

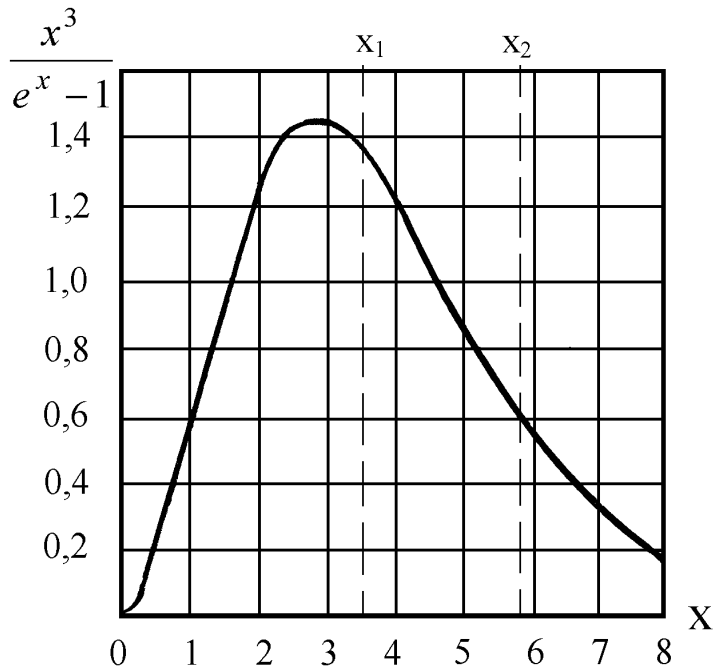
**Третьи Черенковские чтения
ФИАН**

Чл.-корр. РАН
ДИДЕНКО А.Н

Высокоэффективные источники видимого света

6 апреля 2010 г.
Москва

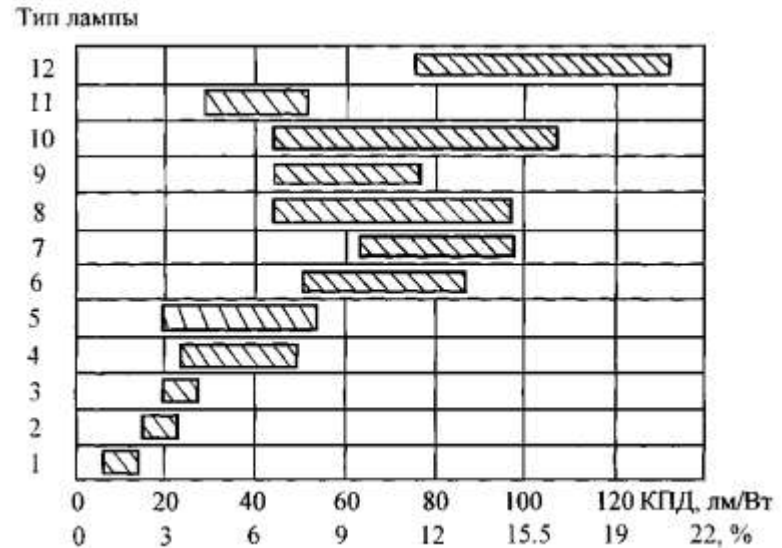
Перспективы создания новых источников света



Функция Планка для определения спектральной

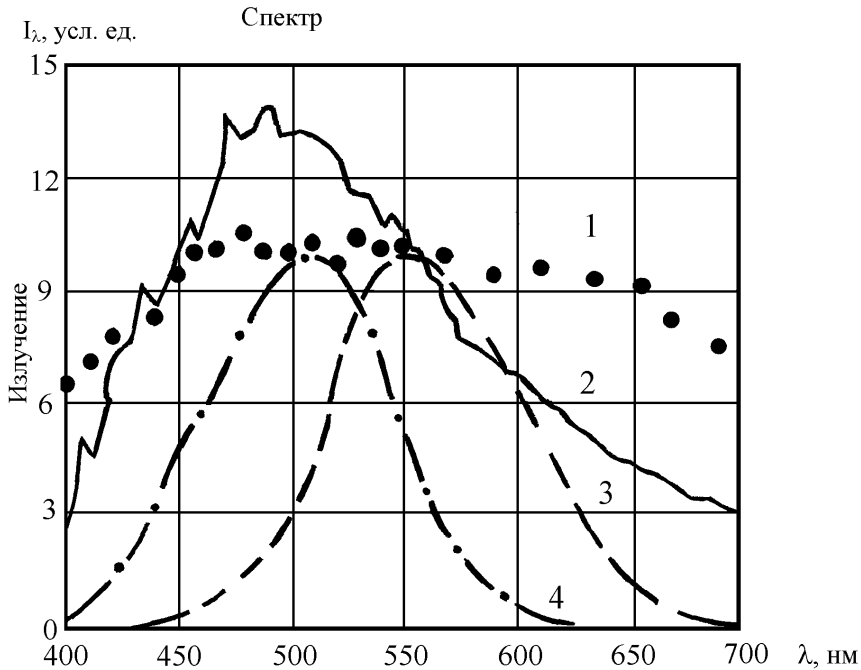
плотности $I_\nu = \frac{2(k_B T)^3}{c^2 h^2} \frac{x^3}{e^x - 1}$, где $x = (h\nu)/(k_B T)$,

x_1, x_2 – область чувствительности человеческого глаза.

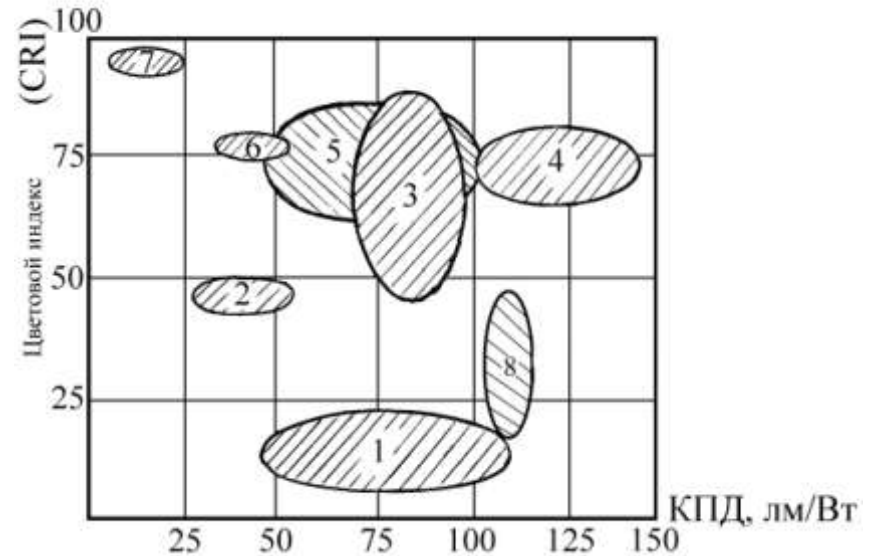


Преобразование электрической энергии в световую лампами разных типов: 1 - лампа накаливания; 2 - галогенная вольфрамовая лампа; 3 - галогенные инфракрасные рефлекторы; 4 - ртутная лампа; 5 - малогабаритная люминесцентная лампа (5-26 Вт); 6 - тоже с мощностью питания 27-40 Вт; 7 - крупногабаритная люминесцентная лампа; 8 - металло-галогенные лампы; 9 – малогабаритные металло-галогенные лампы; 10 - натриевая лампа высокого давления; 11 - обычная натриевая лампа; 12 - серная СВЧ-лампа.

Преимущество СВЧ-ламп



Спектральные характеристики: 1 - солнца
2 – серного СВЧ-источника света;
3, 4 – человеческого глаза.



Эффективность источников света:

1 – натриевые с высоким давлением;
2 – ртутные; 3 – люминесцентные крупногабаритные 4 – серные СВЧ-лампы;
5 – металло-галогенные; 6 – натриевые, обычные; 7 – лампы накаливания;
8 - светодиоды.

Развитие Ar-S СВЧ-источников света

Fusion Lighting с 1980г по 2000 г.

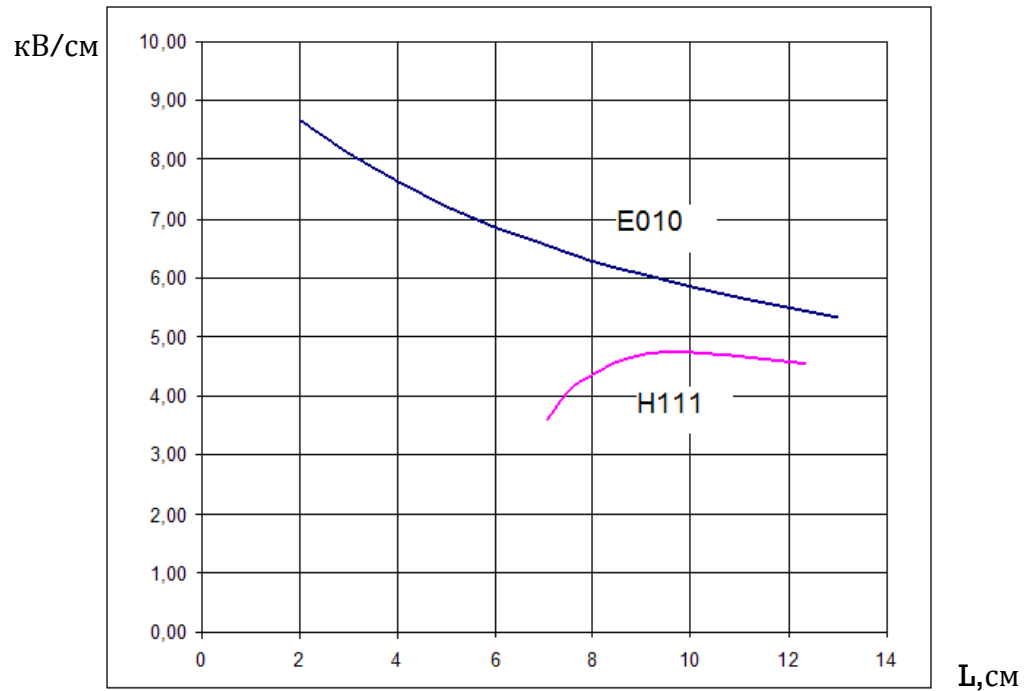
Кафедра электрофизических установок МИФИ с 1996 г.

LG electronics с 2000 г.

ИЗМИРАН, ВНИСИ, ВЭИ, МЭИ, ОАО «Плутон» с 1998 г.

Характеристика	NASM 1996	Solar 1996	Light-Drive 1998	Светоч-ИРО 1997	Светоч-СВ 1998	Свэтон 2000	Plasma Lighting System 2006
Мощность СВЧ, кВт	3.1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.4
Мощность от сети, кВт	5.1	1.425	1.4	1.325	1.325	1.325	0.75
Световая отдача "от сети", лм/Вт	60	62	70	70	70	70	85
Световая отдача "от СВЧ", лм/Вт	94	92	98	102	102	102	140

Выбор рабочего типа колебаний резонатора



Зависимость напряженности электрического поля для резонаторов, на E_{010} и H_{111} типах колебаний от их длины.

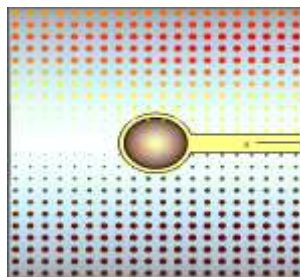
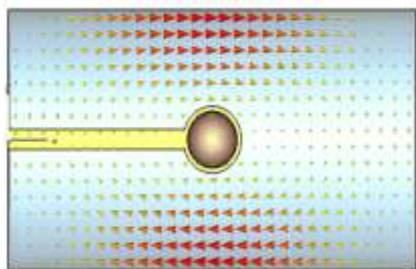
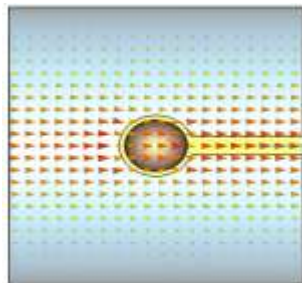
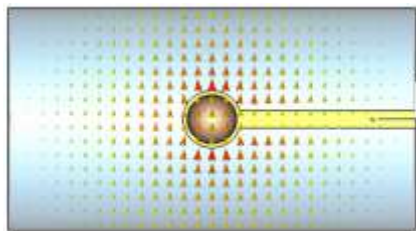
Напряженность электрического поля резонатора, работающего на E_{010} типе колебаний

L, см	3.0	4.0	6.0	8.0
ξ , Ом ^{1/2} /м	515	446	364	315
E ₀ , кВ/см (P=220Вт)	8.1	7.62	6.86	6.29

Напряженность электрического поля резонатора, работающего на H_{111} типе колебаний

R/L	1	0.75	0.5	0.3(3)
L, мм	70.61	77.31	93.86	123.22
ξ , Ом ^{1/2} /м	174	202	227	226
E ₀ , кВ/см (P=220Вт)	3.61	4.25	4.74	4.55

Численное моделирование



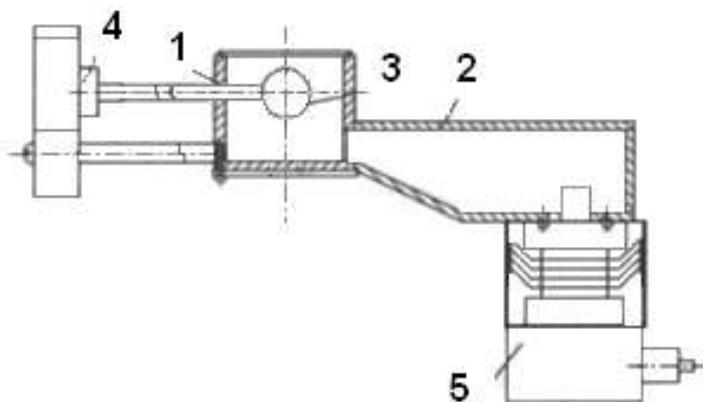
H_{111} – тип колебаний

E_{010} – тип колебаний.

	D, см	L, см	f, МГц	ξ , Ом ^{1/2} /м
H_{111}	7.8	14.0	2462	270
E_{010}	91.35	80		306
	91.15	60		352.2
	90.95	50		386

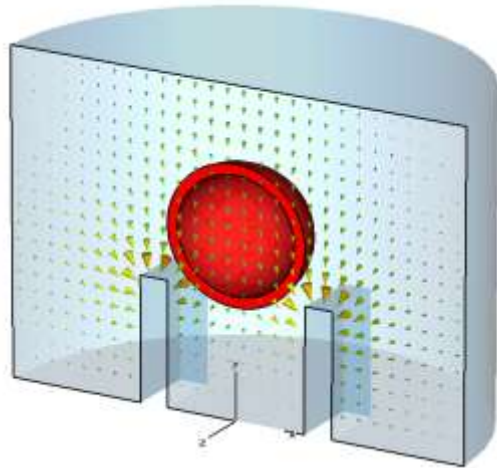
Источник на основе резонатора с E_{010} типом колебаний

- 1 - резонатор;
- 2 - волновод;
- 3 - колба;
- 4 - электромотор;
- 5 - магнетрон

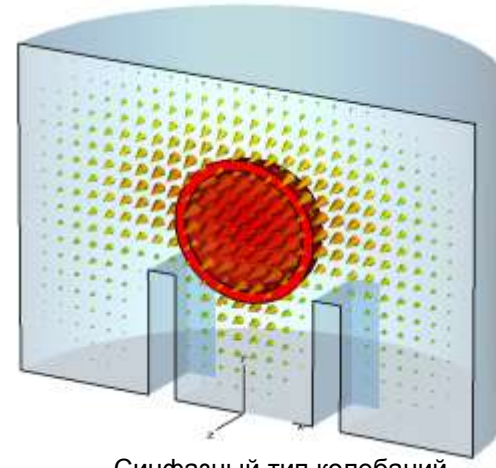


световой поток ~ 25000 Лм
 светоотдача ~ 65 лм/Вт

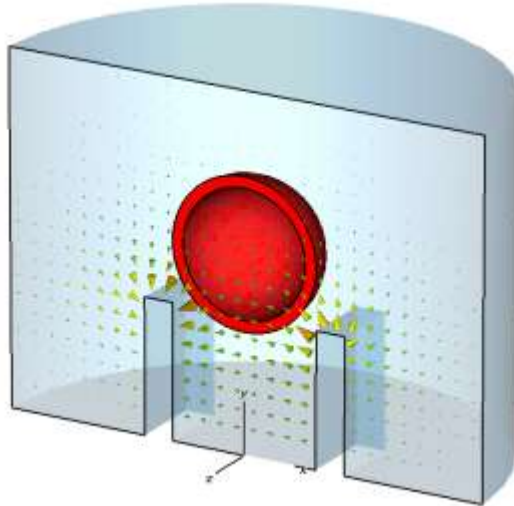
Штыревые структуры



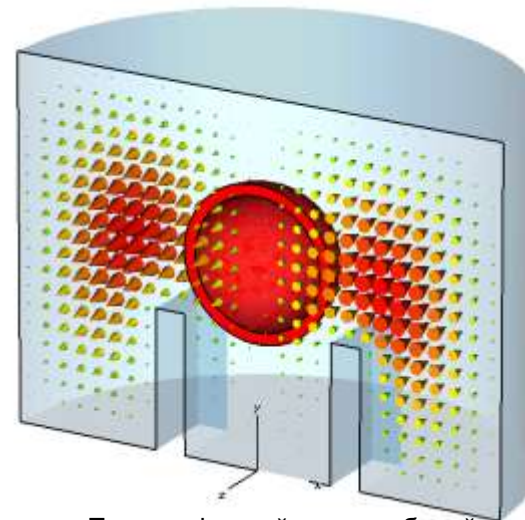
Синфазный тип колебаний
с продольным электрическим полем.



Синфазный тип колебаний
с поперечным электрическим полем.



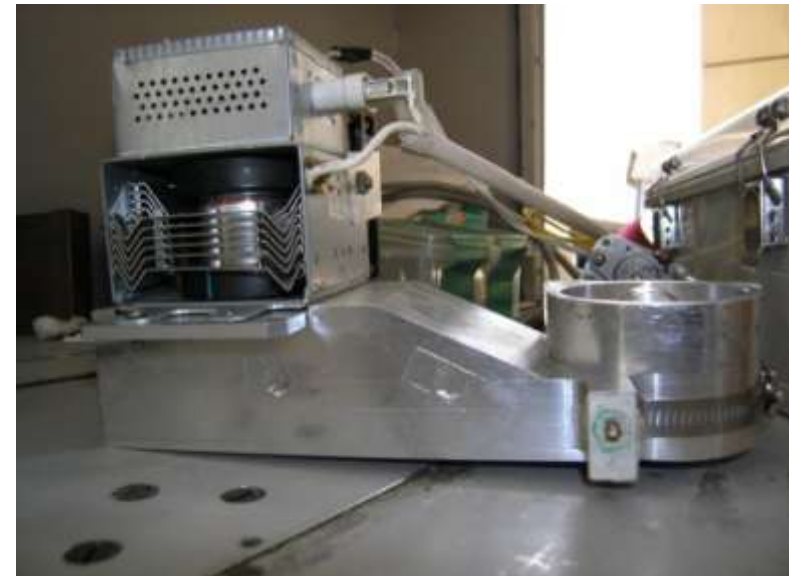
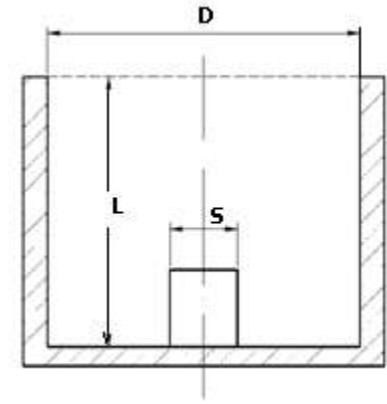
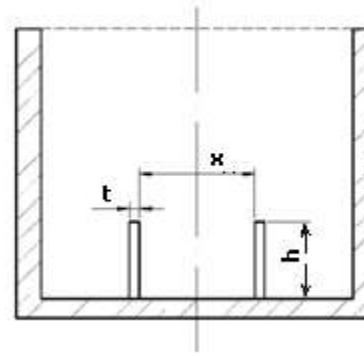
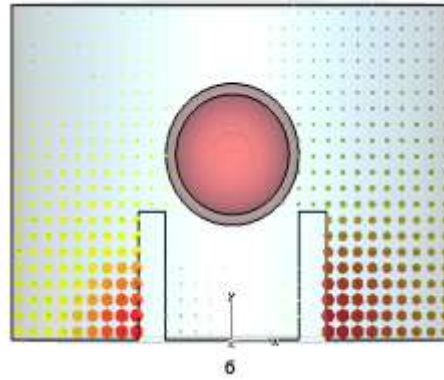
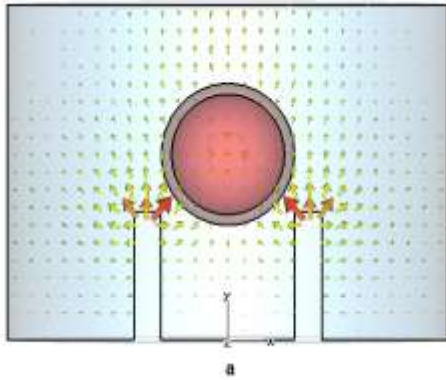
Противофазный тип колебаний
с продольным электрическим полем.



Противофазный тип колебаний
с поперечным электрическим полем.

Синфазный тип колебаний с продольным электрическим полем

L, мм	D, мм	h, мм	t, мм	s, мм	x, мм	f, МГц	ξ , Ом ^{1/2} /м
47	66	17.7	4	20	20	2462	440



СВЧ-лампа (вид сверху и сбоку).

Измерение светоотдачи

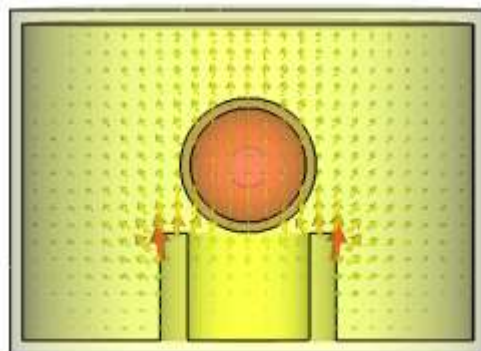
Внутренний диаметр, мм	Количество серы, мг	Плотность серы, мг/куб.см.	Светимость, Лм
17	4,4	1,711	24640
17	5,4	2,098	21650
23	5,4	0,846	20240
27	16,0	1,552	30360

светоотдача “от сети” ~ 80 лм/Вт, “от СВЧ” ~ 140 лм/Вт

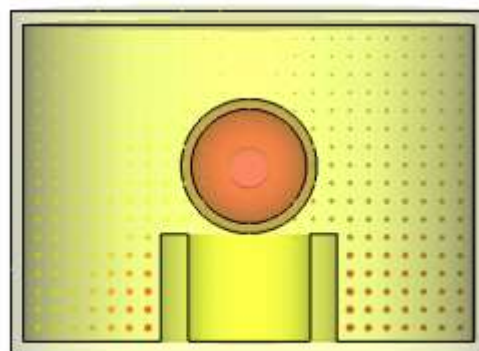
СВЧ – лампа в работающем состоянии



Резонатор с кольцевым штырем



а



б

Структура электрического и магнитного полей



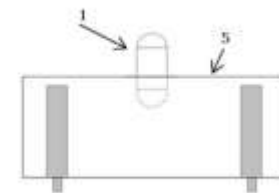
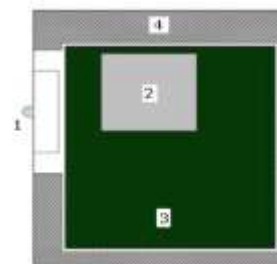
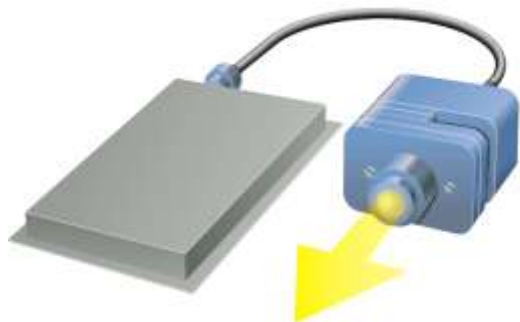
Высота резонатора, мм	Диаметр резонатора, мм	Высота штыря, мм	Толщина штыря, мм	Внутр. диаметр штыря, мм	f, МГц	ξ , Ом ^{1/2} /м
47	66	15,9	4	20	2462	500

Внутренний диаметр, мм	Количество серы, мг	Плотность серы, мг/куб.см.	Светимость, Лм
27	16,0	1,552	31600

светоотдача “от сети” ~ 85 лм/Вт, “от СВЧ” ~ 145 лм/Вт

Современное состояние исследований в мире

Firm	Country	Plasma Light Systems	Microwave power, W	Light Flux, lm
Ceravision Inc.	UK	Ecolumination	50	6300
Luxim Corporation	USA	LIFI	270	33000



LIFI

Ecolumination

Выводы

С помощью штыревых систем в цилиндрических резонаторах малых объемов и с помощью диэлектрических резонаторов возможно получить высокую напряженность электрического поля при малой мощности питания и на этой основе возможно получить высокоэффективный источник света с малой мощностью питания со световыми характеристиками близкими к спектральным характеристикам Солнца.

Возможные области применения:

- Уличное освещение
- Освещение студий, складов, торговых центров, выставок: высокий уровень освещенности позволяет выигрышно представлять товар, обеспечивает неискаженную цветопередачу, а низкий уровень УФ гарантирует сохранность красок и других чувствительных ингредиентов.
- Спортивные мероприятия, например прожекторы стадионов.
- Использование в сельском хозяйстве: для выращивания овощей, фруктов, цветов особенно с учетом благоприятного спектра.
- Возможность создания энергосберегающих бытовых ламп с хорошими спектральными характеристиками.