

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Кафедра фотоники
(государственный университет)
Кафедра твердотельной электроники

Инжекционные полупроводниковые лазеры

Лабораторная работа по курсу «Фотоника»

Выполнил:

Александр Нехаев

г. Долгопрудный
2019 г.

Оглавление

Цели работы	2
Ход работы	2
Мощностные характеристики для лазера и светодиодов	2
Спектральные характеристики	5
Вывод	12

Цели работы

1. Ознакомление с основными принципами работы лазерных светодиодов.
2. Снятие зависимости мощности излучения светодиодов и лазера от мощности накачки.
3. Получение спектральных характеристик светодиодов и определение максимумов этих характеристик.

Ход работы

Мощностные характеристики для лазера и светодиодов

Экспериментальные данные для лазера и двух светодиодов (зависимость тока от мощности накачки для синего светодиода снять не удалось). В данной части работы измерялись зависимости мощности излучения в условных единицах от мощности накачки лазера и светодиодов.

Таблица 1. Результаты эксперимента для лазера

V накачки, BV	I накачки, мА	Мощность накачки, мВт	Мощность, у. е.
2.19	12.9	28.251	20
2.2	13.3	29.26	40
2.21	13.7	30.277	60
2.22	14.1	31.302	80
2.22	14.4	31.968	100
2.23	14.9	33.227	120
2.24	15.1	33.824	140
2.26	15.6	35.256	160

Таблица 2. Результаты эксперимента для красного светодиода

V накачки, В	I накачки, мА	Мощность накачки, мВт	Мощность, у. е.
4.53	19.2	86.976	5
4.35	14	60.9	4
4.14	9.7	40.158	3
3.89	6.9	26.841	2
3.54	4.1	14.514	1

Таблица 3. Результаты эксперимента для зеленого светодиода

V накачки, В	I накачки, мА	Мощность накачки, мВт	Мощность, у. е.
3.45	48.7	168.015	5
3.22	31.4	101.108	4
3.09	21.8	67.362	3
2.97	12.6	37.422	2
2.89	7.6	21.964	1

Мощность накачки рассчитывалась по формуле

$$P_{\text{нак}} = IU \quad (1)$$

По данным приведенным в таблицах (Таблица 1, Таблица 2, Таблица 3) построим ватт-ваттные характеристики (зависимость мощности генерации от мощности накачки).

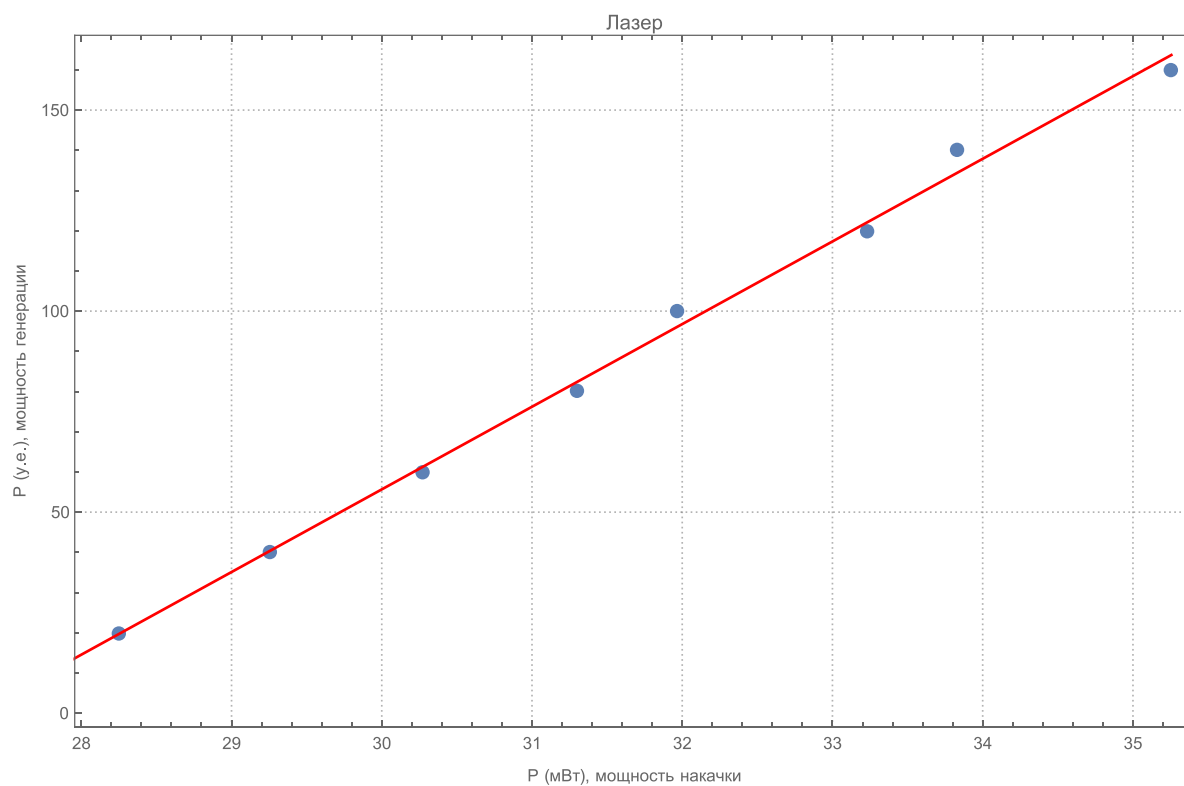


Рисунок 1. Зависимость мощности генерации от мощности накачки для лазера

Таблица 4. Параметры аппроксимации зависимости мощности генерации от генерации от мощности накачки для лазера

	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	-561.011	17.6801	-31.7312	6.51E-08
x	20.55566	0.556877	36.91237	2.64E-08

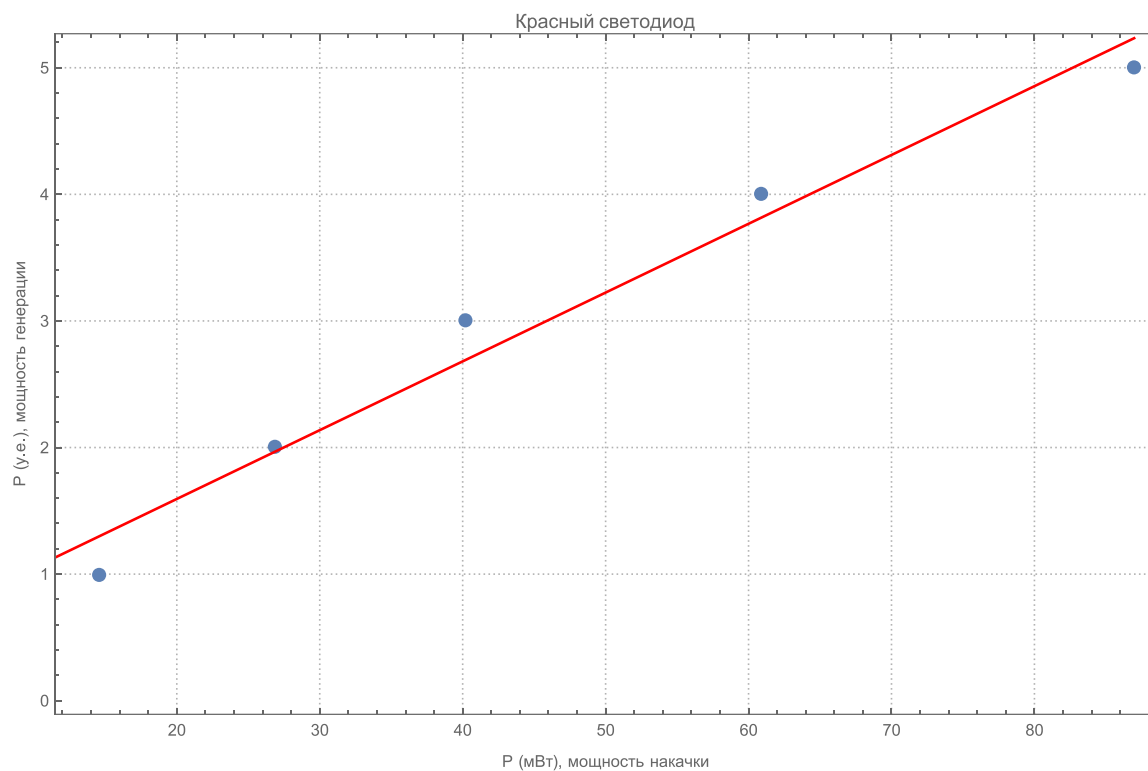


Рисунок 2. Зависимость мощности генерации от мощности накачки для красного светодиода

Таблица 5. Параметры аппроксимации зависимости мощности генерации от генерации от мощности накачки для красного светодиода

	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	0.506827	0.276519	1.832881	0.164198
x	0.054344	0.00526	10.33124	0.001934

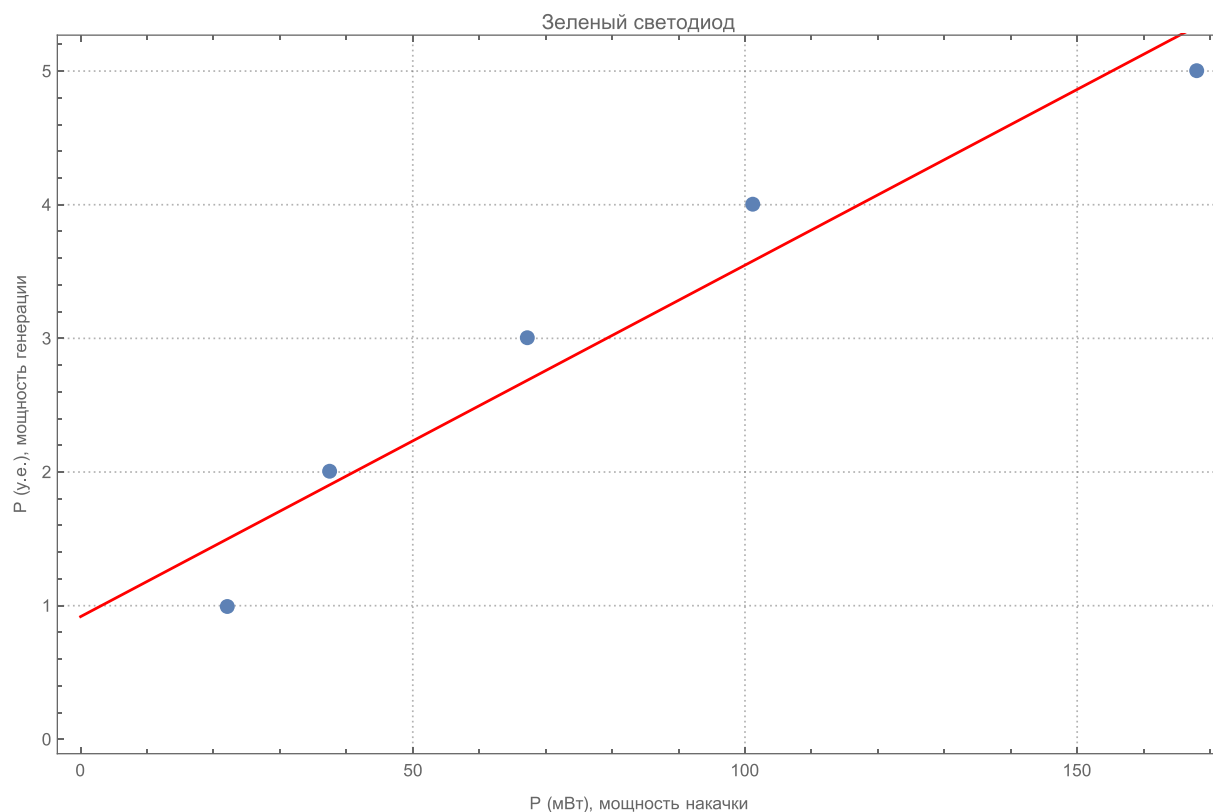


Рисунок 3. Зависимость мощности генерации от мощности накачки для зеленого светодиода

Таблица 6. Параметры аппроксимации зависимости мощности генерации от генерации от мощности накачки для зеленого светодиода

	Estimate	Standard Error	t-Statistic	P-Value
1	0.917949	0.377296	2.432972	0.093082
x	0.026297	0.003983	6.602832	0.007072

Спектральные характеристики

Провели измерения спектральной характеристики для лазера при 3-х различных мощностях, для красного светодиода при 4-х различных мощностях, для зеленого светодиода при 2-х различных мощностях и для синего светодиода. Результаты измерений представлены в таблицах (Таблица 7, Таблица 8, Таблица 9, Таблица 10, Таблица 11, Таблица 12, Таблица 13, Таблица 14, Таблица 15).

Таблица 7. Спектральная характеристика для лазера при мощности 61.75 мВт

Длина волны, нм	Мощность, у. е.
651	3.8
651.4	4.7
651.6	5.9
651.8	13
652	22.7
655	15.2

655.2	4.9
655.4	4.1
656	3.7

Таблица 8. Спектральная характеристика для лазера при мощности 18.8 мВт

Длина волны, нм	Мощность, у. е.
651	423
651.4	427
651.6	429
651.8	430
652	432
652.2	433
652.4	434
652.6	435
653.4	436
654	436
654.2	434
654.8	431
655	429
655.2	427
655.6	424
656	420

Таблица 9. Спектральная характеристика для лазера при мощности 47.5 мВт

Длина волны, нм	Мощность, у. е.
651	3.6
651.2	4
651.4	5
651.6	6.2
651.8	8.2
652	22.6
655	22.6
655.2	5.4
655.4	3.7
655.6	3.3
655.8	3.1
656	2.9

Таблица 10. Спектральная характеристика для красного светодиода при мощности 45.51 мВт

Длина волны, нм	Мощность, у. е.
550	352

560	355
570	367
580	400
590	486
600	695
610	1094
620	1885
630	830
640	404
650	359
660	353
628	986
626	1220
624	1504
622	1778
618	1793
616	1616
614	1427
612	1251
608	982
636	488
634	574
632	690
604	824

Таблица 11. Спектральная характеристика для красного светодиода при мощности 14.7 мВт

Длина волны, нм	Мощность, у. е.
550	352
560	353
570	357
580	369
590	402
600	485
610	674
620	880
630	477
640	362
650	353
660	352
628	529
626	581
624	648
622	755
618	943
616	913

614	833
612	752
608	617
636	378
634	394
632	425
604	533

Таблица 12. Спектральная характеристика для красного светодиода при мощности 67.5 мВт

Длина волны, нм	Мощность, у. е.
550	352
560	352
570	353
580	358
590	370
600	400
610	475
620	535
630	390
640	355
650	353
660	353
628	413
626	432
624	451
622	486
618	567
616	565
614	536
612	504
608	452
636	359
634	363
632	372
604	419

Таблица 13. Спектральная характеристика для зеленого светодиода при мощности 156.178 мВт

Длина волны, нм	Мощность, у. е.
450	383
460	442
470	610
480	960
490	1586

500	2330
510	2870
520	2680
530	1960
540	1290
550	873
560	624
570	492
580	422
590	388

Таблица 14. Спектральная характеристика для зеленого светодиода при мощности 31.937 мВт

Длина волны, нм	Мощность, у. е.
450	355
460	361
470	378
480	419
490	524
500	719
510	987
520	1111
530	952
540	705
550	540
560	448
570	400
580	375
590	364

Таблица 15. Спектральная характеристика для синего светодиода при мощности 17.388 мВт

Длина волны, нм	Мощность, у. е.
420	365
430	430
440	757
450	2110
460	5350
470	4480
480	2180
490	1070
500	629
510	456
520	392

530	369
455	3690
474	3340
465	5660
468	5030
466	5520
458	4730
459	5070
464	5810
462	5760
453	2980

По полученным значениям построим зависимости мощности в условных единицах от длины волны.

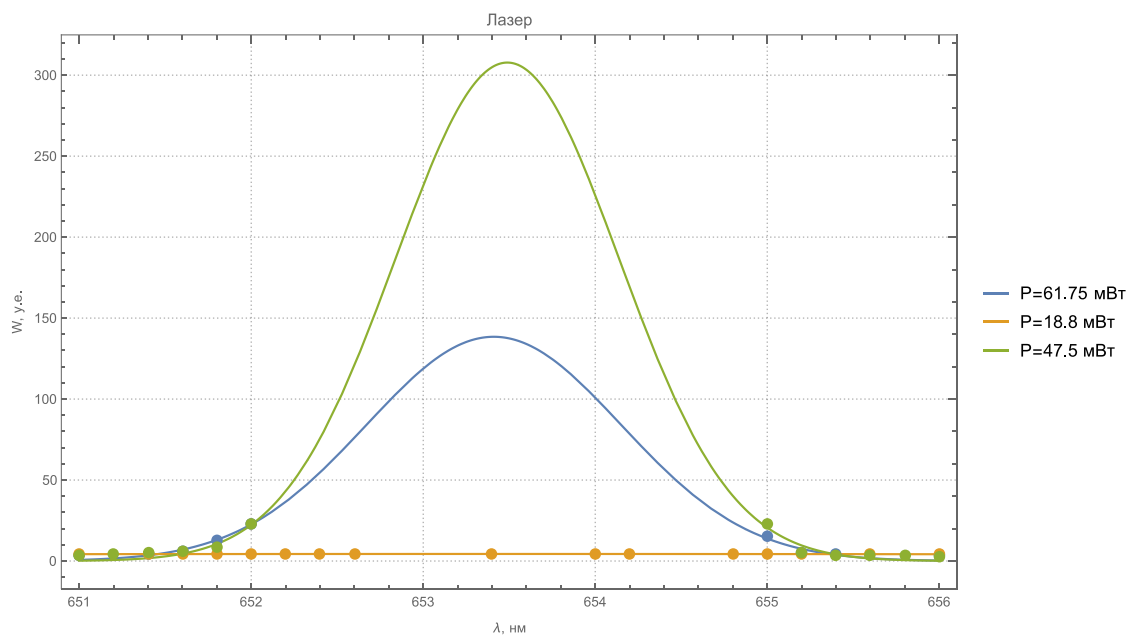


Рисунок 4. Спектральная характеристика для лазера при разных мощностях

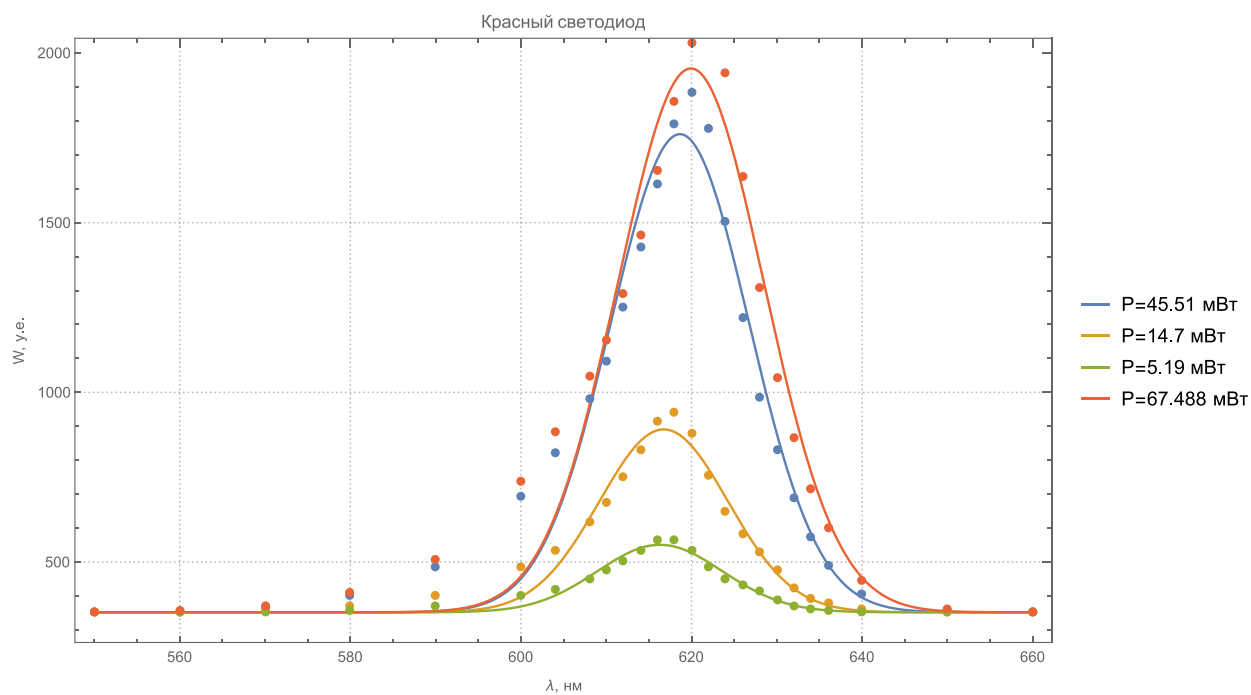


Рисунок 5. Спектральная характеристика для красного светодиода при разных мощностях

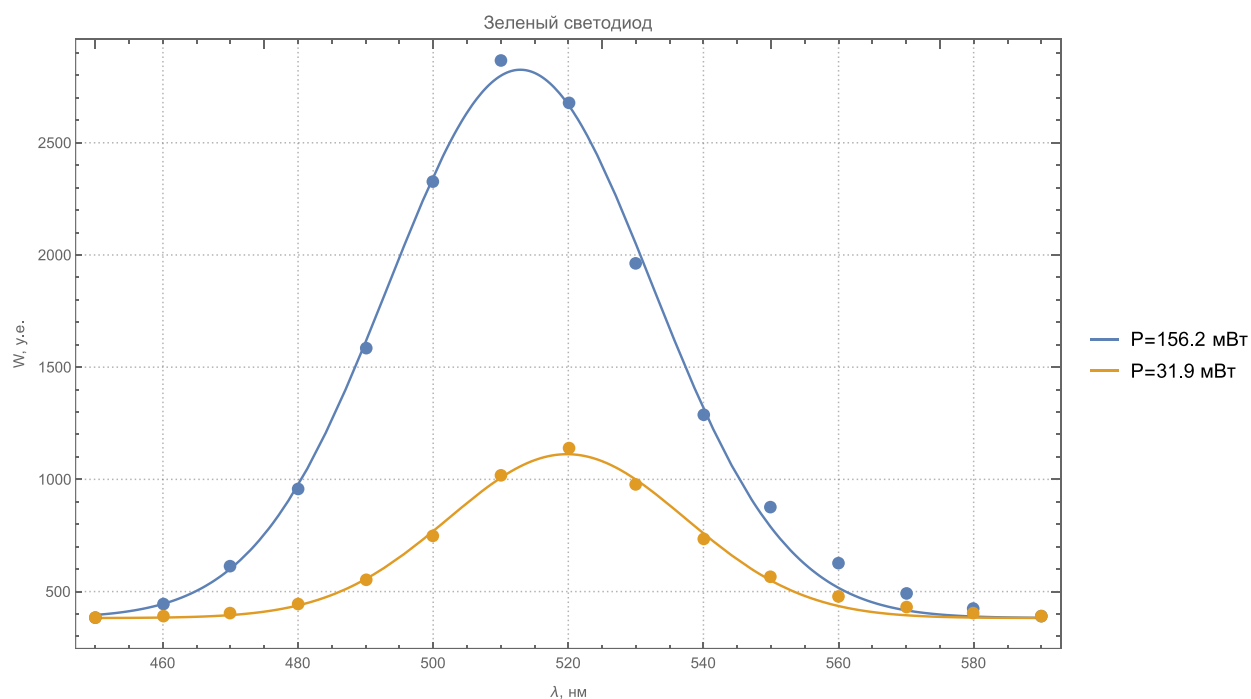


Рисунок 6. Спектральная характеристика для зеленого светодиода при различных мощностях

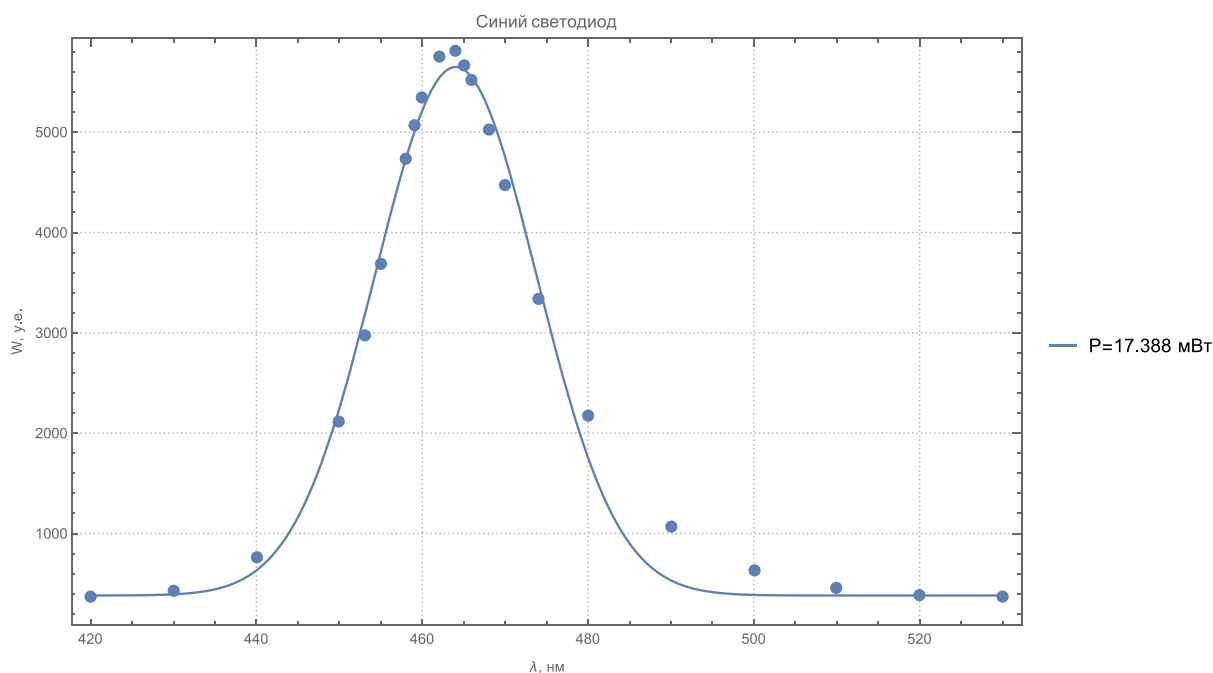


Рисунок 7. Спектральная характеристика для синего светодиода при различных мощностях

Из графиков определены центральные линии волн относительно полуширины пиков. Полученные данные приведены в таблице ниже.

Как видно, для зеленого диода спектр сдвигается влево при росте мощности. Это связано с тем, что при увеличении тока растет температура диода, а значит уменьшается ширина запрещенной зоны и падает длина волны.

Таблица 16. Длины волн аппроксимированных пиков

Р, мВт	61.75	18.80	47.50	
Лазер, пик (нм)	653.41	653.34	653.49	
Лазер, разброс (нм)	0.87	11.19	0.77	
Р, мВт	45.51	14.70	5.19	67.49
Красный, пик (нм)	618.64	616.74	616.29	619.93
Красный, разброс (нм)	9.53	8.87	8.66	10.07
Р, мВт	156.20	31.90		
Зеленый, пик (нм)	512.90	519.80		
Зеленый, разброс (нм)	23.02	20.70		
Р, мВт	17.39			
Синий, пик (нм)	464.04			
Синий, разброс (нм)	11.47			

Выводы

Ватт-ваттные характеристики

1. В ходе работы получили линейный участок ватт-ваттной характеристики инжекционного полупроводникового лазера выше порога генерации. По графику можно оценить пороговую мощность накачки: $P = 27.3$ мВт.

2. По наклону графиков можно так же оценить отношение КПД лазера к КПД светодиодов. Из полученных значений следует, что КПД лазера превосходит КПД красного светодиода примерно в 370 раз, в то время как для зеленого – в 770 раз.

Спектральные характеристики

1. Для лазера получена узкая интенсивная спектральная линия относительно светодиодов.
2. При увеличении мощности накачки лазера генерируемая спектральная линия сужается.
3. При увеличении мощности накачки происходит уширение линий красного и зеленого светодиодов.