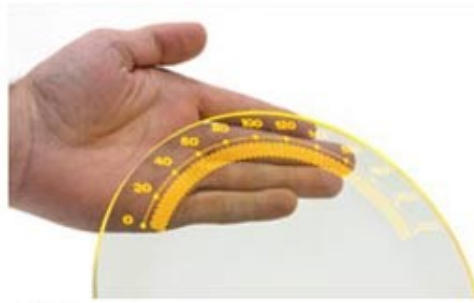
Elektroışıma kaynakları fosfor tabakasından elektrik akımı geçirerek fosforun parlaması ile ışık elde edilen kaynaklardır. Birçok ışık kaynağının aksine çok ince paneller veya kablolar olarak şekillendirilirler. Elektro ışıma elektriğin termal olmayan yollarla ışığa çevrildiği bir yöntemdir. Zns:Mn en sık kullanılan fosfor tabakasıdır.

Gece lambası, dekoratif ışıklı giyecekler, saat aydınlatması, dekoratif düz duvar aydınlatması, dayanıklı su geçirmez ekranlar, tıbbi cihaz arayüzleri, bazı bilgisayar monitörleri, ışıklı tabela ve raflar, ışıklı ikaz işaretleri ve billboardlar yaygın kullanım alanlarıdır.



Şekil 3.5 : Örnek elektroışıma dijital saat art aydınlatması.

Temel olarak alternatif akım ile beslenen, elektrot görevi gören, biri saydam, iki iletken katı madde arasındaki sıkıştırılmış toz fosfor veya yarı iletken tabaka içinden elektronların geçmesi sırasında tabakanın ışıldaması prensibi ile çalışmaktadır. Saydam iletken madde olarak indiyum-kalay oksit kullanılmaktadır. Her iki elektrotun da saydam seçilmesi ile saydam displayler elde edilebilir. Bu elektrotlardan birinin arkasına yansıtıcı bir kaplama yapılırsa parlaklığı artırılmış saydam olmayan bir kaynak elde edilmiş olur.



Şekil 3.6 : Saydam gösterge.

İnce film elektroışıma kaynakları (TFEL) elektrotların ince şeritler halinde (1 piksel kalınlığında) birbirlerine dik sıralanması ile piksel bazında kontrole olanak sağlayan ve istenilen piksellerin aydınlatılması ile belirli şeklin veya yazının görünür kılındığı kaynaklardır. Başlı başına gösterge olarak kullanılabilirler.



Şekil 3.7 : TFEL.

Elektroışıma kaynaklarında değişik ışık renkleri iki şekilde sağlanabilmektedir. İlk seçenek kullanılan fosfor çeşididir değişik tipte fosfor tabakaları değişik renkler sağlamaktadır. En yaygın kullanılan ZnS:Mn yeşil renk ışık vermektedir. İkinci yöntem de renk filtreleri kullanmaktır. Bu şekilde tek bir göstergede birden farklı renk bulunabilmektedir. Ancak beyaz renkte ışık veren bir fosfor bulunmadığı için bazı renkler oluşturulamamaktadır.

Kalın yarı iletken elektroışıma kaynakları (TDEL) renkli ekran oluşumuna olanak sağlayan bir yapıya sahiptir. 20mm kalınlığında fosfor tabakasına sahip kaynak her bir pikselde iki farklı fosfor çeşidi ve bunların üzerinde de RGB renk filtresi bulundurur, böylece istenilen renk elde edilir. TDEL monitör ve ekran teknolojisi olarak kullanılabilir.



Şekil 3.8 : TDEL yapısı.

Elektroışıma kaynakları düşük enerji tüketimine sahiptir. Uzun ömürlüdürler. Çalıştırmak için ekstra donanıma ihtiyaç duymazlar. İnce esnek paneller veya esnek kablolar halinde üretilebilirler. Bu nedenle eğimli yüzeylerde, homojen

aydınlatmanın gerektiği yerlerde tercih edilebilirler. Su geçirmez şekilde imal edilebilirler. Bu şekilde suyla temas etme olasılığı yüksek arayüzlerde tercih edilirler. LCD ve plazma ekranlara göre daha hafif ve dayanıklıdır. Ekran olarak kullanıldıklarında yöne bağımlı olarak görüntüde değişiklik olmaz. -60°C ila 95°C sıcaklık aralığında çalışabilmektedirler. Bu nedenle buzdolabı, dondurucu içi gibi düşük sıcaklıklı veya fırın kapağı, induksiyon ocak gibi yüksek sıcaklıklı uygulamalarda kullanılabilirler.

Düşük ışık akısı nedeniyle geniş mekânların aydınlatması için tercih edilmezler. Etkinlikleri düşüktür, yayılan ışık akısının kullanılan elektrik enerjisine oranı düşüktür. Zamanla parlaklıkları azalır ancak geliştirilen yeni fosfor tipleriyle bu dezavantaj ortadan kalkmaya başlamıştır. Esnek kaynaklar düzenli esnetildikçe dayanıklılıklarında düşüş gözlenir, yorulurlar. Bu kaynaklar 60-600 volt arası belirli miktarda elektrikle çalışabilirler. Saat gibi direk akımla çalışan sistemlerde bir dönüştürücüye ihtiyaç duyarlar.

3.1.4 LED'ler

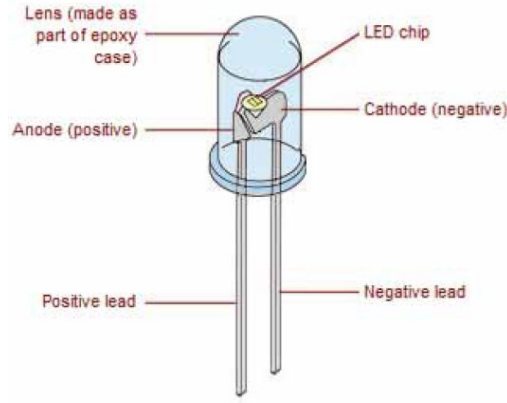
LED'ler yarı iletkenleri ve elektroşıma prensibini kullanan ışık kaynaklarıdır. Bir önceki bölümde bahsedilene elektroşıma kaynaklarından farklı olarak LED'lerde çok küçük bir yarı iletken kristal reflektörlerle kullanılarak ışığın daha parlak ve noktasal olarak sağlandığı kaynaklardır.

Günümüzde LED'lerin yaygın kullanım nedeni verimlilikleri ve "yeni" teknoloji sanılmalarıdır. Hâlbuki LED teknolojisi 1950lerden beri bilinmektedir. Yeni olan beyaz LED'lerin diğer beyaz ışık kaynaklarına rakip olarak son zamanlarda ortaya çıkmasıdır.

Makinaların gösterge ışıklarında, paket olarak büyük veya küçük lambalarda, trafik ışıklarında, sinevizyon ekranlarında, LCD televizyonlarda art aydınlatması olarak, tabelalarda ve sokak aydınlatmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

LED'ler ışığı yarı iletkenlerdeki elektroşıma prensibine göre üretirler. Elektroşıma bir önceki bölümde anlatıldığı gibi üstünden elektrik geçen bir malzemenin ışınmasını konu alan bir prensiptir. Bu olay elektronların malzeme içinden geçerken elektron deliklerini doldurması ile gerçekleşir. Bir elektron deliği bir atomun elektrondan yoksun olup pozitif yüklü olması durumudur. İki elektrot arasında kalan yarı iletken malzemede de elektronlar anotta yakın yüzeyde toplandığı için katotta yakın

bölgelerde elektron delikleri oluşmuş olur. Elektron deliklerinin sayıları yarı iletkene eklenen katkılar ile değiştirilebilir. Bir tip yarı iletkene farklı katkılar eklenmesiyle farklı özelliklerde iki tip yarı iletken elde edilebilir. İki farklı tip yarı iletkenin birbirine temas ettiği sınıra p-n bağlantısı denir. p-n bağlantısı elektriğin tek yönlü geçişine izin verir. Bu yüzden bu iki yarı iletken LED’lerde diyot görevi görmektedir. LED’lerde elektronlar p-n bağlantısından geçerler ve elektron deliklerini doldururlar. Yarı iletkenlerde ekstra elektronların oluşturduğu enerji fazlası da foton olarak dışarı atılır ve ışık oluşur.



Şekil 3.9 : LED yapısı.

Yukarıda yapısı görülen LED’de ışık oluşumu “LED chip” ismi verilen alanda oluşur. Bu alanda ışığı üreten yarı iletken kristal, ters yönde çıkan ışınları yönlendiren reflektör ve ışınların dağılmasını sağlayan difüzör bulunur. Renk filtrelemek için LED lensinde fosfor kaplaması yapılabilir. LED’den ışık çıkış açısı dar olduğu için yalnız halde LED en parlak kuş bakışı bakıldığında görülür. Işık şiddeti açı ile değiştiği için parlaklık açı ile değişir.

Üretilen ışık rengi kullanılan yarı iletken malzemeye bağlıdır. Örnek olarak kırmızı ve kızılötesi LED’lerde galyum arsenit, parlak mavilerde galyum nitrit, beyazlarda ise itriyum alüminyum garneti kullanılmaktadır.

LED’ler kısa mesafe ve dar, küçük alanlar için verimli ışık kaynaklarıdır. Tipik bir LED’i çalıştırmak için 30-60 mW enerji gerekmektedir. Dayanıklı ve darbe dayanımı yüksektir. Dar ışık çıkış açısı nedeniyle ışığın bir noktada yoğunlaşması gerektiği uygulamalarda kullanılabilir.

Ortam şartlarına uyumu sorunlu olduğu için dış mekân aydınlatmasında tercih edilmez. Yarı iletkenler ısıya duyarlıdır yüksek sıcaklıkta zarar görebilirler. Bu

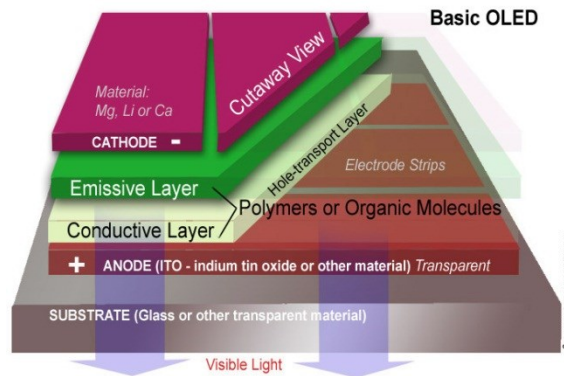
nedenle soğutma tasarımları iyi yapılmalıdır. Bu da maliyetlerini arttırır ve eğer fan kullanılması gerekirse verimlilik avantajlarını kaybederler. Devre kartına lehim ve ince bakır bağlantıları kart esnetilmek zorunda kalınırsa zarar görebilir. Üretiminde kullanılan nadir toprak metalleri belli ülkelerin tekelindedir. Zamanla ürettiği ışık akısı değeri düşer.

3.1.5 Organik LED'ler

OLED'ler de elektroışıma prensibine göre ışık yayan kaynaklardır. OLED'ler yapı olarak elektroışıma kaynaklarıyla aynı özellikleri gösterse de aralarındaki fark ışık üretmek için içinden elektronların geçirildiği tabaka fosfor değil organik yarı iletken bir malzemedir.

Organik yarı iletken malzeme içinde, LED'lerdeki gibi, p-n bağlantısı kurularak elektronların bu bağlantıdan tek yönlü geçişine izin verilir. Bu malzemeler genellikle polimerlerdir.

OLED'ler masa lambaları gibi, kısa mesafeli, iç mekân lambaları olarak kullanılır. Elektroışıma kaynakları gibi ince esnek paneller veya kablolar halinde imal edilebilmesi nedeniyle homojen ışık dağıtma özellikleri de elektroışıma kaynakları ile aynıdır. Aynı zamanda TFEL gibi çok ince şerit elektrot sıralarıyla üretilmesi durumunda tek başlarına ekran olarak da kullanılabilirler. Bazı akıllı telefon ekranlarında, bilgisayar monitörlerinde ve televizyonlarda bu prensiple imal edilmiş OLED'ler kullanılır. OLED'lerin verdiği ışık rengi kullanılan organik yarı iletken malzemeye bağlıdır.



Şekil 3.10 : Organik LED yapısı.

3.2 Işık Taşıyıcılar

Işık taşıyıcı, ışık kaynağından belirli uzaklıktaki bir noktaya en az kayıp ile ışık taşımak için tasarlanan bir aygıttır. Işık, taşıyıcı içinde toplam iç yansıma prensibi ile iletilir. Işık taşıyıcılar genellikle akrilik reçine, polikarbonat, epoksi ve cam gibi şeffaf malzemelerden üretilir. Işık taşıyıcıları bir elektronik kaynak üzerindeki LED'den ışık alıp istenilen yere iletmek, LCD artalan aydınlatmasını sağlamak gibi görevler için kullanılır.

3.2.1 Işık taşıyıcı tasarımı

Işık taşıyıcısı tasarlarken üzerinde durulması gereken 3 tasarım konusu bulunmaktadır:

- LED'den ışık taşıyıcıya en az ışık kaybı ile efektif ışık girişi yapabilmek.
- Işığın taşıyıcı boyunca çıkış yüzeyine kadar iletebilmek.
- Işığın çıkış yüzeyinden en az kayıpla çıkışına olanak sağlamak.

3.2.2 Işık taşıyıcıların fiziksel özellikleri

Işık taşıyıcının dış yüzey özellikleri önemlidir. Işığın seyir yönüne paralel olan yüzeyler toplam iç yansımanın etkisini arttırmak için ayna kadar pürüzsüz olmalıdır. Bu yüzeyler kritik açıdan küçük açıyla gelen diyagonal ışınların kaçışını engellemek için beyaz ışık yansıtan boya ile boyanabilir. Taşıyıcının giriş ucu ışık kaynağının düzgün oturması ve etkin ışık yakalama sağlayabilmek için pürüzsüz olmalı ve buna uygun bir şekle sahip olmalıdır, bu özellik ışık ışınlarının taşıyıcıya en az yansıma ve dağılma ile girmesini sağlar. Çıkış yüzeyi difüzyif özelliğe sahip olmalıdır, bu yüzey değişik kritik açılara sahip olacağı için ışınların çıkışına olanak sağlar, ayrıca ışık ışınlarını dağıtarak geniş bir ışımaya paterni oluşturur.

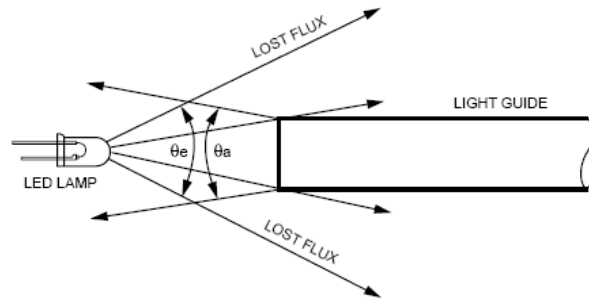
Işık taşıyıcılar silindirik, oval, dikdörtgen, kare, konik (girişten çıkışa ebadı büyüyen) ya da herhangi özel bir şekilde (ok, yıldız, çeyrek ay, vs.) üretilebilir. Dikdörtgen ve özel şekillerde köşeler köşe aydınlatmasını da sağlamak için 0,5 mm'den büyük yarıçaplı köşe yuvarlatmasına sahip olmalıdır. Taşıyıcı şekli uzunluğu boyunca kademeli olarak şekil değişikliğine sahip olabilir, örneğin girişi yuvarlakken çıkışa doğru dikdörtgen formuna kavuşabilir.

Işık taşıyıcılar ile ışığın yönü 90° 'ye kadar döndürülebilir. Bunun için tasarımsal sınırlar bulunmaktadır. Geniş alanlı art aydınlatma için özel kama tipi ışık taşıyıcıları bulunmaktadır. Genel Tasarım nedeniyle birbirine yakın yerleştirilmesi gereken ışık taşıyıcılar tek bir parça olarak birleştirilmiş şekilde üretilebilir.

3.2.3 Işık taşıyıcı girişi

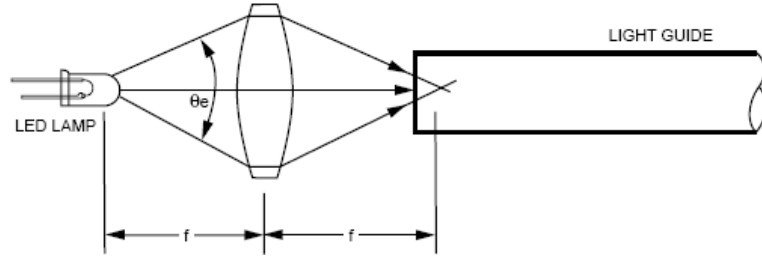
Bir ışık kaynağından gelen ışık akısı, etkin bir şekilde iletilip kullanılmadan önce, ışık taşıyıcısının giriş yüzeyinde ışık giriş kaybını maksimuma indirecek bir tasarım yapılması gerekmektedir. Bu tasarım ışık kaynağının ışıma açısına bağlı olarak değişiklik gösterse de genellikle ışık kaynağını ışık taşıyıcının çevrelediği bir tasarım yapılır.

Işık taşıyıcının giriş yüzeyinin düz olması durumunda ışık taşıyıcının kabul açısı ile ışık kaynağının ışıma açısı birbirine eşit olursa ışık girişi kaybı minimum olur. Ancak ışık kaynaklarının ışıma açısı genellikle düz giriş yüzeyli ışık taşıyıcıların kabul açısından çok daha geniş olduğu için bu durumda ışınların genellikle %10'lük kısmı ışık taşıyıcının içine girebilir.



Şekil 3.11 : Düz giriş yüzeyli ışık taşıyıcı

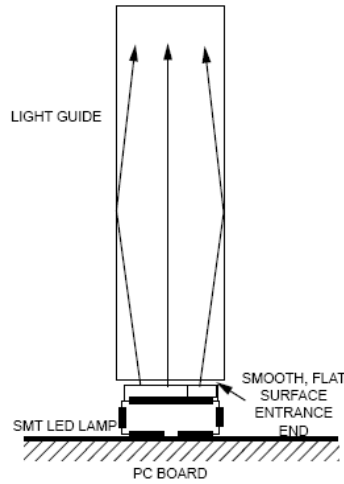
Işık taşıyıcının düz giriş yüzeyli olması gereken durumlarda bir yakınsak mercek kullanılarak kayıp azaltılabilir. Işık girişi 80° 'e kadar çıkarılabilse de merceğin odak uzaklığı nedeniyle montaj zorluğunun oluşması ve merceğin üretim maliyeti nedeniyle bu uygun bir tasarım olmamaktadır.



Şekil 3.12 : Işık girişinde mercek kullanımı.

En etkili tasarım ışık taşıyıcı giriş yüzeyinin ışık kaynağının etrafını sardığı tasarımdır. Bu durumda yaşanacak kayıp ışığın ışık kaynağı ile ışık taşıyıcı arasındaki hava boşluğundan geçerken yaşadığı Fresnel kaybıdır. Bu şekilde ışık girişi %92'ye kadar çıkarılabilmektedir. Bu yapı küresel yapılı ve ışık taşıyıcısına görece küçük ışık kaynakları için uygundur. İmkan veren ışık kaynaklarında ışık taşıyıcı ile ışık kaynağı birbirlerine epoksi ile yapıştırılıp Fresnel kaybının da önüne geçmek istenebilir ama birçok tasarımda epoksi kullanmak montaj açısından pratik bir yöntem değildir.

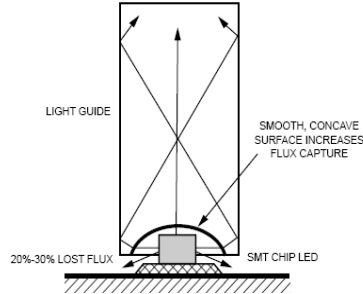
LED ışık kaynağı özelinde ışık taşıyıcı giriş tasarımları incelendiğinde SMT LED'ler ışık yayma yüzeyi düz yüzey olan ışık kaynaklarında, taşıyıcı girişi pürüzsüz ve düz olmalıdır. SMT LED ile çift olan ışık taşıyıcının giriş yüzeyi LED'in hemen üzerinde ve efektif ışık girişi sağlamak için ışık yayan yüzeyden bir miktar daha geniş olmalıdır.



Şekil 3.13 : SMT LED ışık taşıyıcı çifti.

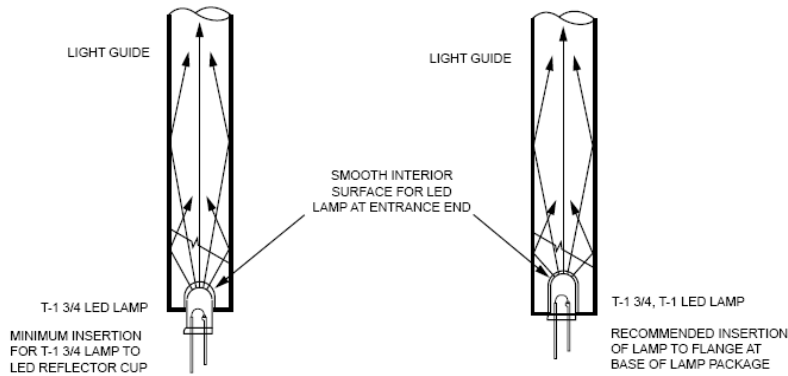
Bazı SMT LED'ler kübik şekilli, dağınık ve üstü kadar yanlarından da ışık yayan bir yapıya sahiptir. Toplam yayılan ışık akısının yaklaşık %40'ı üst yüzey, %60'ı yan yüzeyler tarafından yayılır. Bu yüzden düz bir giriş yüzeyine sahip bir taşıyıcı ancak

yayılan ışığın %40'ını yakalayabilir, geriye kalan ise kayıptır. Bu tip yapıya sahip LED'lere uygun pürüzsüz ve konkav bir giriş ışık yakalama kapasitesini arttıracaktır. Bu düzenlemeyle kaynak tarafından yayılan ışınların yaklaşık %70-%80'ni ışık taşıyıcıya girer ve kayıp azaltılır.



Şekil 3.14 : Küp tipi ışık kaynağı ve ışık taşıyıcısı giriş tasarımı.

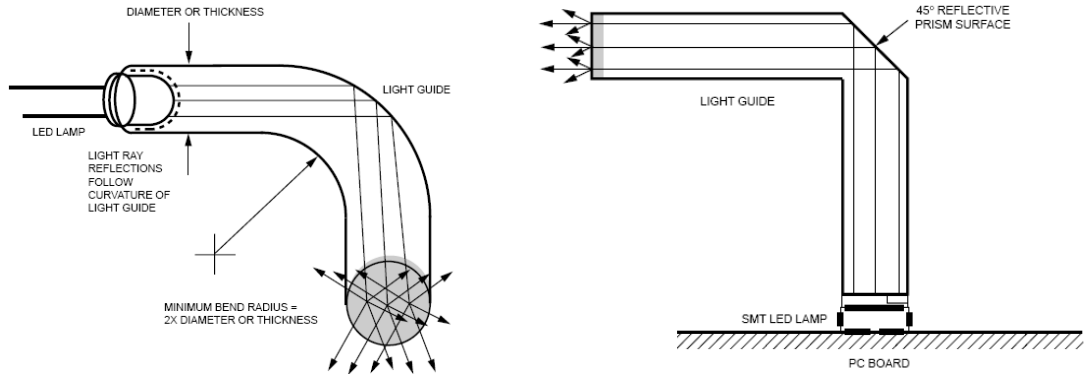
T-1 $\frac{3}{4}$ LED'ler için LED'in gireceği delik 5,33-5,59 mm çapında, deliğin sonu aynı yarıçaplı küresel bir kubbe şeklinde olmalıdır. Delik derinliğinin 5,33-8,31 mm arasında olması tavsiye edilmektedir. T-1 LED'ler için delik 3,30-3,43 mm çapında, delik derinliği 2,165mm olmalıdır.



Şekil 3.15 : T-1 $\frac{3}{4}$ ve T-1 tipi LED'ler için ışık taşıyıcı giriş tasarımı.

3.2.4 Köşe tipi ışık taşıyıcıları

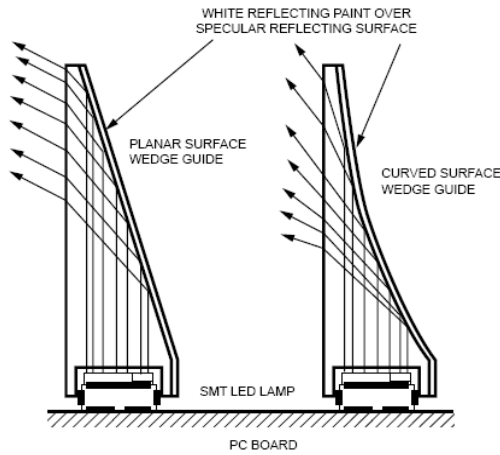
Işık taşıyıcıları köşeleri dönmek için bükülebilirler. Işık kaybını en aza indirmek amacıyla bükülme yarıçapı taşıyıcı kalınlığının 2 katına veya taşıyıcı çapının 2 katına eşit veya büyük olmalıdır. Bu şekilde ışık ışınları bükülme yarıçapının akıcı hattı boyunca kayıpsız yansır. Sert dik açılı dönüşlerde taşıyıcının 90° büküldüğü noktada yansıtıcı bir yüzey konulması ile sağlanabilir.



Şekil 3.16: Köşe tipi ışık taşıyıcıları

3.2.5 Kama şekilli ışık taşıyıcılar

Kama şekilli ışık taşıyıcıları artalan ışıklandırması için kullanılabilir. Düzlemsel yüzeyli kama taşıyıcı homojen ışık dağılımı sağlarken eğri yüzeyli kama taşıyıcı logaritmik ışık dağılımı için kullanılır. Yüzeyler yansıtıcılığı arttırmak için beyaz boyalı olmalıdır. Bir sıra LED ile birlikte kullanılırlar.



Şekil 3.17 : Kama tipi ışık taşıyıcılar.

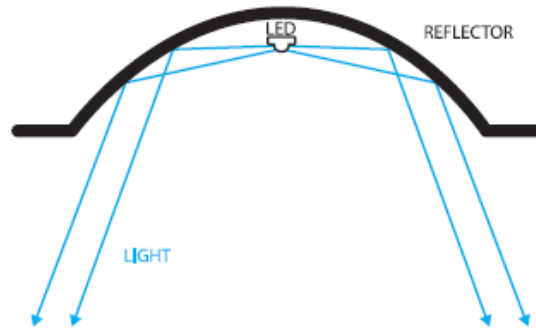
3.3 Reflektörler

Reflektörler ışık kaynağından gelen ışınları yansıtarak istenildiği gibi yönlendiren optik elemanlardır. Yansıma; düzgün, dağınık veya karışık olabilir. Bu seçilen reflektör malzemesi ile alakalıdır. Reflektörler geometrik olarak konik ve konik olmayan reflektörler diye sınıflandırılabilir. Konik olmayan reflektörler düz panellerdir. Konik reflektörler ise 4 temel tipe ayrılır: hiperbolik, parabolik, küresel ve eliptik. Bu konik profiller çanak veya kanal reflektör yapımında kullanılabilir. Tasarım sırasında profiller bütün veya kısmi olarak kullanılabilir.

Reflektör malzemeleri olarak genellikle metaller seçilir. Alüminyum yüzey işlemleri ile birçok uygulamada sıkça kullanılan bir malzemedir. Yüzeyi parlatılmış metalin düzgün yansıtma oranı artarken, yüzeyi fırçalanmış metalin dağınık yansıtma oranı artar. Esnek tasarımlarda ise istenilen formda üretilmesi daha kolay olduğu için seçilen polimerlere çeşitli yöntemlerle yansıtıcılık kazandırılabilir. Alüminyum folyolar ile kaplama bunlardan ilkidir. Ek olarak titanyum oksit pigmentli boyalar, krom ve gümüş kaplamalar hem düzgün yansıtma özelliğini arttırmakta hem de reflektörü çizilmelere karşı korur. Beyaz boya veya beyaz toz ile kaplama ise dağınık yansıtma özelliği kazandırmak veya arttırmak içindir.

3.3.1 Hiperbolik profilli reflektörler

Hiperbol üst üste iki koninin ikisini de kesen bir düşey düzlemde oluşan, birer odak noktası olan iki eğriden oluşan profildir. Hiperbolik reflektörler bu profillerden oluşan reflektörlerdir. Hiperbolik profilli reflektörün özelliği odak noktasına konulan ışık kaynağından gelen ışınları hiperbolik profilin diğer odağından geliyormuş gibi yansıtmasıdır.



Şekil 3.18 : Hiperbolik profilli reflektör.

Hiperbolik profilin odak noktası kutupsal koordinat sisteminin orijinine gelecek şekilde yerleştirildiğinde hiperbolü tanımlayan denklem aşağıdaki gibidir (3.1).

$$r = \frac{a(e^2 - 1)}{1 - e \cos \theta} \quad (3.1)$$

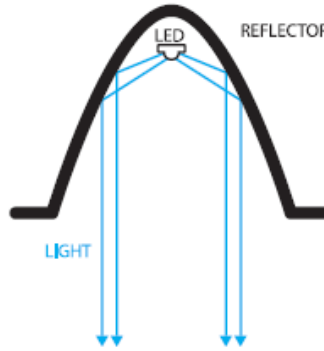
r profildeki bir noktanın odak noktasına uzaklığıdır. θ ise odak noktası ile belirlenecek nokta bir doğru ile birleştirildiğinde doğrunun yatay eksen ile saat yönünün tersinde yaptığı açığı belirtmektedir. Bu denklem ile bulunan noktalardan istenen kadarı birleştirilerek reflektör için bir hiperbolik profili oluşturulur. θ açısı

0° olduğunda profilin dip tepe noktasının odağa olan uzaklığı d bulunur (3.2). İstenilen odak uzaklığı d değeri seçilerek a sabiti elde edilir ve profilin diğer noktaları da bulunur.

$$d = ea - a \quad (3.2)$$

3.3.2 Parabolik profilli reflektörler

Parabol, bir koninin tabanından başlayarak, belli bir açı ile kesildiğinde ortaya çıkan, iki eğriden oluşan profildir. Parabolik reflektörler odak noktasına konulan ışık kaynağından çıkan ışınları birbirlerine paralel olacak şekilde yansıtan reflektörlerdir. Bu ışığın belirli aydınlatılacak alana, taşarak dağılmadan, yoğunlaştırılarak gönderilmesini sağlar. Kaynağın reflektöre yaklaştırılması ışınları dağıtırken, uzaklaştırılması ışığın toplanması sağlamaktadır.



Şekil 3.19 : Parabolik profilli reflektör.

Parabolik profillerde odağın tepe noktasına uzaklığı F , profil derinliği (profil uç noktası ile tepe noktası arasındaki uzaklık) H ve profil genişliği (profilin iki uç noktası arasındaki uzaklık) D arasında bir ilişki vardır (3.3). Tasarım sırasında bu üç değerden ikisi (genel olarak odak uzaklığı F ve genişlik D) tahmini değerler olarak alındığında üçüncü değer bulunur.

$$F = \frac{D^2}{16H} \quad (3.3)$$

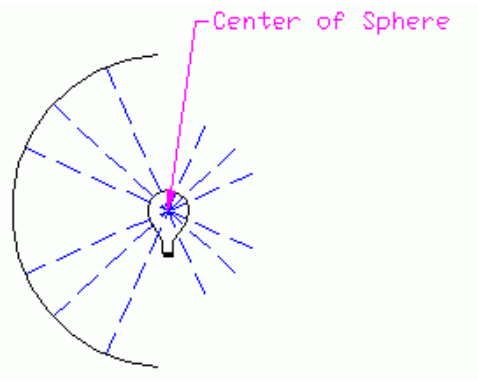
Parabolik profil, tepe noktası orijine gelecek şekilde Kartezyen koordinat sisteminde aşağıdaki denklem ile tanımlanır (3.4). Profil genişliği D ve derinliği H ile parabolün uç noktalarının koordinatları belirlenebilir. Uç noktaların y eksenindeki bileşeni H ve

x eksenindeki bileşeni ise $\pm D/2$ 'dir. Bu değerler denklemde yerine konularak a değeri bulunur ve profil çizilebilir.

$$y = \frac{x^2}{4a} \quad (3.3)$$

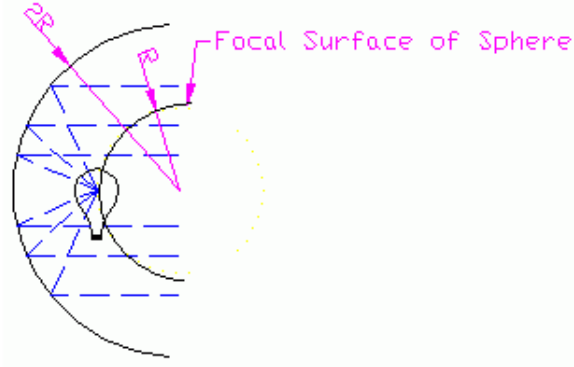
3.3.3 Küresel profilli reflektörler

Bir koninin yataya paralel olarak kesilmesiyle oluşan profilin bir kısmı kullanılarak elde edilen reflektörler küresel profilli reflektörler olarak adlandırılmaktadırlar. Küresel profilli reflektörlerin iki özelliği bulunmaktadır. İlk durumda ışık kaynağı küre merkezine konulursa ışınlar geldikleri yoldan geri yansır. Bu durumda küresel reflektörlü bir sistemin ışık şiddetini teoride iki katına çıkarır. Pratikte de verimliliği %40'a kadar arttırdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3.20 : Küresel profilli reflektör ve merkezinde ışık kaynağı.

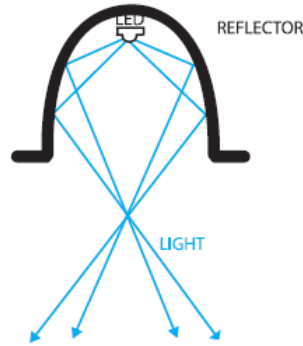
İkinci bir durumda ışık kaynağının küresel reflektörün yarıçapının yarısı kadar yarıçapa sahip bir hayali bir küre yüzeyinin üzerine konulduğu durumdur. Bu durumda ışınlar parabolik reflektörlerde olduğu gibi birbirlerine paralel hale gelecek şekilde yansır ve etkisi de parabolik profilli reflektörlerle aynıdır. Bu hayali küre yüzeyine küresel reflektörün odak yüzeyi denir.



Şekil 3.21 : Küresel profilli reflektör ve odak yüzeyinde ışık kaynağı.

3.3.4 Eliptik profilli reflektörler

Elips bir koni, tabanı kesilmeden, tabana paralel olmayan bir açı ile kesildiğinde ortaya çıkan şekildir. Eliptik profilli reflektörler bu şeklin bir bölümünü profil olarak kullanırlar. Eliptik profilli reflektörlerin iki odak noktası bulunmaktadır. Eliptik profilli reflektörün bir odağına yerleştirilen ışık kaynağından çıkan ışınlar reflektörden yansıtılarak diğer odakta geçerler. Bu şekilde kaynaktan çıkan ışınların aydınlatma için kullanılma oranı artmış olur. Eliptik profilli reflektörlerin kullanıldığı sistemlerde verimlilik yaklaşık %75 artmaktadır.



Şekil 3.22 : Eliptik profilli reflektör ve odak noktasına yerleştirilen ışık kaynağı.

Merkez noktası Kartezyen koordinat sisteminin orijinin de bulunan bir elipsin odak noktasının merkeze uzaklığı f , büyük eksen uzunluğunun yarısı a , küçük eksen uzunluğunun yarısı b ve eksantrikliği e değerlerinin arasında aşağıdaki ilişkiler bulunmaktadır (3.4) (3.5).

$$f = \sqrt{a^2 - b^2} \quad (3.4)$$

$$e = f/a \quad (3.5)$$

Bu değerlerden ikisi ön görüldükten sonra elips profili üzerindeki noktalar aşağıdaki denklem ile bulunarak profil elde edilebilir (3.6).

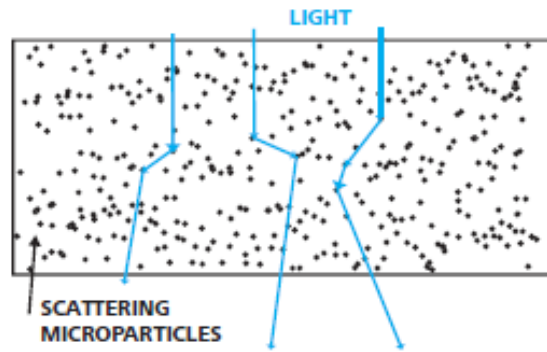
$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (3.6)$$

3.4 Difüzörler

Difüzör kelime anlamı olarak dağıtıcı olsa da difüzörler birçok görev için kullanılan optik film veya elemanlardır. Yapılarına göre ışık kaynağından gelen ışınları dağıtma, odaklama, yönlendirme veya ayırma özelliklerine sahiptirler.

Saydam herhangi bir malzeme difüzör olmak üzere işlenebilir ancak üretim kolaylığından dolayı gelen olarak saydam polimerler (PMMA, PET ve PC) difüzör malzemesi olarak kullanılır. Yüksek sıcaklık, aşınma veya ıslak/nemli ortam gibi çalışma alanları için cam da difüzör malzemesi olarak seçilebilir.

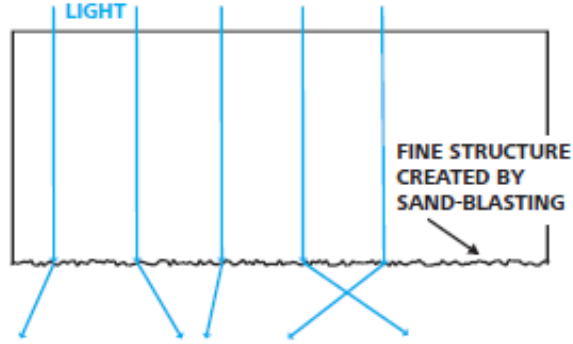
Difüzörler iki ana gruba ayrılabilir. İlk grup katkı difüzörlerdir (Şekil 2.19). Sadece ışık dağıtma görevini yerine getirebilen bu difüzörler, özellikle plastik difüzörlerde, imalat aşamasında, ana maddeye ışığı dağıtıcı özelliğe sahip mikro parçacıklar eklenerek oluşturulur. İçindeki katkı nedeniyle bu difüzörler yarı saydam ve bulutsu bir yapıya sahiptirler. Işık difüzör içinden geçerken bu mikro parçacıklara çarparak yön değiştirir. Difüzörün geçirgenlik, pusluluk gibi optik özellikleri katkı maddesinin cinsine ve yoğunluğuna göre istenildiği gibi ayarlanır.



Şekil 3.23 : Katkılı difüzör.

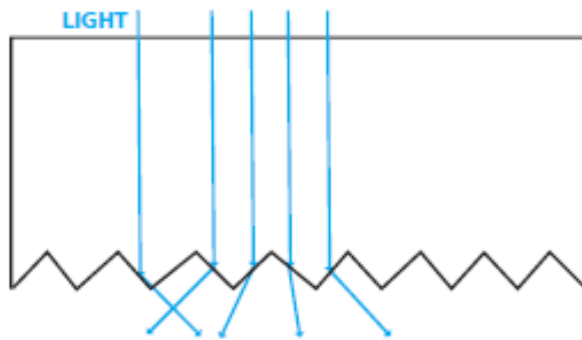
İkinci grup ise yüzeysel difüzörlerdir, görevlerini ışık giriş veya çıkış yüzeylerinin özelliklerine göre yerine getirirler. Gauss difüzörler bu grubun ilk örneğidir ve sadece ışığı dağıtma görevini yerine getirebilir. Basitçe çıkış yüzeylerindeki pürüz

sayesinde ışığı dağıtırlar. Yüzeyi pürüzlü hale getirmek için kumlama kullanılır. Yüzeyin pürüzlülüğü kumlamada kullanılan kumun tane boyutu ve basınca bağlı olarak değişse de optik özellikler üzerindeki etkisi hassas olarak ayarlanamaz.



Şekil 3.24 : Gauss difüzör.

Prizmatik difüzörler yüzeysel difüzörlerin ikinci çeşididir. Görevini çıkış yüzeyine işlenen veya yerleştirilen, belli düzende bir dağılıma sahip mikro prizmalar veya yarım küreler veya difüzör eni uzunluğunda mikro profiller ile yerine getirir ve bunu yaparken ışınların yüzeylere geliş açılarına bağlı olan “toplam iç yansıma” prensibinden yararlanırlar. Prizmatik difüzörlerin dağıtma, odaklama, yönlendirme ve ayırma görevlerini yerine getiren alt grupları bulunmaktadır. Genellikle bir taban malzemesi üzerine maksimum 100 mikron kalınlığında bir filmin yerleştirilip kaynaştırılmasıyla elde edilirler. Prizma yapısının bulunduğu film genellikle PMMA malzemeden seçilirken, taban malzemesi de PMMA, PET veya PC seçilir.



Şekil 3.25 : Prizmatik difüzör.

Prizmatik difüzörlerinin optik özellikleri, kullanılan mikro geometrinin çeşidine (küre, piramit, prizma, profil vs.), geometrinin özelliklerine (piramidin tepe açısı, prizmanın en-boy oranı, küre çapı vs.), mikro geometrinin yoğunluğu ve difüzörün yerleşme açısı gibi parametrelerle hassas bir şekilde ayarlanabilmektedir. Örneğin

mikro yapı olarak üçgen prizma, profil ve piramit kullanan difüzörlerde tepe açısı 90° iken minimum olan çıkış ışık akısı tepe açısı arttıkça artar, homojenlik düşer. Genel olarak geniş kenar aydınlatma tasarımlarında kullanılan prizmatik difüzörlerde mikro yapı yoğunluğu ışık kaynağından uzaklaştıkça arttırılarak, homojenlik arttırılır. Bu difüzörlerde mikro yapılar giriş yüzeyinde de kullanılabilir ve seyrek, yüksek ve geniş mikro yapı dağılımı ile homojenlik arttırılır ancak çıkış ışık akısı düşürülür.

Difüzör seçiminde önemli olan difüzörün verimliliğidir. Dağıtma, odaklama, yönlendirme ve ya ayırma özelliğini yerine getirirken difüzörden çıkan ışık akısı difüzöre giren ışık akısından azdır. Bu durumda tasarım verimliliğe göre optimize edilmelidir. Örneğin istenilen homojen ışık dağılımını sağlayan difüzör ışık akısını istenmeyen seviyelere düşürebilir.

4. ÖRNEK TASARIM: ARÇELİK IN LOVE GURME ÇAY MAKİNASI ARAYÜZ AYDINLATMA TASARIMI.

Bu bölümde Arçelik'in Haziran 2013 tarihinde seri üretimine başladığı In Love Gurme Otomatik Çay Makinası'nın arayüz aydınlatma tasarımı aşamalarıyla anlatılmıştır.



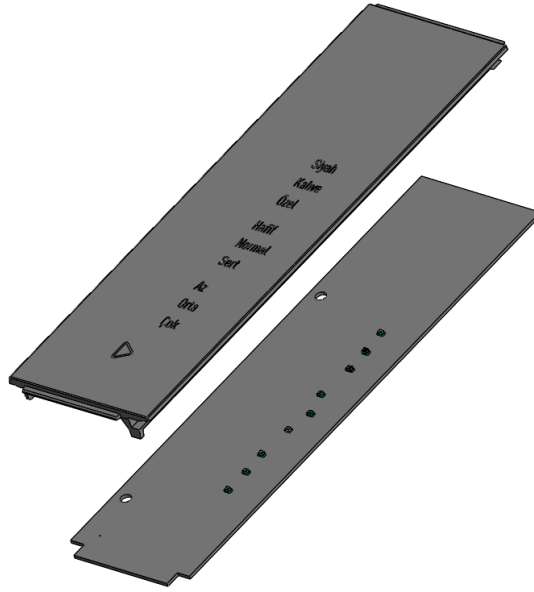
Şekil 4.1 : Arçelik In Love Gurme Çay Makinası

4.1 Tasarım Kriterleri ve İstekler

In Love Gurme Çay Makinası'nın arayüzünde mod, aroma ve miktar ayarlarında bulunan üçer seçeneğin homojen bir şekilde ve istenen parlaklıkta aydınlatılması istenmektedir. Her seçenek bir kelime ile tariflenmiştir. Mod ayarında siyah, yeşil (analizlerde kahve yapan tasarım için kahve kelimesi kullanılmıştır) ve özel, aroma ayarında hafif, normal ve sert, miktar ayarında az, orta ve çok seçenekleri bulunmaktadır.

Bu kelimeleri üzerinde bulunduran arayüz camının ebatları yapısal kriterler sayesinde belirlenmiştir. Arayüz camı plastik enjeksiyon ile saydam polikarbonat malzemeden basılmaktadır. Enjeksiyon prosesi sırasında kalıp içi dekorasyon

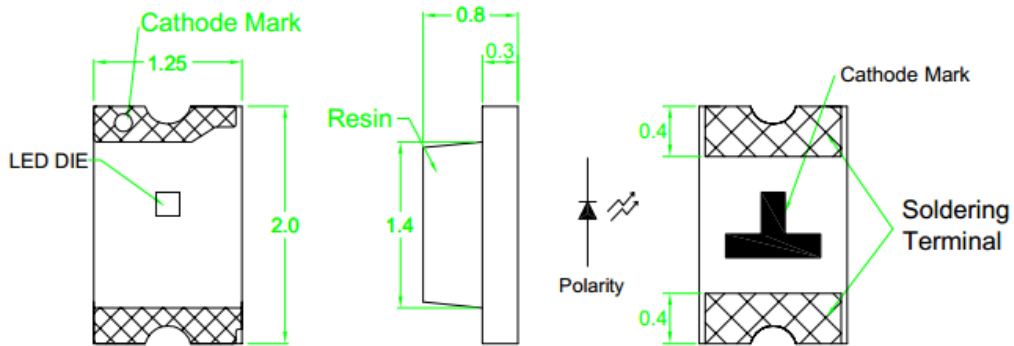
yöntemiyle arayüz parçasının önüne yerleştirilen serigrafi sayesinde kelimeler dışında kalan alan opak hale getirilmektedir.



Şekil 4.2 : Arayüz camı, elektronik kart ve LED'ler

Arayüz camına 2 adet vida ile monte edilen elektronik kart elektronik bölümü tarafından tasarlanmıştır. Montaj sonrasında elektronik kart ile arayüz camı arasında, yapılacak tasarım yerleşeceği 7,33 mm uzaklık bulunmaktadır.

Elektronik kart üzerinde her kelimenin ortasına gelecek şekilde konumlandırılmış 9 adet LED barındırmaktadır. Bu LED'ler Ligitek firmasının LG-170WK-DT model beyaz LED'leridir. 200 mcd ışık şiddeti bulunan, LED'lerin 150° görüş açısı ile sağladıkları ışık akısı 0,931 lümandır. LED'e kelimeler geniş alanlar olduğu için görüş açısı geniş LED'ler seçilmiştir.



Şekil 4.3 : Ligitek LG-170WK-DT beyaz LED.

Bu tasarım kriterlerinin yanı sıra proje yönetiminin istekleri bulunmaktadır. Bunlardan ilki kelimelerin ortalama parlaklık değerlerinin en az 500 cd/m² olması istemidir. İkinci istem ise Kelimelerdeki parlaklık dağılımının olabildiğince homojen olmasıdır bir kelime aydınlatılırken diğer kelimelerinde kolay seçimi sağlamak amaçlı bir miktar aydınlanmasını sağlayacak ışık kaçaklarına izin verilmesi arzu edilmektedir. Üretime yönelik istekler de tasarımın en az parça ile yapılması ve eğer gerekli olursa parçaların plastik enjeksiyona uyumlu olması olarak sıralanmaktadır. Minimum parçalı tasarım montaj kolaylığı ile de bir gereksinim olarak görülmektedir. Montaj bağlantılarında ek bağlantı elemanlarına gerek duyulması da arzu edilen bir özelliktir. Tüm bu tasarım kriterlerin hakim olmak amacıyla bir istekler listesi hazırlanmıştır.

Çizelge 4.1 : In Love Gurme arayüz aydınlatması istekler listesi.

İstek Numarası	Tipi	İstek
1	Kesin	Tasarım arayüz camı ve elektronik kart arasındaki 7,33 mm yüksekliğini geçmemelidir.
2	Kesin	Kelimelerdeki minimum ortalama parlaklık 500 cd/m ² olmalıdır.
3	Kesin	Kelimelerdeki ışık dağılımı homojen olmalıdır.
4	Kesin	Bir kelime aydınlatılırken diğer kelimelere kaçan ışıklar sınırlandırılmalıdır.
5	Arzu	Tasarım minimum parçaya sahip olmalıdır.
6	Arzu	Tasarlanan parçalar plastik enjeksiyon üretim yöntemin uygun olmalıdır.
7	Arzu	Tasarım montajında ek bağlantı elemanına ihtiyaç duyulmamalıdır.

İstekler listesi analiz edildiğinde yapılacak tasarım için gerekli fonksiyonlar çıkartılabilmektedir. Yapılacak tasarımın LED'den çıkan ışınları minimum kayıpla iletme, ışığı homojenlik için dağıtması, izin verildiği ölçüde ışık kaçaklarına izin verme fonksiyonlarını yerine getirmesi gerekmektedir. Ek olarak minimum parça ile enjeksiyon prosesine ve ek bağlantı elemanına ihtiyaç duymayacak bir tasarım yapılması gerekmektedir.

4.2 Çözüm Matrisi ve Tasarımlar

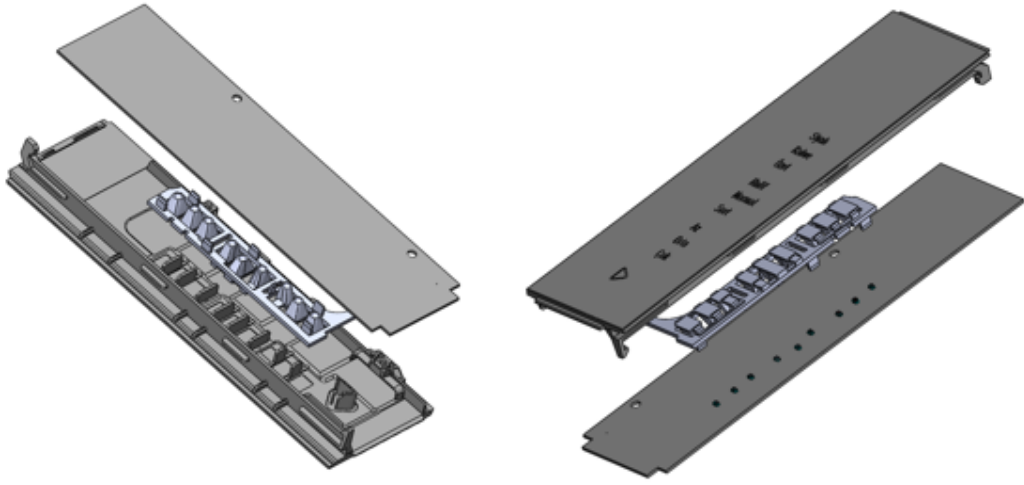
Çözüm matrisini oluştur bilmek için öncelikle her temel fonksiyon için bir fonksiyon taşıyıcısı belirlemek gerekmektedir. İlk temel fonksiyon basitçe LED'den çıkan ışığın iletilmesi olarak tariflenebilir. Bu fonksiyon için iki fonksiyon taşıyıcısı belirlenmiştir. İlk olarak ışık atmosferde serbest şekilde iletilebilmektedir. Bu nedenle atmosfer iletim işlemini gerçekleştiren bir fonksiyon taşıyıcısıdır. Bu temel fonksiyon için ikinci fonksiyon taşıyıcısı olarak katı saydam bir madde seçilmiştir. İkinci olarak homojenlik için ışığın dağıtılması fonksiyonunun yerine getirilmesi gerekmektedir. Bunun için bir önceki bölümde bahsedilen difüzörler fonksiyon taşıyıcısı olarak kullanılabilir. Kısaca hatırlamak gerekirse katkılı difüzörler, Gauss difüzörler ve prizmatik difüzörler bu temel fonksiyon için üç farklı fonksiyon taşıyıcısı olarak belirlenmiştir. Üçüncü temel fonksiyon tasarımın ışık kaçağını sınırlama fonksiyonudur. Bu temel fonksiyon için belirlenen fonksiyon taşıyıcılar toplam iç yansıma prensibi ve reflektördür. Bu Temel fonksiyonlar ve Fonksiyon taşıyıcılar ile çözüm matrisi hazırlanmıştır.

Çizelge 4.2 : In Love Gurme arayüz aydınlatası çözüm matrisi.

Temel Fonksiyonlar	Fonksiyon Taşıyıcı 1	Fonksiyon Taşıyıcı 2	Fonksiyon Taşıyıcı 2
Işığın İletilmesi	Katı Saydam Madde	Atmosfer	
Işığın Dağıtılması	Prizmatik Difüzör	Gauss Difüzör	Katkılı Difüzör
Işık Kaçağının Sınırlandırılması	Reflektör	Toplam İç Yansıma	

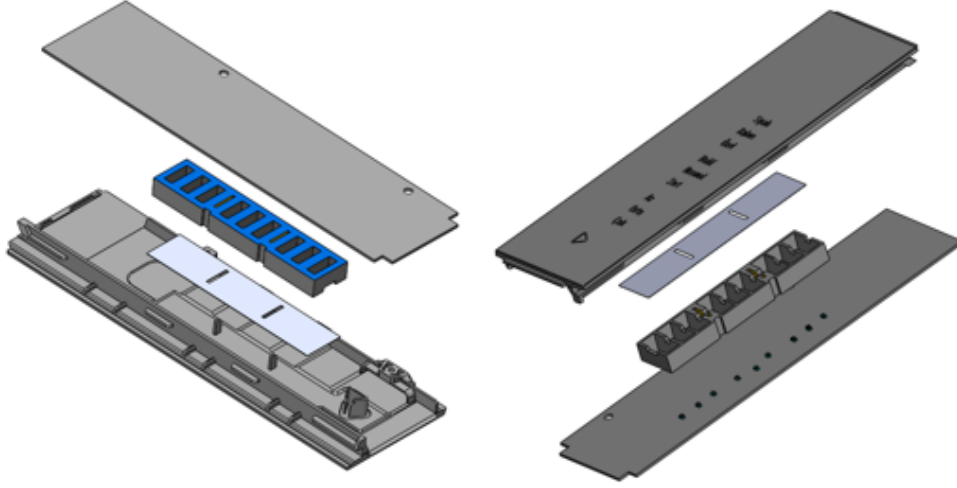
Her temel fonksiyon için bir fonksiyon taşıyıcısı seçilip kombine edilerek bir tasarım elde edilir. Çözüm matrisinde aynı renk yazılmış fonksiyon taşıyıcıları aynı tasarımın elemanlarıdır. Çözüm olarak iki farklı tasarım bulunmuştur. İlk tasarımda ışık katı saydam bir malzemeden üretilen bir ışık taşıyıcı ile iletilecektir. LED'den çıkan ışıkların ışık taşıyıcı giriş yüzdesini arttırmak için ışık taşıyıcı giriş yüzeyine konkav küresel bir form verilerek LED'in bir kısmını sarması sağlanmıştır. Işık taşıyıcı toplam iç yansıma prensibi ile yüzeylere kritik açıdan yüksek bir açı ile gelen ışıkların kaçmasını engelleyerek ışık kaçışını kısıtlamaktadır. Toplam iç yansıma

özelliğini arttırmak için ışınların geliş açılarını artıracak şekilde ışık taşıyıcı konik şekilde tasarlanmıştır. Işık taşıyıcı çıkış yüzeyinin pürüzlü hale getirilerek Gauss difüzer özelliği kazandırılarak dağıtma fonksiyonu yerine getirilmiştir. Tasarım tek parçadan oluşmaktadır ve plastik enjeksiyon prosesine uygundur, polikarbonat malzemedan üretilecektir. Işık taşıyıcı parça arayüz camı arka yüzeyindeki feder yapısı yüzey üzerindeki hareketi sınırlandırılmıştır, ışık taşıyıcı üzerindeki federler de elektronik kart üzerine basarak üçüncü yönde de hareketi sınırlandırılmış olur, montaj için ek parçaya ihtiyaç duyulmaz.



Şekil 4.4 : In Love Gurme tasarım 1.

İkinci tasarımda ışığın iletimi atmosferde serbest olarak sağlanmıştır. Işık kaçmasını ve yönlendirmeyi sağlayan ise her LED’I tek tek içine alacak şekilde 9 ayrı bölmeden oluşan ve beyaz renk ile dağınık bir yansıma sağlayan parçadır. Bu parça Dağıtma fonksiyonunu sağlayan 3M firmasından temin edilen, kendinden yapışkanlı katkılı difüzör filmidir. Montaj sırasında bu film bölmeli parçanın arayüz camına temas eden yüzeyine yapıştırılır, ardından bölmeli parça arayüz camı arka yüzeyindeki havuza yerleştirilerek bu yüzeydeki hareketi kısıtlandırılmış olur. Parça arka yüzeyi elektronik karta temas ederek üçüncü yöndeki hareketi de engellenmiş olur. Bu tasarım 2 parçadan oluşmaktadır. Difüzör film temin edilirken bölmeli parça plastik enjeksiyona uygun olarak tasarlanmıştır ve ABS malzemedan üretilecektir.



Şekil 4.5 : In Love Gurme tasarım 2.

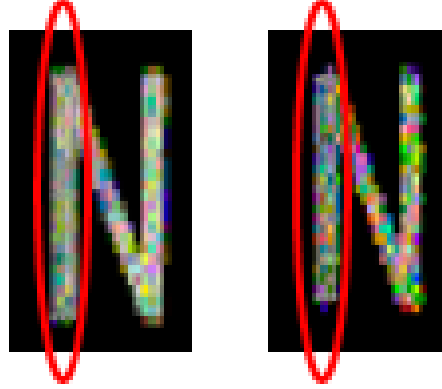
4.3 Optik Analizler

In Love Gurme Çay Makinası arayüz aydınlatma tasarımı için bulunan iki çözüm için optik analizler yapılmıştır. Analizler 1989da kurulmuş olan Fransız Optis firmasının SolidWorks üç boyutlu modelleme programında çalışan optik analiz eklentisi ile OptisWorks ile gerçekleştirilmiştir. Bu eklenti üç boyutlu modellere yüzey, malzeme ve ışık kaynağı özellikleri eklenerek analiz yapılmasını sağlamaktadır. Yüzeylerin geçirgenlik, yansıtıcılık, soğurma ve kırıcılık özellikleri ayrı ayrı belirlenebilmektedir. Maddeler için soğurma, kırılma indisi ve ışık dağıtma özellikleri ayarlana bilmektedir. Bir yüzey ışık yayıcı olarak belirlenip çıkan ışığın dalga boyu, ışık akısı ve yüzeyin ışık yayma açısı belirlenir. Program ile yapılan analizlerle belirlenen detektörler üzerindeki aydınlatma şiddeti veya parlaklık değerleri elde edilir.

Arayüz camı, elektronik kart, LED'ler, ışık taşıyıcı, bölmeli parça ve difüzör film üç boyutlu modellendikten sonra her biri için optik özellikler atanmıştır. Arayüz camı ön yüzüne tam karşıdan bakacak bir parlaklık sensörü yerleştirilerek ışık çıkış yüzeylerindeki parlaklık değerleri elde edilmiştir.

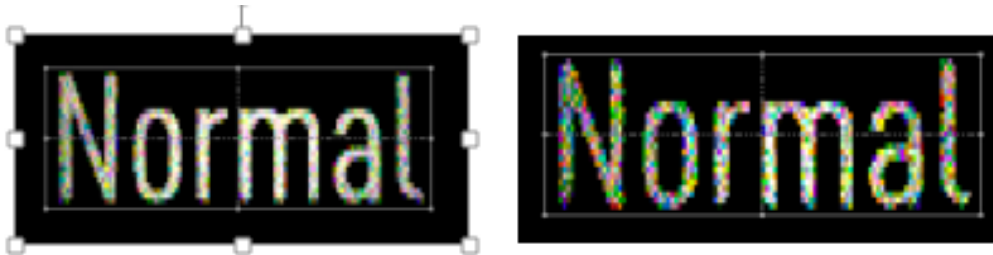
Bu parlaklık dağılımlarında iki tasarım için karşılaştırılacak noktalar ortalama parlaklık, homojenlik ve bir kelime aydınlatılırken komşu kelimelerdeki ışık kaçaklarıdır. Tasarımda en kritik olarak görülen uzunluğu nedeniyle normal kelimesidir. Karşılaştırmalar bu kelimedeki parlaklık değerlerinden yararlanılarak yapılmıştır. İlk olarak ortalama parlaklık karşılaştırması yapılacak olursa analizler

sonucunda en sönük görülen n harfinin sol çizgisindeki ortalama parlaklık istenen değerin üzerindeyse tasarım uygun olarak değerlendirilecektir. Tasarım 1 için bu değer 922,259 cd/m², tasarım 2 için ise 640,503 cd/m²'dir. Her iki tasarım da bu isteği karşılamıştır.



Şekil 4.6 : Ortalama parlaklık karşılaştırması; tasarım1 (sol) tasarım 2 (sağ).

İkinci olarak bakılacak olan homojenliktir. Bir parlaklık dağılımında ortalama parlaklıkla en yüksek parlaklığının oranına göre belirlenir. Bu değer 0 ile 1 arasında bir değerdir ve 1'e ne kadar yakınsa parlaklık dağılımı o kadar homojendir. Program nedeniyle sadece aydınlatılan alanlar içindeki ortalamayı almak mümkün değildir bu nedenle normal yazısını ortalayacak bir şekilde 11 x 4 mm²'lik bir alandaki ortalama değer ile bu alan içindeki en yüksek parlaklık değeri oranlanarak homojenlik açısından kıyaslanacak bir değer elde edilebilir. Bu değer tasarım 1 için 0,1132, tasarım 2 için 0,0695 olarak bulunmuştur. Tasarım 1'in tasarım 2'den daha homojen bir parlaklık dağılımına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7 : Homojenlik karşılaştırması; tasarım 1 (sol) tasarım 2 (sağ)

Üçüncü olarak incelenecek ise ışık kaçışlarına ne kadar izin verdileridir bunun için görsel bir karşılaştırma yapılarak tasarım 2'nin ışık kaçaklarını neredeyse tamamen

engellediği, aksine tasarım 1'in ise istendiği bir miktar ışık kaçağına izin verdiği görülmektedir.



Şekil 4.8 : İzin verilen ışık kaçağı karşılaştırması; tasarım 1 (sol) tasarım 2 (sağ).

4.4 Fayda-Değer Analizi ve Sonuç

Yapılan ilki tasarım bu aşamada istenen kriterleri ne kadar yerine getirdiği bir fayda değer analizi ile belirlenecektir bu analiz için isteklerden tasarımın değerlendirme kriterleri ve bu kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Buna göre kriterler yeterli parlaklık, homojenlik, izin verilen ışık kaçağı, az parça, enjeksiyon prosesine uygunluk ve montaj olaylığı olarak çıkarılmıştır. Her kriterin 0 ile 1 arasında bir ağırlığı bulunmaktadır. Tüm kriterlerin değerleri toplamı da 1'e eşit olmalıdır. Bu kriterler için ağırlıklar sırası ile 0,3, 0,2, 0,2, 0,1, 0,1 ve 0,1'dir. Tasarımlar bu kriterleri yerine getirmelerine bağlı olarak 0 ile 10 arasında bir puan alır, bu puan kriter ağırlığı ile çarpılarak tasarımın o kriter için aldığı ağırlıklı değer belirlenir. Son olarak tüm ağırlıklı değerler toplanır ve tasarımlar 0 ile 10 arasında bir karşılaştırma puanına sahip olur. Seçim bu toplan puana göre seçim yapılır. Tüm bunları özetleyen çizelgeye hedef büyükleri matrisi denir.

Çizelge 4.3 : Hedef büyüklükler matrisi.

Hedef Kriterler	Ağırlık	Tasarım 1		Tasarım 2	
		Puan	Ağ. Değer	Puan	Ağ. Değer
Yeterli parlaklık	0,3	7	2,1	6	1,8
Homojenlik	0,2	5	1	3	0,6
İzin verilen ışık kaçağı	0,2	6	1,2	2	0,4
Az parça	0,1	7	0,7	6	0,6
Enjeksiyon prosesine uygunluk	0,1	6	0,6	7	0,7
Montaj kolaylığı	0,1	7	0,7	4	0,4
Toplam		38	6,3	28	4,5

Çizelgeye göre bakıldığında tasarım 1 tasarım 2'ye göre bu kriter açısından üstünlük sağlamaktadır. Tasarım 1'in toplam değeri 6,3 iken tasarım 2'nin toplam değeri 4,5 olmuştur. Bu durumda tasarım 1 seçilerek uygulamaya geçilmiştir.



Şekil 4.9 : Çözüm 1 seri imalat ürünü.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gün geçtikçe yaygınlaşan ve gelişen elektrikli ev aletlerinin arayüz aydınlatma tasarımı hakkında bilgi verilerek örnek olarak Arçelik In Love Girme Çay Makinası arayüz aydınlatma tasarımı yapılmıştır.

Örnek tasarım göz önüne alındığında istekler listesi hazırlanmış fonksiyonlar belirlenerek fonksiyon taşıyıcıları bulunmuş, iki farklı çözüm optik simülasyon ve fayda-değer analizleriyle kıyaslanarak tasarım nihai haline getirilmiştir.

Tasarım $922,259 \text{ cd/m}^2$ 'lik minimum ortalama parlaklık dağılımı ile istenen ortalama parlaklık değerini karşılamaktadır. Ortalama ile maksimum parlaklık değerlerinin birbirine ne kadar yakın olduğu ile alakalı olan homojen parlaklık dağılımı konusunda da iyi bir sonuç vermiştir. Ek olarak bir kelime aydınlatılırken komşu kelimeler de kullanıcının farkındalığını arttıracak kadar parlayabilmekte, tasarım bunu sağlayacak kadar ışık kaçağına müsaade etmektedir.

Bu çalışmada tasarlanan ışık taşıyıcı toplam iç yansımaya etkisini artırma amaçlı konik yapıda, ışık girişini artırma amaçlı olarak giriş, küresel konkav bir yüzeye sahip ve homojenliği artırma amacıyla da ışık çıkış yüzeyi pürüzlü yapıya sahiptir. Işık taşıyıcı plastik enjeksiyon prosesine uygun tasarlanmıştır. Çıkış yüzeyi pürüzü enjeksiyon kalıbında o yüzeye karşılık gelen yüzeyin pürüzlendirilmesi ile sağlanır. Işık taşıyıcı polikarbonat malzemeden üretilmiştir. Ek bir bağlantı elemanına gerek duymadan arayüz camı arka yüzünden uzanan federlere yerleştirilerek kolayca monte edilir.

Örnekten yola çıkarak arayüz aydınlatması tasarımı yapılırken verilebilecek öneriler şu şekilde sıralanabilir:

- Işığı istenen noktaya yönlendirmek için saydam katı malzemeden üretilecek ve toplam iç yansımaya prensibini kullanarak ışığa yön veren ışık taşıyıcılar kullanılabilir.

- Işık kaynağından çıkan ışığın ışık taşıyıcıya giriş oranını arttırmak için ışık taşıyıcı giriş yüzeyinde özel bir tasarıma yapılmalıdır.
- Işık taşıyıcılar için polikarbonat gibi saydam plastik malzemeler uygundur.
- Toplam iç yansıma etkisini arttırmak için konik ışık taşıyıcısı tasarımı yapılmalıdır.
- Geniş alanlar aydınlatılırken geniş görüş açılı ışık kaynakları kullanılmalıdır.
- Homojenlik arttırmak için difüzörler kullanılmalıdır. Parça azaltmak için ışık taşıyıcının çıkış yüzeyine difüzör etkisi verilebilir.
- Dar ve ısı dayanımı düşük parçalar içeren tasarımlarda LED gibi soğuk ışık kaynakları kullanılmalıdır.
- Işık kaynağının etkisini arttırmak ve ışığı istenilen yöne doğrultmak için reflektörlerden yararlanılabilir.

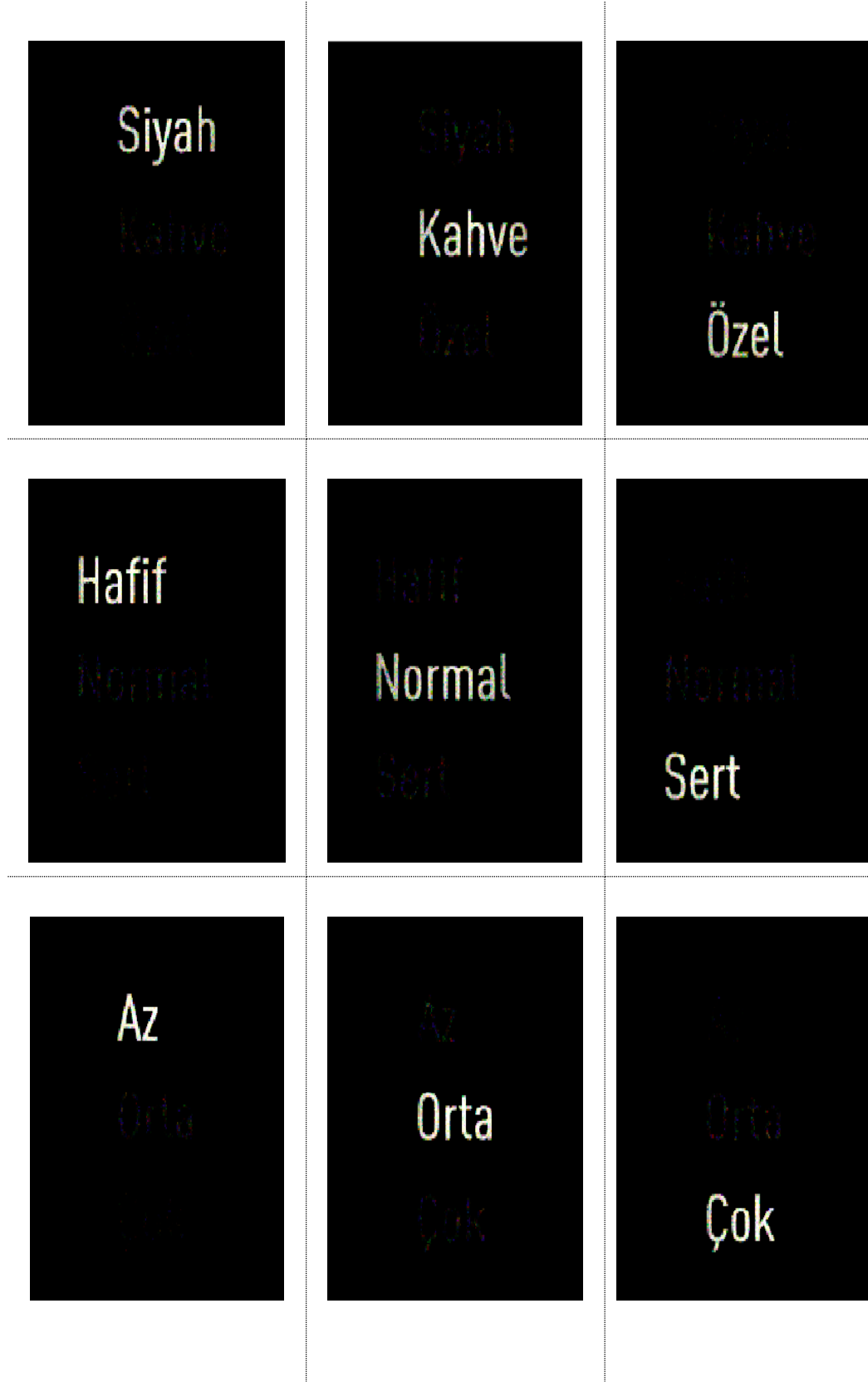
KAYNAKLAR

- Isborn, C. L.** (1956). Visual readout device, *United States Patent*, No:2751584 tarih: 19.06.1956.
- Jenkins, F. A. ve White, H. E.** (1976). *Fundamentals of Optics*. McGraw-Hill, San Francisco, CA.
- Lin, C. F., Fang, Y. B., Yang, P. H.** (2011). Optimized micro-prism diffusion film for slim-type bottom-lit backlight units. *Journal of Display Technology*, Volume 7, No. 1.
- Mason, G. L.** (1901). Interchangeable electric display apparatus, *United States Patent*, No: 683133 tarih: 24.09.1901.
- Morris, G. M., Sales, T. R. M., Chakmakjian, S., Schetler, D. J.** (2004). Engineered diffusers for display and illumination systems: Design, fabrication and applications. RPC Photonic, Rochester, NY.
- Rich Jr., C. A.** (1915). Illuminated sign, *United States Patent*, No: 1139723 tarih: 19.05.1915.
- Sears, F. W.** (1935). *An Introduction to Optics*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Yan, J. R., Wang, Q. H., Li, D. H., Zhang, J. D.** (2009). Edge-lighting light guide plate based on micro-prism for liquid crystal display. *Journal of Display Technology*, Volume 5, No. 9.
- Zhu, X., Zhu, Q., Wu, H., Chen, C.** (2013). Optical design of LED-based automotive headlamps. *Optics & Laser Technology*, Volume 45, page 262-266.
- Light guide techniques using LED lamps.** (t.y.). *Lund University Atomic Physics*. Alındığı tarih: 30.05.2013 adres: http://www.atom.fysik.lth.se/QI/laser_documentation/Selected_articles/Agilent,%20Light%20Guide%20Techniques%20using%20LED%20lamps.pdf
- Lightguide display** (t.y.). *Wikipedia*. Alındığı tarih: 21.03.2013 adres: http://en.wikipedia.org/wiki/Lightguide_display
- The basic of efficient lighting** (2009). *National Framework for Energy Saving*. Alındığı tarih: 10.09.2012 adres: <http://www.energyrating.gov.au/wp-content/uploads/2011/02/2009-ref-manual-lighting.pdf>

EKLER

EK A: Arçelik In Love Gurme Çay Makinası Arayüz Aydınlatma Analizleri

EK A



Şekil A.1 : Tasarım 1 Optiki Analiz Sonuçları



Şekil A.2 : Tasarım 2 Optik Analiz Sonuçları

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Mehmet ALTUĞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir 1986
E-Posta : altugme@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi,
Makine Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- **Tesisat Mühendisi** : Doğu İnşaat, Temmuz 2009 - Haziran 2010
- **Öğretim Asistanı** : Koç Üniversitesi, Ağustos 2010 - Aralık 2010
- **Ar-Ge Mühendisi** : Arçelik A.Ş, Ekim 2011 -