

The Impact of White LEDs in Environmental Lightening on Energy Savings

I.T. Huseynov

National Aviation Academy of Azerbaijan (Mardakan ave, 30, Baku, AZ1045, Azerbaijan)

For correspondence:

Huseynov Ilkin / e-mail:inibrahim@mail.ru

Abstract

The presented work is devoted to the study of the prospects for the introduction of white LEDs and was discussed in the context of world ecology and obtaining a large economic effect. Up to 20% of the electricity produced in the world is spent on lightening and, being a rather serious indicator, it can be significantly reduced using white light diodes (LEDs) and other modern technologies. For this reason, in this work, the prospects for the use of white LEDs in the lightening system were investigated. In the presented work, the issue of the manufacture of white LEDs is deeply considered, the necessary main part of which is the phosphor material, because the choice of the phosphor in this direction in the manufacture of highly efficient and permanent systems is one of the main problems. It is known that rare earth materials and their compounds are basic in matrix materials and with the choice, give highly effective results. In various industries and technologies, especially in the field of lightening, the prospects for white light diodes and similar systems have been studied in aspects of ecology and economic benefits.

Keywords: LED, rare earth element, semiconductor, economic efficiency, lighting, phosphor.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_04_121_128

For citation:

Huseynov I.T.

[The impact of white leds in environmental lightening on energy savings]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2021, vol. 13, no. 4, pp. 121-128 (in Azerbaijani)

Ağ işıq diodlarının işıqlandırmada ətraf mühitə təsiri, enerjiyə qənaəti

İ.T. Hüseynov

Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası (Mərdəkan pr. 30, Bakı, AZ1045, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Hüseynov İlkin / e-mail: inibrahim@mail.ru

Xülasə

Təqdim olunan iş işıqlandırmada ağ işıq diodlarının tətbiq perspektivlərinin öyrənilməsinə həsr olunub və dünyadakı ekoloji və iqtisadi faydalar müzakirə edilib. Dünyada istehsal edilən enerjinin təxminən 20%-i işıqlandırmaya sərf olunur və kifayət qədər ciddi olan bu göstəricini ağ işıq diodlarının (LED) və eləcə də digər müasir texnologiyaların tətbiqi ilə əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salmaq olar. Bu səbəbdən, bu işdə ağ LED istehsalının işıqlandırma sistemlərində tətbiq perspektivləri araşdırılmışdır. Ağ LED-lər yaratmaq üçün işıq diodlarının əsas tərkib hissəsi bu işdə ətraflı müzakirə olunan lüminofor materiallarıdır. Çünki lüminofor seçimi bu istiqamətdə yüksək effektivli və sabit sistemlərin istehsalının əsas problemlərindən biridir. Nadir torpaq elementləri müxtəlif birləşmələrin əsas materialları olduğu və əsas matrislərdə bu elementlərin düzgün seçilməsinin yüksək keyfiyyətli nəticələr verdiyi məlumdur. Sənayenin və texnologiyanın müxtəlif sahələrində, xüsusən işıqlandırma sahəsində ağ LED-lərin perspektivləri və bu cür sistemlərin ekoloji və iqtisadi faydaları öyrənilmişdir.

Açar sözlər: Işıq diodu, nadir torpaq elementi, yarımkeçirici, iqtisadi səmərə, işıqlandırma, lüminofor.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_04_121_128

УДК 78.55; 78.60.

Влияние белых светодиодов в освещении окружающей среды на экономию энергии

И.Т. Гусейнов

Азербайджанская Национальная академия авиации (Мардакянский пр., 30, Баку, AZ1010, Азербайджан)

Для переписки:

Гусейнов Илькин / e-mail: inibrahim@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена изучению перспектив внедрения белых светодиодов, рассматриваемых в разрезе мировой экологии и получения большого экономического эффекта. До 20% производимой в мире электроэнергии расходуется на освещение и, будучи достаточно серьезным показателем, а может быть существенно понижена с помощью диодов белого света (LED) и других современных технологий. В работе исследованы перспективы использования белых LED в системе освещения, рассмотрен вопрос об их изготовлении, необходимой основной частью которых является материал изготовления. Известно, что редкоземельные материалы и их соединения используются и в основных матрицах и при правильном выборе дают высокоэффективные результаты. Перспективы диодов белого света и им подобных систем изучены в аспекте экологии и экономического эффекта.

Ключевые слова: светодиод, редкоземельный элемент, полупроводник, экономическая эффективность, освещение, люминофор.

Giriş

Enerji dünyanın ən vacib problemidir. Onun istehsalı və istismarı enerji tələbatını ödəmək üçün çox vacibdir. Eyni zamanda ətraf mühitin təhlükəsizliyi dünyada gələcək nəsilin qorunması baxımından enerji istehsalından daha vacibdir.

Təəssüf ki, günümüzdə ən çox istifadə olunan enerjinin istehsal üsulları ətraf mühitə ciddi ziyan vurur. Mütəxəssislərin fikrincə, enerjiyə qənaət edən və ekoloji baxımdan təhlükəsiz olan müasir işıqlandırma vasitələrinin tətbiqi və istifadəsi zərərli maddələrin, o cümlədən karbon-dioksit qazı tullantılarının faizinin azalmasına da rəvac verəcək ki, nəticədə ekoloji cəhətdən zərərli olan istilik və atom elektrik stansiyalarının tikintisinə ehtiyac qalmayacaq.

Sənayenin və müasir texnologiyaların inkişafı və digər birbaşa amillər dünyanın enerjiyə olan tələbini kəskin şəkildə artırır və bunun qarşısını almaq demək olar ki, mümkün deyil [1]. Əlbəttə ki, son zamanlarda enerji istehsalı üçün yenilənə bilən enerji mənbəyi (günəş və külək) ekoloji cəhətdən daha təmiz metodlar təklif edilmiş və hazırda enerji istehlakına tələb olaraq tətbiq edilir [2].

Ancaq bu üsullar ətraf mühitə də təsir edir. Üstəlik, bərpa olunan enerji mənbəyi dünya enerji tələbatını tam təmin edə bilməz. Bu tip enerji mənbələri iqlimdən çox asılı olduğundan yer üzündə yalnız məhdud yerlərdə istifadə edə bilərsiniz.

Bütün bunları nəzərə alaraq deyə bilərik ki, enerji istehsalı və qənaət dünyanın gələcəyini qorumaq üçün ən vacib problemdir. Qeyd etmək lazımdır ki, enerji qənaəti ən azı enerji istehsalı baxımından vacibdir. Bu baxımdan işıqlandırma texnologiyalarının inkişafı enerji qənaətində xüsusi bir yerə sahibdir.

İşin məqsədi – Bu işdə işıqlandırmada tətbiq olunan ağ LED-lərin ətraf mühitə və enerji qənaətinə təsiri və iqtisadiyyat baxımından gələcək faydalarını öyrənməyə çalışdıq.

Metodiki hissə

İşıqlandırma texnologiyaları əsasən aşağıdakı kimi təsnif edilir: közərmə lampa, halogen lampa, lüminessent lampa və LED işıqlandırma.

İlk közərmə lampaları İngilis kimyaçısı Humphry Davy tərəfindən 1802-ci ildə hazırlanmışdır. Bu lampalar şüşə ampulanın içindəki təsirsiz atmosferdə asılmış volfram metal teldən elektrik cərəyanının keçməsi nəticəsində işıq saçır. Elektrik cərəyanı volfram telin o qədər qızmasına (təxminən 2500°C) səbəb olur ki, bu zaman o həm işıqlanma verir, həm də ətrafa yüksək temperatur yayır. Kozərmə lampalarının ən böyük mənfi cəhətlərindən biri də onların tez sıradan çıxmasıdır.

Belə ki, bu lampalarda enerjinin yalnız 5%-i işıqlandırmaya, qalan 95%-i isə qızmaya sərf olunur, bu da faydalı iş əmsalının və digər göstəricilərin aşağı olmasına gətirib çıxarır.



Qeyd etmək lazımdır ki, közərmə lampalarında enerji itkisi daha çoxdur. 2009-cu ildən Avropa İttifaqı ümumi işıqlandırmadan bütün ənənəvi közərmə lampalarından və aşağı enerji effektivliyinə malik halogen lampalarından tədricən imtina etməyi qərara aldılar [3].

Közərmə lampalarının üstünlükləri:

İstehsalatı və satışının ucuz olması; Sağlamlığa zərərli deyil; Yaxşı rəng göstəricisi; Çox kiçik ölçülərdə mövcuddur.

Közərmə lampalarının çatışmazlıqları:



İşləmə müddətinin az olması (≈ 1500 saat); Aşağı işıq effektivliyi; İşləmə zamanı qeyri-sabit işıq effektivliyi; Yüksək istilik ayrılması.

Halogen lampaları közərmə lampaları ilə müqayisədə daha yaxşı effektivliyə və işləmə müddətinə malikdir və onların təkmilləşdirilmiş formasıdır.

Bu lampalar daxilində az miqdarda yod və brom halogenləri olan və volfram məftillə kombinasiya edilmiş lampalardır. Ümumi quruluşuna görə halogen lampalar közərmə lampalarına çox oxşayır. Lakin közərmə lampalarından fərqli olaraq halogen lampaların daxilində halogen qazlar olur və həmin qazlar volfram məftili sublimasiyadan mühafizə edir, beləliklə lampaların ömrü daha uzun olur. Közərmə lampaları ilə müqayisədə üstün cəhətləri ilə yanaşı onların da bir sıra çatışmazlıqları mövcuddur:

Halogen lampaların üstünlükləri:

Qiymətinin aşağı olması; Sağlamlığa zərərli deyil; Közərmə lampaları ilə müqayisədə daha parlaq; Yaxşı rəng göstəricisi.

Halogen lampaların çatışmazlıqları:

İşləmə müddətinin az olması (≈ 2000 saat); Aşağı effektivlik; Yüksək enerji itkisi.

Lüminessent lampaları işıqlandırmada istifadə edilən közərmə lampalarının əvəz edilməsi məqsədilə istehsal edilmişdir. Ənənəvi lampalar ilə müqayisədə lüminessent lampalar enerjiyə əhəmiyyətli dərəcədə qənaət etmək (enerji qənaətinin 75% -ə qədər) imkanına malikdir. Forma və ölçülərinə görə (boru, dairəvi və ya U şəkilli) onların geniş çeşidi təkcə evlərdə yox, həmçinin restoran və digər yerlərdə istifadə imkanlarını artırır.

Lampanın daxilində əsas komponentləri civə qazı (dalğa uzunluğu 254 nm) və lüminofor örtüyüdür ki, həmin örtük də civə qazının yaydığı işığı görünən işığa çevirir. Lakin, zaman keçdikcə lampada daxilində civə buxarının azalması və ultrabənövşəyi şüalanmanın zəifləməsi həmin lampaların ətraf mühit və insan orqanizmi üçün zərərli olması ilə bağlı suallar doğurur.

Lüminessent lampaların üstünlükləri:

İşləmə müddətinin uzun olması (10000-16000 saat); Yüksək işıq effektivliyi (küzərmə lampaların-dan 5 qat daha yüksək); Yüksək işıq gücü (klassik közərmə lampaları ilə müqayisədə).



Lüminessent lampaların çatışmazlıqları:



Aşağı rəng ötürmə indeksi; Civə zəhərlənməsi riskləri; Lampalardan gələn ultrabənövşəyi və elektro-maqnit şüalanma; Tələb olunan xüsusi zibil və təkrar emal sistemi (zəhərli elementlərə görə). LED işıqlandırma layihələrinin məqsədi sürətlə inkişaf edən və gələcək üçün perspektivli bir texnologiya olaraq bütün dünyada genişlənməsidir. LED lampaların közərmə, lüminessensiyalı (civəli, ksenon, halogen) lampalardan fərqləndirən əsas cəhəti və üstünlüyü, onların daha az enerji sərf etməsi, yüksək işıq effektivliyi və uzun istismar müddətinə malik olmasıdır. LED lampalarının tərkibində insan sağlamlığı və ətraf mühit üçün zərərli olan heç bir birləşmə mövcud deyildir [4-6].

LED lampalarının üstünlükləri:

- Yüksək effektivlik və aşağı enerji sərfiyyatı;
- Xidmət xərclərinin aşağı olması; - İşləmə müddətinin çox olması (7-10 ilədək); - Sərf edilən enerji bütövlükdə işıq selinə çevrilir; - İşə qoşulmuş işıqdiodlardan çox az miqdarda istilik ayrılır; - LED lampalarının rənglərinə və enerji sərfiyyatına görə seçilmə imkanı; - LED lampalarının yanğına qarşı təhlükəsizliyi; - LED lampalarının gövdələri plastıkdən hazırlanır və onlarda kövrək elementlər olmadığı üçün mexaniki zədələnmədən “qorxmurlar”; - LED lampalarından istifadə zamanı onlardan zərərli şüalar ayrılmır; - Komponentlərdə civənin olmaması; - LED lampaları müxtəlif

iqlim şəraitində işlə-yirlər; - İşıqlandırmada işıq şüalarını 150–3600 bucaq altında nizamlamaq olur və sairə.

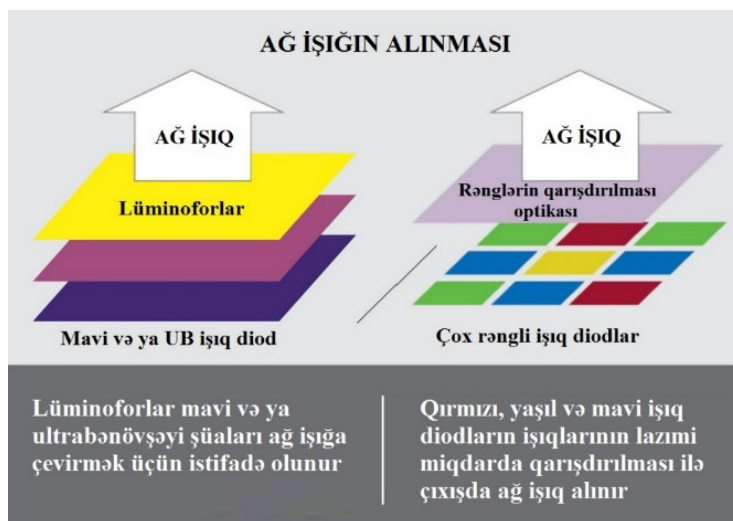
LED lampalarının çatışmazlıqları:

- Digər lampalar ilə müqayisədə qiymətinin baha olması [7]; - Termal idarəetməyə ehtiyacın olması (işləmə müddətində deqradasiyanın qarşısını almaq üçün); - İşləyə bilməsi üçün ayrıca idarəetmə sisteminin tələb olunması; - İlk istehsal xərclərinin çox olması; - İstiliyə qarşı davamlığa görə xüsusi dizayn tələb etməsi. Sadalanan işıq mənbələrinin tipik texniki xarakteristikaları cədvəl 1-də göstərilmişdir [8].

Ağ LED-lərin alınması texnologiyası

İşıq diod anodla (yarımkeçiricidən anoda keçid zamanı elektronlar fotonların yayılması ilə qarşılıqlı əlaqədə olur) birləşdirilmiş yarımkeçiricinin katodla təmasından işığın əldə olunmasını təmin edən texnologiyadır. Sərtgövdəli işıqlandırmanın tipi kimi, işıq diodları çox dar spektral diapazonda elektrik enerjisini görünən işığa çevirmək üçün yarımkeçiricilərdə elektrolüminessensiya hadisəsinə əsaslanaraq işləyir. Bu texnologiya bərk cisim tranzistorlarının inqilabının bir hissəsi olmaqla 50 ildən artıq müddətdir ki, tədqiq edilir. İnkişafının erkən mərhələlərində işıq diodlar yalnız aşağı səviyyədə işıq saçır və rəqəmsal ekranlarda geniş istifadə olunurdu. Vaxt keçdikcə işıq diodlar özünün inkişaf səviyyəsinə çatdı. İşıq diodlarının inkişaf etdirilməsi ətraf mühitin məqsədli şəkildə işıqlandırılmasında onları istifadə etməyə imkan yaradır.

Ağ LED hazırlamaq üçün ən əhəmiyyətli proses işıq çevirməsini yerinə yetirən lüminofor maddələrdir. Ümumiyyətlə ağ LED istehsal etmək üçün ultrabənövşəyi (375 nm) və mavi (450 nm) diodlar istifadə olunur (şəkl.1).



Şəkil 1 – Ağ işığın alınma texnologiyası

Figure 1 - White light production technology

Cədvəl 1 - Işıq mənbələrinin tipik texniki xarakteristikaları

Table 1 - Typical specifications of light sources

Işıq mənbələrinin xarakteristikaları	Közərmə	Halogen	Lüminessent	LED
Işığın effektivliyi, lm/W	8-17	11-21	50-70	60 – 130
İşləmə müddəti, saat	1000-1500	2000-3000	6000-15000	15000 – 30000
Rəng temperaturu, K	2600-2800	2800-3200	2500 – 6500	2700 – 6500
Rəng ötürmə indeksi	100	100	70-85	70 – 95

Cədvəl 2 – Işıq mənbələrinin ümumi enerji sərfiyyatı və texniki iqtisadi qiymətləndirilməsi

Table 2 – Overall energy efficiency and technical economic assessment of light sources

Göstəricilər	Ölçü vahidi	Közərmə lampa	Ağ LED
İlkin təchizat xərcləri			
Işıqlandırıcıların sayı	ədəd	100	100
Işıqlandırıcının 1 ədədinin dəyəri	manat	328,00	342,00
100 ədəd işıqlandırıcının dəyəri	manat	32800,00	34200,00
İşləmə müddəti	saat	1500	30000
Işıqlandırıcının istismar müddəti	il	<1	7-10
Elektrik enerjisinin xərcləri			
Işıqlandırıcının sərf etdiyi güc	Vt	1000	170
Işıqlandırıcıların 1 il (365 gün) ərzində orta qoşulu vaxtı (10 saat/gün)	Saat	3650	3650
Bir işıqlandırıcının 1 il ərzində sərf etdiyi enerji	kVt/saat	3650	620,50
100 işıqlandırıcının 1 il ərzində sərf etdiyi enerji	kVt/saat	365000	62050
kVt/saat qiyməti	manat	0.11	0,11
100 işıqlandırıcının 1 il ərzində sərf etdiyi elektrik enerjisinin dəyəri	manat	40150,00	6825,50

Məlumdur ki, ağ işığın alınması üçün üç əsas rəng lazımdır: göy, yaşıl və qırmızı. İşığın bu rəngləri insan gözü üçün optimal parametrlərdir. Göy işıq üçün əsasən həyəcanlandırıcı InGaN əsasında yaradılan işıq diod istifadə olunur. Eyni zamanda ağ işığın alınması üçün göy işıq diod ilə birlikdə yaşıl və qırmızı işıqlar da tələb olunur. Burada lüminofor materiallar bu məqsəd üçün istifadə olunur.

Qeyd etmək lazımdır ki, lüminoforların seçilməsi yüksək effektivli ağ LED-lərin yaradılması üçün əsas məsələdir. Çünki, yalnız fiziki parametrləri deyil, iqtisadi səmərəliliyi də nəzərə almaq çox vacibdir.

Ədəbiyyatı araşdırsaq, ağ LED-lər üçün bir çox təklif edilən materialları görə bilərik. Həqiqətən, ağ LED işıqlandırması üçün yaxşı fiziki parametrləri olan bir neçə material məlumdur. Lakin əksəriyyəti iqtisadi səmərəsizliyə görə bu sahədə istifadə edilə bilmirlər. Çünki bu lüminoforları əldə etmək üçün kifayət qədər bahalı kimyəvi materiallardan istifadə olunur.

Son zamanlarda nadir torpaq elementlərinin mükəmməl elektron quruluşu sayəsində nadir torpaq elementli materiallardan bu sahədə geniş istifadə olunur.

Bu elementlər ana matrislərə daxil olduqda yeni emissiya mərkəzləri yaradır. Əsas matrislərdən asılı olaraq nadir torpaq elementləri yaşıl və ya qırmızı işıq saçır. Bu baxımdan qələvi torpaq oksidləri [9-10] və sulfidlər [11-15] xüsusilə qeyd olunmalıdır. Çünki, bu materialların son tədqiqatları onlar əsasında lüminoforların həm fiziki parametrlər, həm də iqtisadi faydaları baxımından ağ LED istehsalına tamamilə uyğun olduğunu göstərdi.

Təqdim olunan işdə 100 ədəd işıqlanma effektivliyi təqribən eyni olan közərmə lampası əsasında işıq mənbələri ilə ağ LED-lər mü-

qayisəli analiz edilmişdir. Tədqiqat işi Milli Aviasiya Akademiyasının ərazisində aparılmışdır. Cədvəl 2-də işıq mənbələrinin ümumi enerji sərfiyyatı və texniki iqtisadi qiymətləndirilməsi verilmişdir.

Təcrübi hissə

Müqayisəli analizdə qeyd olunan 100 ədəd işıq diodlarının təqribən 7-10 dəfəyə qədər istismar müddətini nəzərə almaqla yaranmış iqtisadi səmərə 33324,50 manat təşkil edir. Burada ağ LED-lərin iqtisadi cəhətdən son dərəcə səmərəli olduğu açıq şəkildə görünür. Eyni zamanda ağ LED-lərin təkrar emal etmə mümkünlüyünün olması bu işıq mənbələrinə olan tələbatı günbəgün artırır.

Bu işıqdiod mənbələrindən məişətdə, küçə və yolların, metro şəbəkəsinin, aeroport və digər nəqliyyat vasitələrinin, binaların işıqlanma sistemində geniş istifadə olunması elektrik enerjisindən əhəmiyyətli dərəcədə qənaət edilməsinə şərait yaradır.

Nəticə

Təqdim olunan işdə müxtəlif işıq mənbələrinin tipik texniki xarakteristikaları araşdırılmışdır.

Tədqiqat prosesində işıqlanma effektivliyi təqribən eyni olan közərmə lampası əsasında işıq mənbələri ilə ağ LED-lər müqayisəli analiz edilmişdir. Analiz nəticəsində demək olar ki, ağ LED-lərin istehsalı həm enerji xərclərini azaltmağa, həm də enerjinin qənaət edilməsinə imkan yaradır.

Bir çox üstün fiziki parametrləri ilə yanaşı, iqtisadi cəhətdən yüksək səmərəlilik bu lampaların işıqlandırma texnologiyasında geniş istehsalına imkan verir.

REFERENCES

1. OECD Green Growth Studies: Energy, OECD/IEA 2011 (*in English*)
2. **Əhmədov Ş.Ə., Novruzova S.N.** Alternativ Enerji Mənbələrindən İstifadə Və Müasir Bioqaz Qurğusunun Enerji İstehsalı // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, 2019, Cild 11, №4, s. 124-128 (*in Azerbaijani*)
3. **Waide P., Sunneli N., Gardiner A., Tait J., Fonseca P., Fong J., Quaresma N. and Evans C.** Impacts of the EU's Ecodesign and Energy/Tyre Labelling Legislation on Third Jurisdictions, European Commission, 2014 (*in English*)
4. **Lin C. C. and Liu R.-S.** The Journal of Physical Chemistry Letters, 2011, 2, 1268-1277 (*in English*)
5. **R.-J. Xie and N. Hirosaki,** Science and Technology of Advanced Materials, 2007,8,588-600 (*in English*)
6. **R.-J. Xie, N. Hirosaki, Y. Li and T. Takeda,** Materials, 2010, 3, 3777-3793 (*in English*)
7. **Ayman Abd El-khalek, Kamelia Youssef, Ibrahim Yassin,** Opportunities of energy saving in lighting systems for public buildings, Renewable Energy and Sustainable Development (RES D) Volume 3 Issue 1, March 2017, 95-98 (*in English*)
8. ENERGYSTAR, Lighting Technologies: A Guide to Energy-efficiency Illumination, online: www.energystar.gov, 2015 (*in English*)
9. **Leanenina M.S., Lutsenko E.V., Rzhetski M.V., et al.** High photoluminescence stability of $\text{CaGa}_4\text{O}_7:\text{Eu}^{3+}$ red phosphor in wide excitation intensity interval. Optical Materials, 2016, 54, 45-49 (*in English*)
10. **Khan D.T., Dang N.T., Jabarov S.H. et al.** Study on luminescent properties of Tb^{3+} and Sm^{3+} co-doped CaSiO_3 phosphors for white light emitting diodes. Materials Research Express, 2019, 7(1), 016507. (*in English*)
11. **Huseynov I.T.** The characteristic analysis of continuous light diodes, *Modern Physics Letters B*, 2021, Vol. 35, Issue 15, 2150247. (*in English*)
12. **Pashayev A.M., Tagiev, B.G., Tagiev, O.B., Huseynov, I.T., Allahverdiyev K.R.** Synthesis and Characterization of rare earth doped ternary chalcogenide semiconductors – effective electroluminescence and laser materials, Proc. SPIE, 2017, 10226, 102260J-1 – 102260J-5. (*in English*)
13. **Tagiyev B.G., Tagiyev O.B., Mammadov A.I. et al.** Structural and luminescence properties of $\text{Ca}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Ga}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ chalcogenide semiconductor solid solutions. Physica B: Condensed Matter, 2015, 478, 58-62. (*in English*)
14. **Paşayev A.M., Tağıyev B.H., Ələskərov F.K., Tağıyev O.B., Hüseynov İ.T., Sadıxov İ.Z.** $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{2+}$ birləşməsi və işıq diodu əsasında ağ işıq mənbələrinin yaradılması və spektral lüminessent xassələri, AJP Fizika, 2018, vol. XXIV, N4, p.31-37. (*in English*)
15. **Tagiyev B.G., Tagiyev O.B., Nahiye T.G., et al.** Luminescence of $\text{Ca}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Ga}_2\text{S}_4$ crystals activated by Eu^{2+} and Er^{3+} ions. Optics and Spectroscopy, 2015, 118(3), 389-39. (*in English*)

Daxil olub: 10.06.2021
Tamamlanıb: 12.12.2021
Qəbul edilib: 16.12.2021