

LED IŞINLARIN SU ORTAMINDAN GEÇMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Eldar Musayev, İsmail Tekin
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Elektronik Mühendisliği Bölümü
16059, Görükle, Bursa / Türkiye
eldar@uludag.edu.tr
itekin@uludag.edu.tr

Abstract

In this paper, propagation of the kvazimonochromatic light in air, pure and sea water are investigated. An experimental setup is developed for the experiment. 470nm, 505nm, 524nm, 558nm and 590nm LEDs are used in the experiment. The light intensity distribution of each LED with the LED - photodetector distance are measured for the air, pure and sea waters. The light intensity distributions are approximated with the standard functions.

Özet

Bu çalışmada, kvazimonokromatik spektrumlu ışınların (LED ışınlarının) havadan, saf sudan deniz suyundan geçmesi araştırılmıştır. Araştırmalar için deney düzeneği geliştirilmiştir. Araştırmalarda 470nm, 505nm, 524nm, 558nm ve 590nm dalga boylu LED'ler kullanılmıştır. Her bir LED ışınının farklı ortamlarda (havada, saf suda ve deniz suyunda) mesafe ile değişimi tespit edilmiştir. Işınların mesafe ile değişimi standart fonksiyonlar ile aproksime edilmesi gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: LED, ışın şiddeti, su, zayıflama, mesafe

1. Giriş

Optik yöntemler suyun özelliklerinin ölçülmesinde [1-6], su içerisinde aydınlatılmasında [7-9] ve su içerisinde haberleşmede [10] sıkça kullanılırlar. Genelde optik yöntemlerin gerçekleştirilmesinde ışık kaynağı olarak lambalar ve lazerler kullanılmaktadır.

Yarıiletken teknolojisinin gelişmesi ile kvazimonokromatik spektrumlu ışın veren diyotların (Light Emitting diodes, LEDs) ölçüm sistemlerinde ve sensörlerde [22, 24, 25, 26], aydınlatmada [21] ve kısa mesafe haberleşmede [20, 23] kullanım alanları artmıştır. Kvazimonokromatik spektrumlu LED'lerin su ortamında kullanılması için, kvazimonokromatik spektrumlu ışınların su ortamından geçmesinin araştırılması gerekir. Yapılan literatür araştırması, bu konuda boşluk olduğunu göstermektedir. Bu boşluğu doldurmak ve LED'lerin kullanım alanlarını genişletmek için çeşitli dalga boylarındaki kvazimonokromatik spektrumlu ışınların su ortamından geçmesinin ve ışınların mesafe ile değişiminin

araştırılmasına ihtiyaç vardır. Araştırmaların yapılması için bir deneye düzeneğine ihtiyaç vardır.

2. Kvazimonokromatik spektrumlu ışın vericilerin (LED'lerin) seçilmesi

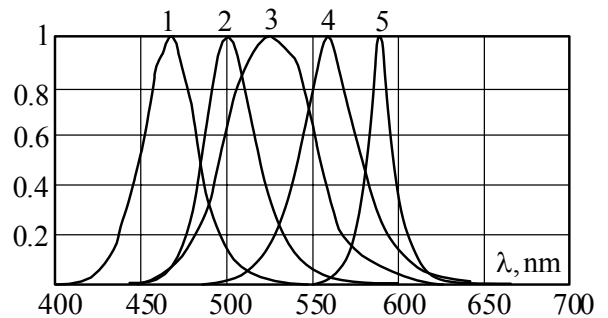
Araştırmalar optik spektrumun görünür bölgesinde yapılması gerekir. Bundan dolayı seçilen LED'ler de görünür bölgede ışın vermelidirler. Optik spektrumun görünür bölgesini kapsamak için 5 adet LED seçilmiş ve bu LED'lerin spektrum karakteristikleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Burada 1- maksimum dalga boyu 470nm olan LED'in, 2- maksimum dalga boyu 505nm olan LED'in, 3- maksimum dalga boyu 524nm olan LED'in, 4- maksimum dalga boyu 558nm olan LED'in ve 5- maksimum dalga boyu 590nm olan LED'in spektrumudur.

Seçilen LED'lerin önemli özellikleri ve parametreleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Seçilen LED'lerin özellikleri ve parametreleri

malzeme	Renk	λ_{max} , nm	I_F , mA	U_F , V	$\Delta\lambda_{1/2}$, nm	$I_2\theta_{1/2}$
InGaN	Mavi	470	30	3,8	35	15
InGaN	Cyan	505	30	3,8	35	23
InGaN	Yeşil	524	30	3,8	47	15
AlInGaP	Zümrüt yeşili	558	30	2,2	30	20
AlInGaP	Amber	590	50	2,02	17	6



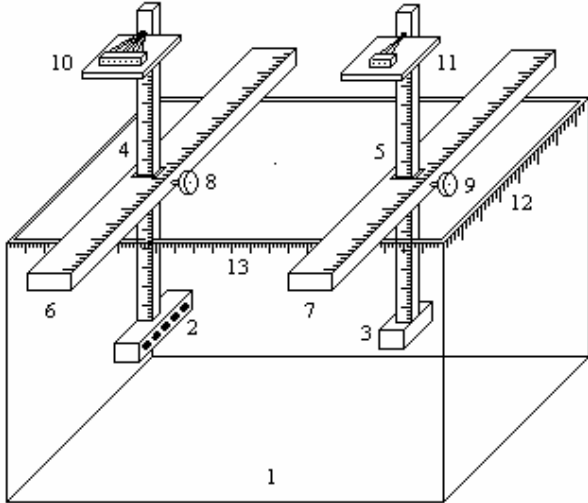
Şekil 1. Araştır için seçilen LED'lerin spektrum karakteristikleri.

3. Araştırmalar yapılması için deney düzeneğinin geliştirilmesi

Geliştirilen deney düzeneği aşağıda sıralanan özelliklere sahip olmalıdır:

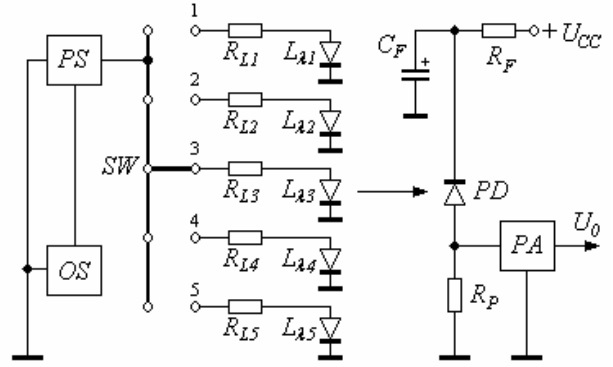
1. Işın vericiler (LED'ler) kolayca değiştirilebilmesi
2. LED 'lerin beslemesi darbeli olmalıdır
3. LED akımları ayarlanabilmelidir
4. Darbeli akımın süresi ve boşluk süresi ayarlanabilmelidir
5. Işın vericilerin ve fotoalıcının durumları (koordinatları) üç eksende ayarlanabilmelidirler
6. Gereken LED kolayca seçilebilmelidir
7. Fotosinyalin gerekli seviyeye çıkartılabilmelidir
8. Deney düzeneğinin laboratuvar şartlarında kullanılabilirdir

Yukarıda sıralanan şartlara uygun bir deney düzeneği geliştirilmiştir. Deney düzeneğinin görünüşü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Deney düzeneği.

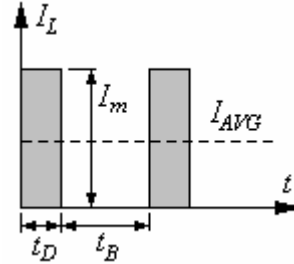
Şekil 2'de 1- 60cm x 30cm x 30cm ebatlarında cam küvet, 2- LED'ler, 3- fotoalıcı, 4 ve 5 ölçeklendirilmiş dikey tutucular, 6 ve 7 ölçeklendirilmiş yatay tutucular, 8 ve 9 ayar düğmeleri, 10 ve 11 LED'lerin ve fotoalıcılardan bağlantı konektörleri, 12 ve 13 cetvellerdir. Deney düzeneği, LED'lerin ve fotoalıcının konumu değiştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. LED'lerin ve fotoalıcılardan konumları cetveller ile belirlenir. Şekil 3'de deney düzeneğinin şeması gösterilmiştir.



Şekil 3. Deney düzeneğinin şeması.

Burada OS- darbe osilatörü, PS- anahtar rejiminde çalışan bipolar transistör, SW- beş konumlu LED'leri devreye bağlayan anahtar, $R_{L1}-R_{L5}$ - LED'lerin akım belirleyici dirençleri, $L_{\lambda 1}$ - 470nm dalga boyu LED, $L_{\lambda 2}$ - 505nm dalga boyu LED, $L_{\lambda 3}$ - 524nm dalga boyu LED, $L_{\lambda 4}$ - 558nm dalga boyu LED, $L_{\lambda 5}$ - 590nm dalga boyu LED, PD- fotodiyot, R_P - fotodiyodun yük direnci, C_F ve R_F filtre, PA- ön kuvvetlendirici, U_{CC} - besleme gerilimi, U_O - çıkış gerilimidir.

LED'ler darbeli akımla sürülmüştür. Şekil 4'de darbeli akımın zaman diyagramları gösterilmiştir.



Şekil 4. Darbeli akımın zaman diyagramları.

Burada: I_L -LED akımı, I_m -LED akımının maksimum değeri, I_{AVG} -LED akımının ortalama değeri, t_D -darbe süresi, t_B -boşluk süresidir.

LED'ler üzerinden akan akımın değeri en küçük ışın şiddetine sahip LED'e göre seçilir.

$$F_{\min} = \frac{U_{CC} - U_F - U_{CE(SAT)}}{R_L} K_L \quad (1)$$

Burada U_F - LED'in eşik gerilimi, $U_{CE(SAT)}$ - tranzistorlu anahtarın doyum gerilimi, K_L - akımı ışına çevirme katsayısı, U_{CC} - besleme gerilimi R_L - akım belirleyici dirençtir.

LED akımları, fotoalıcıda elde edilen foto işaret gürültü seviyesinin üstünde olacak şekilde seçilir. $R_{L1}- R_{L5}$ dirençleri ile LED'lerde akan akımlar ayarlanır. LED üzerinden akan darbeli akımın ortalama değeri [21],

$$I_{AVG} = I_m \frac{t_D}{t_D + t_B} \quad (2)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada I_{AVG} - ortalama akım, t_D - darbe süresi, t_B - boşluk süresi, I_m - darbenin maksimum değeridir. Darbeli modda ortalama akımın, LED'in iletim yönündeki akımından küçük veya eşit olduğunu kabul ederek ($I_{AVG} \leq I_F$) darbeleri akımın maksimum değeri,

$$I_m = I_F \frac{t_D + t_B}{t_D} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Araştırmada dört bileşenli fotoalıcı kullanılmıştır. Fotoalıcının zaman sabiti ($\tau_{PD} = 1\mu s$)'dir. LED'den akan darbeleri akımın darbe süresi fotoalıcının zaman sabitinin 3 veya 4 katından büyük olmalıdır [21]. Fotoalıcıda oluşan fotosinyalin genliği, fotoalıcıya ulaşan ışın şiddeti ile doğru orantılı olduğundan, denemelerde

$$\frac{F_L}{F_{Lmax}} \approx \frac{U_{PD}}{U_{PDmax}} \quad (4)$$

alınmıştır.

Bu çalışmada, LED ile fotoalıcı arasındaki mesafenin değişimi ile fotosinyalin değişimi incelenmiştir.

$$U_{PD} = f(L) \quad (5)$$

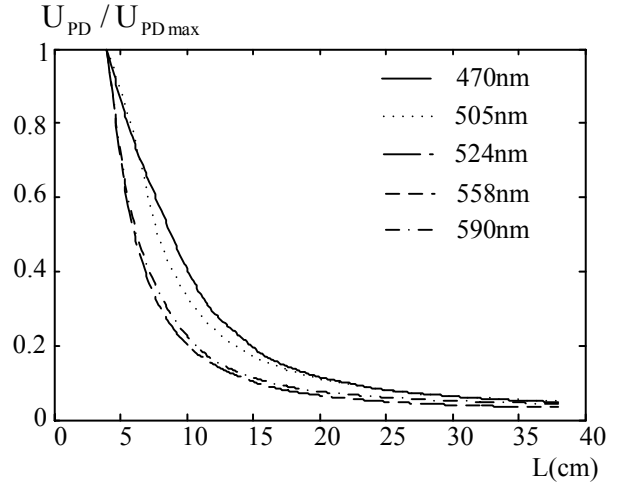
Burada L - LED ile fotoalıcı arasındaki mesafedir.

Öncelikle gereken özelliklere sahip darbeleri akım seçilir. Darbeleri akımların değerleri o şekilde seçilirler ki maksimum mesafede fotosinyal gürültünün üstünde bulunsun. LED tutucuya Şekil 1'de gösterilen spektrumlu LED 'ler yerleştirilir. LED tutucu ve fotoalıcı tutucusu karşılıklı yerleştirilir. Kuvette su olmadığında, saf su olduğunda ve deniz suyu olduğunda LED 'ler ve fotoalıcı arasındaki mesafeyi değiştirerek, mesafe ile fotosinyalin değişimi tespit edilir.

Araştırmalar havada, saf suda ve deniz suyunda olmak üzere üç farklı ortamda için yapılmıştır. LED ile fotoalıcı arasındaki mesafe adım adım artırılarak fotosinyalin mesafe ile değişimi elde edilmiştir. Denemelerde 18 nokta için ölçümler yapılmıştır. Işın vericinin ve fotoalıcının yerleşiminden kaynaklanan hataları azaltmak için her nokta için ölçümler 10^3 ar kez tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır. MATLAB programı ile interpolasyon yapılarak ara değerler elde edilmiştir.

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

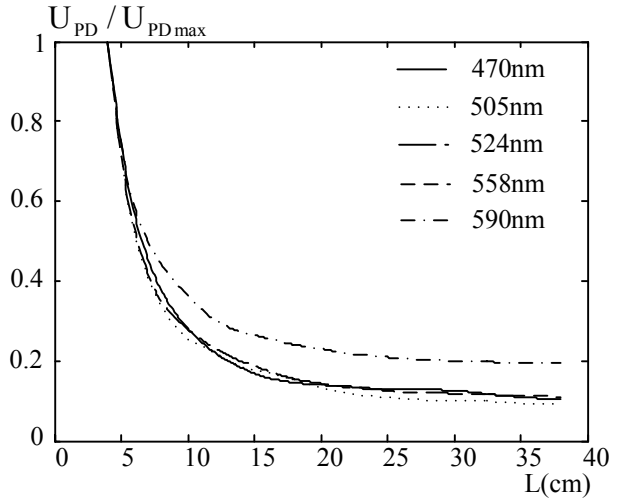
Araştırma sonuçları üç farklı durum için normalize edilmiş diyagramlar şeklinde Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Havada farklı dalga boylu LED ışınlarının mesafe ile zayıflaması.

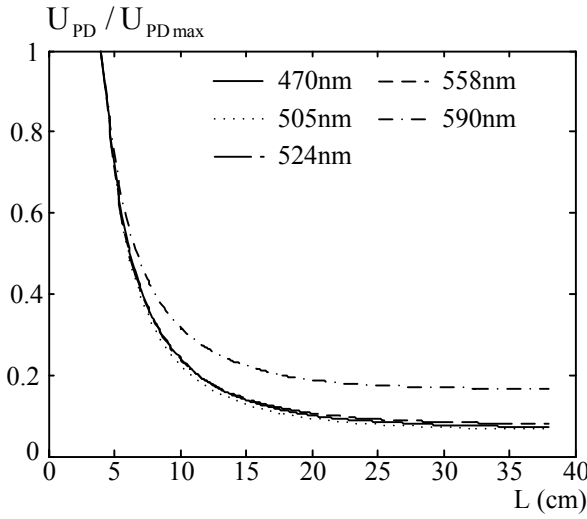
Bu diyagramların incelenmesi göstermektedir ki :

Havada yakın mesafelerde (5cm ile 20cm arasında) 470 nm ve 505 nm dalga boyundaki ışınlar daha az zayıflamaktadır. Havada 524nm, 558nm ve 590nm dalga boyundaki ışınların zayıflama eğrileri aynıdır.



Şekil 6. Saf suda farklı dalga boylu LED ışınlarının mesafe ile zayıflaması.

Saf suda durum farklıdır. 590nm'li ışınların saf suda zayıflaması daha azdır. Saf suda 470nm, 505nm, 524nm ve 558nm dalga boyundaki ışınların zayıflama eğrileri aynıdır.



Şekil 7. Deniz suyunda farklı dalga boylu LED ışınlarının mesafe ile zayıflaması.

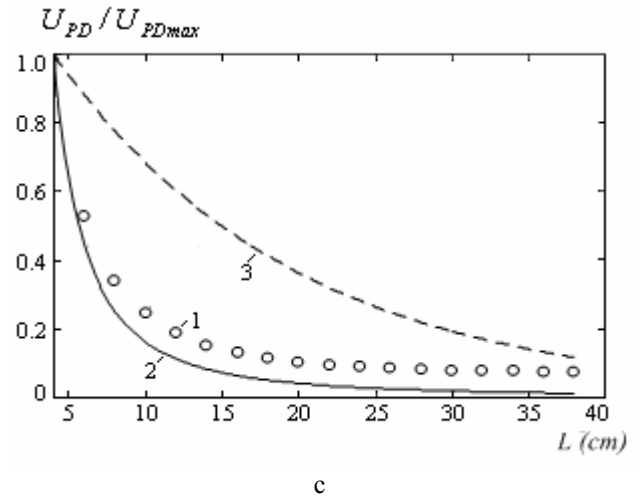
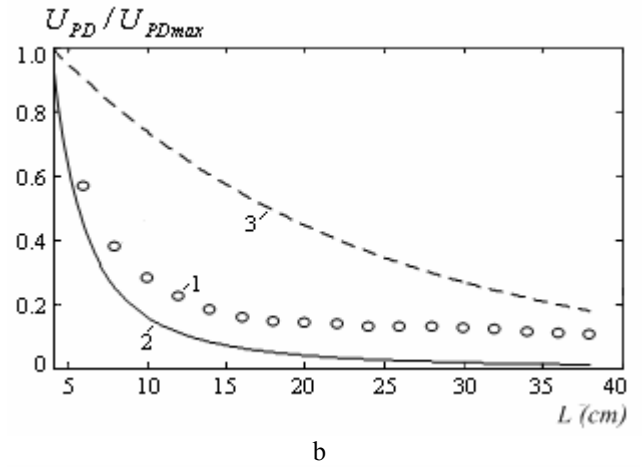
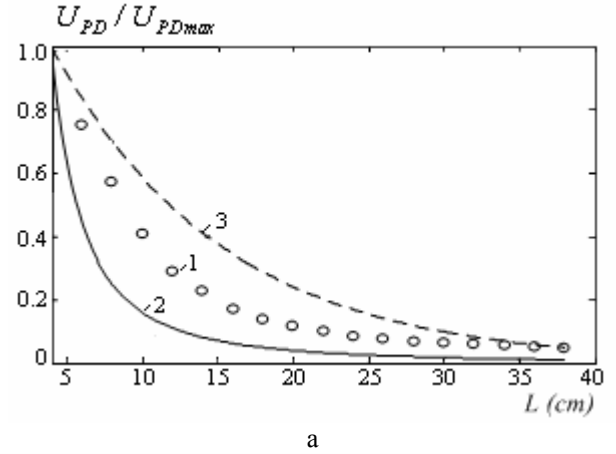
Deniz suyunda saf suda gibi 590nm’li ışınların zayıflaması daha azdır. Deniz suyunda 470nm, 505nm, 524nm ve 558nm dalga boyundaki ışınların zayıflama eğrileri aynıdır.

Elde edilen deney sonuçlarının standart fonksiyon ile apraksime edilmesi için Bugger-Berr ve fotosinyalin mesafe ile karesel değişimi fonksiyonları seçilmiştir. Deney sonuçları Matlab programında işlenmiştir. Deneysel eğriler ile standart fonksiyonların arasındaki ortalama karesel hatalar hesaplanmıştır. Tablo 2’de elde edilen deneysel sonuçların standart fonksiyonlara uyumluluğu (ortalama karesel hata payı) verilmiştir.

Tablo 2. Elde edilen deneysel sonuçların standart fonksiyonlar ile apraksime edilmesinde ortalama karesel hata payı.

Dalga boyu	Havada, δ %		Saf suda, δ (%)		Deniz suyunda, δ (%)	
	Exp.	Kar.	Exp.	Kar.	Exp.	Kar.
470nm	1,32	2,13	8,82	1,11	7,43	0,44
505nm	2,34	1,56	8,12	0,80	7,73	0,32
524nm	5,03	0,11	9,06	1,07	8,32	0,48
558nm	5,64	1,15	9,45	2,06	7,70	1,13
590nm	5,39	0,23	9,84	3,35	8,43	2,22

Şekil 8’de bir örnek olarak 470nm’li dalga boyu için deneysel ve standart fonksiyonların grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 8. havada, saf suda ve deniz suyunda 470nm dalga boylu LED ışınının oluşturduğu fotosinyalin mesafe ile değişimi.

Burada:a-havada, b-saf suda, c-deniz suyunda, 1-deney sonuçları ile elde edilen eğri, 2 -karesel fonksiyonu ile elde edilen eğri ve 3-eksponensiyel ile elde edilen eğridir

Deney sonuçlarının incelenmesi göstermektedir fotosinyalin mesafe ile değişimi:

1. Havada karesel ve eksponansiyel fonksiyonla ifade edilebilir.
2. Saf ve deniz sularında karesel fonksiyonla ile edilmesi daha elverişlidir.

Kaynaklar

1. A. Albert and P. Gege, "Inversion of irradiance and remote sensing reflectance in shallow water between 400 and 800 nm for calculations of water and bottom properties," *Appl. Opt.* **45**, 2331-2343 (2006)
2. G. Dall'Olmo and A. A. Gitelson, "Effect of bio-optical parameter variability on the remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters: experimental results," *Appl. Opt.* **44**, 412-422 (2005)
3. V. Sivaprakasam and D. K. Killinger, "Tunable Ultraviolet Laser-Induced Fluorescence Detection of Trace Plastics and Dissolved Organic Compounds in Water," *Appl. Opt.* **42**, 6739-6746 (2003)
4. A. Kuwako, Y. Uchida, and K. Maeda, "Supersensitive Detection of Sodium in Water with Use of Dual-Pulse Laser-Induced Breakdown Spectroscopy," *Appl. Opt.* **42**, 6052-6056 (2003)
5. D. -K. Qing, M. P. Meng, F. A. Payne, and M. -G. C. Danao, "Convective-Diffusion-Based Fluorescence Correlation Spectroscopy for Detection of a Trace Amount of E. coli in Water," *Appl. Opt.* **42**, 2987-2994 (2003)
6. G. &a. n. Da Costa, J. E. Parra, and F. Mosqueda, "Laser-Induced Migration of Oil Particles Suspended in a Water Matrix," *Appl. Opt.* **41**, 6420-6430 (2002)
7. WHITCOMB, L., D. YOERGER, H. SINGH, J. HOWLAND. 1999. *Advances in Underwater Robot Vehicles for Deep Ocean Exploration: Navigation, Control, and Survey Operations. Robotics Research 9: Proceedings of the Ninth International Symposium of Robotics Research (ISRR'99)*, October 9-12, Snowbird, Utah, USA.
8. B. C. Bailey, J. H. Blatt, F. M. Caimi, "Radiative transfer modeling and analysis of spatially variant and coherent illumination for undersea object detection," *IEEE Journal Of Oceanic Engineering*, **28 (4)**, 570-582 (2003)..
9. J. S. Jaffe, "Computer modeling and the design of optimal underwater imaging systems," *IEEE Journal of Oceanic Engineering* **15(2)**, 101-111 (1990).
10. L. E. Estes, G. Fain, J. D. Haris, "Laser beam propagation through the ocean's surface," *OCEANS'96, MTS/IEEE, Prospects for the 21st Century Conference Proceedings*, **1**, 87-94 (1996).
11. H.-H. Chen, C.-M. Wu, "An algorithm of image processing for underwater range finding by active triangulation," *Ocean Engineering* **31**, 1037-1062 (2004).
12. E. A. McLean, H. R. Burris, Jr., M. P. Strand, "Short-pulse range-gated optical imaging in turbid water," *Appl. Opt.* **34 (21)**, 4343-4351 (1995).
13. H. Yang, H. R. Gordon, "Remote sensing of ocean color: assessment of water-leaving radiance bidirectional effects on atmospheric diffuse transmittance" *Appl. Opt.* **36 (30)**, 7887-7897 (1997).
14. C. D. Mobley, "Light and Water," Academic Press, 1994.
15. F. M. Sogandares, E. S. Fry, "Absorption spectrum (340-640nm) of pure water. I. I. Photothermal measurements," *Appl. Opt.* **36 (33)** 8699-8709 (1997).
16. R. M. Pope, E. S. Fry, "Absorption spectrum (380-700nm) of pure water. II. Integrating cavity measurements". *Appl. Opt.* **36 (33)** 8710-8723 (1997).
17. J. Aiken, S. J. Hudson, J. P. Vessey, 1994. "The measurement of optical attenuation in sea water," *OCEANS'94, Oceans Engineering for Today's Technology and Tomorrow's Preservations*, **2**, 689-693, (1994).
18. D. Stramski, E. Boss, D. Bogucki, K. J. Voss, "The role of seawater constituents in light backscattering in the ocean," *Progress in Oceanography* **61**, 27-56 (2004).
19. E. S. Fry, "Visible and near-ultraviolet absorption spectrum of liquid water: comment," *Appl. Opt.* **39 (16)** 2743-2744 (2000).
20. E. Musayev, İ. Tekin, "The principle of obtain to optical signal from positive and negative edge of pulse data", *SIU'99, Bilkent, Ankara, 1999*, pp. 566-568.
21. Musayev E., *Optoelectronic circuits and systems*, Birsen Press, Istanbul, 1999, 284 p.
22. Musayev E., "Conversion Method And System", *Sensors And Actuators : A, Elsevier*, 125 (2006), pp. 234-241,
23. Musayev E., "Optoelectronic Step Counter", *IEE Proc. Optoelectronics* , April 2006, Volume 153, Issue 2, p. 47-50.
24. Musayev E., "Optoelectronic Nondestructive Testing Techniques Of Cocoon Properties And Applications", *NDT And E International*, 38 (2005) pp.59-68, 2005.
25. Musayev E., "An Optoelectronic Defect Detection Method and System Insensitive to Yarn Speed", *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, 6 (2004) pp.721-724
26. Musayev E., Karlik S. E., "A novel liquid level detection method and its implementation", *Sensors and Actuators : A, Vol.109, Issues 1-2, December 2003*, pp. 21-24.