

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА СВЕТОДИОДИ

**Красимир Велинов**

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", [candela@mail.bg](mailto:candela@mail.bg); <http://light-bg.eu>

**РЕЗЮМЕ.** В доклада се изследва влиянието на електрическите и светлинните параметри на светодиодни модули, съставени от единични и COP (чип он борд) диоди при различни режими на работа. Установена е промяна на светлинния добив от 170 до 200 lm/W в зависимост от токовото натоварване.

**Ключови думи:** светодиодно осветление, светлинен добив

### STUDY OF THE EFFICIENCY OF LEDs

**Krasimir Velinov**

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", [candela@mail.bg](mailto:candela@mail.bg); <http://light-bg.eu>

**ABSTRACT.** The report examines the impact of electrical and lighting parameters of LED modules consisting of single and COP LED by different modes. Change was detected in light efficiency of 170 to 200 lm/W, depending on the current loading.

**Keywords:** LED lighting, light output

### Въведение

Светодиодното осветление е сравнително нова технология. Както за всяко ново нещо, за него съществуват какви ли не легенди. Всъщност в областта на осветлението тази технология е революция съизмерима с изобретяването на нажежаемата лампа преди един век.

Не случайно през 2014 г. в областта на физиката беше присъдена нобелова награда на трима учени:



Isamu Akasaki,  
Meijo University,  
Nagoya, Japan



Hiroshi Amano,  
Nagoya University,  
Nagoya, Japan

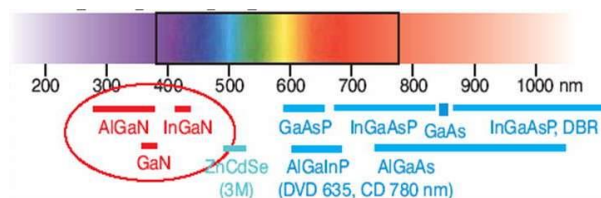


Shuji Nakamura,  
UCSB, Santa  
Barbara, USA

Лауреатите са наградени за изобретяване на нов, енергоспестяващ и екологичен източник на светлина.

Същността на изобретението е създаване на технология за генериране на бяла светлина. В това отношение съществуват две възможности: получаване на бяла светлина чрез генериране на синя, червена и зелена светлина или генериране на синя светлина, която с помощта на люминофор да се преобразува частично в жълта. Първата възможност предполага използване на различни полупроводникови материали, които е трудно да се съвместят в един чип. Затова съвременните светодиоди използват втората възможност. Цялата трудност е, че за

да се генерира синя светлина, полупроводниковият материал трябва да притежава широчина на забранената зона в диапазона 2.8 – 3.4 eV. Такъв материал е галиевия нитрид GaN, както и AlGaIn или InGaIn.



Фиг. 1. Видове материали, използвани за излъчвателни диоди в различни области на електромагнитния спектър

Историята на получаване на сините светодиоди е следната:

През 1970 г. Akasaki получава монокристален GaN.

1986 г. - Създаден е метод за израстване на GaN върху сапфир с гладка повърхност и контрол върху проводимостта - Akasaki, Amano.

1989 г. – Amano, който е докторант, открива процес за р-тип легиране на GaN с Mg. Създаден е за първи път светодиод с GaN р-п преход.

1994 г. - Nakamura, Nichia Chemicals, получава високо-ефективен син диод.

1995 г. - Създаден е първият синьо-виолетов лазерен диод.

От този полупроводников материал е много трудно да се получат кристали и последващите години са отделени за създаване на тази технология. В крайна сметка в момента на пазара могат да се закупят светодиоди с ефективност на излъчването около 200 lm/W.

Целта на настоящата работа е да изследва зависимостта на параметрите на светодиодиите от режима, в който са поставени, технологичното ниво на масовата им продукция.

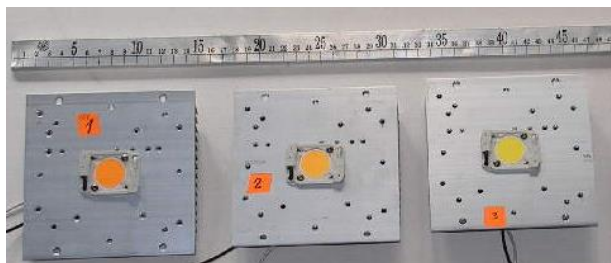
## Постановка за изследвания и резултати

Изследването на параметрите на светодиодиите е извършено с апаратурата, която в момента е налична в Научно-изследователската лаборатория по осветителна техника към Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски" (<http://light-bg.eu/>). Измерванията са извършени със следните уреди:

- LMT Photometer B520, идентификационен №04B4021 с фотометрична глава P30SC0 идентификационен №04B4022, свидетелство за калибриране на LMT Lichtmesstechnik GmbH Berlin №04B402/28.05.2014;
- кълбов фотометър с диаметър 2m (Велинов К, В. Войводов, 2012);
- автоматизиран гониофотометър (Велинов К, 2010, К. Velinov, P. Velinova 2013);
- измервател на мощност НМ8115-2 идентификационен № 015447345, свидетелство за калибриране на национален център по метрология №148-ЕЕИ /14.12.2012;
- цифров термометър със сензор за температура DS18B20 идентификационен № 0000011697CDH, свидетелство за калибриране на национален център по метрология №268-ТИ/14.11.2012;
- спектрометричния MK350 идентификационен № HS0313220158, тестов източник MK002, свидетелство за калибриране на UPRtek lab № A012001/2013/7/5.

В момента в продажба са два вида светодиоди – единични чипове с мощност, по-малка от 1W, и групови матрици от диоди разположени върху един чип, които се произвеждат с мощност от 5 до 100W. По-долу са изследвани и двата модела светодиоди, получени от два независими доставчика.

Изследвани са следните характеристики на светодиодиите: мощност, напрежение, светлинен поток, светлинен добив във функция от тока на светодиодиите, при параметър цветна температура, и индекс на цвето-предаване.



Фиг. 2. Външен вид на изследваните COP диоди №1, 2 и 3

### Резултати за светодиод №1 (COP)

Спектр на светлината  
Цветна температура =  
**3040 K**  
Индекс на цвето-предаване  
CRI =83

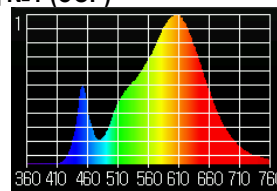


Таблица 1 LED-1 3000K

I, mA	P, W	U, V	Фл, lm	Lm/W
100	3.148	31.55	<b>562,7</b>	<b>178,7</b>
200	6.39	32.2	<b>1131,1</b>	<b>177,0</b>
300	9.78	32.72	<b>1686,2</b>	<b>172,4</b>
400	13.23	33.16	<b>2226,9</b>	<b>168,3</b>
500	16.74	33.5	<b>2730,6</b>	<b>163,1</b>
600	20.33	33.84	<b>3251,4</b>	<b>159,9</b>
700	23.9	34.16	<b>3747,7</b>	<b>156,8</b>
800	27.47	34.43	<b>4209,5</b>	<b>153,2</b>
900	31.26	34.71	<b>4684,7</b>	<b>149,9</b>
1000	35.22	34.97	<b>5154,2</b>	<b>146,3</b>
1100	38.6	35.09	<b>5491,1</b>	<b>142,3</b>

### Резултати за светодиод №2 (COP)

Спектр на светлината  
Цветна температура =  
**3932 K**  
Индекс на цвето-предаване  
CRI =82

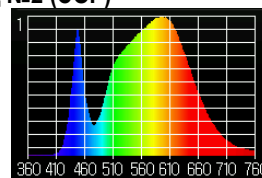


Таблица 2 LED-2 4000K

I, mA	P, W	U, V	Фл, lm	Lm/W
100	3.14	31.44	<b>580,0</b>	<b>184,7</b>
200	6.33	32.08	<b>1160,2</b>	<b>183,3</b>
300	9.7	32.58	<b>1740,1</b>	<b>179,4</b>
400	13.21	33.02	<b>2311,6</b>	<b>175,0</b>
500	16.64	33.4	<b>2851,2</b>	<b>171,3</b>
600	20.18	33.75	<b>3382,5</b>	<b>167,6</b>
700	23.77	34.06	<b>3893,1</b>	<b>163,8</b>
800	27.53	34.34	<b>4406,1</b>	<b>160,0</b>
900	31.19	34.62	<b>4884,3</b>	<b>156,6</b>
1000	34.81	34.9	<b>5342,6</b>	<b>153,5</b>
1100	38.61	35.09	<b>5762,1</b>	<b>149,2</b>

### Резултати за светодиод №3 (COP)

Спектр на светлината  
Цветна температура =  
**4858 K**  
Индекс на цвето-предаване  
CRI =72

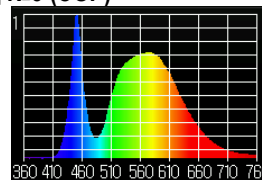
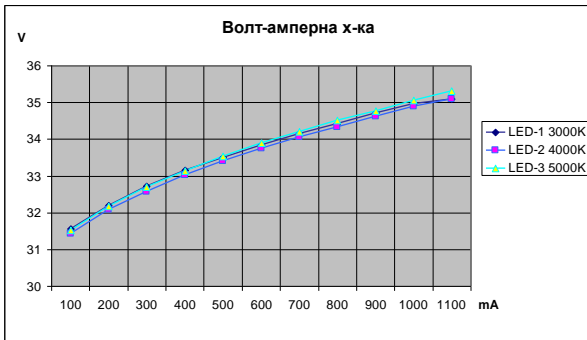
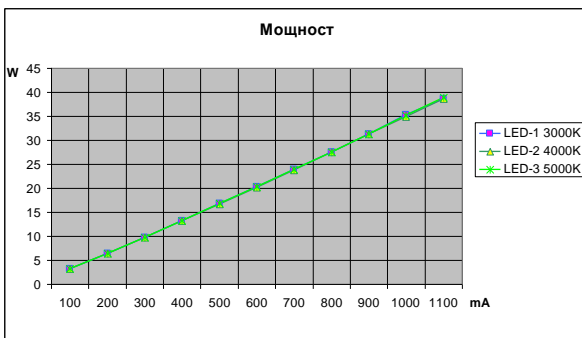


Таблица 3 LED-3 5000K

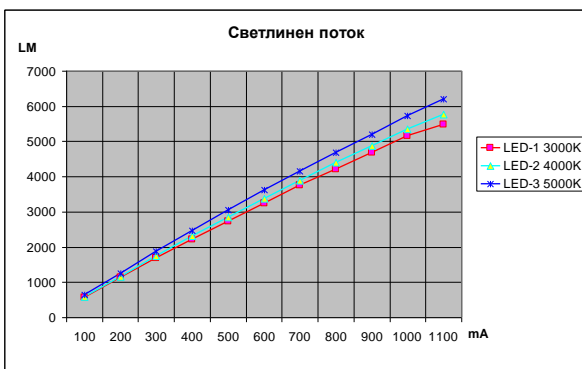
I, mA	P, W	U, V	Фл, lm	Lm/W
100	3.244	31.53	645,0	198,8
200	6.44	32.18	1261,3	195,9
300	9.79	32.7	1872,1	191,2
400	13.22	33.14	2469,9	186,8
500	16.76	33.53	3058,2	182,5
600	20.32	33.89	3617,9	178,0
700	23.91	34.2	4157,9	173,9
800	27.51	34.51	4691,7	170,5
900	31.25	34.76	5199,5	166,4
1000	35.1	35.05	5720,7	163,0
1100	38.83	35.31	6199,3	159,7



Фиг. 3. Волт-амперни характеристики на светодиоди №1, 2 и 3



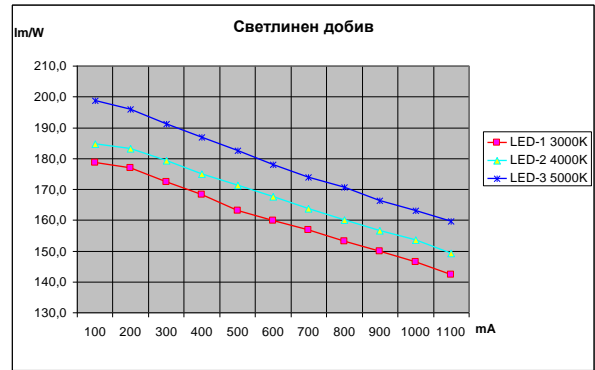
Фиг. 4. Промяна на мощността във функция от тока за светодиоди №1, 2 и 3



Фиг. 5. Промяна на светлинния поток за светодиоди №1, 2 и 3

Проба №4 представлява модул от 12 светодиода с мощност 1 - 3W.

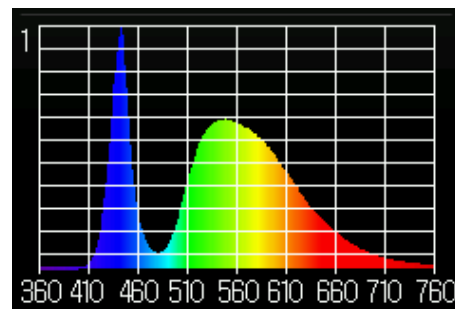
Резултатите за светодиод №4 са показани в таблица 4 и са визуализирани на фиг. 7, 8 и 9.



Фиг. 6. Промяна на светлинния добив за светодиоди №1, 2 и 3

Таблица 4

I	U	P	Фл	η
A	V	W	lm	Lm/W
0,10	32,06	3,22	601	186,6
0,15	32,43	4,85	894	184,4
0,20	32,77	6,60	1199	181,7
0,25	33,06	8,27	1483	179,3
0,30	33,32	10,21	1812	177,5
0,35	33,58	11,81	2058	174,3
0,40	33,82	13,58	2337	172,1
0,45	34,04	15,32	2604	170,0
0,50	34,26	17,17	2881	167,8
0,55	34,46	18,92	3136	165,8
0,60	34,68	20,90	3423	163,8
0,65	34,87	22,70	3675	161,9
0,70	35,06	24,53	3928	160,1
0,75	35,26	26,50	4164	157,1
0,80	35,45	28,40	4448	156,6
0,85	35,63	30,30	4699	155,1
0,90	35,82	32,30	4956	153,4
0,95	35,99	34,28	5206	151,9
1,00	36,19	36,16	5443	150,5
1,05	36,33	38,13	5679	148,9
1,10	36,54	40,31	5945	147,5



Спектр на светлината

Цветна температура = 5518 K

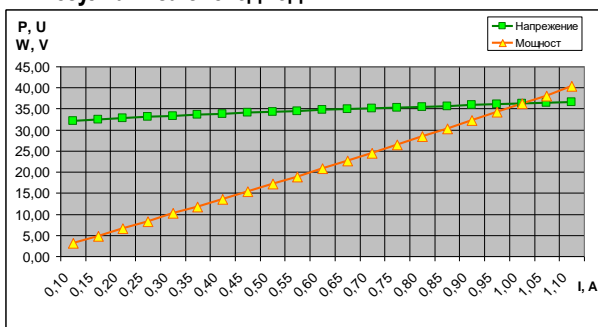
Индекс на цвето предаване CRI =65

Цветни координати:

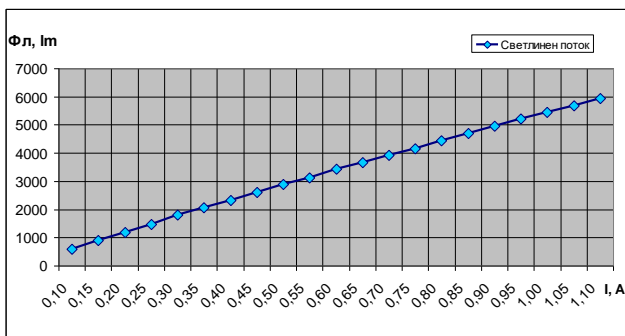
CIE 1931 x=0.3321, y=0.3630

CIE 1976 u'=0.1985, v'=0.4882

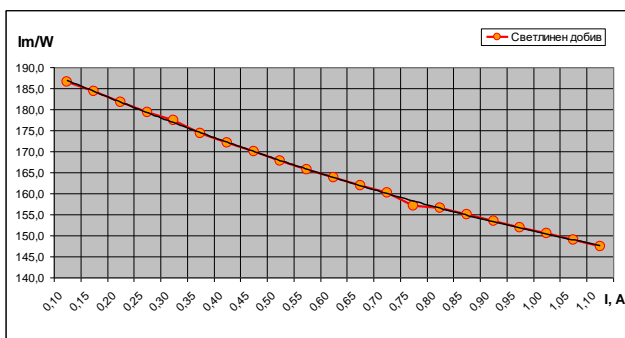
## Резултати за светодиодиод №4



Фиг.7. Напрежение и мощност във функция от тока за светодиодиод №4



Фиг. 8. Излъчен светлинен поток във функция от тока за светодиодиод №4



Фиг. 9. Светлинен добив във функция от тока за светодиодиод №4

## Заклучение

При номинален ток от 700mA, светлинният добив на светодиоди № 1, 2 и 3 е в границите на 157 до 174 lm/W, като по-високият светлинен добив е при светодиода с по-висока цветна температура. При намаляване на работния ток от 700 на 100mA ефективността на тези светодиоди се увеличава на 180 – 200lm/W, но светлинният поток спада от 3750 - 4150 на 560 - 645lm.

Аналогично е и поведението на светодиодиод №4. При намаляване на работния ток от 700 на 100mA ефективността на тези светодиоди се увеличава на 160 – 187lm/W, но светлинният поток за модула от 12 светодиода спада от 3900 на 600lm.

И за двете групи светодиоди ефективността на излъчване се движи от 160 – 180lm/W в рамките на нормалния работен диапазон.

При подходящо охлаждане на светодиода може да се постигне излъчване на по-висок светлинен поток, но това е свързано с намаляване на неговата ефективност.

Изпитаните светодиоди са нормална извадка на произведени към края на 2015 година светодиоди и показват състоянието на светодиодната технология към този момент.

## Литература

<http://light-bg.eu/>

Велинов К, В. Войводов, Модернизация на кълбов фотометър с цифрови фотосензори. Годишник на МГУ "Св. Иван Рилски", 2012г., Том 55, св. III, стр. 22-25;  
Велинов К., Гониофотометър за експресно измерване на светодиодни осветители, XIV Национална конференция с международно участие BulLight, 2010, Варна, България.

K. Velinov, P. Velinova, Goniophotometer with large number of digital photo sensors, LuxJunior 2013, 11.  
Internationales Forum für den lichttechnischen Nachwuchs, 23 - 27.09.2013, Dornfeld / Ilmenau, Deutschland.

Статията е препоръчана за публикуване от кат.„Електрификация на минното производство”.