

# Anti-Refle Kaplamalarının Organik Gözlük Lensler Üzerine Etkisi

Hanifi DEMİR<sup>1\*</sup>, Lütfi Bilal TAŞYÜREK<sup>2</sup>, Tuğba İSPİR<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bitlis Eren Üniversitesi, SHMYO, Optisyenlik Programı, Bitlis, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4358-2042), [hdemir1@beu.edu.tr](mailto:hdemir1@beu.edu.tr)

<sup>2</sup> Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Darende Bekir Ilıcak MYO, Optisyenlik Programı, Malatya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0607-648X),  
[balatasyurek@gmail.com](mailto:balatasyurek@gmail.com)

<sup>3</sup> Kilis 7 Aralık Üniversitesi, SHMYO, Optisyenlik Programı, Kilis, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0531-6306), [e.kubradundar@hotmail.com](mailto:e.kubradundar@hotmail.com)

(İlk Geliş Tarihi 07.03.2022 ve Kabul Tarihi 18.11.2022)

(DOI: 10.35354/tbed.1083584)

**ATIF/REFERENCE:** Demir, H., Taşyürek, L. B., İspir, T. (2023). Anti-Refle Kaplamalarının Organik Gözlük Lensler Üzerine Etkisi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 13 (1), 9-17.

## Öz

Kelime anlamı “yansıma önleyici kaplama” olan “anti-refle (AR) Coating”; lens yüzeyinde meydana gelen yansımayı azaltarak optik lens sistemlerinin kalitesini önemli ölçüde artıran ince film kaplaması anlamına gelmektedir. İnce filmler bir taşıyıcı malzeme üzerine madde kaplanmasıyla oluşturulan ve kalınlığı 10-1000 nm aralığında olan metaloksit filmler olarak tanımlanmaktadır. AR kaplamalar yapısal olarak tek katlı yapıda olabileceği gibi birden çok katmanlıda olabilir. Bu çalışmada AR kaplamasının yansımayı azaltıp, ışık geçirgenliğinin artırdığını ortaya koyarak, AR kaplamasının tarihçesinin, içeriğinin, kozmetik üstünlüklerinin ve fonksiyonel üstünlükleri incelenmiştir

**Anahtar Kelimeler:** AR kaplamalar, ince film kaplamalar, yansıma önleyici kaplamalar, organik gözlük lensleri.

## The Effect of Anti-Reflective Coatings On Organic Eyeglass Lenses

### Abstract

“Anti-Reflective(AR) Coating”, which literally means “Anti-Reflective Coating”; It means a thin film coating that significantly improves the quality of optical lens systems by reducing the reflection that occurs on the lens surface. Thin films are defined metaloxide films formed by coating the material in a carrier material and having a thickness in the range of 10-1000nm. AR coatings can be structurally single-layered or multi-layered. In this study, AR coating’s history, content, cosmetic advantages and functional advantages were examined by revealing that AR coating reduces reflection and increases light transmittance.

**Keywords:** AR coatings, anti-reflection coatings, thin film coatings, organic eyeglass lenses.

## 1. Giriş

Dünya çapındaki lens endüstrisinin yansımaya önleyici film kaplama üretimini incelendiğinde 2007' li yıllarda gözlük lenslerinin %48'i anti-refle (AR) kaplıyken bu oranın 2013 yılında %57'lere ulaştığını, Japonya ve İspanya gibi ülkelerin ise bu rakamlarında üzerinde bir orana sahip olduğunu görmekteyiz [1]. Avrupa'da ise satılan lenslerin %50'sini en son teknikler kullanılarak üretilen yansımaya önleyici kaplamalı lensler oluşturmaktadır [2].

Kelime anlamı “yansımaya önleyici” olan “anti-refle” (AR); lens yüzeyinde meydana gelen yansımaya azaltarak optik lens sistemlerinin kalitesini önemli ölçüde artıran kaplama anlamına gelmektedir [3]. Mineral gözlük lenslerinin hem üretim maliyetlerinin yüksek olması hem de kolay kırılabilirlikleri için göze zarar verme risklerinin fazla olması gibi dezavantajlarından dolayı, kullanımı her geçen gün azalmakta ve yerlerini organik hammaddeli lenslere bırakmaktadırlar [4]. Bu yüzden AR kaplamalı mineral gözlük lenslerini incelemek yerine, AR kaplamalı organik gözlük lenslerinin genel özelliklerini ve avantajlarını incelemek daha anlamlıdır.

Bu çalışmadaki temel amaçlar; gözlük kullanıcıların ve optisyenlerin, organik hammaddeli lens veya gözlük lensleri yüzeylerine uygulanan AR kaplama hakkında daha kapsamlı bilgi edinmeleri, kavram kargaşasından kurtulmaları ve farklı kaynaklardan elde ettikleri olası bilgi kirliliğinin önlenerek, gereksiz detaylara inilmeden daha doğru bilgiye sahip olmalarını sağlamaktır. Bu hedeflere ulaşabilmek için AR kaplamanın tarihçesinin, içeriğinin, kozmetik üstünlüklerinin ve fonksiyonel üstünlüklerinin incelenmesi gerekmektedir.

## 2. Anti-Refle Kaplamanın Tarihsel Gelişimi

Optik yüzey uygulamalarına yönelik teknik mühendisliğin başlangıcı, metal yüzeylerin ayna kalitesinde parlatıldığı Yunan kültürüne dayandırılmaktadır. Optik kaplamaların tarihsel gelişimini incelediğimizde, orta çağda 16. Yüzyılda Venedik'te aynaların üretiminde kullanılan gözlük lensinin, gümüş, bakır, çinko ve kalay gibi metal tozlarının çıva ile karıştırılması sonucu oluşan özel bir alaşım olan amalgam ile kaplanarak üretildiği görülmüştür. Bu uygulama, optik ince filmlerin ilk uygulaması olarak düşünülebilir [5-6].

Optik kaplamaların geliştirilmesi, Newton, Fraunhofer, Fresnel ve Lord Rayleigh gibi önemli bilim adamlarının katkılarıyla oluşan uzun bir süreçtir [7]. İnce film kaplamalarının tarihine bakıldığında Robert Boyle ve Robert Hooke'un katkıları göze çarpmaktadır. Bu iki isim bugün 'Newton Halkaları' olarak bilinen olguyu bağımsız olarak açıklamışlardır. Ayrıca; Hooke yaptığı çalışmalarla ince saydam tabakalarda ışığın davranışını incelemiş, tabakanın kalınlığının ışığın rengi üzerindeki etkisini gözlemlemiştir [8].

Yukarıda ifade edilen “ince film” kaplama ise; taşıyıcı malzeme üzerine madde kaplanmasıyla oluşturulan ve kalınlığı 1000 nm (1 µm)'den az olan metal oksit filmler olarak tanımlanmaktadır [9]. İnce film (katman-tabaka) kaplama çeşitlerinden biri olan AR kaplamanın [10] yansımaya önleyici etkisini 1817'de Almanya'da tesadüfen keşfeden kişi Joseph von Fraunhofer'dir. Alman fizikçi Fraunhofer, çevrenin aşındırıcı etkisini bir gözlük lensinin yüzeyine asit uygulaması yaparak taklit etmeyi amaçladığı çalışmasında, basit bir katman olarak uygulanan AR kaplamanın yansımaya önleyici etkisini bulmuştur. Yaptığı çalışmada sülfürik veya nitrik asit uygulanan gözlük

lensinin yüzeyinde yansımada azalma olduğunu gözlemlemiştir [11-14]. AR kaplama kavramı ise İngiliz fizikçi Lord Rayleigh (John William Strutt) tarafından 19. yüzyılda, matlaştırılmış-donuklaştırılmış bir yüzeye sahip olan gözlük lensinin ışık geçirgenliğinin artırabildiğini bulmasıyla önerilmiştir [15-17]. Bu tespit kırılma indisinin kademeli olarak değiştirilerek yansımının önlenildiği sonucuna ulaşılmasını sağlamıştır [18]. Rayleigh'in önerisinin ardından teleskop gibi optik ürünlerin üretiminde lens tasarımcı olan İngiliz Harold Dennis Taylor 1892'de matlaşmış veya bir bakıma kirlenmiş fotoğraf makinesi lenslerinin daha az pozlama ile fotoğraf oluşturduğu göreyerek, lens yüzeyindeki mat-donuk kaplamaya bağlı olarak yansımının azaldığını keşfetmiştir [19-20]. Macleod'un [21] aktardığına göre ise; 1930'lu yıllar modern ince film kaplama alanındaki hızlı gelişmelerin başlangıcı olarak kabul edilebilir. 1932'de Rouard, cam plakalar üzerindeki çok ince bir metalik filmin, plakanın iç yansımalarını azalttığını gözlemlemiştir. 1936'da John Strong ise, floritin buharlaşması yoluyla yansımaya önleyici kaplamalar üreterek, camların görünür ışığı geçirirken yansımaya % 89 gibi azaltan bir etkileyici bir sonuca ulaşmıştır.

Almanya'da 1935 yılında Zeiss firmasında optisyen olarak çalışan Ukrayna doğumlu Alexander (Olexander) Smakula ise, vakum altında buharlaştırma ve yoğunlaştırma yoluyla gözlük lensinin yüzeyini kalsiyum florür veya magnezyum florür gibi düşük indisli materyal ile kaplanması ile tek katmanlı bir yansımaya önleyici kaplama üretimi işlemini icat etmiştir. Aynı işlem süreci 1936 yılında Amerika'da California Institute of Technology'de araştırmacı olan John Strong tarafından da tanımlanmıştır. A. Smakula geliştirdiği bu tek katmanlı basit AR kaplamayı fotoğraf makinesi lenslerine uygulayarak patentini almış, ancak alınan patent askeri sır olarak 1940 yılına kadar saklanmıştır [11,22-25]. 1938 yılında ise Almanya'da

17 kaplama tesisi sadece askeri amaçlı optik elemanları üretmek için faaliyet sürdürmekteydi. AR kaplamanın ilk ticari olarak uygulanması ise 1939'da bir Amerikan optik firması olan Bausch & Lomb tarafından, bazı sinema salonlarındaki projeksiyon lenslerinin kaplanması sonucu gerçekleştirilmiştir.

1940 yılına gelindiğinde ise Zeiss ilk kaplamalı fotoğraf makinesi lenslerini; Biotar ve Sonnar aygıt türlerinde kullanarak Leipzig fuarında tanıttı. Zeiss firması; bu yönüyle bu tür kaplamaları üreten ve piyasaya süren ilk şirkettir diyebiliriz [26-27].

II. Dünya savaşı kaplama alanındaki gelişmeleri durma noktasına getirmesine karşın 1950'lilerde Zeiss, bir kez daha oftalmik alanda önemli bir atılım yaparak tek katmanlı yansımaya önleyici kaplamaya sahip Punktal lenslerini tanıtmıştır [28]. Yansımaya önleyici lens üretmek için kullanılan kaplama tekniğinin patentini 1936 yılında alan Zeiss, bu kaplama tekniğini gözlük lenslerinde 1959 yılına kadar kullanmamıştır. Gözlük lensleri için yansımaya önleyici kaplamayı piyasaya süren ilk firma olan Zeiss bu tarihe kadar kaplama işlemi öncelikli olarak dürbünlerde kullanmıştır [29].

1941 ile 1960 arası birçok gözlük lensinin yüzeyi magnezyum florür kullanılarak tek katlı AR kaplama ile kaplanırken [30], 1960'larda ise AR kaplamalı mineral hammaddeli lensler popüler olmaya başlamıştır. 1963 yılında Hoya firması mineral bir lense, yansımaya önleyici kaplamayı başarılı bir şekilde uygulayan ilk firma olmuştur [31]. 1940 yıllarının sonlarına kadar kullanılmayan plastik hammaddeli lensler için AR kaplama uygulaması ise 1970'lerin sonlarına kadar düşünülmemiştir. Çünkü mineral lenslere indislerinden

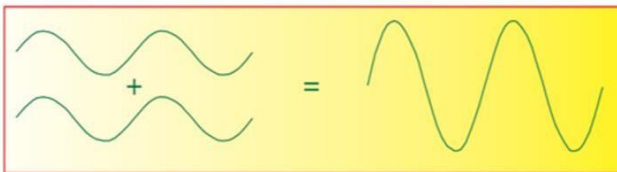
dolayı istenmeyen yansımaları azaltmak için tek katlı bir kaplama yeterken, bu işlem plastik hammaddeli lenslerde daha zor olduğundan kaplama uygulaması ilk olarak iki katmanlı ve üç katmanlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ancak buna rağmen kaplamanın etkili olmadığı görülmüştür [32].

1960 ile 1980 arasında ise üç katlı AR kaplama ve türleri yavaş yavaş tek katlı AR kaplamaların yerini almış, 1980 ve sonrasında ise sert oksit ile kaplanmış çok katlı AR kapla geliştirilerek toplu üretimi sağlanmıştır [30]. Zeiss firmasının patentini aldığı tek katmanlı AR kaplama %80 oranındaki yansımayı azaltırken, daha sonra yapılan kaplamalar ile bu oran 1960'larda %90'a, 1990'larda %99'a ve günümüzde ise daha fazla oranda yansımaya engelleyecek seviyeye ulaşmıştır [33].

### 3. AR Kaplamanın Çalışma Prensibi ve Kaplama İçeriği

Yansımaya önleyici AR kaplamalar yapısal olarak tek katlı yapıda olabileceği gibi birden çok katmanlıda olabilmektedir [30]. Tek katlı AR kaplamalar ince film kaplama uygulamalarında tasarım ve üretim sanatı açısından en eski olanıdır [34]. Homojen yapıdaki ilk yansımaya önleyici kaplama tek katlıdır [35]. AR kaplamaların genel çalışma prensibi kaplama katmanlarının yüzeylerinde yansıyan ışığa karşı yıkıcı girişim oluşturarak gerçekleşmektedir [36]. Yani ince film kaplama uygulamasının ana mantığı girişim olayıdır. İki paralel yüzeyden yansıyan ışınların yapıcı ve yıkıcı bileşimleri sonucu girişim gerçekleşmektedir. Girişim iki veya daha fazla dalganın üst üste binerek yeni bir dalga oluşturması durumudur. Yıkıcı girişim yansıyan bir ışık dalgasının tepesi ile yansıyan diğer ışık dalgasının çukurunun aynı zamanda aynı noktaya ulaşmalarıdır. Yapıcı girişim ise, yansıyan ışık dalgalarının aynı fazda gelmeleri sonucunda yansıyan bir ışık dalga tepesinin diğer bir yansıyan ışık dalga tepesi ile aynı noktaya gelmesi ve ışık dalgalarının genliklerinin toplanarak daha büyük bir genlik oluşturmasıdır (Şekil 1) [37- 39]. Yansıyarak gelen ışınların arasındaki yol farkı, dalga boyu veya dalga boyunun tam katlarında ise (aynı fazlı ise) yapıcı girişim gerçekleşmekte ve o dalga boyunca daha güçlü bir yansımaya oluşmaktadır. Eğer yansıyan bu ışınlar arasındaki yol farkı dalga boyunun yarısı veya tek katları ise bu durum ışınların farklı fazlı olmaları anlamına gelmektedir ve bu durumda yıkıcı girişim gözlenir. Bunun sonucu olarak da yansıyan ışın minimum düzeyde iken geçen ışın maksimum seviyede olmaktadır [8]. Işık, tek katlı ince film kaplanmış lens yüzeyine çarptığında, ışığın bir kısmı kaplama yüzeyinden, bir kısmı da lens yüzeyinden yansımaktadır (Şekil 2). Bu yüzeylerden yansıyan iki ışık dalgalarının birbirleriyle faz dışı kalarak yıkıcı girişim oluştururlarsa yansımaya önlenmiş olmaktadır.

#### Yapıcı girişim

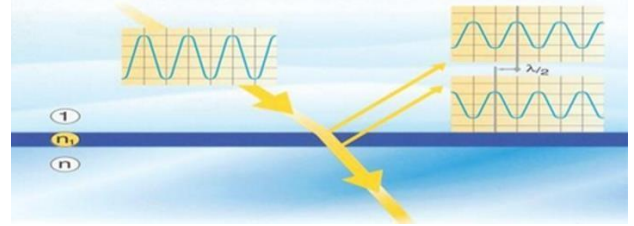


#### Yıkıcı Girişim



Şekil 1. Yapıcı ve Yıkıcı Girişim (Brooks, C. W. & Borish, I. M. (2007). System for Ophthalmic Dispensing [Third ed.]. Boston: Butterworth-Heinemann Elsevier, p. 543 den alındı [37]).

#### Kaplanmış Yüzeyde Işık kırılma ve Yansıması



Şekil 2. Işığın kaplanmış yüzeyde kırılma ve yansıması (Brooks, C. W. & Borish, I. M. (2007). System for Ophthalmic Dispensing [Third ed.]. Boston: Butterworth-Heinemann Elsevier, p. 543 den alındı [37]).

Yansımaya önleyici kaplamaların en basiti olan tek katlı AR kaplamada, uygun kaplama malzemesi yüzeye tek katman olarak kaplanmaktadır. Kaplama malzemesinin kırılma indisi, kaplanacak materyalin kırılma indisinden küçük olursa tek katlı AR kaplama yapılabilir. Tek katlı bir AR kaplamanın yansımaya azaltabilmesi için iki şart bulunmaktadır. Birincisi, yüzeye uygulanacak kaplamanın kalınlığı, ikincisi kaplamanın üst kısmından yansıyan ışık ile alt aynı olmasıdır. Fresnel denklemi ile herhangi bir yüzeyden yansıyan ışık yoğunluğu hesaplanabileceğinden, homojen bir ortamda, soğurucu olmayan bir yüzey üzerine uygulanacak ince filmin kırıcılık indisinin hesabı bu eşitliklere göre yapılabilir. Örneğin lensin kırılma indisi  $n_{lens}$ , lensin bulunduğu ortamın kırılma indisi  $n_{ortam}$ , yüzey üzerine uygulanacak ince film kaplamanın indisi  $n_{film}$ , optik geçirgenlik istenilen ışığın dalga boyu  $\lambda$  ve ince filmin kalınlığı  $d_{film}$  olarak alınırsa, yansımının sıfıra indirilmesi için kullanılacak eşitlikler aşağıdaki gibidir [19, 37, 40]:

$$n_{film} = \sqrt{n_{lens} n_{ortam}} \quad (1)$$

$$d_{film} = \frac{\lambda}{4n_{film}} \quad (2)$$

Herhangi bir yüzeye dik olarak gelen veya normale yakın bir açıyla gelen ışığın farklı indislere sahip iki ortamı ayıran bir yüzey üzerinden yansıyan ışık yoğunluğu ve yüzey üzerinde oluşan yansıtıcılık oranı, ışığın geldiği ortam ile yansımaya uğradığı ortamı oluşturan materyalin kırıcılık indislerinin oranına bağlıdır. Bu yansıtıcılık oranı aşağıdaki fresnel eşitliği formülü ile ifade edilir [41, 42]:

$$R(\%) = \frac{(n_0 - n_m)^2}{(n_0 + n_m)^2} 100 \quad (3)$$

Burada R, yüzde olarak yansıtıcılık oranı,  $n_0$ , ışığın geldiği ilk ortamın kırıcılık indisi (genellikle hava ortamı  $n_{hava}=1$  kabul edilir),  $n_m$ , ışığın geldiği ve yansımaya uğradığı ortamın kırılma indisi. 1.523 indisli Crown mineral gözlük lenslerinde fresnel eşitliğini kullanarak hava ortamından gelen ışık için oluşan yansımaya hesaplandığında, camın ilk yüzeyinde kaybedilen ışığın yoğunluğu %4.3 iken, absorpsiyon ile ışığın kaybolmadığı varsayıldığında gözlük camının arka yüzeyindeki yansımaya kaybı %4.1 olup, sonuç olarak lens yüzeylerine gelen ışığın

%91,6'sının iletildiği ortaya çıkmaktadır [42].

Yansımayı en aza indirmek için, kırıcılık indisi  $n_{AR}$  olarak tanımlanmış bir AR kaplama maddesi lens yüzeyi üzerine kaplanmalıdır. Amaç; hava ve kaplama yüzeyi ortamı ile kaplama yüzeyi ve lens malzemesi arasında yıkıcı bir girişim oluşturmaktır. Yüzey üzerine uygulanacak kaplama kalınlığının ışığın dalga boyunun  $\frac{1}{4}$ 'ü olduğu durumda, yansımaya oranının formülü [41]:

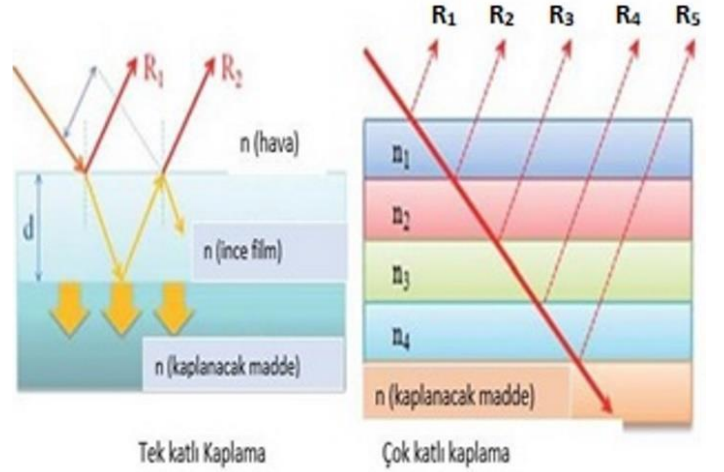
$$R(\%) = \frac{(n_0 n_m - n_{AR}^2)^2}{(n_0 n_m + n_{AR}^2)^2} 100 \quad (4)$$

Burada,  $n_{AR}$ , ince film kaplamanın kırıcılık indisi. Yansımaya sıfır olması için yukarıda belirtilen eşitlikte;

$$n_{AR} = \sqrt{n_0 n_m} \quad (5)$$

şartını sağlanması gereklidir. Geleneksel çeyrek dalga boyu kalınlığındaki AR kaplamalarının yansıtıcılığı en aza indirme performansı hem kaplama kalınlığına hem de malzemenin kırılma indisine bağlıdır. Her iki faktörü de hassas bir şekilde kontrol etmek, yüzeydeki yansımaya miktarını azaltacaktır. Ancak, uygun düşük oranda kırılma indisli malzemelerin bulunmaması nedeniyle tek katmanlı bir kaplama ile sıfır yansımaya elde edilememektedir [41]. Yukarıda bahsedilen yansıtıcılık oran denklemi tek katlı bir AR kaplamaya yöneliktir. Ancak çok katmanlı bir AR kaplama işlemi içinde temel prensip aynıdır. Sonuç olarak Şekil 3'de gösterildiği gibi bir yüzeyde yansımaya azaltmak için kullanılacak eşitlik parametreleri Formül 5'teki gibi olup, çok katlı bir AR kaplama uygulamasında, yansımaya en aza indirmek için atılacak her katmanın refraktif indisi ile kaplama kalınlığının bu denkleme göre ayarlanması gerekmektedir [18].

### Tek katlı ve Çok katlı Yüzey Yansımaları



Şekil 3. Tek katlı ve Çok katlı Yüzey Yansımaları ( $R$ , yüzeylerde oluşan yansımaya miktarları,  $R$  (toplam yansımaya miktarı) =  $R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$ ) (Raut ve ark. 2011, 3780'den alındı, [18]).

Optik açıdan kaplamanın temel mantığı; optik sistem boyunca ilerleyen ışığın yansıtıcılık ve geçirgenliğini değiştirebilmek amacıyla aynı veya mercekleme üzerine ince filmlerin biriktirilmesi işlemidir. Burada ifade edilen ince film söylemi, optik kalınlığı ortalama olarak görünür bölgenin ortası kabul eden yeşil ışığın dalga boyu olan 550 nm veya daha az kalınlıktaki katmanları ifade etmektedir. Böyle bir katman üretimi, kaplama yapılmak için seçilen malzemenin örneğin gözlük lensinin üzerine, istenilen amaca yönelik kullanılacak kaplama malzemelerinin biriktirilmesi ile gerçekleştirilir [8]. Optik yansımaya önleyici kaplama geliştirmedeki parametreler içinde kırılma indisi ve kalınlığın yanında filmin mikro yapısı başrolde sahiptir ve bu nicelik kaplama tekniği ve şartları ile doğrudan ilişkilidir [43].

Yansımaya önleyici optik kaplamalarda kullanılan malzemelere bakıldığında Silisyum Dioksit ( $SiO_2$ ), Zirkonyum Dioksit ( $ZrO_2$ ), Titanyum Dioksit ( $TiO_2$ ), Niobyum Pentoksit ( $Nb_2O_5$ ) gibi oksitler kullanılırken, mineral gözlük lensleri için ise Magnezyum Florür ( $MgF_2$ ) kullanılmaktadır [44-49]. Oksitlerin önemli bir kaplama malzemesi olarak kullanılmasının nedenleri arasında; sertlik, aşınmaya karşı direnç, kimyasal ve çevresel açıdan farklı kırıcılık indislerine sahip olunması ve yüksek geçirgenlikteki spektral aralıklara sahip bir yapıya sahip olmaları sayılabilir [50].

İnce film kaplamaların optik performansını etkileyen en önemli parametre kaplamayı oluşturan katmanların kırılma indisleri ve kalınlıklarıdır [51]. Yansımaya önleyici kaplamalardan olan çok katmanlı AR kaplama tabakasının kalınlığı yaklaşık 0.2 ila 0.3  $\mu m$  kalınlığındadır. Bu standart bir gözlük lensinin kalınlığının yaklaşık %0.02'sine karşılık gelmektedir [52].

### 4. Anti-Refle Kaplamalı Organik Gözlük Lenslerinin Kaplamasız Organik Gözlük Lenslerine Karşı Avantajları

Avrupa'da gözlük kullanıcıların %60'ı yansımaya önleyici lenslerin sunduğu avantajlardan henüz yararlanmamış durumda değildir. Bu sonuç, kullanıcıların %86'sına yansımaya önleyici



lenslerin avantajlarının anlatılmadığı düşünüldüğünde şaşırtıcı değildir [2]. AR kaplamalı gözlük lenslerinin sağladığı avantajların daha iyi anlaşılması için kozmetik ve işlevsel faydalarının incelenmesi gereklidir [53].

#### 4.1. Anti-Refle Kaplamalı Gözlük Lenslerinin Kozmetik Avantajları

Cam yüzeyinde korneaya bakan bölümde meydana gelen yansıma gözlük kullanıcısının gözlerinin görünmesini zorlaştırabilir. Bu şekilde gözlük kullanan bireye bakan kişiyi, istenmeyen bu durum rahatsız edebilir. İnsanlar arasındaki iletişim, sadece konuşmadan ibaret değildir. Konuşan kişinin gözündeki tepkilere bağlı olarak yüz ifadelerine de dikkat edilirse, karşısındaki gözlerini görmedeki yetersizlik, söylenenin gerçekte anlaşılıp anlaşılmadığını tespit edilmesini de zorlaştırabilir. Bu tür yansımalar ayrıca bireyin genel görünümünü değiştirdiği için kozmetik açıdan da rahatsız edicidir [54].

#### 4.2. Anti-Refle Kaplamalı Gözlük Lenslerinin Fonksiyonel Avantajları

Gözlük lensleri için kullanımı giderek artan yansıma önleyici ultra ince AR kaplamalar lenslerdeki yansımaları azaltarak, ışık geçirgenliği artırmaktadır [55]. Şu anda piyasada bulunan çok katmanlı yansıma önleyici kaplamalar tipik olarak lensin her bir yüzeyinde oluşan ve yaklaşık olarak %4 oranındaki yansımayı ortalama %0.4 oranlarına düşürerek, ışık iletimini %92'den %99.2'ye varan oranlara yükseltir [56]. CR-39, diğer adıyla Kolombiya reçinesi olarak bilinen ve yapısında karbon, hidrojen ve oksijen barındıran, alil alkolün, dietilen glikol ile polimerizasyonu ile elde edilen ve alil diglikol karbonat (ADC) olarak da isimlendirilen plastik gözlük lensi hammaddesinin ana özelliklerine baktığımızda 1.498 kırılma indisine sahip olması yanında, AR kaplama olmaksızın %89 ile %92 arasında ışık geçirgenliği sağlamaktadır. Tablo 1' de gösterildiği gibi CR-39 bir plastik lens materyali gelen ışığın %7.8 oranında yansıtmaktadır. Lenslerin indislerine göre ışık geçirgenliğini gösteren Tablo 1' de gösterilmiştir [37, 57-59].

Tablo 1: Lenslerin Kırıcılık İndekslerine göre yüzey yansıtıcılık oranları

Lens materyali	Refraktif İndeks	Lensin Ön Yüzey Yansıtıcılığı	Lensin Arka Yüzey Yansıtıcılığı	Toplam Işık Geçirgenlik Oranı
CR-39 Organik	1.498	%3.98	%3.82	%92.2
Crown (mineral)	1.523	%4.3	%4.11	%91.16
Polikarbonat	1.586	%5.13	%4.87	%90
Yüksek İndisli Organik	1.66	%6.16	%5.78	%88
Yüksek İndisli Organik	1.74	%7.29	%6.76	%85.9
Flint (kristal) mineral	1.706	%6.81	%6.34	%86.85
Flint (kristal) mineral	1.90	%9.63	%8.70	%81.66

Standart olarak ifade edilen diğer bir deyişle kaplanmamış lensler ise ışık iletiminde mevcut ışığın %15'ine kadar azaltabilir. Bu, merceğin ön ve arka yüzeyinde gözle görülür yansımaların yanı sıra iç yansımalarından da kaynaklanır. Bir lens malzemesinin daha yüksek kırılma indisine sahip olması, yansıma ve parlama oranının artması anlamına geldiğinden, bazı lens materyallerinin kaplamalı ve kaplamasız olması durumuna göre ışık geçirgenliği Tablo 2' de verilmiştir [60].

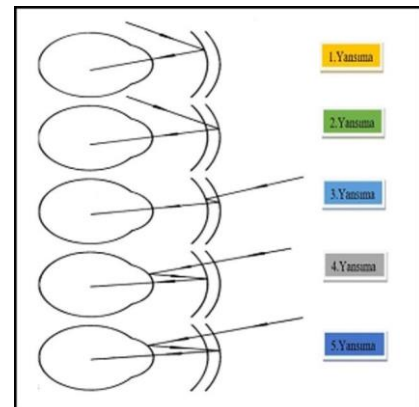
Tablo 2. AR kaplamalı lenslerin ışık geçirgenlik oranları

Lens materyali	İndis	Çok katlı AR kaplama
CR-39	1.50	%99.1
Taç (mineral)	1.52	%99.2
Polikarbonat	1.59	%99.2
Yüksek İndisli Organik	1.60	%99
Ultra Yüksek İndex Organik	1.67	%98.2

Işık, farklı kırılma indislerine sahip iki şeffaf ortam arasındaki sınıra ulaştığında, ışığın çoğu kırılır, ancak küçük bir miktarda yansıtılır. Bu yansıyan ışık, gözlük kullanıcıları için rahatsız edici olabilir, çünkü hayalet görüntüler, görüntü pozisyonunda yanılmalar, görüntüde bulanıklık ve kontrast kaybı oluşturabilir. Yansıyan görüntüleri oluşturan yüzeyler arasında,

gözlük lensinin ön ve arka yüzeyleri ile kullanıcının korneasının ön yüzeyi gelmektedir. Bu yansıtıcı yüzeyler, göze ulaşabilen ve ulaşamayan sonsuz sayıda yansıtılmış görüntü oluşmasına sebep olur ve bunlardan çok azı önemlidir. Gözlük lenslerinde görülen beş yaygın yansıma kaynağı ise Şekil 4' de gösterilmektedir [60].

#### Gözlük Lens Yüzeylerinde Yaygın Görülen Yansımalar



Şekil 4. Gözlük Lenslerinde Görülen Beş Yaygın Yansıma (Fannin, T.E., Grosvenor, T., Clinical Optics, Butterworth Publishers, 1987, s.225' den alındı, [42].)

AR kaplamaların yansımayı azaltmak ve ışık geçirgenliğini arttırmanın yanında gözlük kullanıcılarına, hayalet görüntüleri ve parlamaları azaltması gibi birden çok fayda sağladığı bilinmektedir [61]. Oftalmik optik açısından, hayalet görüntü; bir objeden lens yüzeyine gelen ışığın, lens yüzeylerinden en az biri tarafından yansıtılması sonucu meydana gelen görüntü olarak tanımlanmaktadır [62]. Hayalet yansımalar ya da 'gölgeleme', genellikle lensin içindeki dahili ışık yansımalarından kaynaklanan ancak yalnızca belirli koşullar altında ortaya çıkan optik bir olaydır. Parlak bir ışık kaynağının neden olduğu yansıma sonucu oluşabileceği gibi gün ışığında veya düşük ışık koşullarında Resim 1'de gösterildiği gibi de oluşabilmektedir [63-64].

## Hayalet Görüntü İçeren ve İçermeyen Görsel

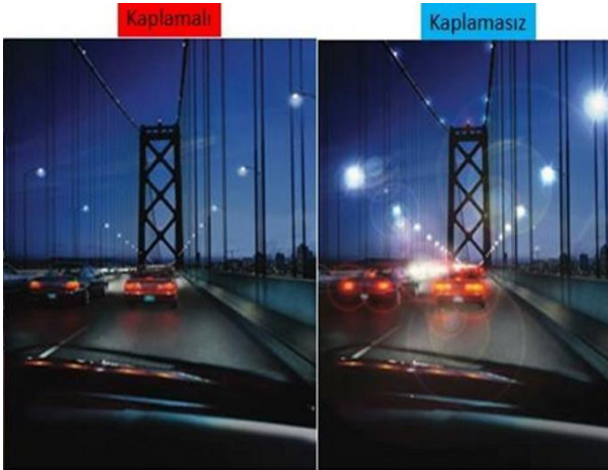


Hayalet görüntülü  
resim.

Hayalet görüntüsüz  
resim.

Şeki 5. Hayalet Görüntü İçeren ve İçermeyen Görsel  
(<https://snapshot.canon-asia.com/article/en/lens-faq-4-what-is-ghosting-and-flaring adresinden alındı.> (erişim: 07.03.2022), [64]).

Parlama, netlik ve yansımaların AR kaplı ve kaplamasız gözlük lensi ile ortaya çıkan görüntü karşılaştırması ise Resim 2'de verilmiştir [60, 65].



Resim 2. Kaplamasız ve Kaplamalı lens görüntüsü  
([https://dagnyzenovia.com/2015/09/28/why-my-glasses-have-a-purple-glare/ adresinden alındı,](https://dagnyzenovia.com/2015/09/28/why-my-glasses-have-a-purple-glare/ adresinden alındı, erişim: 07.03.2022.) erişim: 07.03.2022.  
[https://www.2020mag.com/article/ar-lens-technology adresinden alındı, erişim: 07.03.2022, \[60, 65\]\).](https://www.2020mag.com/article/ar-lens-technology adresinden alındı, erişim: 07.03.2022, [60, 65]).)

AR kaplamalar, özellikle yüksek indisli malzemeler ile polikarbon hammaddeli malzemeler için gerekli olsa da CR-39 veya trivex gibi düşük indisli hammaddelerden üretilen gözlük lenslerine de uygulanması faydalıdır. AR kaplamanın maksimum avantaj sağlaması için gözlük lensinin her iki yüzeyinin kaplanması şarttır [61].

AR kaplamasının yansımayı azaltıcı özelliğine doğadan örnek vermek gerekirse güveye (gece kelebeği) bakılabilir. Güvelerin göz yüzeyinde bulunan doğal nano yapılı film, güvenin karanlıkta görülmemesini sağlar. Böylece yansımalar engellenir ve güvenin doğada kolayca gizlenerek, yırtıcı hayvanlara karşı doğal bir koruma sağlamaktadır [66].

## 5. Sonuç

AR kaplamalı gözlük lenslerinin kozmetik ve fonksiyonel olarak iki temel avantajı bulunmaktadır. Kozmetik açıda bu kaplamatürü değerlendirildiğinde gözlük lensi yüzeyinde korneaya bakan kısımda meydana gelen yansıma, gözlük kullanıcısının gözlerinin görünmesini zorlaştırabilmektedir. Böyle bir gözlük kullanıcısına bakan başka bir birey, istenmeyen bu yansıma durumundan rahatsız olabilmektedir. İnsanlar arasındaki iletişim, sadece konuşmadan ya da yazılı kelimelerden ibaret değildir. Aynı zamanda iletişim kişinin gözündeki tepkilere odaklanılmış yüz ifadelerine de bağlı olduğu için konuştuğunuz bir kişinin gözlerini yeterince görememek, konuşulanların anlaşılıp anlaşılmadığını tespit etmeye zorlaştırır. Ayrıca bu tür yansımalar bireyin genel görünümünü değiştirdiğinden kozmetik yönden rahatsız edicidir. Fonksiyonel açıdan ana avantajı ise; gözlük lensleri için kullanımı giderek artan yansıma önleyici ultra ince AR kaplamalar lenslerdeki yansımaları azaltarak, ışık geçirgenliğini arttırmaktadır. Ticari olarak kullanıcıya sunulan çok katmanlı yansıma önleyici kaplamalar tipik olarak lensin her bir yüzeyinde oluşan ve yaklaşık olarak %4 olan yansımayı ortalama %0.4'e düşürerek, ışık iletimini %92'den %99.2'ye yükseltmektedir. Bu fonksiyonel avantaj ile görüş konforu artmaktadır.

Kaplama yapılmamış gözlük lensleri ışık iletimini %15'e kadar azaltabilir. Bu durum, merceğin ön ve arka yüzeyinde gözle görülür yansımalarla ilaveten iç yansımalarla da kaynaklanabilir. Bir lens malzemesinin yüksek kırılma indisine sahip olması, yansıma ve parlama oranının artması anlamına gelmektedir. AR kaplamalar yansımayı azaltmak ve ışık geçirgenliği arttırmanın yanında gözlük kullanıcılarına, hayalet görüntüleri ve parlamaları azaltmak gibi faydalarda sağlamaktadırlar. AR kaplama özellikle yüksek indisli malzemeler ile polikarbon ham maddeli malzemeler için gerekli olsa da; CR-39 veya Trivex gibi düşük indisli ham maddelerden üretilen gözlük lensi materyallerine de uygulanması gerekmektedir. AR kaplamanın maksimum avantaj sağlaması için gözlük lensinin her iki yüzeyinin kaplanması gözlük kullanıcısının yararına olduğu belirtmek gerekir.

## Kaynakça

- [1] Essilor, Investor Day- June 25, 2014, [https://www.essilor.com/essilor-content/uploads/2016/08/Essilor\\_2014-Investor-Day\\_Booklet\\_25062014.pdf](https://www.essilor.com/essilor-content/uploads/2016/08/Essilor_2014-Investor-Day_Booklet_25062014.pdf) London, s.3,118, erişim: 06.08.2019.

- [2] <https://www.bbgr.co.uk/optical-question-answer/anti-reflective-lenses/> erişim: 10.06.2019
- [3] Morariu, M. D., (2004), Pattern formation by capillary instabilities in thin films, Doctor of Philosophy, Faculty of Science and Engineering University of Groningen, pp.45-46.
- [4] Schulz, U., Schaffer, R. W., (2018), Optical coatings on plastic for ARtion purposes, Optical Thin Films and Coatings, Piegari, A., Flory, F., (Ed.), s. 517, Woodhead Publishing Second Edition, p. 517.
- [5] Träger, F. (Ed.), (2007) Thin Film Optical Coatings, Springer Handbook of Lasers and Optics, T Springer New York, p.374
- [6] Küçükeşmen, Ç, (2007), Dental amalgamın insan organizması üzerine etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 2007:14(3)/ 52-61, s. 53.
- [7] Selj, J. H., (2010), Porous Silicon for Light Management in Silicon Solar Cells, Thesis submitted for the degree of Philosophiae Doctor, Department of Physics University of Oslo, p.40.
- [8] Doğan, N.Y., Yer Gözlem Uydularında Yansıtıcı Ve Yansıma Engelleyici Optik Kaplamalar, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Danışman: Prof. Dr. Ayhan Elmalı, Eş Danışman: Doç. Dr. Akif Esendemir, 2010, Ankara, S.2, 4-5.
- [9] Özüğür, B., Sio2 Esaslı Nanomalzemelerin Hazırlanması Ve Karakterizasyonu, Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatma TEPEHAN 2012. s.17
- [10] Shah, N.A., Rabeel, Z., Abbas, M., Syed, W. A., (2017), Effects of CdCl<sub>2</sub> Treatment on Physical Properties of CdTe/CdS Thin Film Solar Cell, Modern Technologies for Creating the Thin-film Systems and Coatings, Nikitenkov, N., (Ed.), Chapter 19, p. 384.
- [11] Pulker, H.K., (1999), Coatings on Glass, Second, revised edition, Elsevier Science B.V, p.3.
- [12] Macleod, H. A., (2010), Thin-Film Optical Filters, Fourth Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, p.3.
- [13] Macleod, H. A., (2018), Recent developments in deposition techniques for optical thin films and coatings, Optical Thin Films and Coatings, Piegari, A., Flory, F., (Ed.), Woodhead Publishing Second Edition, pp. xxiii,18.
- [14] Chen, C.G., Schattenburg, M.L., (2004), A Brief History of Gratings and the Making of the MIT Nanoruler, p.3, <http://snl.mit.edu/pub/papers/WP/Nanoruler-White-Paper.pdf>, accessed: 19.03.2019.
- [15] Lee, C.- C., (eds.), (2015), The Current Trends of Optics and Photonics, Topics in Applied Physics 129, Springer Netherlands, p. 431.
- [16] <https://www.britannica.com/biography/John-William-Strutt-3rd-Baron-Rayleigh>, erişim tarihi: 20.03.2019.
- [17] <https://www.diamondcoatings.co.uk/brief-history-anti-reflective-coatings/>, A Brief History of Anti Reflective Coatings, erişim: 21.03.2019.
- [18] Raut, H. K., Ganesh, V.A., Nair, A. S., Ramakrishna, S., (2011), Anti-reflective coatings: A critical, in- depth review, Energy Environ. Sci., 2011, 4, 3779–3804, p.37793780.
- [19] Hedayati, M. K., Elbahri, M., (2016), ARctive Coatings: Conventional Stacking Layers and Ultrathin Plasmonic Metasurfaces, A Mini- Review, Materials (Basel). 2016 Jun; 9(6), doi:10.3390/ma9060497, p.1-2.
- [20] <http://home.europa.com/~telscope/hdtaylor.txt>, erişim: 21.03.2019, “H. Dennis Taylor, Optical Designer for T. Cooke & Sons by Peter Abrahams”
- [21] Macleod, H.A., (2018), Thin-Film Optical Filters, Fifth Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, p.3
- [22] English, Neil. (2013). Classic Telescopes: A Guide to Collecting, Restoring, and Using Telescopes of Yesteryear. Springer Science+Business Media New York, p. 75.
- [23] Mattox, D. M., The Foundations of Vacuum Coating Technology, 2003, Noyes Publications.
- [24] Walker, B.H., (2008), Optical Engineering Fundamentals, Second Edition, SPIE Press Bellingham, Washington USA, p.15.
- [25] Guenther, B.D., (2015), Modern Optics, Second Edition, Oxford University Press, p.95.
- [26] Kinsey, J.R., Populer Mechanic, H.H. Windsor (Ed.), volume 86, number 2, p. 98, [https://archive.org/stream/PopularMechanics1946/Popular\\_Mechanics\\_08\\_1946#page/n97/mode/2up](https://archive.org/stream/PopularMechanics1946/Popular_Mechanics_08_1946#page/n97/mode/2up), Erişim tarihi : 11.02.2019).
- [27] Blahnik, V., Voelker, B., About the reduction of reflections for camera lenses How T\*-coating made glass invisible, Carl Zeiss AG, March 2016, [https://pixinfo.com/wp-content/uploads/2016/04/en\\_About-the-reduction-of-reflections-of-camera-lenses.pdf](https://pixinfo.com/wp-content/uploads/2016/04/en_About-the-reduction-of-reflections-of-camera-lenses.pdf), Erişim tarihi: 13.10.2021.
- [28] CET Continuing education, Anti-reflection coatings, <http://assets.markallengroup.com/article-images/image-library/147/uploads/importedimages/c18814-anti-reflection-coatings.pdf> Erişim Tarihi: 01.02.2019.
- [29] Zeiss, Fun Facts on ZEISS Lens Coatings, Status as of February 2015, [https://www.zeiss.com/content/dam/Vision/Vision/International/Pdf/en/newsroom/2015-02-25duravision-premium\\_ff\\_en\\_final.pdf](https://www.zeiss.com/content/dam/Vision/Vision/International/Pdf/en/newsroom/2015-02-25duravision-premium_ff_en_final.pdf) (Erişim Tarihi: 04.02.2019)



- [30] Baumeister, R.W., Optical Coating Technology, SPIE PRESS, 2004, p. (4-1 "Reflection reducing coating").
- [31] <https://www.hoya.eu/tr/profesyoneller-icin/vaadimiz/yuksek-kaliteli-camlar-p31254> , Erişim tarihi: 11.02.2019.
- [32] YOUNG, J., ABOUT A-R, (A look at the past, present and future of coating technology and its impact on the market.), 20/20 November 2000, [https://c.yimcdn.com/sites/www.colts-laboratories.com/resource/resmgr/lenses/about\\_ar-nov00\\_20-20.pdf](https://c.yimcdn.com/sites/www.colts-laboratories.com/resource/resmgr/lenses/about_ar-nov00_20-20.pdf), (erişim tarihi: 04.02.2019)
- [33] Cicala, R, Reflections on reflections. Coatings: The Most Important Part of Your Lens, 2011, <https://www.canonrumors.com/tech-articles/all-about-lens-coatings/>, E.T. 11.02.2019.
- [34] Rancourt, J.D., Optical Thin Films-User Handbook, Spie Optical Engineering Press, 1996, P. 82
- [35] Dobrowolski, Optical Properties Of Films And Coatings , [http://www.photonics.intec.ugent.be/education/IVPV/res\\_handbook/v1ch42.pdf](http://www.photonics.intec.ugent.be/education/IVPV/res_handbook/v1ch42.pdf) , 42.21
- [36] Jareeze, A. H., DESIGN And Simulation ARction Coating For Laser Nd:Yag (1064nm) Wavelength And Has Multifrequency (532,355nm) On Glass Substrate, Journal of Al-Nahrain University Vol.11(2), August, 2008, pp.104-111.
- [37] Brooks, C. W. & Borish, I. M. (2007). System for Ophthalmic Dispensing [Third ed.]. Boston: Butterworth-Heinemann Elsevier, p. 539,541- 542-543.
- [38] <http://fiziklab.msgsu.edu.tr/foyer/modernfoypdf>, erişim : 01.04.2019, p.6
- [39] Fen Bilimcileri ve Mühendisler için Fizik, D.G. Giancoli (Çeviri Editörü: Prof. Dr. Gülsen Öngüt), 4. Baskı, Akademi Yayıncılık 2009, Ankara, p.913,
- [40] Karaca, A., (2018), Germanyum Tek Kristal Optik Pencere Üzerine Yansıma Önleyici İnce Film Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Danışman: Prof. Dr. Semran Sağlam, ANKARA, S.23.)
- [41] Kim, K-C., Effective graded refractive-index anti- reflection coating for high refractive-index polymer ophthalmic lenses, Materials Letters 160 (2015)158–161, p. 158.)
- [42] Fannin, T.E., Grosvenor, T., Clinical Optics, Butterworth Publishers, 1987, s.223-225.)
- [43] Germanyum Tek Kristal Optik Pencere Üzerine Yansıma Önleyici Film Geliştirilmesi, Abdullah KARACA, Semran SAĞLAM ve Süleyman ÖZÇELİK, FOTONİK 2017 | 19. Ulusal Optik, Elektro-Optik ve Fotonik Çalıştayı, <http://fotonik.kocaeli.edu.tr/2017/ozetler/fotonik-2017-kitapcik.pdf> erişim : 10.03.2019
- [44] Meslin, D., Ophthalmic Optics Files, "Materials & Treatments" , Essilor Academy Europe Academy Europe , 2010, 40
- [45] Çelik, M., Bural, C., Bayraktar, G., Dış Hekimliğinde Zirkonya Uygulamaları, Atatürk Üniv. Dış Hek. Fak. Derg., Yıl: 2014, Supplement 8, Sayfa: 106-116, s.106
- [46] <http://www.yilmazkimya.com.tr/urunler/detay/id/74/aerosil-200---silikon-dioksit>, erişim: 28.05.2019
- [47] <https://www.kimyaborsasi.com.tr/tr/a/aerosil-200-6.html>, erişim : 28.05.2019
- [48] <https://www.todini.com/tr/kimyasallar/diger/niobyum-pentoksit>, erişim tarihi : 10.06.2019
- [49] <https://tr.honoroptics.com/high-efficiency-thin-film-multilayer-mgf2-optics/> erişim : 10.06.2019
- [50] Muhammad Hammad ASGHAR1, Muhammad Bilal KHAN1, Shahzad NASEEM1, Zubair Ahmad KHAN, Design and Preparation of ARction Films on Glass Substrate, TURKISH JOURNAL OF PHYSICS Turk J Phys 29 (2005) , 43 – 53, Tübitak, 45
- [51] Başköse, Ü.C., Yansıtıcı ve Yansıma Önleyici Optik İnce Film Malzemelerin Üretimi Analiz ve Test Süreçleri, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2016, Danışman: Doç. Dr. Semran SAĞLAM, S.1-2. Ankara
- [52] Gary Heiting, Anti-reflective coating: See better and look better, <https://www.allaboutvision.com/lenses/anti-reflective.htm>, 2018 güncellenmiş site sayfası, erişim: 13.05.2019.
- [53] Hanks, A. J., Anti-Reflection Lens Coating, 2011, [http://www.sightmatters.com.au/FAQs/FAQ\\_S\\_M\\_518.pdf](http://www.sightmatters.com.au/FAQs/FAQ_S_M_518.pdf), erişim : 17.06.2019
- [54] Ajay Kumar Bhootra, Ophthalmic Lenses, Jaypee Brothers Medical Publisher ,2009, sayfa 84
- [55] Bachman WG, Weaver JL. Comparison between anti-reflection-coated and uncoated spectacle lenses for presbyopic Highway Patrol troopers. J Am Optom Assoc 1999;70(2):103-9. Sayfa 103.
- [56] A. Colonna de Lega, "Coatings for ophthalmic lenses," Optics News 15(7), 16-20 (1989) ,s. 17.
- [57] KP Mashige,\* NP Thathane,† F Kader,† GD Nyandoro and AA Sultan, The effect of anti- reflection coating on glare threshold and recovery under scotopic conditions, S Afr Optom 2008 67(2) 68-76 s.69
- [58] Jones, F.R., , Chapter 26 – Unsaturated Polyester Resins, Brydson's Plastics Materials (Eighth Edition) (Elsevier Inc., 2017, s.769



- [59] <http://www.optical-world.co.uk>, Tony Jarratt, Anti-reflective coatings, May, 2010, p.11. erişim: 01.08.2019
- [60] <https://www.2020mag.com/article/ar-lens-technology>, july, 2012, Lenses. Erişim : 07.03.2022.
- [61] Citek, K., Anti-reflective coatings reflect ultraviolet radiation, *Optometry* 79(3) (March 2008) doi:10.1016/j.optm.2007.08.019, sayfa. 1
- [62] José Alonso, José A. Gómez-Pedrero, Juan A. Quiroga, *Modern Ophthalmic Optics*, Cambridge University Press, 2019, 425
- [63] [https://www.nikonimgsupport.com/eu/BV\\_article?articleNo=000006413&configured=1&lang=en\\_GB](https://www.nikonimgsupport.com/eu/BV_article?articleNo=000006413&configured=1&lang=en_GB), Date Published 07/10/2016, Why can I see ghost reflections in my image?, erişim : 07.03.2022.
- [64] <https://snapshot.canon-asia.com/article/en/lens-faq-4-what-is-ghosting-and-flaring> adresinden alındı. (erişim: 07.03.2022).
- [65] <https://dagnyzenovia.com/2015/09/28/why-my-glasses-have-a-purple-glare/> adresinden alındı, erişim: 07.03.2022.
- [66] Charles Marguet, Shedding light on reflections, *Dispensing Optics*, [www.abdo.org.uk](http://www.abdo.org.uk), abdo, January 2009, s.5).