

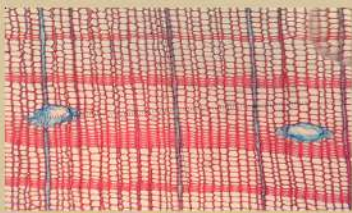


BARTIN ÜNİVERSİTESİ
ULUSLARARASI FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

JONAS



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2x &= \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x} & \operatorname{tg} x &= \frac{\sin x}{\cos x} \\ \lambda x - y + z &= 1 \\ x + \lambda y + z &= \lambda \\ x + y + \lambda z &= \lambda^2 \end{aligned}$$
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n^2+1} + n}{\sqrt[3]{3n^2+2n-1}}$$
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$



Bartın University International Journal of Natural
and Applied Sciences

Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi

Bartın University International Journal of Natural And Applied Sciences (JONAS)

Publisher and Editor's Office

Bartın University
Graduate School
74100 Bartın-Türkiye
Tel: +90(378) 223 5422, Fax: +90(378) 2235424
E-mail: jonas@bartin.edu.tr

Editor-in-Chief

Mustafa Sabri GÖK, *Prof.*
Zafer CEYLAN, *Assoc. Prof.*

Editorial Board

Afer ALİFOV

Baku Engineering University, Azerbaijan.

Ahmet Alper BABALIK

Applied Sciences University of Isparta, Türkiye.

Ahmet KARADAĞ

Yozgat University, Türkiye.

Ahmet TUTUŞ

Kahramanmaraş University, Türkiye.

Aysel USLU

Ankara University, Türkiye.

Azmihan AZİMOV

Azerbaijan University of Architecture and Construction,
Azerbaijan.

Bülent KAYGIN

Bartın University, Türkiye.

Cemil ALKAN

Gaziosmanpaşa University, Türkiye.

Emrah ALTUN

Bartın University, Türkiye.

Ercan GÖKYER

Bartın University, Türkiye.

Ercan TUNÇ

Gaziosmanpaşa University, Türkiye.

Gonzalo Martinez BARRERA

Autonomous University of the State of Mexico, Mexico.

Hamit AYBERK

İstanbul University, Türkiye.

Harun PARLAR

Technical University of Munich, Germany.

Hüseyin Bekir YILDIZ

Bartın University, Türkiye

İclal DİNÇER

Yıldız Technical University, Türkiye.

İlham PİRMAMEDOV

Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsa HALİLOV

Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

Joan Jose del Coz DIAZ

University of Oviedo, Spain.

Lokman ÖZTÜRK

Gaziosmanpaşa University, Türkiye.

Mahfuz ELMASTAŞ

University of Health Sciences, Türkiye.

Mehmet Cengiz KARAIŞMAİLOĞLU

Bartın University, Türkiye.

Mehmet YURDERİ
Bartın University, Türkiye.

Mustafa Sabri GÖK
Bartın University, Türkiye.

Nilgöl KARADENİZ
Ankara University, Türkiye.

Oğuzhan SARIKAYA
Bursa Technical University, Türkiye.

Orhan UZUN
Bartın University, Türkiye.

Osman GENÇEL
Bartın University, Türkiye.

Ömer KARA
Karadeniz Technical University,
Türkiye.

Parham TASLİMİ
Bartın University, Türkiye.

Sabir ORUCOV
Baku Engineering University, Azerbaijan.

Seyfullah GÖKOĞLU
Bartın University, Türkiye.

Tuğrul VAROL
Bartın University, Türkiye.

Witold BROSTOW
University of North Texas, U.S.A.

Technical Editor
Sinan DÖNMEZ, Res. Asst.
Şuheda KALTAKKIRAN, Res. Asst.

JONAS is a peer reviewed journal which is published twice in a year (July and December) and only published as online. Original researches and invited review papers in English and Turkish are accepted to publication in the JONAS. The manuscripts submitted to the JONAS are double-blind peer reviewed, and the review process is completed in 30 days. According to the reviewers' comments, the submitted manuscripts are accepted or rejected. Manuscripts must be submitted with the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal. JONAS is an open access journal, and provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. Publishing in JONAS is free of charge.

Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences should be abbreviated as JONAS.

JONAS is open access, and the JONAS provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. All articles in this journal are available free of charge from <http://dergipark.gov.tr/jonas>.

Both the University of Bartın and Institute of Science do not accept responsibility for the statements made or for the opinions expressed in the Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences (JONAS). The university makes no representation or warranty of any kind, concerning the accuracy, completeness, suitability or utility of any information, apparatus, product or processes discussed in this publication; therefore it assumes no liability. Except for fair copying, no part of this publication may be produced, stored in a retrieval system in any form or by any means electronic, mechanical, etc. or otherwise without the prior written permission of the JONAS and without reference.

Bartın Üniversitesi ve Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi (JONAS) yayınlarında varılan sonuçlar veya fikirlerin sorumluluğunu taşımamaktadır. Üniversitenin, bu yayında ileri sürülen bilgi, alet, ürün ya da işlevlerin doğruluğu, bütünlüğü, uygunluğu ve kullanılabilirliği konusunda bir yüklenimi ve iddiası bulunmamaktadır. Bu sebeple herhangi bir nedenle sorumlu tutulamaz. Bu yayının herhangi bir kısmı, JONAS'ın yazılı izni olmadıkça kaynak gösterilmeden yayımlanamaz, bilgi saklama sistemine alınamaz veya elektronik, mekanik vb. sistemlerle çoğaltılamaz.

Contents

Articles

Pages

| | |
|--|-------|
| Determination of the Distribution and Damage of the Invasive Species <i>Leptoglossus Occidentalis</i> Heidemann (1910) (Hemiptera: Coreidae) in Bartın | 1-7 |
| <i>Bartın Yöresinde İstilacı Tür Leptoglossus Occidentalis Heidemann (1910) (Hemiptera: Coreidae)'in Yayılışı ve Zararının Belirlenmesi</i> Yafes YILDIZ, Onur CAN, Yasin CEYLAN, Ömer DİDİK | |
| Synthesis and Characterisation of Perovskite Quantum Dots..... | 8-15 |
| <i>Perovskit Kuantum Noktaların Sentezi ve Karakterizasyonu</i> Mutahire TOK, Mahmut KUŞ, Çisem KIRBIYIK KURUKAVAK, Merve YURDAKUL, Tuğbahan YILMAZ | |
| Touch Screen Application with Under Screen Panel and Laser..... | 16-26 |
| <i>Ekran Altı Panel ve Lazer ile Dokunmatik Ekran Uygulaması</i> Çağatay PAÇACI | |

BARTIN YÖRESİNDE İSTİLACI TÜR *LEPTOGLOSSUS OCCIDENTALIS* HEIDEMANN (1910) (HEMIPTERA: COREIDAE)'İN YAYILIŞI VE ZARARININ BELİRLENMESİ

Yafes Yıldız^{1*}, Onur Can², Yasin Ceylan², Ömer Didik²

¹ Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

² Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 74100, BARTIN

Öz

İstilacı bir tür olan *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (1910) (Hemiptera: Coreidae) orijini Kuzey Amerika olan, konifer orman ağaçlarının kozalak ve tohumlarında zarar yapan önemli bir tohum zararlısı türüdür. Zararlı tür Avrupa kıtasında ilk defa İtalya'da 1999'da tespit edilmiş, ardından hemen tüm kıtaya hızla yayılmıştır. Ülkemizde de Avrupa'daki istila seyriyle aynı zamanlarda yayılış yaptığı gözlemlenmiştir. Zararının Türkiye'deki ilk tespiti 2009 yılında İstanbul'da yapıldıktan sonra, 10 yıl gibi kısa bir süre içerisinde Bartın ilimiz de olmak üzere ülkemizin büyük bir kısmına yayılmıştır. Bu çalışma istilacı ve önemli bir tohum zararlısı olan *Leptoglossus occidentalis* Bartın ilinde yayılış ve zararını tespit etmek amacıyla 2020-2021 yılları arasında yürütülmüştür. Bu amaçla araziye ışık tuzakları yerleştirilerek popülasyon yoğunluğu tespit edilmeye çalışılmış ayrıca böceğin görüldüğü alanlardan fıstık çamı kozalakları toplanarak doluluk oranlarına bakılmıştır. Sonuç olarak zararının Bartın ilindeki çam ve göknar ormanlarında yayılış yaptığı ve kozalak verimini etkilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Leptoglossus occidentalis*, istilacı tür, tohum, Bartın

DETERMINATION OF THE DISTRIBUTION AND DAMAGE OF THE INVASIVE SPECIES *LEPTOGLOSSUS OCCIDENTALIS* HEIDEMANN (1910) (HEMIPTERA: COREIDAE) IN BARTIN

Extended Abstract

Leptoglossus occidentalis Heidemann (1910) (Hemiptera: Coreidae) is an important pest species, native to North America, known to damage the seeds and cones of coniferous forest trees. The pest was first detected on the European continent in Italy in 1999, and then quickly spread to almost the entire continent. It has been observed that it spread in our country at the same time as the invasion in Europe. After the first detection of the pest in Turkey was made in Istanbul in 2009, it spread to a large part of our country, including our Bartın province, in a short period of 10 years. *Leptoglossus occidentalis* is known to feed on newly formed cones as well as needles, young branches, buds and opened cones. While in the first period the nymphs feed on needles and soft cone scales, from the second period onwards the endosperm of the seed in the cones constitutes the main feeding material. In our country, it reduces seed yield in all pine species, especially *Pinus pinea*. In a study conducted in our country on stone pine cones, it was observed that the rate of unformed/empty seeds varied between 14% and 98% depending on the region. It is also a dangerous species included in the A1 action list by international and national plant protection organizations (NPPO, RPPO/EU). It is likely that its spread and population will increase with global climate change, and in this case, it will become difficult to combat the pest. Biological control is considered to be the most appropriate control method in control studies of the species due to reasons such as the ability of the pest to fly very long distances due to its fast movement ability and the fact that its pheromone is not efficient at the desired level.

This study was conducted between 2020-2021 to determine the spread and damage of *Leptoglossus occidentalis*, an invasive and important seed pest, in Bartın province. For this purpose, light traps were placed in the field to determine the population density, and stone pine cones were collected from the areas where the insect was seen

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Yafes YILDIZ;

Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 74100,
Bartın-Türkiye.

Geliş (Received) : 27.12.2023

Kabul (Accepted) : 04.01.2024

Basım (Published) : 31.07.2024

and the occupancy rates were checked. As a result, it was detected that the pest spread in pine and fir forests in Bartın province and affected cone yield.

Key Words: *Leptoglossus occidentalis*, invasive species, seed, Bartın

1. Giriş

Fıstıkçamı (*Pinus pinea*, Akdeniz iklim mntıklarında doğal ve yapay ormanlar kuran ibreli bir orman ağacı türüdür. Kozalakları üç yılda olgunlaşmaktadır. Ülkemizde Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz bölgelerinde yayılış gösterir (Batur, 2015). Batı Karadeniz’de doğal yayılış yaptığı il ise Bartın’dır.

Tohumundan elde edilen fıstık ekonomik pazarda ilgi gören değerli bir ürün olup ülkemiz ekonomisinde de önemli bir yere sahiptir . Bu sebeple, doğal *P. pinea* ormanları yerel halk tarafından korunduğu gibi, tarım arazilerinde bile bu türün dikimi yapılmaktadır. Bu nedenle fıstıkçamı ormanları yerleşim alanlarının hatta tarım alanlarının içinde kalmakta ve bakılıp korunmaktadır (Batur, 2015).

Leptoglossus occidentalis (Hemiptera: Coreidae) türünün orijini Kuzey Amerika’dır. İstilacı tür, konifer orman ağaçlarının tohum ve kozalaklarında zarar yapan önemli bir zararlıdır. *L. occidentalis* Avrupa’da ilk defa İtalya’da 1999’da tespit edilmiş, ardından hızla yayılmıştır. Aynı zamanda Asya kıtasında da farklı ülkelerde kaydedilen bu tür günümüzde yeryüzünde oldukça geniş bir yayılış alanına ulaşmış durumdadır. Ülkemizde de Avrupa’daki yayılışına paralel olacak şekilde yayılış göstermiştir. Ülkemizdeki ilk tespiti 2009 yılında İstanbul’da olan zararlı, tespitinden kısa bir süre sonra da ülkemizin büyük bir bölümünde tespit edilmiştir. Ülkemizde İstanbul, Edirne, Kırklareli, İzmir, Bursa, Manisa ve Artvin yörelerinde saptanmıştır (OGM, 2016). *L. occidentalis*’in konukçu sayısı oldukça fazladır. Werner (2011) 48 konukçu türü belirlemiştir. Slovakya’da ise 18 ibreli türü ile beslendiği bildirilmiştir (Barta, 2009).

L. occidentalis konifer türlerin hem kozalaklarında hem de bazen ksilem üzerinden beslenmektedirler (Farinha vd., 2018). Tamburini vd. (2012) *L. occidentalis*’in laboratuvar ortamında yeni oluşmaya başlamış kozalaklarla beraber ibreler, genç dallar, tomurcuklar ve açılmış kozalaklar üzerinde de beslenme yaptıklarını tespit etmiştir. gözlemiştir. İlk dönem nimfler, ibreler ve yumuşak kozalak pulları üzerinden beslenirken, ikinci dönemden itibaren kozalaklardaki tohumun endospermi ana beslenme materyalini oluşturmaktadır (Cranshaw, 2014; Krugman ve Koerber, 1969). Zararlı yumurtalarını ibreler üzerine tek sıra halinde koymaktadır. İlk önce açık kahverengi renkte olan yumurtalar zamanla kırmızımsı kahverengiye dönüşmektedir. Nimfler genellikle kozalaklar üzerinde veya ilk önceleri genç ibrelerle beslenmekte, daha sonra ise tohumların öz suyunu emerek zarar yapmaktadırlar. Ülkemizde başta *Pinus pinea* olmak üzere bütün çam türlerinde tohum verimini düşürmektedir. Fıstıkçamı kozalakları üzerinde 2017 yılında yapılan bir araştırmada oluşmamış/boş tohum oranının yörelere göre % 14 ile % 98 arasında değiştiği görülmüştür (Parlak, 2017).

Britanya-Kolombiya’da yapılan çalışmada *Leptoglossus occidentalis*’in zarar yaptığı *Pinus concerta* tohum bahçelerindeki tohum kayıplarının %83 oranlarına ulaştığını göstermiştir (URL-1, 2021). Uluslararası ve ulusal bitki koruma örgütleri (NPPO, RPPO/EU) tarafından A1 eylem listesinde yer alan tehlikeli bir türdür (EPPO, 2022). Zararlının parazitoit kompleksi çalışılmış ve 3 tür tespit edilmiştir. Bunlar; *Gryon pennsylvanicum* (Hymenoptera: Platygastriidae), *Ooencyrtus johnsoni* (Hymenoptera: Encyrtidae) ve *Anastatus pearsalli* (Hymenoptera: Eupelmidae)’dir. En baskın olarak ise *Gryon pennsylvanicum* (Hymenoptera: Platygastriidae) bulunmuştur (Maltese vd., 2012). Bu çalışmada *Leptoglossus occidentalis*’in Bartın ilinde yayılışı ve zararı tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma 2020-2021 yıllarında Bartın yöresinde çam (*Pinus* spp.) ve göknar ormanlarında yürütülmüştür. Bu amaçla sahaya yerleştirilen 4 adet ışık tuzakları yardımıyla yoğunluk ve yayılış tespit edilmeye çalışılmıştır. Arazide türün görüldüğü çam ormanlarından kozalak toplanmış ve laboratuvar ortamında kesilerek doluluk oranları kontrol edilmiştir (Şekil 1). Zararlının tespit edildiği tarihler ile biyolojik evreleri, konukçu türler ve çalışma alanlarına ait bilgiler kayıt altına alınmıştır. Laboratuvar ortamında türün biyolojisi ve morfolojisi üzerine gözlemler yapabilmek için araziden toplanan bireyler laboratuvara getirilmiştir. Burada mikroskop altında incelenen bireylerin fotoğrafları çekilmiş ve laboratuvar ortamında muhafaza edilmiştir.



Şekil 1. a. Işık Tuzağı b. Kozalak toplama (Foto: Yafes YILDIZ)

3. Bulgular ve Tartışma

Elde edilen ergin böceklerin vücut şekli uzun ve kırmızımsı kahverengi ancak abdomen kısmında ise turuncu siyah şeritler vardır. Tibia yaprak şeklinde, anten dirsekli yapıda, gözler ise belirgin siyah küre şeklindedir. Elde edilen erginlerin vücut uzunluğu 15,05-20,90 mm arasında değişmekte olup erkek erginlerde ortalama 17,60 mm, dişi erginlerde ise ortalama 18,82 mm olarak tespit edilmiştir. Proboscis (hortum) uzunluğu ortalama 11,87 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. *Leptoglossus occidentalis* ergini (a) ve türün bazı morfolojik özellikleri (b: anten, c: baş-göz d:scutellum e-f: proboscis) (Foto: Yafes YILDIZ)

Zararının Bartın ilinde çam ve göknar ormanlarının yayılış yaptığı tüm alanlarda varlığı tespit edilmiştir. Çam ormanlarındaki tuzaklarda daha yoğun bulunduğu, göknar ormanlarındaki tuzaklarda ise yoğunluğun daha az olduğu gözlemlenmiştir. Arazide yapılan kontroller sırasında tuzak üzerinde çok sayıda erginin olduğu görülmüş ve bazı erginlerin ibre ve kozalak üzerinde oldukları hatta bazı farklı bitki türleri üzerinde de erginlerin varlığı gözlemlenmiştir (Şekil 3). Çam ormanındaki tuzaklarda yapılan sayımında 683 birey olduğu, göknar ormanındaki tuzakta ise 73 birey olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. a. Tuzak üzerindeki ergin bireyler b. Çam kozalağı üzerinde ergin birey c. Çam ibreleri üzerindeki ergin birey d. Göknar ibreleri üzerindeki ergin birey e. *Rosa* sp. üzerindeki erginler (Foto: Yafes YILDIZ)



Şekil 4. a. Çam ormanında tuzakta yakalanan bireyler b. Gökmar ormanında tuzakta yakalanan bireyler
(Foto: Yafes YILDIZ)

Zararının görüldüğü çam (fıstık çamı) meşcerelerinde çok sayıda olgunlaşmamış (ülker) kozalakların yerlerde olduğu görülmüştür. Bu durumun böceğin emgi yapması sonucu dip kısmından koparak düştüğü tahmin edilmektedir. Ayrıca ağaç üzerinde az sayıda kozalak olduğu görülmüş ve bu kozalaklar doluluk oranına bakmak amacıyla toplanarak laboratuvar ortamına getirilerek testere yardımıyla dikine ortadan kesilmiştir. Yapılan gözlemlerde doluluk oranının çok az olduğu görülmüştür. Daha önce bu bölgelerde fıstıkçamı kozalağı toplayanlarla yapılan görüşmelerde son yıllarda kozalak azlığı veya tamamen olmaması nedeniyle kozalak toplama(ya)madıklarını ifade etmişlerdir. Sonbahar sonu kış ayları başlarında ise erginlerin kışlamak amacıyla kapalı alanların dış yüzeyinde ve ev içlerine kadar geldiği görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5. a. Olgunlaşmadan yere düşen kozalaklar b. Kesilmiş fıstıkçamı kozalakları c. Ev içersine girmiş ergin d. Bina dış duvarına gelmiş ergin (Foto: Yafes YILDIZ)

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada zararlının Bartın ilinde bulunan çam ve göknar ormanlarının tamamına yakınında varlığı tespit edilmiştir. Zararlı istilacı türün daha çok ormanlarımızda çam türleri yoğun olduğu alanlar ile daha az olarak ise göknar ağaçlarının olduğu alanlarda varlığının tespit edilmesi zararlının ciddi bir şekilde önemi ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde özellikle *L. occidentalis*'in fıstık çamlarındaki (*Pinus pinea*) zararı ekonomik anlamda ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Zararlının tespit edildiği bu fıstık çamı alanlarında son yıllarda görülen verim düşüklüğü nedeniyle yapılan bazı çalışmalar da böceğin zararını açıkça ortaya koymaktadır. Bu istilacı türün tohum zararlısı olarak konifer orman ağaçlarının tohumlarında önemli zarara yol açtığı bilinmektedir. Özellikle yöredeki orman köylülerinin de önemli geçim kaynaklarından olan fıstık çamlarındaki zararının yanı sıra ibreli orman ağaç türlerinin doğal gençleştirme süreçlerini sınırlayacağı, bununla birlikte zararlının tohum miktarındaki

verimi de azaltmasından dolayı fidan üretiminde de sorunlara yol açarak bu alanların sürdürülebilirliği noktasında ciddi sıkıntılara girilebileceği düşünülmektedir. Küresel iklim değişikliği ile birlikte yayılışını ve popülasyonunu artıracak ve bu durumunda zararlı ile mücadele etmenin zor hâle gelmesi muhtemeldir. Zararlı'nın hızlı hareket yeteneği nedeniyle çok uzak mesafelere uçabilmesi, feromonunun istenilen düzeyde verimli olamaması gibi nedenlerle türün kontrol çalışmalarında biyolojik mücadele en uygun mücadele yöntemi olarak düşünülmektedir. Bunun için de zararlı'nın etkin doğal düşmanlarının tespit edilerek üretim çalışmalarına başlanmalı ve arazi salımları sonrası doğal düşman etkinlikleri gözlemlenmelidir. Küresel anlamda bütün Dünyada olduğu gibi ülkemizde de türün istilacı bir tür olarak hızla yayılması ve konukçusu olan türleri ülkemizde yayılışı fazla olan orman ağaçları arasında yer alması nedeniyle bu yabancı istilacı zararlı türün ilk olarak dağılımı ile biyolojisinin yayılış yaptığı/potansiyel yayılış alanları olabilecek bölgeleri ve ekolojik koşullar açısından belirlenmesi ve türle etkin mücadele için gerekli olan tüm verilerin ortaya konarak entegre mücadele yöntemleriyle zararlı'nın zarar miktarının azaltılması elzemdir.

Kaynaklar

- Barta M. (2009).** New facts about distribution and host spectrum of the invasive Nearctic conifer pest, *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) in south-western Slovakia. *Folia faunistica Slovaca*, 14(23): 139–142.
- Batur, M. (2015).** Kozak Yöresi Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ormanlarında fıstık verimi ile artım ve bazı meteorolojik olaylar arasındaki ilişkiler. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 1(2 A), 29-34.
- Cranshaw W.S. (2014).** Conifer seed bugs. Colorado State University Fact Sheet No: 5.588
- EPPO, (2022).** <https://gd.eppo.int/taxon/LEPLOC/categorization>
- Farinha A.O., Branco M., Pereira M.F.C., Auger-Rozenberg M.A., Mauricio A., Yart A., Guerreiro V., Sousa E.M.R., Roques A. (2018).** Micro X-ray computed tomography suggests cooperative feeding among adult invasive bugs *Leptoglossus occidentalis* on mature seeds of stone pine *Pinus pinea*. *Agricultural and Forest Entomology*, 20: 18–27.
- Krugman S.L., Koerber T.W. (1969).** Effects of cone feeding by *Leptoglossus occidentalis* on ponderosa pine seed development. *Forest Science*, 16: 104–111.
- Maltese, M., Virgilio C, E Guerrieri, Strong, W B. (2012).** Parasitoids of *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) Recovered in Western North America and First Record Of Its Egg Parasitoid *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead) (Hymenoptera: Platygasteridae) in California, *The Pan-Pacific Entomologist* 88(3):347–355.
- OGM, (2016).** Orman Bitkisi ve Bitkisel Ürünlerine Arız Olan Zararlı Organizmalar ile Mücadele Yöntemleri, CTA Reklam Hiz. Bas. Yay. Ltd. Şti. ISBN: 978-605-4610-98-3, Ankara.
- Parlak, S. (2017).** An invasive species: *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann) how does it affect forestry activities?, Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty, 2017, 17 (3): 531-542, IFS 2016, Special Issue Doi:10.17475/kastorman.292220
- Tamburini M., Maresi G., Salvadori C., Battisti A., Zottele F., Pedrazzoli F. (2012).** Adaptation of the invasive western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* to Trentino, an alpine region (Italy). *Bulletin of Insectology*, 65: 161–170.
- Url- 1. (2021).** Western Conifer Seed Bug (*Leptoglossus occidentalis*) Cone and Seed Insect Pest Leaflet No. 4, British Columbia Ministry of Forests and Range, Tree Improvement Branch, Saanichton, BC. <http://www.fgcouncil.bc.ca/PM-Factsheet04-Leptoglossus-occidentalis.pdf>
- Werner D.J. (2011).** Die amerikanische Koniferen-Samen-Wanze *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) als Neozoon in Europa und in Deutschland: Ausbreitung und Biologie. *Entomologie Heute*, 23: 31–68.

PEROVSKİT KUANTUM NOKTALARIN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Mutahire Tok^{1*}, Mahmut Kuş¹, Çisem Kırbıyık Kurukavak¹, Merve Yurdakul¹, Tuğbahan Yılmaz²

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Konya

²Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik Ve Enerji Bölümü, Konya

Öz

Bu çalışmada, Per-KN'lar (Perovskit Kuantum Nokta) LARP (ligand destekli yeniden çöktürme) yöntemi kullanılarak sentezlenmiştir. Bu yöntem ile perovskit kuantum noktaların sentezi; uygun miktarda PbX_2 ve Cs_2CO_3 'ün oleilamin, oktadesen ve oleik asit içinde bir süre karıştırıcı yardımıyla karıştırılarak dağıtılması daha sonra oda sıcaklığında ultrasonik çubuk yardımıyla 30 dk boyunca kuvvetli bir şekilde karıştırılmasıyla yapılmıştır. Per-KN' lar 6500 rpm de 10 dakika boyunca santrifüjlenerek çözücüsünden ayrılmıştır. Per-KN' ların optik analizleri UV-Vis ve fotoluminesans spektrometresi ile yapılmıştır. Per-KN' ların yapısal karakterizasyonu için XRD tekniği kullanılmıştır. Sentezlenen Per-KN'ların optik bant aralığı enerjisi, halojenür bileşimi ayarlanarak neredeyse tüm görünür aralıkta (yaklaşık 400–700 nm) ayarlanabilmektedir. Per-KN'ların XRD desenlerinde kübik fazı doğrulayan standart veri dosyalarıyla tutarlı spesifik bölgelerde belirgin pikler görülmüştür. Sentezlenmiş olan Perovskit KN yapılarının kuantum verimleri $CsPbCl_3$, $CsPbBr_3$, $CsPbI_3$ için sırasıyla %47,11; %53,48 ve %75,42 olarak hesaplanmıştır. Halojen içeriği değiştirildiğinde gözlenen renk değişiklikleri, floresan spektroskopisi ile ölçülmüş ve Per-KN' ların PL spektrumlarının 14,2-22,7 nm bant genişlikleri ile tüm görünür spektral bölge üzerinde bant kenarı eksiton rekombinasyonuna atfedilebilecek olan ayarlanabilir emisyon bandı sergilediği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Sentez, Karakterizasyon, Perovskit Kuantum Nokta

SYNTHESIS AND CHARACTERISATION OF PEROVSKITE QUANTUM DOTS

Extended Abstract

In recent times, organic-inorganic lead halide perovskite quantum dots ($MAPbX_3$ ($X=Cl, Br, I$)) have emerged as a novel member to the nanocrystal family. Organometal halide perovskite quantum dots are employed across various fields, including light-emitting diodes, solar cells, photodetectors, and laser technology, due to their exceptional optical properties such as high photoluminescence quantum yields, tunable emission spectra and intense colour. Moreover, perovskite quantum dots (Per-QD) demonstrate a high quantum yield of photoluminescence (60%-90%), a broad spectrum of wavelengths (400-800 nm) and extremely narrow band emission (<30 nm). Thus, they possess great potential as candidates for semiconductor technology. Physically, Per-QDs generate significant interest owing to their large exciton binding energy, surface passivation, and enhanced nonlinear properties. Per-QDs were synthesized through utilization of the LARP (ligand-assisted reprecipitation) technique in this research. Perovskite quantum dots were synthesized by dispersing specific quantities of PbX_2 and Cs_2CO_3 in oleylamine, octadecene and oleic acid. The mixture was stirred initially with a stirrer and then vigorously at room temperature for 30 minutes with assistance from an ultrasonic rod. Per-QDs were centrifuged at 6500 rpm for ten minutes to remove the solvent. UV-Vis and photoluminescence spectrometry techniques were used for the optical analysis of Per-QDs. X-ray diffraction (XRD) was utilized to investigate the structure of Per-QDs. The optical band gap energy of the synthesised Per-KNs can be tuned over almost the entire visible range (about 400-700 nm) by adjusting the halide composition. The XRD patterns of Per-KNs showed prominent peaks in specific regions consistent with standard data files confirming the cubic phase. The quantum yields of the synthesised Perovskite KN structures were calculated as 47.11%, 53.48% and 75.42% for $CsPbCl_3$,

Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Mutahire Tok;

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Türkiye

E-mail: mutahiretok@gmail.com

Geliş (Received) : 23.11.2023

Kabul (Accepted) : 03.05.2024

Basım (Published) : 31.07.2024

CsPbBr₃, CsPbI₃, respectively. The colour changes observed when the halogen content was changed were measured by fluorescence spectroscopy and it was found that the PL spectra of Per-KNs exhibited tunable emission band over the entire visible spectral region with bandwidths of 14.2-22.7 nm, which can be attributed to band-edge exciton recombination.

Keywords: Synthesis, Characterisation, Perovskite Quantum Dot

1. Giriş

Son yıllarda organik-inorganik kurşun halojenür perovskit kuantum noktaları (MAPbX₃ (X=Cl, Br, I), nanokristal ailesinin yeni bir üyesi olarak ortaya çıkmıştır. Bu organometal halojenür perovskit kuantum noktalar yüksek fotoluminesans kuantum verimleri, ayarlanabilir emisyon spektrumları, yüksek renk yoğunluğu gibi olağanüstü optik özellikleri nedeniyle ışık yayan diyotlardan (Tan, Moghaddam et al. 2014, Van Le, Jang et al. 2018, Wang, Bao et al. 2018), güneş pillerine (Green, Ho-Baillie et al. 2014, Jung and Park 2015, Rong, Hu et al. 2018), fotodetektörlerden (Dong, Zou et al. 2017, Shen, Acar et al. 2021) lazer teknolojisine (Dong, Zhang et al. 2020, Hu, Liu et al. 2021) kadar pek çok alanda kullanım alanına sahiptir (Liu, He et al. 2018, Shwetharani, Nayak et al. 2020, Tang, Zhang et al. 2023). Bunların yanı sıra perovskit kuantum noktalar (Per-KN) yüksek fotoluminesans kuantum verimleri (%60-%90), geniş dalga boyu aralığına sahip olması (400-800 nm) ve ultra dar bant emisyonları (<30 nm) sergilemesi onları yarı iletken teknolojisi için potansiyel adaylar haline getirmektedir. Fiziksel olarak, gözlenen büyük eksiton bağlama enerjisi, kendini pasifleştiren yüzey ve gelişmiş doğrusal olmayan özellikleri nedeniyle perovskit kuantum noktalar büyük ilgi görmektedir. Halojenür perovskit-KN'lar için genel yapısal formül ABX₃'tür; burada A tek değerlikli bir katyon, B iki değerlikli bir metal katyonu ve X bir halojen anyonudur. A pozisyonunun organik veya metal katyonu olmasına bağlı olarak ABX₃, organik-inorganik hibrit perovskit veya tamamen inorganik perovskit olarak kategorize edilebilir. Organik Perovskit-KN'lardaki su ve oksijene karşı zayıf tolerans nedeniyle, organik katyon kolayca ayrışma veya topaklanma eğilimindedir, bu da fotoelektrik özellikleri olumsuz yönde etkileyen flüoresans söndürme ve bozulmaya neden olmaktadır (De Roo, Ibáñez et al. 2016, Wang, Zhu et al. 2019). Buna karşın inorganik CsPbX₃ malzemesi, organik-inorganik hibrit malzemelere göre daha kararlıdır ve oksijene karşı daha düşük hassasiyete sahiptir. Bu nedenle CsPbX₃ malzemesi fotoelektrik uygulamalarda diğer Perovskit-KN'lara göre daha umut verici potansiyele sahiptir (Ye, Sun et al. 2018).

Perovskite nanokristaller olarak da bilinen Per-KN' lar yığın yapıli perovskitelere göre üstün özellikler sergilemesi nedeniyle giderek daha çekici hale gelmiştir. Bu malzemelerin üretimi için sıcak enjeksiyon (Wang, Li et al. 2016, Li, Ren et al. 2018) aşırı doymuş kristalizasyon(Gao, Liu et al. 2019), ve mikrodalga destekli yöntemler gibi çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Pan, Hu et al. 2017). İlk olarak Protesescu ve arkadaşları tarafından rapor edilen sıcak enjeksiyon, yüksek fotoluminesans kuantum verimi (PLQY, %50-90), dar emisyon bandı, iyi stabilite ve ayarlanabilir PL dalga boyuna sahip kurşun halid KN'ların hazırlanmasında sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir (Protesescu, Yakunin et al. 2015). İnert gaz ortamı ve ısıli işlem gerektirmesi yöntemin dezavantajlarını oluşturur. Pan ve arkadaşları, CsPbX₃'ün başarılı bir şekilde sentezlenmesini sağlayan hızlı ve etkili mikrodalga destekli bir yöntem geliştirmişler ve CsPbX₃'ün morfolojisini kontrol edebilmişlerdir (Pan, Hu et al. 2017). Li ve arkadaşları, oda sıcaklığında aşırı doymuş kristalizasyon yöntemiyle hazırladıkları CsPbBr₃ KN'ların dar emisyon bandı, optik kararlılık ve yüksek PLQY gibi mükemmel özellikler gösterdiğini ilk kez rapor etmişlerdir(Li, Wu et al. 2016).

Per-KN' ların üretilmesi için yaygın olarak oktan ve heksan gibi daha çevre dostu polar olmayan organik çözücüler kullanılır iken, yığın yapıli ince film perovskitler normalde N,N-dimetilformamid gibi oldukça zehirli polar aprotik çözücüler kullanılarak işlenir. Ayrıca Per-KN' lar yüksek yüzey enerjileri ve kuantum sınırlandırma etkileri, faz geçiş sürecini etkili bir şekilde engelleyebildiğinden cihazlara daha uzun ömür sağlayabildikleri için faz yapısında son derece kararlıdır. Per-KN' ların absorpsiyon spektrumları ve enerji seviyeleri, Per-KN tabanlı optoelektronik cihazlar için daha iyi enerji seviyesi ve absorpsiyon eşleşmesi sağlayan boyut değişimi ile kolayca ayarlanabilir. Tüm bu özelliklere ek olarak, Per-KN' lar olağanüstü derecede yüksek fotoluminesans kuantum verimi (PLQY), keskin emisyon özellikleri ve ihmal edilebilir elektron/boşluk yakalama gibi yüksek kusur toleranslı yapıya ve benzersiz optoelektronik özelliklere sahiptir, bu nedenle potansiyel olarak fotoelektrik cihazlara olağanüstü performans kazandırır (Akkerman, D'Innocenzo et al. 2015). Ayrıca çoklu eksiton etkisi, dar bant aralığına sahip Per-KN' ların Shockley-Queisser sınırını aşmasını sağlayarak üstün teorik verimlilik sağlar (de Weerd, Gomez et al. 2018). Bu kapsamda yapılan çalışmada ortam atmosferinde inorganik kurşun halojenür perovskit CsPbX₃ kuantum noktalarının sentesi için LARP yöntemi kullanılmıştır. CsPbCl₃, CsPbBr₃ CsPbI₃ kuantum noktalar sırasıyla mavi, yeşil ve kırmızı emisyonlar sergilemiştir. Sentezi yapılan Per-KN' ların karakterizasyonu için UV-

Vis ve fotolüminesans teknikleri kullanılmıştır. Yapılan karakterizasyonlardan alınan sonuçlar yorumlandığında sentezin başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği görülmüştür.

2. Materyal Metod

2.1. Kimyasal ve Malzemeler

PbCl₂ (Sigma-Aldrich, %99), PbBr₂ (Sigma-Aldrich, %99) ve PbI₂ (Sigma-Aldrich, %99), Cs₂CO₃ (Sigma-Aldrich, %99), trioktilfosfin (TOPO) (Sigma-Aldrich %97) oleil amin (Sigma Aldrich ≥ 98), oleik asit (Merck ≥ 99) oktadesen (Merck) firmalarından satın alınmış ve tüm kimyasallar herhangi bir saflaştırma işlemine ihtiyaç duyulmadan satın alındığı şekilde kullanılmıştır. Karıştırma işlemleri için önce manyetik ısıtıcı karıştırıcıda (VWR 97042-674) daha sonra (Sonopuls HD 3100, Bandelin) marka ultrasonik çubuk kullanılarak yapılmıştır.

2.2. CsPbX₃ Perovskit Kuantum Noktaların Sentezi

CsPbX₃ sentezi için 10 ml oktadesen (veya mineral yağ), 0,5 ml oleik asit, 0,5 ml oleylamin içerisinde Cs₂CO₃ (0.1 mmol) ve PbX₂ (X=Cl, Br ve I) (0,3 mmol) ilave edilerek karıştırıcı yardımıyla iyice karıştırılır. 0,5 ml TOPO sadece CsPbCl₃ sentezi sırasında reaksiyon ortamına eklenmiştir. Daha sonra reaksiyon ortamı 10 dakika boyunca 30 W gücünde ultrasonik çubuk kullanılarak karıştırılmıştır. Reaksiyon sırasında, reaksiyon karışımının renk değişimi açıkça görülmüş, bu da perovskite nano kristallerin oluşumunu göstermiştir. Örneğin, renksiz reaksiyon karışımı, CsPbBr₃ oluşumu durumunda kademeli olarak "turuncu-sarı", renge dönüşürken, CsPbI₃ koyu turuncu-kahverengine, CsPbCl₃ ise sarı-beyaz bir renge dönüşür. CsPbX₃ KN'lar reaksiyona girmemiş öncüllerden kurtulmak amacıyla 6500 devirde 10 dk santrifüj edilerek saflaştırılmıştır. Çökelek kısmı 5 mL hegzan içerisinde hafif sonikasyon işlemi uygulanarak tekrar dağıtılmıştır. Elde edilen dispersiyondan, büyük boyutlu CsPbX₃ KN'ları çıkarmak için 2000 rpm'de tekrar santrifüjlenmiştir. Büyük parçacıklarından arındırılan Per-KN'lar UV ışığı uyarımı altında güçlü flüoresans emisyonu sergilemiştir. Per-KN'lar 50°C etüvde kurutulmuştur. CsPbX₃ sentezine ait şematik gösterim Şekil-1'de verilmiştir.



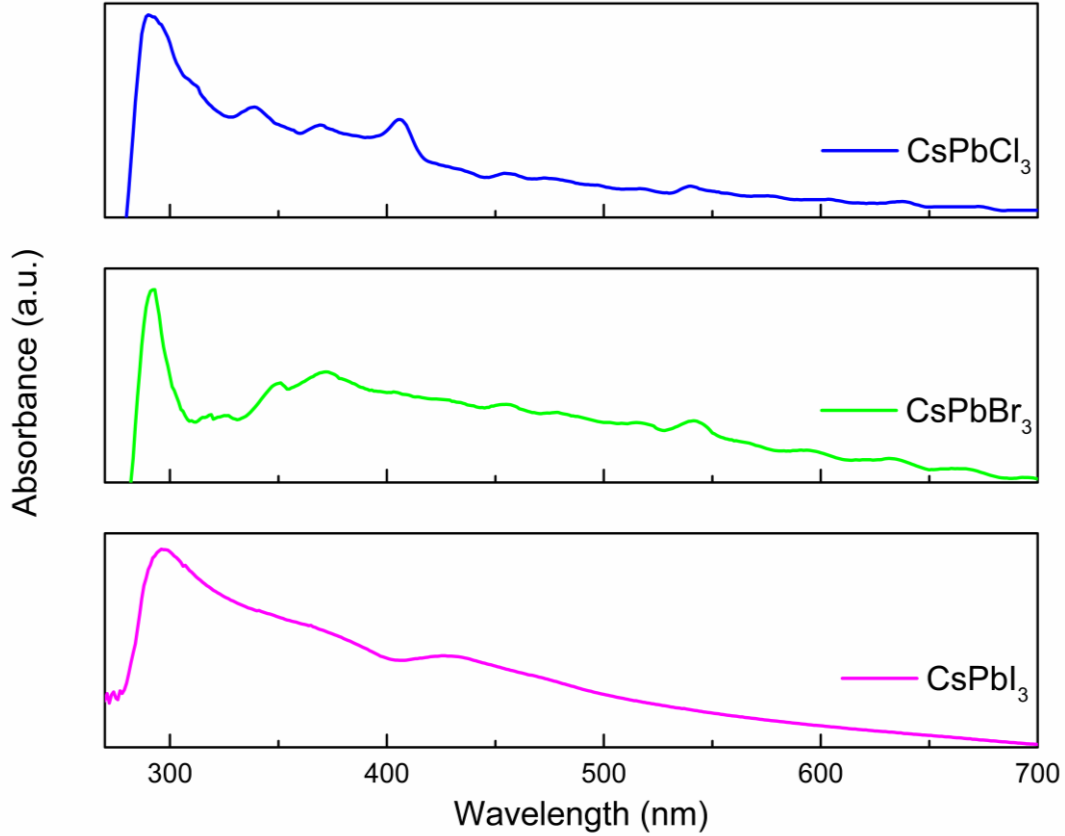
Şekil 1. CsPbX₃ Sentez Basamakları Şematik Gösterimi

2.3. CsPbX₃ Perovskit Kuantum Noktaların Karakterizasyonu

Per-KN'lerin ultraviyole-görünür (UV-vis) absorpsiyon spektrumu ve Fotolüminesans (PL) spektrumları sırasıyla bir Biochrom Libra S22 ve Perkin Elmer LS-55 fotolüminesans spektrometreleri kullanılarak elde edilmiştir. CsPbX₃ kuantum noktaları X-ışını kırınım ölçümleri, 40 kV ve 30 mA'de çalışan bir Bruker D8 Advance X-ışını difraktometresi kullanılarak, Ni-filtreli Cu K α radyasyonu ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) ve konuma duyarlı bir dedektör kullanılarak ortam koşullarında gerçekleştirilmiştir.

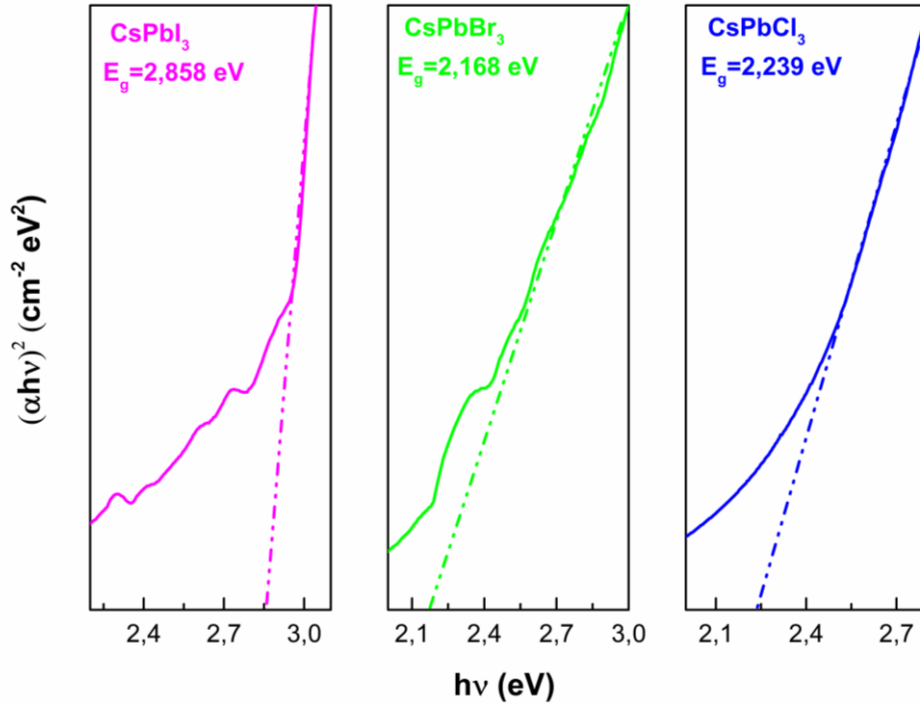
3. Bulgular ve Tartışma

Ligant destekli yeniden çöktürme yöntemi (LARP) Şekil – 1’ de detaylı olarak verilmiştir. Bu yöntem ile Cl, Br, I gibi farklı halojenler kullanılarak sentezlenen CsPbX₃ (X: Cl, Br, I) Per-KN’ lar perovskit kuantum noktalarının (Per-KN) yapısal ve morfolojik karakterizasyonları X-ışını difraktometresi (XRD) tekniği kullanılarak karakterize edilmiştir. Per-KN çözeltisinin optik analizleri UV- Vis spektrometresi ile incelenmiştir. Şekil 2’ de saflaştırılmış kolloidal Per-KN’ların hekszanda hazırlanmış çözeltilerinin UV-Vis absorpsiyon spektrumları verilmiştir. Görüldüğü gibi optik bant aralığı enerjisi, halojenür bileşimi ayarlanarak neredeyse tüm görünür aralıkta (yaklaşık 400–700 nm) ayarlanabilmektedir. Sentezlenen Per-KN’ ların UV-Vis absorpsiyon spektrumlarının literatürde sentezlenen tek halojenli Per-KN’ lar ile uyumlu olduğu görülmektedir (Tong, Bladt et al. 2016).



Şekil 2. Per-KN’ların UV-Vis absorpsiyon spektrumları

Ayrıca Per-KN’ ların optik bant boşlukları (E_g), Şekil 3’ te gösterildiği Tauc denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. CsPbI₃, CsPbCl₃ ve CsPbBr₃ KN’ lar için E_g değerleri sırasıyla 2,858, 2,239 ve 2,168 eV olarak hesaplanmıştır. Per-KN’ ların bant aralığı enerjisindeki değişimler, kristallerin kuantum boyutu etkisinden kaynaklanan farklı doğrudan bant aralıklarıyla çeşitli uyarma enerjisine yanıt verebileceğinin göstermektedir. Belirlenen bu E_g değerleri ~400 - 600 nm aralığındaki dalga boyuna karşılık gelmektedir. Bu değerler, Şekil 2’ deki absorpsiyon spektrumlarında gözlemlenenlerle tutarlıdır.

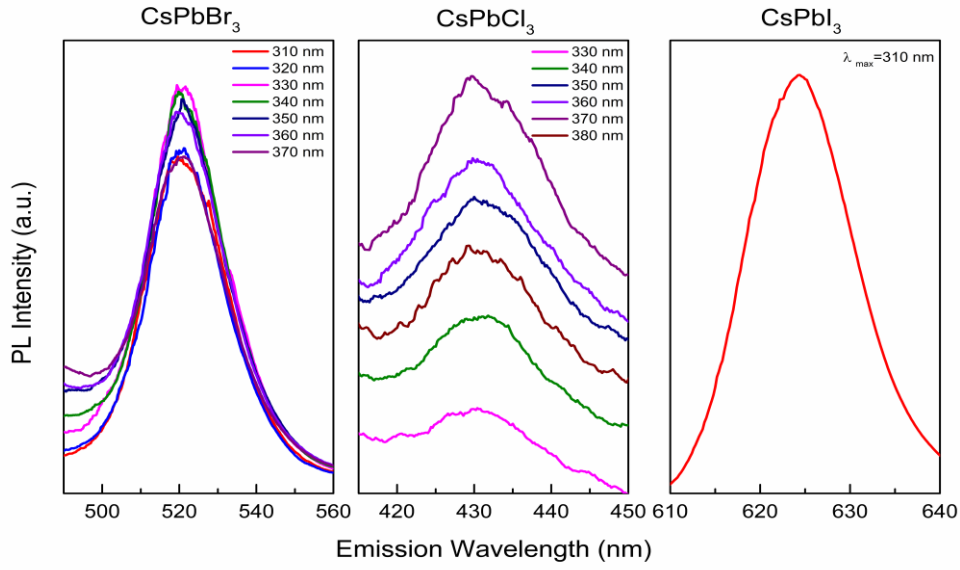


Şekil 3. Per-KN'ların UV-Vis absorpsiyon eğrilerinden elde edilen Tauc grafikleri.

Halojen içeriği değiştirildiğinde gözlenen renk değişiklikleri, floresan spektroskopisi ile ölçülmüştür. Sonuçlar Şekil 4' te verilmektedir. Ek olarak Çizelge 1' de farklı dalga boylarında UV uyarımı üzerine değişen halojenür bileşimlerine sahip CsPbX₃ Per-KN' ların emisyon tepe dalga boyu ve yarı maksimumda tam genişlik (FWHM) parametreleri listelenmektedir. Per-KN' ların PL spektrumları 14,2-22,7 nm bant genişlikleri ile tüm görünür spektral bölge üzerinde bant kenarı eksiton rekombinasyonuna atfedilebilecek olan ayarlanabilir emisyon bandı sergilemiştir. CsPbX₃ Per-KN' ların her birinin Çizelge 1' de görüldüğü gibi belirli dalga boylarında keskin pikler vermiş olmaları nanokristallerin tek biçimli boyut dağılımı sergilediğini ve uyarma dalga boylarının değiştirilmesiyle değişmediğini göstermektedir. CsPbBr₃ ve CsPbCl₃ Per-KN' ların uyarma dalga boyunun artmasıyla PL yoğunluğu artmış ve sırasıyla 330 nm ve 370 nm'de maksimum değeri göstermiştir. Sentezlenen Per-KN' ların emisyon dalga boylarının literatürle uyumlu olması sentezlerin başarıyla gerçekleştiğini göstermektedir (Wang, Chesman et al. 2017, Chen, Li et al. 2021). PL kuantum verimlilikleri (PLQY) ise CsPbBr₃ > CsPbCl₃ > CsPbI₃ KN şeklinde değişiklik göstermiştir.

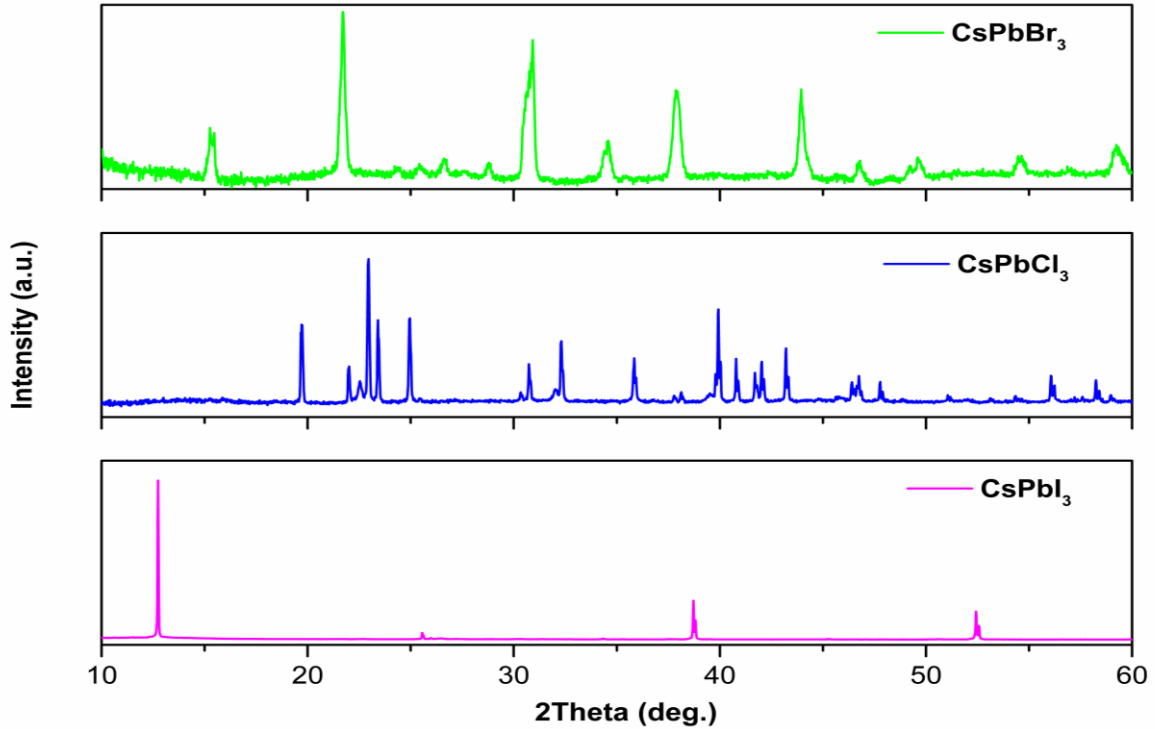
Çizelge 1. 360 nm'de UV uyarımı üzerine değişen halojenür bileşimlerine sahip CsPbX₃ Per-KN' ların fotoluminesans (PL) parametreleri: emisyon tepe dalga boyu ve yarı maksimumda tam genişlik (FWHM).

| Per-KN | Emisyon Piki (nm) | FWHM (nm) | Kuantum Verimi (%) |
|---------------------|-------------------|-----------|--------------------|
| CsPbBr ₃ | 520,9 | 21,3 | 53,48 |
| CsPbCl ₃ | 430,4 | 22,7 | 47,11 |
| CsPbI ₃ | 624,3 | 14,2 | 75,42 |



Şekil 4. Per-KN'ların PL spektrumları.

Şekil 5 (a-c) CsPbX₃ Per-KN'ların XRD desenlerini göstermektedir. CsPbBr₃ ve CsPbCl₃ KN'lar için toz numune kullanılırken, CsPbI₃ KN için ITO kaplı alttaş üzerinde hazırlanan ince film numune olarak kullanılmıştır. Bunun nedeni CsPbI₃ KN'larında sentez sonrası karşılaşılan stabilite problemi olmuştur.



Şekil 5 (a-c). Per-KN'ların XRD desenleri

Şekil 5 (a)'da CsPbBr₃ KN'larının XRD desenine bakıldığında 15,21°, 21,78°, 26,63°, 30,98°, 34,56°, 37,89°, 44,03° ve 46,93° de sırasıyla (100), (110), (111), (200), (210), (211), (220) ve (300) düzlemlerine karşılık sekiz belirgin tepe sergilediği görülmektedir. Bu piklerin kübik fazı doğrulayan standart veri dosyasıyla (JCPDS No. 54-0752) tutarlı olduğu bilinmektedir (Chen, Li et al. 2021). Şekil 3 (b) ise CsPbCl₃ KN'larının tüm kırınım

zirvelerini göstermektedir 19,53°, 22,82°, 32,41°, 35,88°, 39,83°, 43,2°, 51,31° ve 56,08° kırınım zirveleri (010), (011), (020), (012), (121), (022), (130) ve (222) düzlemlerine karşılık gelmektedir (JCPDS No. 18 # 0366) (Bhat, Khandy et al. 2021). Şekil 3 (c)' de görüldüğü gibi CsPbI₃ Per-KN ince filminin 12,7°, 22,98°, 25,46°, 26,1°, 30,15°, 34,34° ve 38,62° de görülen pikler γ -CsPbI₃ perovskit yapısının (110), (120), (121), (022), (220), (130) ve (132) düzlemlerine karşılık gelmektedir (Yan, Guo et al. 2020).

4. Sonuçlar

Özetle yapılan çalışmada CsPbX₃ KN'ların sentezi için LARP metodu kullanılmıştır. Sentezlenen perovskit-KN'ların optik bant aralığı enerjisi, halojenür bileşimi ayarlanarak neredeyse tüm görünür aralıkta (yaklaşık 400–700 nm) ayarlanabilmektedir. CsPbX₃ KN'ların XRD desenine bakıldığında spesifik bölgelerde belirgin pikler sergilemiştir ve bu pikler kübik fazı doğrulayan standart veri dosyalarıyla tutarlıdır. Sentezlenmiş olan Perovskit KN yapılarının kuantum verimleri hesaplanmış ve CsPbCl₃, CsPbBr₃, CsPbI₃ için kuantum verim değerleri sırasıyla %47,11; %53,48 ve %75,42 olarak hesaplanmıştır. Halojen içeriği değiştirildiğinde gözlenen renk değişiklikleri, floresan spektroskopisi ile ölçülmüştür. Per-KN'ların PL spektrumlarının 14,2-22,7 nm bant genişlikleri ile tüm görünür spektral bölge üzerinde bant kenarı eksiton rekombinasyonuna atfedilebilecek olan ayarlanabilir emisyon bandı sergilediği görülmüştür.

Kaynaklar

1. Akkerman, Q. A., V. D'Innocenzo, S. Accornero, A. Scarpellini, A. Petrozza, M. Prato and L. J. J. o. t. & A. C. S. Manna (2015). "Tuning the optical properties of cesium lead halide perovskite nanocrystals by anion exchange reactions." *137*(32): 10276-10281
2. Bhat, A. A., S. A. Khandy, I. Islam and R. Tomar (2021). "Optical, electrochemical and photocatalytic properties of cobalt doped CsPbCl₃ nanostructures: a one-pot synthesis approach." *Scientific Reports* 11(1): 16473.
3. Chen, H., R. Li, A. Guo and Y. Xia (2021). "Highly fluorescent CsPbBr₃/TiO₂ core/shell perovskite nanocrystals with excellent stability." *SN Applied Sciences* 3(6): 654.
4. De Roo, J., M. Ibáñez, P. Geiregat, G. Nedelcu, W. Walravens, J. Maes, J. C. Martins, I. Van Driessche, M. V. Kovalenko and Z. J. A. n. Hens (2016). "Highly dynamic ligand binding and light absorption coefficient of cesium lead bromide perovskite nanocrystals." *10*(2): 2071-2081.
5. de Weerd, C., L. Gomez, A. Capretti, D. M. Lebrun, E. Matsubara, J. Lin, M. Ashida, F. C. Spoor, L. D. Siebbeles and A. J. J. N. c. Houtepen (2018). "Efficient carrier multiplication in CsPbI₃ perovskite nanocrystals." *9*(1): 4199.
6. Dong, H., C. Zhang, X. Liu, J. Yao and Y. S. J. C. S. R. Zhao (2020). "Materials chemistry and engineering in metal halide perovskite lasers." *49*(3): 951-982.
7. Dong, Y., Y. Zou, J. Song, X. Song and H. J. J. o. M. C. C. Zeng (2017). "Recent progress of metal halide perovskite photodetectors." *5*(44): 11369-11394.
8. Gao, H., S. Liu, Z. Xue, W. Liu, Y. Nie, G. Chen and X. J. J. o. L. Li (2019). "Synthesis and photoluminescence properties of CsPbBr₃ quantum dots by using para-xylene as the anti-solvent." *215*: 116584.
9. Green, M. A., A. Ho-Baillie and H. J. J. N. p. Snaith (2014). "The emergence of perovskite solar cells." *8*(7): 506-514.
10. Hu, Z., Z. Liu, Z. Zhan, T. Shi, J. Du, X. Tang and Y. J. A. P. Leng (2021). "Advances in metal halide perovskite lasers: synthetic strategies, morphology control, and lasing emission." *3*(3): 034002-034002.
11. Jung, H. S. and N. G. J. s. Park (2015). "Perovskite solar cells: from materials to devices." *11*(1): 10-25.
12. Li, J., C. Ren, X. Qiu, X. Lin, R. Chen, C. Yin and T. J. P. R. He (2018). "Ultrafast optical nonlinearity of blue-emitting perovskite nanocrystals." *6*(6): 554-559.
13. Li, X., Y. Wu, S. Zhang, B. Cai, Y. Gu, J. Song and H. J. A. F. M. Zeng (2016). "CsPbX₃ quantum dots for lighting and displays: room-temperature synthesis, photoluminescence superiorities, underlying origins and white light-emitting diodes." *26*(15): 2435-2445.
14. Liu, S., M. He, X. Di, P. Li, W. Xiang and X. J. C. I. Liang (2018). "Precipitation and tunable emission of cesium lead halide perovskites (CsPbX₃, X= Br, I) QDs in borosilicate glass." *44*(4): 4496-4499.

15. Pan, Q., H. Hu, Y. Zou, M. Chen, L. Wu, D. Yang, X. Yuan, J. Fan, B. Sun and Q. J. J. o. M. C. C. Zhang (2017). "Microwave-assisted synthesis of high-quality "all-inorganic" CsPbX₃ (X= Cl, Br, I) perovskite nanocrystals and their application in light emitting diodes." 5(42): 10947-10954.
16. Protesescu, L., S. Yakunin, M. I. Bodnarchuk, F. Krieg, R. Caputo, C. H. Hendon, R. X. Yang, A. Walsh and M. V. J. N. I. Kovalenko (2015). "Nanocrystals of cesium lead halide perovskites (CsPbX₃, X= Cl, Br, and I): novel optoelectronic materials showing bright emission with wide color gamut." 15(6): 3692-3696.
17. Rong, Y., Y. Hu, A. Mei, H. Tan, M. I. Saidaminov, S. I. Seok, M. D. McGehee, E. H. Sargent and H. J. S. Han (2018). "Challenges for commercializing perovskite solar cells." 361(6408): eaat8235.
18. Shen, C., O. Acar, W. Y. Shih and W.-H. J. A. A. N. M. Shih (2021). "Stabilization of MAPbI₃ Nanocrystals by Dual Ligands for Photodetectors." 4(10): 10334-10343.
19. Shwetharani, R., V. Nayak, M. Jyothi, R. G. J. J. o. A. Balakrishna and Compounds (2020). "Review on recent advances of core-shell structured lead halide perovskites quantum dots." 834: 155246.
20. Tan, Z.-K., R. S. Moghaddam, M. L. Lai, P. Docampo, R. Higler, F. Deschler, M. Price, A. Sadhanala, L. M. Pazos and D. J. N. n. Credgington (2014). "Bright light-emitting diodes based on organometal halide perovskite." 9(9): 687-692.
21. Tang, Y., Y. Zhang, B. Liu, X. He, H. Yuan and Y. Xin (2023). "In-situ synthesis of MAPbBr₃ perovskite quantum dot-polycaprolactone composites with enhanced photoluminescence quantum yield and stability." *Materials Today Communications* 35: 106220.
22. Tong, Y., E. Bladt, M. F. Aygüler, A. Manzi, K. Z. Milowska, V. A. Hintermayr, P. Docampo, S. Bals, A. S. Urban, L. Polavarapu and J. Feldmann (2016). "Highly Luminescent Cesium Lead Halide Perovskite Nanocrystals with Tunable Composition and Thickness by Ultrasonication." *Angewandte Chemie International Edition* 55(44): 13887-13892.
23. Van Le, Q., H. W. Jang and S. Y. J. S. M. Kim (2018). "Recent advances toward high-efficiency halide perovskite light-emitting diodes: review and perspective." 2(10): 1700419.
24. Wang, C., A. S. R. Chesman and J. J. Jasieniak (2017). "Stabilizing the cubic perovskite phase of CsPbI₃ nanocrystals by using an alkyl phosphinic acid." *Chemical Communications* 53(1): 232-235.
25. Wang, H. C., Z. Bao, H. Y. Tsai, A. C. Tang and R. S. J. S. Liu (2018). "Perovskite quantum dots and their application in light-emitting diodes." 14(1): 1702433.
26. Wang, L., Y. Zhu, H. Liu, J. Gong, W. Wang, S. Guo, Y. Yu, H. Peng, Y. J. A. a. m. Liao and interfaces (2019). "Giant stability enhancement of CsPbX₃ nanocrystal films by plasma-induced ligand polymerization." 11(38): 35270-35276.
27. Wang, Y., X. Li, X. Zhao, L. Xiao, H. Zeng and H. J. N. I. Sun (2016). "Nonlinear absorption and low-threshold multiphoton pumped stimulated emission from all-inorganic perovskite nanocrystals." 16(1): 448-453.
28. Yan, W., Y. Guo, D. Beri, S. Dottermusch, H. Chen and B. S. Richards (2020). "Experimental Determination of Complex Optical Constants of Air-Stable Inorganic CsPbI₃ Perovskite Thin Films." *physica status solidi (RRL) – Rapid Research Letters* 14(6): 2000070.
29. Ye, S., J.-Y. Sun, Y.-H. Han, Y.-Y. Zhou, Q.-Y. J. A. a. m. Zhang and interfaces (2018). "Confining Mn²⁺-doped lead halide perovskite in zeolite-Y as ultrastable orange-red phosphor composites for white light-emitting diodes." 10(29): 24656-24664.

EKRAN ALTI PANEL VE LAZER İLE DOKUNMATİK EKRAN UYGULAMASI

Çağatay Paçacı^{1*}

¹Kastamonu Bilim ve Sanat Merkezi

Öz

Dokunmatik ekranlar sisteme veri girişini sağlayan temaslı yüzey sensörleri olarak tanımlanmaktadır. Teknolojik gelişmeler dokunmatik ekran sistemlerini daha kullanıcı dostu ve yaygın hale getirmesi ile birçok elektronik ürün artık bu ekranlara sahiptir. Dokunmatik ekranlar çok farklı teknolojiler ile dokunma koordinatlarını tanımlanmaktadır. Bunun yanında hızlı ve konforlu bir etkileşim aracı olan bu ekranların uygulama açısından ciddi sınırlılıkları da bulunmaktadır. Örneğin, ekran büyüklüğü, çoklu etkileşim, eldiven ve ıslak yüzeylerde dokunma problemi gibi sorunlar kullanım sürecinde bazı sınırlılıklar oluşturmaktadır. Bu sorunlar farklı özelliklere sahip ekran tipleri ile aşılmaya çalışılsa da henüz istenilen verime ulaşamamıştır.

Bu çalışmanın öncelikli amacı normal kullanıma ek olarak eldiven veya lazer işaretçiler kullanarak etkin şekilde çalışabilecek dokunmatik ekran uygulaması yapmaktır. Çalışmanın temel prensibi fotodirençlerden faydalanarak dokunma koordinatının belirlenmesine dayanır. Tasarlanan dokunmatik ekran optik ve akustik ekranlara benzemekle birlikte ekran altı panel uygulaması örneğidir.

Anahtar Kelimeler: Dokunmatik ekran, lazer, panel, piyano, LDR

TOUCH SCREEN APPLICATION WITH UNDER SCREEN PANEL AND LASER

Extended Abstract

Touch screens can be defined as contact surface sensors that enable data entry into the system. As technological developments have made touch screen systems more user-friendly and widespread, many electronic products now have these screens. Touch screens define touch coordinates with many different technologies. In addition, these screens, which are a fast and comfortable interaction tool, also have serious limitations regarding their application. For example, such as screen size, multiple interactions, gloves and touching problems on wet surfaces create some limitations in the usage process. Although these problems have been tried to be overcome with screen types with different features, the desired efficiency has not been achieved yet.

In this study, the resistance value we obtained from each LDR was used to obtain a different note. Since there are a total of 6 analog output pins (A0, A1, A2, A3, A4, A5) and 13 notes, the intermediate notes (sharp-flat) and the last three notes are coded according to the value received from two LDRs.

The main purpose of this study is to make a touch screen application that can work effectively using gloves or laser. Unlike the acoustic and optical systems of the applied screen, the location identification panel is placed under the screen, not at the edges. In this sense, working principle is similar to acoustic and optical systems but provides certain flexibility. The basic principle of the work is to define the touch coordinate by using photosensitive resistors. Although the designed touch screen is similar to optical and acoustic screens, it is an example of an under-screen panel application.

Keywords: Touchscreen, laser, panel, piano, LDR

1. Giriş

Dokunmatik ekran belli bir LCD ekran üzerine yaklaşma veya dokunma ile ekranın hangi noktasında etkileşim olduğunu saptayan ve gerekli yazılımlar ile yorumlayan etkileşimli yüzeylerdir (Korkmaz, 2015). Akıllı telefon, tablet, bilgisayar gibi birçok teknolojik araç dokunmatik ekran teknolojisini çok etkin olarak kullanmaktadır. Bu sistemler dokunmanın daha etkin ve hızlı algılanması ile kullanıcılara daha konforlu bir etkileşim sağlamıştır. Bu teknolojinin tarihi yaklaşık 50 yıllık bir geçmişe dayanmaktadır. İlk olarak 1965 yılında E.A. Johnson tarafından hava trafik kontrolü için tasarlanmış ve 1967 yılında patenti alınmıştır (Leslie, 2016). Bu sistem akıllı telefonlarda ise ilk olarak Apple tarafından 2007 yılında piyasaya sürülmüştür (Krithikaa, 2016). Günümüzde, saydam dokunmatik yüzeyler (Lee vd., 2008), esnek dokunmatik yüzeyler (Guo vd., 2021; Yao & Zhu, 2014; Zhao vd., 2022), giyilebilir dokunmatik yüzey tasarımları (Jeon vd., 2015), üzerine yoğun çalışmalar sürmektedir. Halen hızlı bir şekilde gelişim kaydeden ve hızla değişen bu sistemleri anlamak ve uygulamak son derece önemlidir. Çalışma prensibi olarak, öncelikle grafik led yüzey etkileşiminin hangi koordinatlarda olduğunu saptar ve kontrol sistemine aktarır. Bu sistem de gerekli yazılımlar ile istenilen işlemleri hayata geçirir (Çakır vd., 2012). Dokunmatik ekranların, ekran büyüklüğüne, kullanım amacına ve işlevine göre çeşitli tasarımları bulunmaktadır. Temel anlamda 4 farklı çalışma prensibine sahip olan bu teknolojiler; rezistif (üzerine uygulanan basınç), kapasitif (elektriksel alan değişimi), optik (optik sensörler) ve akustik (yüksek frekanslı ses dalgaları) dokunmatik ekranlar olarak adlandırılmaktadır (Nam vd., 2021).

1.1 Rezistif Dokunmatik Ekranlar

Bu ekranlarda, esnek üst katman, altında ise esnemeyen ve yalıtım noktaları ile ayrılmış iletim tabakası bulunur (Downs, 2005). Üst katman polistiren içerikli bir malzemeden oluşur. Üst ve iletim katmanların birbirine bakan içi kısımları indiyum çinko oksit (ITO) gibi iletken ve yüzeyler arasındaki elektriksel etkileşimi kolaylaştıran sert bir malzeme ile kaplıdır (Hecht vd., 2009). Esnek yüzeye uygulanan basınç iki yüzeyin temasını sağlarken bir anahtarlama görevi de görür. Bu basınç ile denetleyici katmanlar arasındaki voltaj değişir ve ortaya çıkan değişimle X ve Y koordinatları işlemciye aktarılır. Dokunmanın meydana geldiği nokta bu sayede yüzey denetleyicisi tarafından belirlenir.

Bazı rezistif ekranlarda piezo-elektrik madde kullanılarak basınç ile dokunma noktasının tanımlanması sağlanmıştır. Bu tip ekranlar yüzey alanından bağımsız olarak çalışır ve ısınma problemine karşı daha dirençlidir. Bu ekranların en önemli sorunu istenilen çözünürlükte görüntü oluşturamamasıdır. Bu nedenle yüksek çözünürlüklü sistemlerde tercih edilmezler (Korkmaz, 2015). Rezistif dokunmatik ekranlar genellikle daha uygun fiyatlıdır ancak yaklaşık %75'lik bir hassasiyet sunar ve üst katman diğer ekranlara göre daha hassastır (Bhalla & Bhalla, 2010).

1.2 Kapasitif Dokunmatik Ekranlar

Yüksek çözünürlükte görüntü elde etmeye olanak sağlaması ve çoklu temas ile hassas bir ölçüm elde edilmesinden dolayı günümüzde en çok tercih edilen ekran tiplerinden biridir (Barrett & Omote, 2010). Diğer yöntemlere ek olarak 3B dokunma noktasının tanımlanmasına da olanak sağlayan bu ekranlar elektriksel alan ve arka plan ışınımını etkin olarak kullanırlar (Gao vd., 2016). z-koordinatında konum belirleme için elektriksel alanın etkisi ile parmak ve üst katman arasındaki uzaklık belirlenir. Bunu sağlamak için ekranın 4 köşesine elektriksel alan uygulanır. Dokunma noktasında bir elektriksel alan değişimi meydana gelir ve işlemciye bu bilgi iletilir (Walker, 2014). Diğer ekranlara göre daha uzun ömürlü (Goertz vd., 2017) olmakla birlikte bu ekranlarında temel duyarlılık alanları bulunmaktadır. LED ve OLED TV gibi 22inç üzeri yüzeylerde kullanımı yüksek elektriksel alan oluşturma gereğinden dolayı çok mümkün değildir (Barrett & Omote, 2010). Köşelerden uygulanan elektriksel alanın belirli bir yüzey için kullanılabilir olması gerekir. Bu nedenle yüksek elektriksel alana ihtiyaç duyar ve bu durum ısınma problemi oluşturur. Yani ısınmaya karşı hassas oldukları için belirli bir akım ve gerilim altında çalışabilirler (Bhalla & Bhalla, 2010).

1.3 Optik Dokunmatik Ekranlar

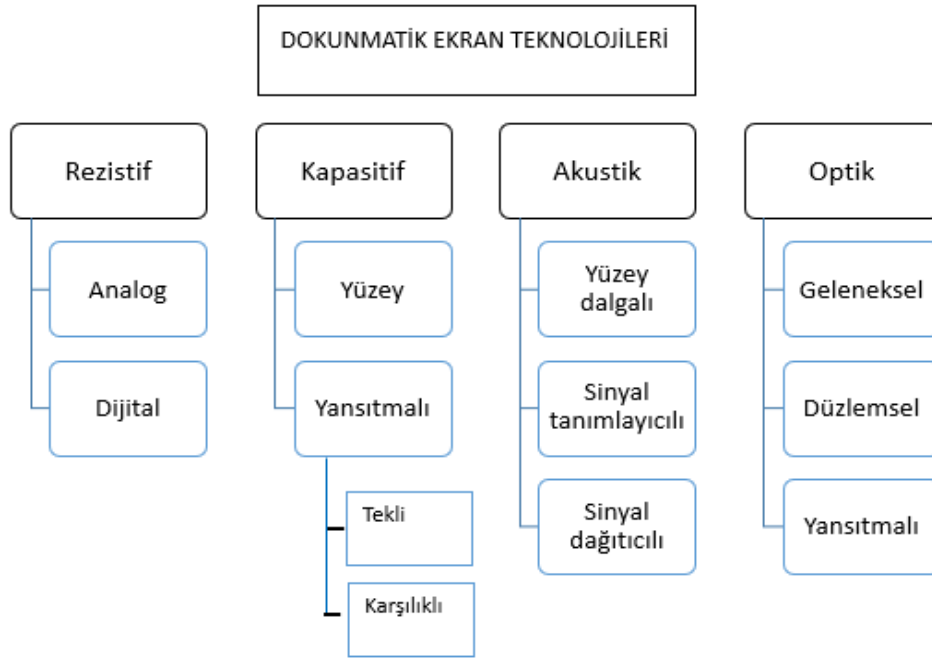
Optik LED kaynaklarını ve ekran kenarları boyunca optik dedektörleri kullanarak ışın demetindeki bozulma koordinatlarını tarayan sistemlerdir (Sharma, 2017). Ekran yüzeyi bir ızgara gibi ışın demetleri ile taranır. Diğer taraftaki ışın dedektörleri tarafından herhangi bir bozulma olup olmadığı sürekli kontrol edilir. Bu sayede ışının

gelmemesi durumunda kontrol sistemine 1, gelmesi durumunda ise 0 verisi gönderilir. Diğer eksenlerde de aynı işlemler tekrarlanır, böylece iki eksenle koordinatlar belirlenmiş olur.

Optik dokunmatik ekranların en büyük sorunu dokunma çözünürlüğünün düşük olmasıdır (Maxwell, 2008). Bu durum parmak ile kullanım açısından problem oluşturmaktadır (Hill, 2002). Kolay çizilebilen ve hassas bir yüzeye sahip olan bu sistemlerde güneş ışığı altında kullanıldıklarında güneş ışığının da sebep olduğu ışınlar nedeni ile aksamalar yaşanabilir (Bhalla & Bhalla, 2010). Önemli bir diğer problem ise sürekli olarak kalibrasyona ihtiyaç duymaktadırlar (Goertz vd., 2017).

1.4 Akustik Dokunmatik Ekranlar

Yüksek frekanslı ses dalgaları ekran üzerinden geçirilir ve akustik dalgaların tüm yüzeyi taraması sağlanır (Sathyan & Manikandan, 2020). Ekranın karşılıklı yüzeylerinde kaynak ve alıcılar bulunmaktadır. Yüzeye yaklaşan cisim tarafından bu dalgaların bir kısmı emilir. Bu sayede alıcılar temas noktası ile ilgili veri sağlar. Rezistif ve kapasitif sistemlere göre daha dayanıklı ve daha uzun ömürlüdürler (Bhalla & Bhalla, 2010). Yüksek hassasiyetli olmakla birlikte ıslak yüzeylerde çalışma hassasiyeti bozulur (Krithikaa, 2016). Şekil 1'de dokunmatik ekran teknoloji kategorileri ile ilgili görsel bulunmaktadır. Çalışmanın temel amacı eldiven veya lazer kullanarak etkin şekilde çalışabilecek dokunmatik ekran uygulaması yapmaktır.



Şekil 1. Dokunmatik ekran teknolojilerinin kategorileri (Nam vd. 2021).

2. Materyal ve Metot

2.1 LDR (Işığa duyarlı direnç)

LDR (ışığa duyarlı direnç) üzerine düşen ışık şiddetine bağlı olarak direnci değişen devre elemanlarıdır (Ahmani & Iqbal, 2017). Yarı iletken bir madde olan kadmiyum sülfid üzerinde taşıyıcı elektronlar barındırmaktadır. Bu elektronlara fotonlar enerjilerini aktardıklarında, elektronlar uyarılarak serbest hale geçerler ve küçük bir etki ile akım oluştururlar (Putri & Aryza, 2018). Serbest elektron miktarı arttıkça akım miktarı da artmaktadır. Bu sayede üzerine düşen ışık şiddeti arttıkça direnç azalır. Bu devre elemanın farklı dalga boylarında ve farklı hassasiyete sahip tipleri bulunmaktadır. Genellikle kadmiyum sülfid oranı değiştirilerek belirli bir ışık şiddeti için elektronların geçiş yaptığı bant genişliği değiştirilebilir. Bu sayede bu devre elemanları üzerine düşen ışınların belirli dalga boyları için çalışabilir hale getirilir.

Bu çalışmada dokunma koordinatının tanımlanması LDR ile gerçekleştirilmiştir. Uygulanan ekranda kullanılan LDR'ler ise görünür ışık aralığına duyarlı, 5mm çapına sahiptir.

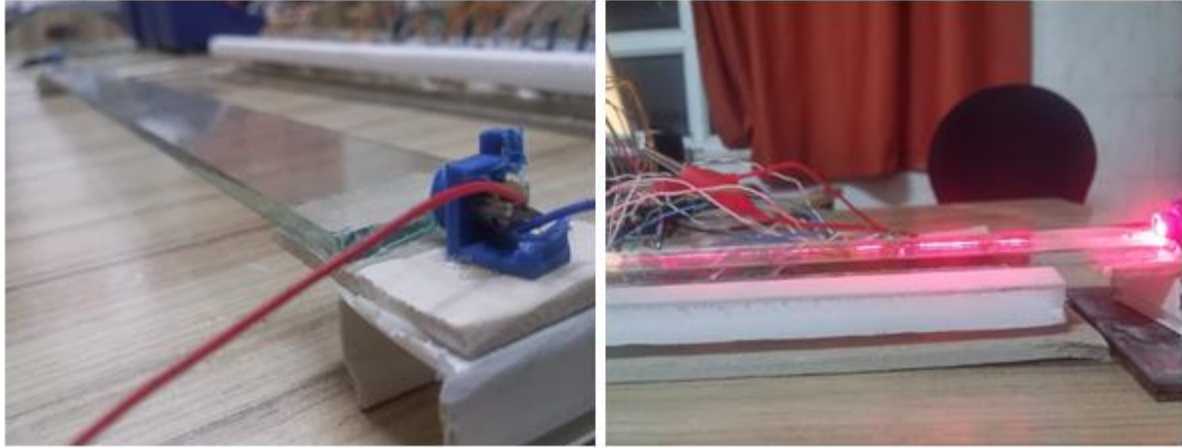
2.2 Lazer kaynağı

Monokromatik özelliğe sahip olan lazerler senkronize olmuş ışın demetlerinden oluşurlar ve dağılma açıları oldukça küçüktür (Koç & Dinçer, 2012). Aktif ortam içinde bir dış etki ile elektronlar yörüngelerini değiştirir ve belirli dalga boylarında ışın yaymaları sağlanır. Lazer ışınlarının rengi aynı zamanda çıkan dalgaların enerji aralığını yansıtır (Kasnak & Fıratlı, 2016). Lazerin gücü (W) lazerin 1 saniyede ürettiği enerji miktarının(joule) bir ölçüsüdür ve bu enerjinin belirli bir alandaki etkisi ise lazerin etki gücünü belirler.

Bu çalışmada dokunma koordinatını belirlemek için ekran üstü 5mW güce sahip kırmızı renkli (650nm) diyot lazer kullanılmıştır. Lazer kaynağının karşısında ise lazer söndürücü kullanılmıştır.

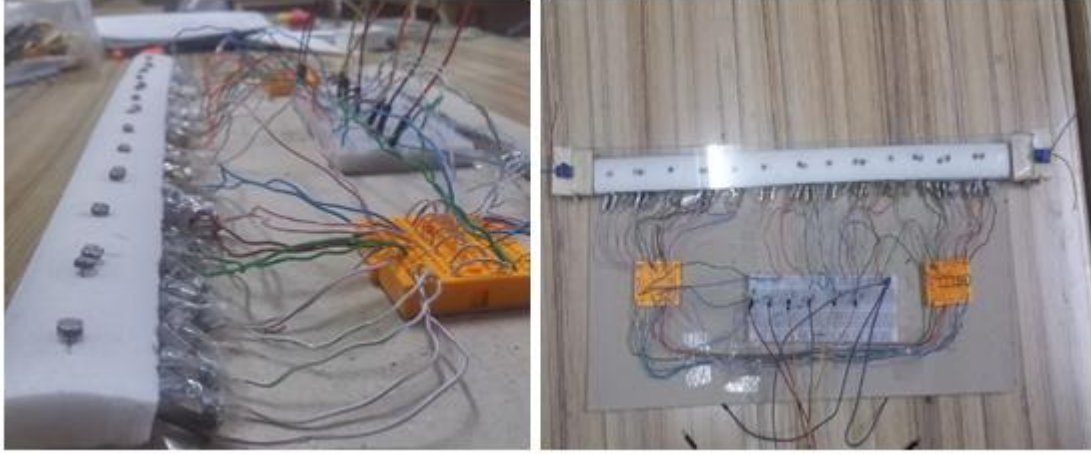
2.3 Ekran Bileşenlerinin Uygulanması

Geliştirdiğimiz ekran; cam yüzey, LDR paneli ve alınan veriyi işleyen mikroişlemci bağlantılarından oluşmaktadır. Ekrandan alınan ışık şiddeti değişimi LDR paneli sayesinde değişken bir akım olarak tanımlanır. Bu değişim işlemciye aktarılır ve işlemci üzerinden farklı notaların çalmasını sağlar.



Şekil 2. Kullanılan cam yüzey ve lazer ışını.

Dokunmatik ekran için 50cm uzunlukta, 3cm genişlikte ve 0,4 cm kalınlığında saydam cam levha kullanıldı (Şekil 2). Saydam cam seçilmesinin yüzeyden yansıyan ışınların camın altındaki LDR ile kaplı algılayıcı yüzeye ulaşmasını sağlar. Bu levha üzerine 2 adet kırmızı renkli 5 mW güce sahip lazer ışını paralel olarak gönderildi. Lazerlerin yüzeye paralel olarak gönderildi ve 1-2mm aralığında yüzeye lazer arasında bir boşluk bırakıldı. Dokunmanın yeterli oranda ışık şiddetini ekran altı LDR'lere yansıtması ve iki noktanın aynı anda çalışmasına olanak sağlaması için lazerler her iki taraftan da uygulandı.



Şekil 3. Dokunmayı algılamak için oluşturulan LDR paneli.

LDR paneli cam ekranın altında, ekrana değecek şekilde uygulandı (Şekil 3). Toplam 20 adet LDR 13 farklı notayı oluşturmak için kullanıldı. Bağlantıların kolay yapılabilmesi için bir kartonpiyer tabaka üzerine yerleştirildi. Her bir LDR işlemciye bağlandı. Fakat işlemcide 6 adet giriş olduğu için bazı notalar iki LDR ile eşleştirildi.

3. Bulgular

Bu çalışmada her bir LDR'den alınan direnç değeri, farklı bir nota elde etmek için kullanılmıştır. Toplam 6 adet analog çıkış pini (A0, A1, A2, A3, A4, A5) ve 13 farklı nota olduğu için ara notalar (diyez-bemol) ve son 3 nota iki adet LDR'den alınan değere göre kodlanmıştır (Şekil 5).

Çalışmada üst panel olarak sayıdan cam yüzey ve dokunma noktasını tanımlamak için LDR paneli kullanılmıştır. Hangi bölgeye dokunulursa o bölgede ışık şiddeti artar. Artan ışık şiddeti ile LDR üzerinde direnç azalır ve işlemciye tanımlı notanın çalması için komut verilir. Tablo 1'de LDR çıkış pinleri ve eşleştirildikleri notalar gösterilmektedir.

Tablo 1. Eşleştirilen notalar ve çıkış pinleri

| Frekans (Hz) | Nota | Çıkış Pinleri |
|--------------|----------|---------------|
| 261,6 | Do | A0 |
| 277,2 | Do# | A0-A1 |
| 293,7 | Re | A1 |
| 311,1 | Re# | A1-A2 |
| 329,6 | Mi | A2 |
| 349,2 | Fa | A3 |
| 370,0 | Fa# | A3-A4 |
| 392,0 | Sol | A4 |
| 415,3 | Sol# | A4-A5 |
| 440,0 | La | A5 |
| 466,2 | Si b | A0-A5 |
| 493,9 | Si | A2-A3 |
| 523,3 | (ince)Do | A0-A2 |

Kullanılan işlemci bir klon Arduino Uno işlemcidir. Notalar Tone() fonksiyonu ile yukarıdaki frekans değerine göre oluşturulmuştur. Dokunmanın hassas olarak algılanabilmesi için ortam ışığından ve lazerden etkilenmemesi gerekmektedir. Bu nedenle kodlama işlemi bağıl olarak gerçekleştirilmiştir. Referans bir fotodirenç üzerinden alınan veri ortam ışığı olarak kaydedilip diğer frekans değerlerinin bu referansa göre atanması sağlanmıştır. Dokunma esnasında komşu notaların etkilenmemesi için belirli bir eşik değeri tanımlanmıştır. Bu sayede hangi notanın üzerine dokunulursa o notanın çalması amaçlanmıştır. Kullanılan program kodları Şekil 4'te, bileşenlerin şematik görünümü Şekil 5'te verilmiştir.

melodika_devre | Arduino 1.8.9

Dosya Düzenle Taslak Araçlar Yardım

```

melodika_devre $

#define speaker 2
#define ldr1 A0
#define ldr2 A1
#define ldr3 A2
#define ldr4 A3
#define ldr5 A4
#define ldr6 A5

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  pinMode(ldr1, INPUT);pinMode(ldr2, INPUT);pinMode(ldr3, INPUT);pinMode(ldr4, INPUT);pinMode(ldr5, INPUT);pinMode(ldr6, INPUT);
}

void loop()
{
  int deger1= analogRead(ldr1);
  int deger2= analogRead(ldr2);
  int deger3= analogRead(ldr3);
  int deger4= analogRead(ldr4);
  int deger5= analogRead(ldr5);
  int deger6= analogRead(ldr6);

  Serial.print("deger1:"); Serial.println(deger1);
  Serial.print("deger2:"); Serial.println(deger2);
  Serial.print("deger3:"); Serial.println(deger3);
  Serial.print("deger4:"); Serial.println(deger4);
  Serial.print("deger5:"); Serial.println(deger5);
  Serial.print("deger6:"); Serial.println(deger6);

  if (deger1> (deger6 + 100)&& deger2< (deger6 + 100)&& deger3<(deger6 + 100)&& deger4<(deger6 + 100)&& deger5<(deger6 + 100)) // do notası
    tone(speaker, 262);

  if (deger1> (deger6 + 100)&& deger2> (deger6 + 100)&& deger3<(deger6 + 100)&& deger4<(deger6 + 100)&& deger5<(deger6 + 100)) // #do notası
    tone(speaker, 277);
  if (deger1< (deger6 + 100)&& deger2> (deger6 + 100)&& deger3<(deger6 + 100)&& deger4<(deger6 + 100)&& deger5<(deger6 + 100)) // re notası
    tone(speaker, 294);

  if (deger1< (deger6 + 100)&& deger2> (deger6 + 100)&& deger3>(deger6 + 100)&& deger4<(deger6 + 100)&& deger5<(deger6 + 100)) // #re notası
    tone(speaker, 311);

  if (deger1< (deger6 + 80)&& deger2< (deger6 + 80)&& deger3>(deger6 + 80)&& deger4<(deger6 + 80)&& deger5<(deger6 + 80)) // mi notası
    tone(speaker, 330);

  if (deger1< (deger6 + 80)&& deger2< (deger6 + 80)&& deger3<(deger6 + 80)&& deger4>(deger6 + 80)&& deger5<(deger6 + 80)) // fa notası
    tone(speaker, 349);

  if (deger1< (deger6 + 80)&& deger2< (deger6 + 80)&& deger3<(deger6 + 80)&& deger4>(deger6 + 80)&& deger5>(deger6 + 80)) // #fa notası
    tone(speaker, 370);

  if (deger1< (deger6 + 80)&& deger2< (deger6 + 80)&& deger3<(deger6 + 80)&& deger4<(deger6 + 80)&& deger5>(deger6 + 80)) // sol notası
    tone(speaker, 392);

  if (deger1< (deger6 + 80)&& deger2< (deger6 + 80)&& deger3<(deger6 + 80)&& deger4<(deger6 + 80)&& deger5>(deger1 + 80)&& deger6>(deger1 + 80)) // sol# notası
    tone(speaker, 415);

  if (deger1< (deger6 + 80)&& deger2< (deger6 + 80)&& deger3<(deger6 + 80)&& deger4<(deger6 + 80)&& deger5<(deger1 + 80)&& deger6>(deger1 + 100)) // la notası
    tone(speaker, 440);

  if (deger1> (deger6 + 80)&& deger2< (deger6 + 80)&& deger3<(deger6 + 80)&& deger4<(deger6 + 80)&& deger5<(deger1 + 80)&& deger6>(deger2 + 80)) // la# notası
    tone(speaker, 464);

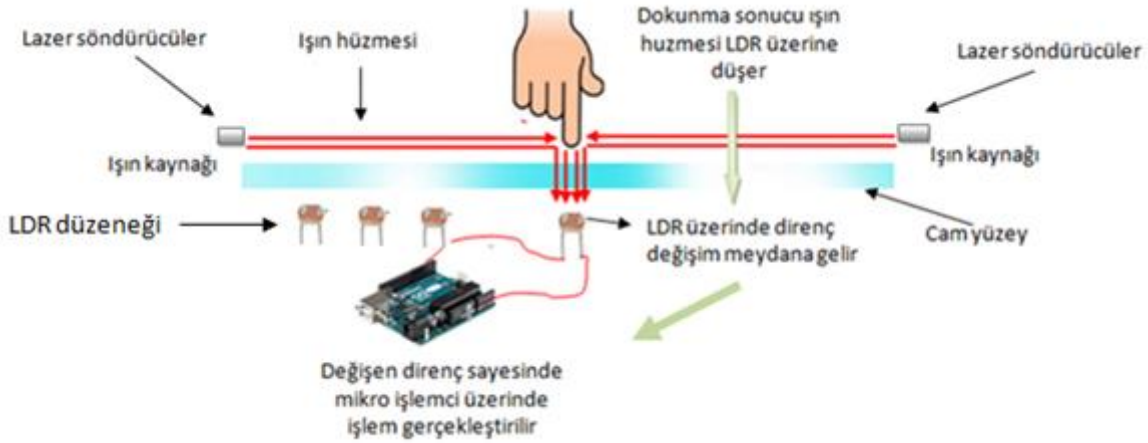
  if (deger1< (deger6 + 80)&& deger2< (deger6 + 80)&& deger3<(deger6 + 80)&& deger4>(deger6 + 80)&& deger5<(deger1 + 80)&& deger6<(deger1 + 80)) // si notası
    tone(speaker, 493);

  if (deger1> (deger6 + 80)&& deger2< (deger6 + 80)&& deger3<(deger6 + 80)&& deger4<(deger6 + 80)&& deger5<(deger1 + 80)&& deger6<(deger1 + 80)) // kalın do notası
    tone(speaker, 523);

  if (deger1<(deger6 + 100)&& deger2<(deger6 + 100)&& deger3<(deger6 + 100)&& deger4<(deger6 + 100)&& deger5<(deger6 + 100)&& deger6<(deger2 + 100)) // susturma
    noTone(speaker);
}

```

Şekil 4. Kullanılan program kodları



Şekil 5. Sistemin bileşenlerinin sematik gösterimi

4. Sonuç ve Tartışma

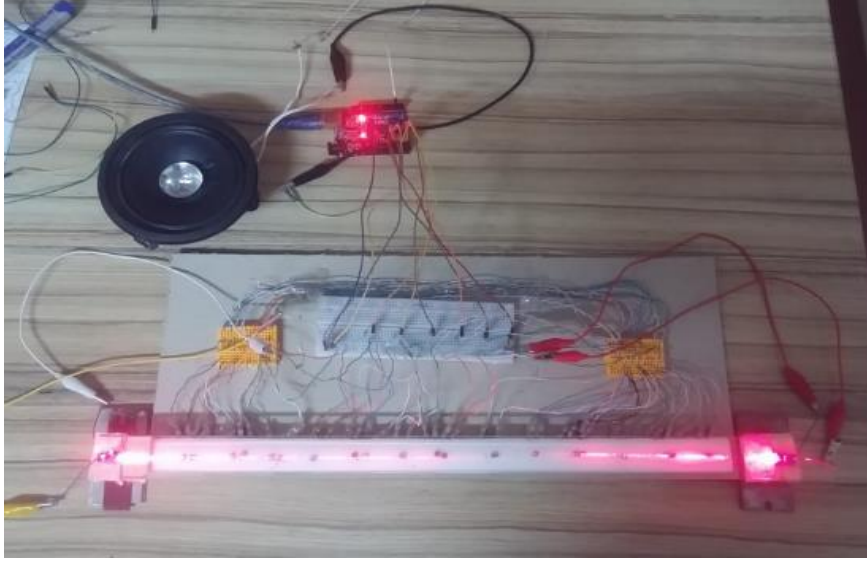
Tasarlanan piyano uygulaması 13 notadan oluşmaktadır (Şekil 6). Uygulanan ekranın akustik ve optik sistemlerden farklı olarak konum tanımlama paneli ekranın kenarlarında değil altına yerleştirilmiştir. Bu anlamda çalışma prensibi akustik ve optik sistemlere benzemekle birlikte belirli esnekliklerde sağlamaktadır. Dokunma hassasiyeti açısından kapasitif ekranlara göre düşük fakat çalışma prensibi aynı olduğu için diğer ekranlarla benzer özellik taşıyor (Tablo 2). Fakat kapasitif ekranlar eldiven ve lazer ile kullanılamazken tasarlanan ekran iki şekilde de kullanılabilir.

Tasarlanan ekranda dokunma çözünürlüğü LDR boyutuna bağlı olduğu için diğer rezistif, akustik ve kapasitif ekranlara göre daha dezavantajlıdır. Bununla birlikte optik ekranlarla benzer bir çalışma prensibi olduğu için orta derecede bir çözünürlüğe sahip olduğu söylenebilir (Tablo 2). Fakat bu tip sert yüzey kullanan ekranlar rezistif ve kapasitif ekranlara göre daha dayanıklıdır (Nam vd., 2021). Buna ek olarak, tasarlanan ekran akustik ve optik ekranlar gibi ortam ışığından, sineklerden ve tozdan etkilenir ve kalibrasyona ihtiyaç duyarlar fakat rezistif ekranlar kalibrasyon ihtiyacı duymazlar (Sathyan ve Manikandan 2020). Bu anlamda tasarlanan ekran, rezistif ekranlar orta derecede ortamdaki etkilediği söylenebilir.

Bunun yanında Barrett & Omote (2010) ve Hoye (2010) kapasitif ve rezistif sistemlerin büyük yüzeyler için oluşturduğu yüksek elektriksel alan nedeni ile performanslarının büyük yüzeylerde düşük olduğunu ifade ediyor. Uygulanan ekranda elektriksel alan oluşturulmadığı için ısınma etkisinden ve yüzeyin büyüklüğünden daha az etkilenmektedir.

Çoklu dokunma dokunmatik ekranların benzer sınırlılıklarından biridir. Bu tasarım kapsamında ise farklı yönlerden lazer kullanıldığı için karşılıklı dokunmaya izin vermektedir. Rezistif, akustik ve optik ekranlar görece daha büyük yüzeylerde kullanılırken bu ekranlar sadece tek dokunma noktasına duyarlıdır. Bunun yanında kapasitif ekranlar ve tasarlanan ekran eş zamanlı iki dokunmaya (mutual touch) izin verir (Nam vd., 2021).

Tasarlanan ekran ortam ışığından etkilenmekte ve bu etkiyi azaltmak için kodlama yapılırken direnç değişimi birbirine göre karşılaştırarak bağıl direnç değişimi kullanıldı. Ayrıca komşu notaların birbirini etkilememesi için eşik değerleri oluşturuldu. Bu değer bir yandan komşu notaların çalışmasına olanak sağlar fakat sistemin çalışma çözünürlüğünü ciddi şekilde sınırlandırmaktadır. Bu sayede ortamdaki etkilenme hassasiyeti düşürülürken çözünürlükte azalma meydana gelmiştir. Tasarlanan ekranın görüntü netliği ile ilgili ayrıca bir çalışma yapılmamıştır. Farklı dokunmatik ekranların karşılaştırma analizi Tablo 2’de yapılmıştır.



Şekil 6. Tasarlanan sistem

Tablo 2. Dokunmatik ekranların karşılaştırılması.

| | Rezistif | Kapasitif | Optik | Akustik | Tasarlanan ekran |
|---|----------|-----------|--------|---------|------------------|
| Dokunma çözünürlüğü | İyi | Yüksek | Orta | Yüksek | Orta |
| Dokunma hassasiyeti | İyi | Yüksek | İyi | İyi | İyi |
| Eldiven ile kullanılabilirliği | Evet | Hayır | Evet | Evet | Evet |
| Lazer ile kullanılabilirliği | Hayır | Hayır | Hayır | Hayır | Evet |
| Ekran dayanıklılığı | Düşük | İyi | Yüksek | Yüksek | Yüksek |
| Ortamdan etkilenme hassasiyeti | Orta | Orta | Düşük | Düşük | Orta |
| Kullanılması önerilen yüzey büyüklüğü sınırı | Orta | Küçük | Büyük | Büyük | Büyük |
| Kalibrasyon ihtiyacı | Yok | Var | Var | Var | Var |
| Karşılıklı dokunma | Hayır | Evet | Hayır | Hayır | Evet |
| Görüntü netliği | %75–85 | %85–90 | %88– | %92– | - |

Kaynaklar: Barrett & Omote, 2009; Bhalla & Bhalla, 2010; Hoye, 2010; Krithikaa, 2016; Maxwell, 2008; Nam vd., 2021; Sathyan & Manikandan, 2020.

5. Öneriler

Dokunmatik ekranlarda görüntü netliği önemli bir parametredir ve bu çalışmada bununla ilgili bir analiz gerçekleştirilmedi. Diğer bir problem alanı ise LDR'lerin birbirine çok yakın olması durumunda sistemin çalışma hassasiyetinin düşmesidir. Bu da çözünürlüğü önemli ölçüde düşüren bir etkidir. Düşük dokunma çözünürlüğü iki boyutlu koordinat ekseninin tanımlanması ile azaltılabilir. Buna ek olarak kızılötesi ve ultraviyole gibi daha uzun ve daha kısa dalga boylu ışın kaynaklarının etkisi incelenebilir.

Dokunmatik ekranlar sisteme sadece veri girişi sağlayan donanımlardır. Bir elektronik aracın etkinliği donanım kalitesi ile ilgili olduğu kadar yazılım kalitesi ile de ilgilidir. Kodlama kalitesinin tekrar ele alınıp iki boyutta koordinat tanımlanması için geliştirilmesi sistemin etkinliğini artırabilir. Bu ekran uygulaması kodlama etkinliğinden daha çok tasarım boyutuna odaklanmıştır.

Yeni nesil teknolojiler açısından dokunmatik ekran teknolojisi daha çok hologram sistemleri ve esnek ekran sistemleri üzerinde gelişmektedir. Bu alanlarda çalışmaların yapılması önemlidir.

Kaynaklar

1. Ahmani, A., & Iqbal, Z. (2017). Automated color sensor system using ldr and rgb leds controlled by arduino. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(19), 5532-5537.
2. Barrett, G., & Omote, R. (2010). Projected-capacitive touch technology. *Information Display*, 26.
3. Bhalla, M.R., & Bhalla, A.V. (2010). Comparative study of various touchscreen technologies. *International Journal of Computer Applications*, 6(8), 12-18. <https://doi.org/10.5120/1097-1433>
4. Çakır, A., Akbulut, F.T., & Altıntaş, V. (2012). Akademik Bilişim'12 – XIV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 213-217.
5. Downs, R. (2005). Using resistive touch screens for human/machine interface. *Analog Applications Journal*, www.ti.com/aaj.
6. Goertz, M., Eriksson, T., & Shain, J. (2017). Optical touch screen system is using reflected light. Patent. *US Patent Applications*. <https://patents.google.com/patent/us9213443b2/en>
7. Gao, S., Arcos, V., & Nathan, A. (2016). Piezoelectric vs. capacitive based force sensing in capacitive touch panels. *IEEE Access*, 4, 3769-3774. <https://doi.org/10.1109/access.2016.2591535>
8. Guo, X., Yang, F., Liu, W., Han, C., Bai, Y., Sun, X., Hao, L., Jiao, W., & Wang, R. (2021). Skin-inspired self-healing semi-conductive touchscreen based on novel transparent stretchable hydrogels. *Journal Of Materials Chemistry*, 26. <https://doi.org/10.1039/d1ta01892b>
9. Hecht, D.S., Thomas, D., Hu, L., Ladous, C., Lam, T., Park, Y., Irvin, G.C., & Drzaic, P.S. (2009). Carbon-nanotube film on plastic as transparent electrode for resistive touch screens. *Journal of the Society for Information Display*, 17. <https://doi.org/10.1889/jsid17.11.941>
10. Hill, A. (2002). Touch screen technologies: their advantages and disadvantages. *Control Solutions*, 24.
11. Jeon, Y., Jin, H. B., Jung, S., Go, H., Lee, I. Lee, C. Joo, Y. K., & Park, K. (2015). Highly flexible touch screen ekran fabricated with silver nanowire crossing electrodes and transparent bridges. *Journal of the Optical Society of Korea*, 19(5), 508-513.
12. Kasnak, G., & Firath, H.E. (2016). Lazer fiziği ve lazer uygulamalarında temel kavramlar. *Türkiye Klinikleri J Periodontol-Special Topics Review*, 2(2). İstanbul Üniversitesi.
13. Koç, E., & Dinçer, D. (2012). Lazere giriş ve genel bilgiler. *Türk Derm-Deri Hastalıkları ve Frengi Arşivi Dergisi*, 46(1), 2-6.
14. Korkmaz, Z. (2015). MEMS teknikleri kullanarak esnek piezoelektrik dokunsal algılayıcı dizini üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Yayın no:392714. Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
15. Krithikaa, M. (2016). Touch screen technology—a review. *International Journal of Trend in Research and Development*, 3(1), 74-77.
16. Lee, J.Y., Connor, S.T., Cui, Y., & Peumans, P. (2008). Solution processed metal nanowire mesh transparent electrodes. *Nano Lett.* 8, 689-692. <https://doi.org/10.1021/nl073296g>

17. **Leslie, E. (2016).** *Touch screen*. In: Connor, S., Trotter, D. & Purdon, J. editors. *Writing, medium, machine, modern technographics*. 1st ed. London. Open Humanities Press, s.191.
18. **Maxwell, I.E. (2008).** An overview of optical-touch technologies. *Information Display*, 26-30.
19. **Nam, H., Seol, K., Lee, J., Cho, H., & Jung, S.W. (2021).** Review of capacitive touchscreen technologies: overview, research trends, and machine learning approaches. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(14), 4776. <https://doi.org/10.3390/s21144776>
20. **Sathyan, A., & Manikandan, L.C. (2020).** A study and analysis of touch screen technologies. *Int J Sci Res CSE & IT*, 6(3), 737-744. <https://doi.org/10.32628/cseit2063184>
21. **Sharma, H. (2017).** A review paper on touch screen, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 5(23), 1-3.
22. **Putri, M. & Aryza, S. (2018).** Design of security tools using sensor light dependent resistor (ldr) through mobile phone. *International Journal for Innovative Research in Multidisciplinary Field*, 4(10), 168-173. <https://patents.google.com/patent/us20170249033a1/en>
23. **Walker, G. (2014).** *Fundamentals of projected-capacitive touch technology*. Santa Clara, CA, USA: Intel Corp.
24. **Yao, S., & Zhu, Y. (2014).** Wearable multifunctional sensors using printed stretchable conductors made of silver nanowires. *Nanoscale*, 6, 2345-2352. <https://doi.org/10.1039/c3nr05496a>
25. **Zhao, X., Yang, S., Wen, X., Huang, Q., Qiu, P., Wei, T., Zhang, H., Wang, J., Zhang, D., Shi, X., & Lu, H. (2022).** A fully flexible intelligent thermal touch panel based on intrinsically plastic ag2s semiconductor. *Advanced Materials*, 34, 1-7. <https://doi.org/10.1002/adma.202107479>