LED IŞIĞININ HOMEJENLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Eldar MUSAYEV

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Elektronik Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa
e-mail: eldar@uludag.edu.tr

ABSTARCT

In this study, types of LEDs are analyzed. An experimental setup has been implemented to examine the homogeny of light intensity in the light spot. It is shown that LEDs has structural and real optical axes. Displacements between structural and real optical axes have been measured for different types of LEDs. It is shown that light spot of LED has three rings (areas). It is also shown that light intensities of inner and outer areas are low, but that of medium area is high.

Diameters of light spots have been measured for specific distances (and for different light emitters) between the light emitter and measurement areas. Photosignal ratios formed in low and high areas have been measured for different light emitters. Measurement results have been given in tables. The results show that light spot parameters of same type light emitters are different.

KEY WORDS: LED, semiconductor light emitter, light spot, inhomogeneous, experimental setup, parameters.

ÖZET

LED'lerin (yarıiletken ışın vericilerin) çeşitleri incelenmiştir. Işın lekesinde ışın şiddetinin homojenliğini (dağılımını) araştırmak için bir deney seti geliştirilmiştir. LED'lerin yapısal ve gerçek optik eksenlerinin olduğu gösterilmiştir. Çeşitli yarıiletken ışın vericiler için yapısal ve gerçek optik eksenler arasında oluşan kaymalar ölçülmüştür. LED'in ışın lekesinin üç halkalı (üç bölgeli) şeklinde ifade edilmesi önerilmiştir. İçteki bölge az parlaklı, ortadaki bölge yüksek parlaklıklı ve dıştaki bölgenin az parlaklıklı olduğu gösterilmiştir.

Işın verici ile ölçüldüğü yüzey arasındaki belli mesafeler için (çeşitli ışın vericiler için) bu halkaların çapları ölçülmüştür ve tablo şeklinde verilmiştir. Çeşitli ışın vericiler için yüksek ve düşük parlaklıklı bölgelerden oluşan fotosinyallerin oranları tespit edilmiştir ve tablo şeklinde verilmiştir. Ölçümlerden, aynı tipteki ışın vericilerin leke parametrelerinin farklı olduğu (homojen olmadığı) görülmüştür.

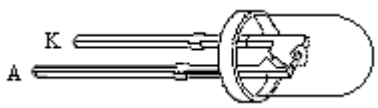
Anahtar Kelimeler: LED, yarıiletken ışın verici, ışın lekesi, homojen olmayan, deney seti, parametreler.

1. GİRİŞ

Günümüzde üretilen LED'lerin ebatları küçük, çalışma frekansları ve ışın güçleri ise yüksektir. Ayrıca akım ile ışın şiddetleri modüle edilebilmektedirler [1-8,14]. Optik spektrumun ultraviole, görünür ve kızılötesi bölgelerinde ışık veren LED'ler üretilebilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı LED'lerin kullanım alanı genişlemiştir. Örneğin LED'ler optik cihazların test edilmesinde [27,29,31,32], aydınlatma sistemlerinde [10,11,22], kontrol ve ölçüm sistemlerinde [24,28], sensör ve dönüştürücülerde, temassız nesne özelliklerinin belirlenmesinde [21,25,30] kullanılırlar.
LED'lerin kullanımında dikkat edilmesi gereken öne önemli parametrelerden biri, LED ışığının ne kadar homojen olduğudur. Bu nedenle LED ışığının homojenliğinin araştırılması, modellenmesi ve pratik kullanım önerilerine ihtiyaç vardır.

2. LED'lerin çeşitleri ve önemli karakteristikleri

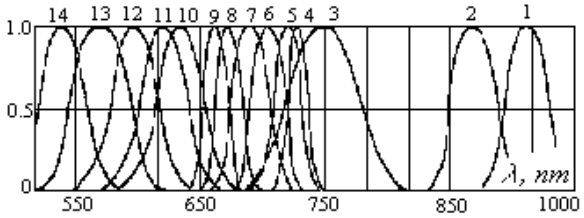
LED'ler kılıflarına göre metal kılıflı ve plastik kılıflı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Plastik kılıflı LED, metal kılıflı LED'lere göre daha yaygın olarak kullanılırlar. Şekil 1'de plastik kılıflı LED'in görünüşü verilmiştir.



Şekil 1. Plastik kılıflı LED'in görüntüsü.

LED'ler yaydıkları ışının dalga boyuna göre ultarviole LED (UVLED), görünür ışık veren LED ve kızılötesi

LED (IRLED) olmak üzere üçe ayrılır. Ultraviole LED'lerin dalga boyu 200nm ile 400nm arasında, görünür ışık veren LED'lerin dalga boyu 400nm ile 700nm arasında ve kızılötesi LED'lerin dalga boyu 800nm ile 4000nm arasındadır. Şekil 2'de bazı LED'lerin spektrum karakteristikleri gösterilmiştir.

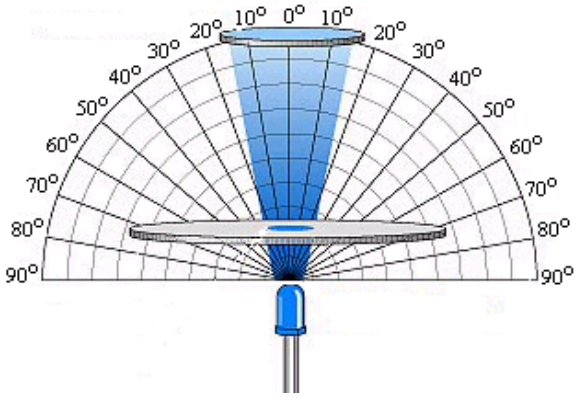


Şekil 2. LED'lerin spektrum karakteristikleri.

Tablo 1'de ise Şekil 2'de gösterilen spektrum karakteristiklerinin parametreleri açıklanmıştır.
Tablo 1.

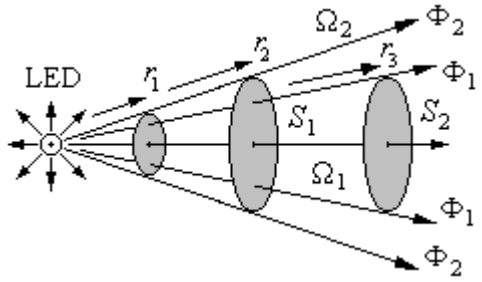
No	λ_p (нм)	Renk	Yarıiletken malzeme
1	940	Infrared	GaAlAs/GaAs
2	880	Infrared	GaAlAs
3	700	Bright Red	GaP
4	660	Ultra Red	GaAlAs/GaAs
5	655	Red	GaAsP/GaAs
6	635	Hi-Eff. Red	GaAsP/GaP
7	610	Orange	GaAsP/GaP
8	585	Yellow	GaAsP/GaP
9	568	Hi-Eff. Green	GaP
10	523	Ultra Green	InGaAl/SiC
11	502	Ultra Green	InGaN/SiC
12	470	Pure Blue	InGaN/SiC
13	430	Ultra Blue	GaN/SiC
14	385	UV	GaN

Bir örnek olarak Şekil 3'de LED'in ışıma diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3. LED'lerin ışıma diyagramları

LED'in ışık yayan kristali çok küçük olduğundan LED'i nokta ışın kaynağı olarak kabul edebiliriz. Böylece yayılan ışının diyagramı Şekil 4'de gösterildiği gibi olur.



Şekil 4. İdeal durumda LED ışının yayılımı.

Bu durumda algılama yüzeyine düşen ışın şiddetini (ışın lekesinin homojen olduğu kabul edilerek),

$$I_e = \frac{\Phi_1}{\Omega_1} = \frac{\Phi_1}{s_1 / r_2^2} \qquad (1)$$

şeklinde ifade edebiliriz.
Burada S_1, S_2; algılama yüzeyleri, r; yarıçap (radius), Φ_1; ışın şiddetidir. Bu formül, algılama bölgesinde ışın lekesinin homojen olduğu kabul edilerek yazılmıştır. Gerçekte ise algılama bölgesinde ışın homojen değildir.
Işığın homojenliğinin araştırılması için bir deney düzeneğine ihtiyaç vardır.

3. Algılama yüzeyine düşen LED ışının homojenliğini araştırmak için geliştirilmiş deney düzeneği

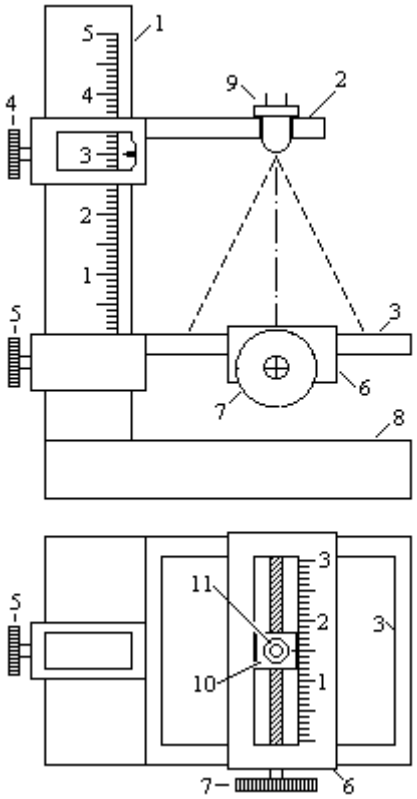
Şekil 5'de LED ışıgının homojenliğinin araştırılması için geliştirilmiş deney düzeneğinin şekli gösterilmiştir.

Burada, 1; dikey yönetici cetvel, 2; LED tutucu, 3; sabitlenmiş algılayıcı yüzey, 4 ve 5; ayar vidaları, 6; hareketli bölge, 7; fotoalıcıyı hareket ettiren vida, 8; taban, 9; LED, 10;fotoalıcının tutucusu, 11; fotoalıcıdır.

LED tutucu üzerine monte edilir. LED ile fotoalıcı arasındaki mesafe ayarlanır ve 4 ve 5 nolu vidalar ile sabitlenir. Algılama yüzeyine koordinatlı bir ekran konur ve algılama yüzeyinde ışın lekesinin parametreleri belirlenir. Daha sonra ekran alınır ve ışın lekesi fotoalıcı ile taranır. Böylece, ışın lekesinin şekli ve parametreleri, LED'in gerçek ekseni ile yapısal ekseni arasındaki kaymalar ve ışın lekesinde ışın şiddetinin dağılımı araştırılmış olur.

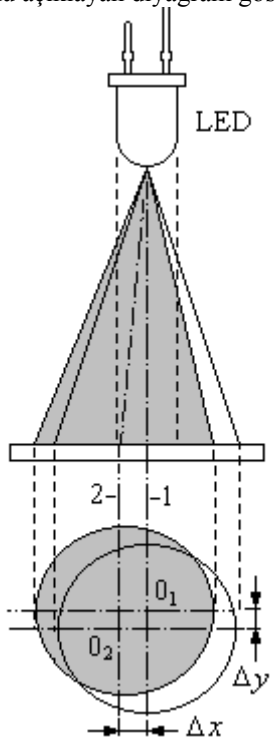
4. Deneme sonuçları

Denemeler için her birinden 10 adet olmak üzere ultraviole, mavi, yeşil, kırmızı ve kızılötesi LED'ler kullanılmıştır. Bu LED'ler sırasıyla deney düzeneğine monte edilmiştir. Ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri bulunmuştur. Bu sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 5. Deney düzeneği.

Araştırma sonuçları göstermiştir ki, LED'in yapısal ekseni ile gerçek ekseni arasında fark vardır. Şekil 6'da bu durumu açıklayan diyagram gösterilmiştir.



Şekil 6. optik eksenler arasındaki fark.

Burada, 1; yapısal eksen, 2; gerçek eksen, Δx, Δy; yapısal ve gerçek eksenlerin merkezlerinin apsis ve ordinat eksenleri arasında meydana gelen kaymalar, O_1; yapısal eksenin merkezi, O_2; gerçek eksenin merkezidir.

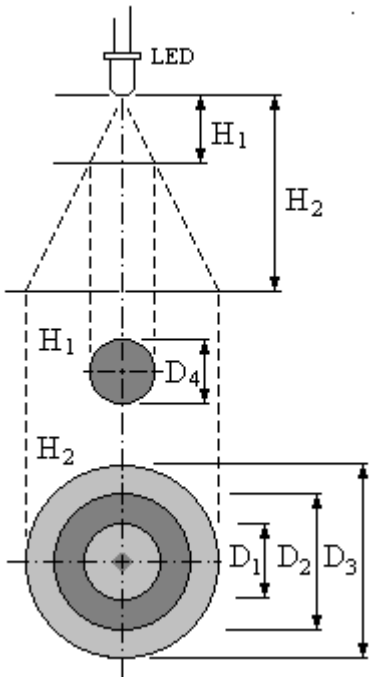
Denemeler sırasında elde edilen Δx ve Δy değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Kızılötesi LED'lerin kayma değerleri CCD kamera ile ölçülmüştür. Tablo 2'den de görüldüğü gibi bu değerler LED'in tipine göre değişmektedir.

Deneme sonuçları göstermiştir ki, algılama yüzeyine düşen ışının görüntüsü Şekil 7'de gösterildiği gibi üç farklı bölgeden (halkadan) oluşmaktadır.

Burada H_1 ve H_2; LED ile algılama yüzeyi arasındaki mesafe, D_1, D_2, D_3 ve D_4; ışın lekesinin parametreleridir (halkaların çaplarıdır).

Şekil 7'den görüldüğü gibi ışın lekesinin içteki ve dıştaki bölgelerde ışın şiddeti düşük, ortadaki bölgede ise yüksektir.

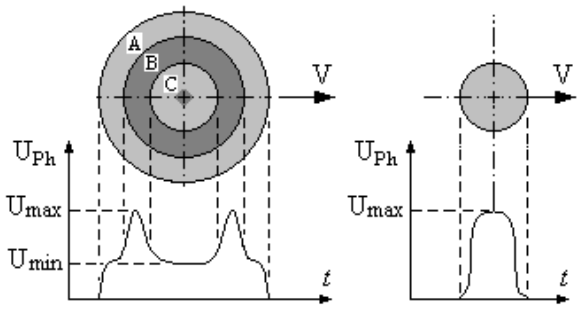
LED'in tipi ne olursa olsun lekenin görüntüsü (üç bölgeli) aynıdır, fakat aynı tip LED'lerde bile parametrelerin farklı olduğu görülmüştür. Sadece parametreler değişmektedir. LED'in tipine bağlı olarak H_1 mesafesinde ışın lekesi homojendir.



Şekil 7. Işın lekesinin görüntüsü.

Işın lekesi fotoalıcı ile taranmıştır. H_1 ve H_2 mesafelerinde U_{min}, U_{max} ve U_{min}/U_{max} değerleri bulunmuştur. Şekil 8a'da üç halkalı ışın lekesi için (H_2 mesafesi için), b'de homojen ışın lekesi için (H_1 mesafesi için) zaman diyagramları gösterilmiştir.

Burada, U_{Ph}; fotoalıcının gerilimi, U_{min} ve U_{max}; fotosinyalin minimum ve maksimum değerleridir.



Şekil 8. Işın lekesinin görüntüsü ve fotosinyalin zaman diyagramları.

Deneme sonuçlarından görüldüğü gibi LED uygulamalarında her bir LED'in parametrelerinin ayrı ayrı incelenmesi ve ölçülmesi gerekmektedir.

5. Sonuçlar

LED'lerin (optik) karakteristikleri ele alınmıştır. Denemelerde ultraviole LED'ler, görünür LED'ler ve kızılötesi LED'ler incelenmıştır. LED ışını ile oluşan lekenin homojenliğini araştırmak için bir deney düzeneği geliştirilmiştir. Yapısal ve gerçek eksenler arasındaki kaymalar ölçülmüştür. Işın lekesinin üç halkalı bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bu bölgelerin parametreleri ölçülmüştür. LED ile algılama yüzeyi arasında belli bir mesafede LED ışının lekesi homojen olduğu belirlenmiştir. Bu mesafe artınca homojenlik bozulmaktadır.
Işın lekesi ile oluşan fotosinyalin zaman diyagramları, fotosinyalin minimum ve maksimum değerleri verilmiştir. Bu değerlerin oranları hesaplanmıştır.

Tablo2.

LED	D_1 mm	D_2 mm	D_3 mm	D_4 mm	Δx mm	Δy mm	U_{min} / U_{max}
Ultraviole H_1=30 мм , H_2=30 мм	4	10	15	8	1	2	0,6
Mavi H_1=20 мм , H_2=40 мм	2	10	15	10	2	3	0,6
Yeşil H_1=10 мм , H_2=20 мм	4	8	12	8	2	4	0,5
Kırmızı H_1=10 мм , H_2=30 мм	5	10	20	10	1	4	0,8
Kızılötesi H_1=10 мм , H_2=30 мм	6	10	15	10	2	5	0,8

6. Kaynaklar

1. Bergh, A. A., Dean, PiJ., "Light Emitting diodes.", Clarendon, Oxford, 1976. pp. 506.
2. Coldren, L.A., Corzine, S.W., "Diode lasers and photonic integrated circuits", Wiley, New York, 1995. p.110
3. Klingshiru, C.F., "Semiconductor optics", Springer, Berlin, 1995, p. 184.
4. Siemens, Photodetectors and IR Emitters, Data Book 1994/95, p. 171.
5. Endel Uiga Optoelektronics Prentice Hall, New Jersey Colombus , Ohio , 1995, p. 102.
6. Optoelectronic Semiconductor, Toshiba photo sensors, product cuide, Tochiba Corporation, Tokyo, 1996.
7. Musayev E., "Optoelectronic circuits and Systems", Birsen Press, Istanbul, 1999, 285p
8. Christophe Basso, PWM controller drives LEDs from high-voltage lines , On Semiconductor, Toulouse, France, EDN, March 4, 2004, p. 72
9. Eliminating LED Measurement Errors Application Note (A16), Revision: A, Optronic Laboratories, Orlando, December 2001, pp. 1-8
10. Schweber Bill, LED modules give ultrawide angle, EDN , January 8, 2004, p.13
11. www.fairchildsemi.com, Serial LED Driver with Current- Regulated, Step-Up DC/DC Converter, FAN5606,REV. 1.0.0 9/23/03, pp. 1-9
12. Chaudhari A.L. , Shaligram, A.D., Multi-wavelength optical fiber liquid refractometry based on intensity modulation, Sensors and Actuators A 100 (2002) 160–164
13. D. Sagrario, P. Mead, Axial and angular displacement fiber-optic sensor, Appl. Opt. 37 (28) (1998).
14. A. Ghatak, K. Tyagarajan, Optical Electronics, Cambridge University Press, London, 1993.
15. T. Takeo, H. Hattori, Optical fiber sensor for measuring refractive index, Jpn. J. Appl. Phys. 21 (10) (1982) 1509–1512.
16. C. Cameron Miller and Yoshi Ohno, Luminous Intensity Measurements of Light Emitting Diodes at NIST, National Institute for Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899 USA, Abstract for the 2nd CIE Expert Symposium on LED Measurement, pp. 1-2
17. www. keithley.com, Doug Rathburn, Production Testing of High-Intensity, Visible LEDs, Keithley Instruments, Inc.
18. D. T. Reid, M. Padgett, C. McGowan, W. E. Sleat, and W. Sibbett Light-emitting diodes as measurement

devices for femtosecond laser pulses, February 15, 1997 / Vol. 22, No. 4 / OPTICS LETTERS, pp. 233-235
19. http://www.ledtronics.com, Common Light Measurement Terms, LEDTRONICS, INC.
20. www.vishay.com, Vishay Semiconductors, Measuring Technique, Document Number 80096 02.02.01
21. Bowker K J, Warnes M C, Jagger M and Bowler J R: Evaluation of the capability of MPI for surface crack detection'. Proceedings of NDT-99 Poole 1999 pp.215-220 (British Institute of NDT).
22. Bullough, J., P. Boyce, A. Bierman, C. Hunter, K. Conway, A. Nakata and M. Figueiro. 2001. Traffic signal luminance and visual discomfort at night. Transportation Research Record (1754): 42-47.
23. Rea, M. (editor). 2000. IESNA Lighting Handbook, 9th edition. New York, NY: Illuminating Engineering Society of North America.
24. Musayev E., Karlik S., "A novel liquid level detection method and its implementation", Sensors and Actuators : A, ELSEVIER, Vol.109, Issues 1-2, December 2003, pp. 21-24.

25. Musayev E., "An Optoelectronic Defect Detection Method and System Insensitive To Yarn Speed", Institute of Physics Publishing, England, Journal of Optics A: Pure and Applied Optics, 6 (2004) 1–4
26.Togatov V. V., Gnatyuk P. A., and Rezinkin D. G., A High-Frequency Discharge Unit for Pumping Systems of Semiconductor Lasers, Instruments and Experimental Techniques, Vol. 46, No. 5, 2003, pp. 667-671.
27.Musayev E., "New Application of Optoelectronic systems that Open Optical channel", Uludag University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, Volume 8, No 1, Bursa, pp.1-9
28.Мусаев Э.С., Долгинов Л.М., Дружинина Л.В. и др. Применение светодиодов на основе гетеропереходов четвертных растворов для измерения влажности. М., Измерительная техника, 1981, № 6, стр. 65-67.
29.Мусаев Э.С., Мухитдинов М.М."Светоизлучающие диоды и их применение". Радио и связь. М., 1988, 89 с.
30. Мусаев Э.С. Мухитдинов М.М. Оптоэлектронные устройства неразрушающего контроля технологических параметров. В сб. Неразрушающие физические методы и средства контроля. М., 1987, с.82.
31. Мусаев Э.С., "Оптоэлектронные устройства на полупроводниковых излучателях" Радио и связь. М., 2004, 240 с.
32. Alex Ryer, Light Measurement Handbook , Technical Publications Dept. International Light Inc., 1998, 64p.
33. www.instrumentsystems.de, LED Station, MAS 40 Turn-key System for LED Testing, INSTRUMENT SYSTEMS, Munich, Germany,
34. D. T. Reid, M. Padgett, C. McGowan, W. E. Sleat, and W. Sibbett Light-emitting diodes as measurement devices for femtosecond laser pulses, February 15, 1997 / Vol. 22, No. 4 / OPTICS LETTERS 233
35. www.gilway.com , Visible/IR Lamps for Nondispersive Infrared Gas Sensors, Gilway Technical Lamp
36. Gaertner A. A., Production Testing of LED Measurement issues, Institute for National Measurement Standards, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, 2002, pp. 1-15.