

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ФИЗТЕХ-ШКОЛА ЭЛЕКТРОНИКИ, ФОТОНИКИ
И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Отчет по лабораторной работе
**Пространственные характеристики излучения
полупроводникового инжекционного лазера**

Работу выполнил _____ А.И.Белостоцкий

Работу принял, оценка _____

Долгопрудный, 2023 г.

Содержание

1	Аннотация	2
2	Экспериментальная установка	2
3	Теоретические сведения	2
4	Ход работы	3
5	Обсуждение результатов	7

1 Аннотация

В данной работе будут исследованы диаграммы направленности излучения двух полупроводниковых инжекционных лазеров (ПИЛ). По полученным данным будет оценена толщина активного слоя каждого из образцов

2 Экспериментальная установка

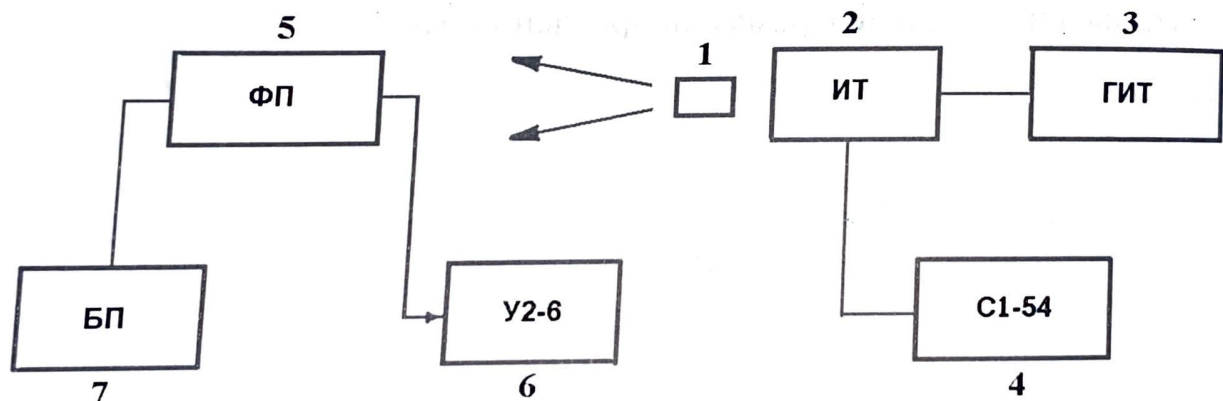


Рис. 1: Схема экспериментальной установки. (1) – образец, (2) – импульсный трансформатор, (3) – генератор импульсов, (4) – осциллограф, (5) – фотоприемник, (6) – микровольтметр, (7) – блок питания.

3 Теоретические сведения

Рассмотрим диаграмму направленности ПИЛ

Если толщина активного слоя $d \gg \frac{\lambda}{2n_2}$ много больше длины волны излучения в активном слое, то можно считать, что коэффициент отражения выходного зеркала близок к френелевскому, а распределение поля на зеркальной грани резонатора такое же, как и внутри волновода. Распределение интенсивности излучения на зеркальной грани принято называть картиной ближней зоны

Распределение интенсивности по углам, т.е. диаграмма направленности, определяет картину дальней зоны. Это предполагает, что имеет место дифракция в параллельных лучах – дифракция Фраунгофера. Отсюда следует, что расстояние R до точки наблюдения должно выбираться из условия: размер тела свечения D существенно меньше, чем первая зона Френеля. Нетрудно показать, что это требование приводит к соотношению $R \gg \frac{D^2}{\lambda}$

Для случая, когда поле внутри активного слоя диэлектрического волновода близко к полю внутри металлического волновода. Тогда выражение для амплитуды волны:

$$S(\varphi) \sim \frac{\cos\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \varphi\right)}{\left(\frac{\lambda(m+1)}{2d}\right)^2 - \sin^2 \varphi} - \text{четные моды}$$

$$S(\varphi) \sim \frac{\sin\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin \varphi\right)}{\left(\frac{\lambda(m+1)}{2d}\right)^2 - \sin^2 \varphi} - \text{нечетные моды}$$

При $m = 0$ диаграмма направленности имеет один главный максимум. Нетрудно показать, что:

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \varphi_{0.6}}, \quad (1)$$

где $\varphi_{0.6}$ – угол, такой что $I(\varphi_{0.6}) = 0,6I(0)$

4 Ход работы

В эксперименте мы измеряем показания фотоприёмника – U – причем $U \sim I$, следовательно угол $\varphi_{0.6}$ удовлетворяет соотношению $U(\varphi_{0.6}) = 0,6U_{max}$

Первый образец может быть помещен в установку 2 способами – когда плоскость р-п-перехода параллельна щели (далее – "Горизонтальная ориентация") и когда плоскость р-п-перехода перпендикулярна щели (далее – "Вертикальная ориентация")

Вставим в установку первый образец горизонтально и снимем зависимость показаний фотоприемника от угла поворота образца – результаты занесем в Таблицу 1.

Таблица 1: Зависимость сигнала фотоприемника от угла поворота первого образца в горизонтальной плоскости

U, мВ	510	600	640	660	690	700	720	720	720	750
$\varphi, ^\circ$	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
U, мВ	745	740	720	720	700	690	680	660	640	320
$\varphi, ^\circ$	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10

По полученным данным построим график зависимости $U = f(\varphi)$

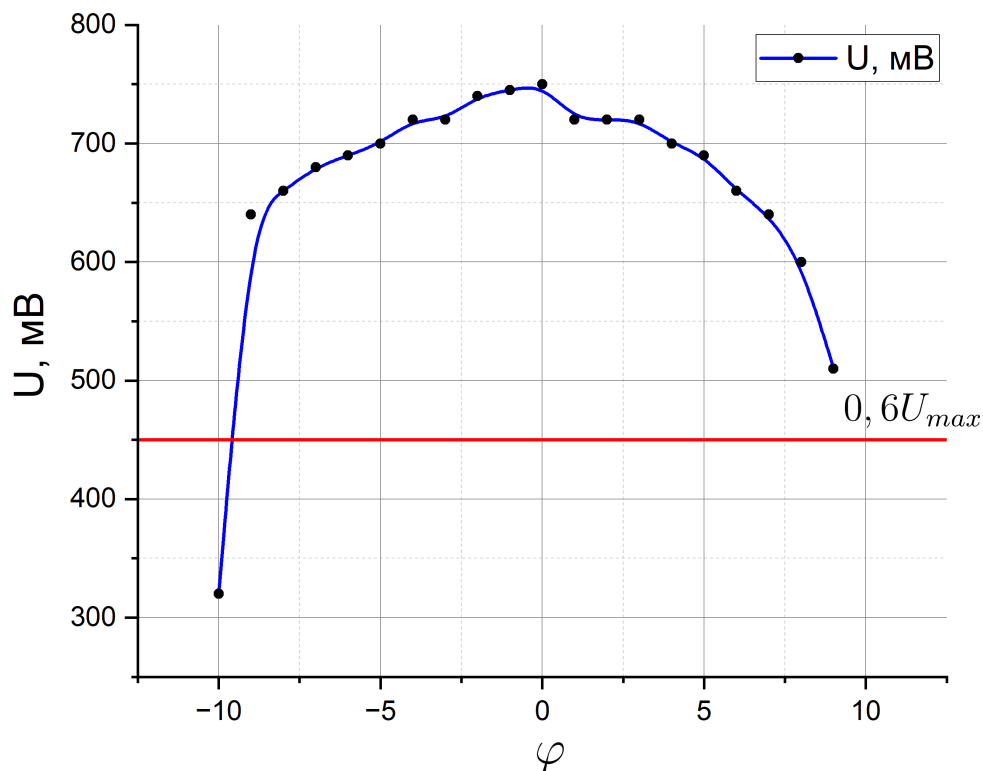


Рис. 2: Зависимость показаний фотоприемника от угла поворота (в градусах) первого образца для горизонтальной ориентации. Красным отмечена величина напряжения $0,6U_{max}$

Из резкого падения интенсивности – можно сделать вывод, что значению сигнала фотоприемника при $\varphi = 10^\circ$ соответствует фоновая засветка. Учитывая это перестроим график:

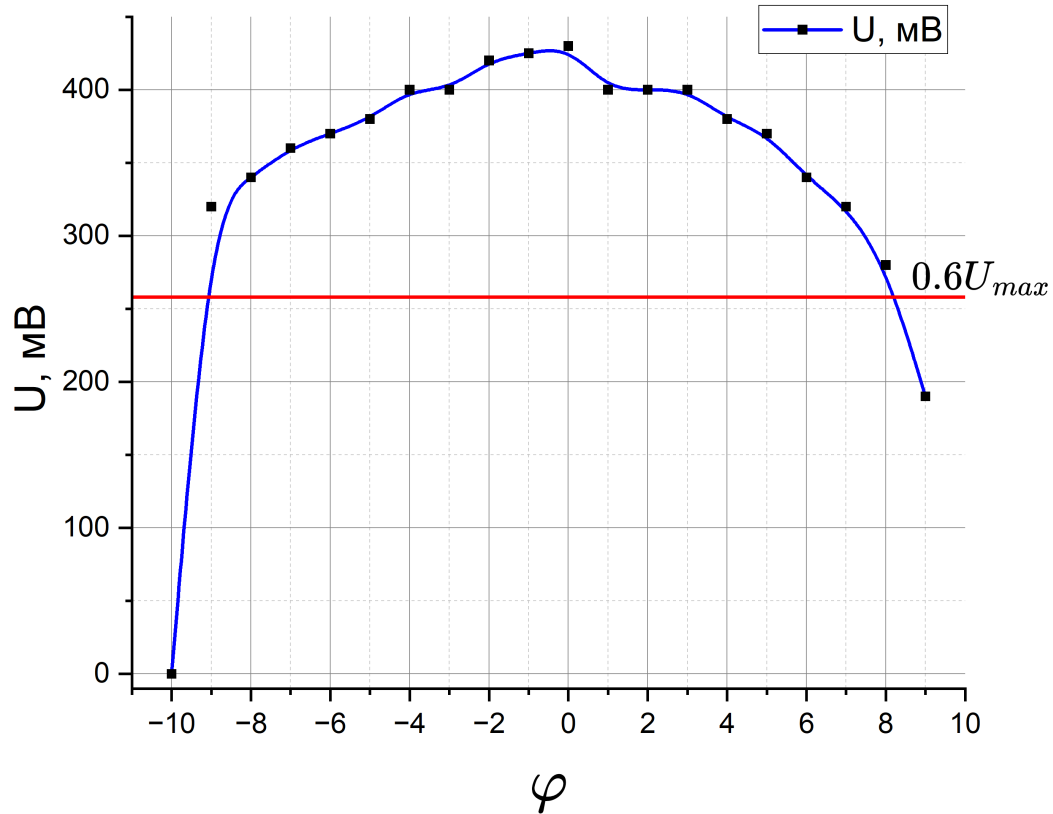


Рис. 3: Зависимость показаний фотоприемника от угла поворота (в градусах) первого образца для горизонтальной ориентации. Красным отмечена величина напряжения $0.6U_{max}$

Оценим толщину активного слоя. Угол, отвечающий $0.6U_{max}$ будем считать $\varphi \sim 10^\circ$. Тогда

$$d_h = \frac{\lambda}{2 \sin \varphi} \sim \frac{650}{2 \cdot 0,17} \approx 1,9 \text{ мкм}$$

Вставим в установку первый образец вертикально и снимем зависимость показаний фотоприемника от угла поворота образца – результаты занесем в Таблицу 2.

Таблица 2: Зависимость сигнала фотоприемника от угла поворота первого образца в вертикальной плоскости.

U, мВ	140	230	460	520	690	790	780	680	590	400	200	130
$\varphi, ^\circ$	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6

По полученным данным построим график зависимости $U = f(\varphi)$

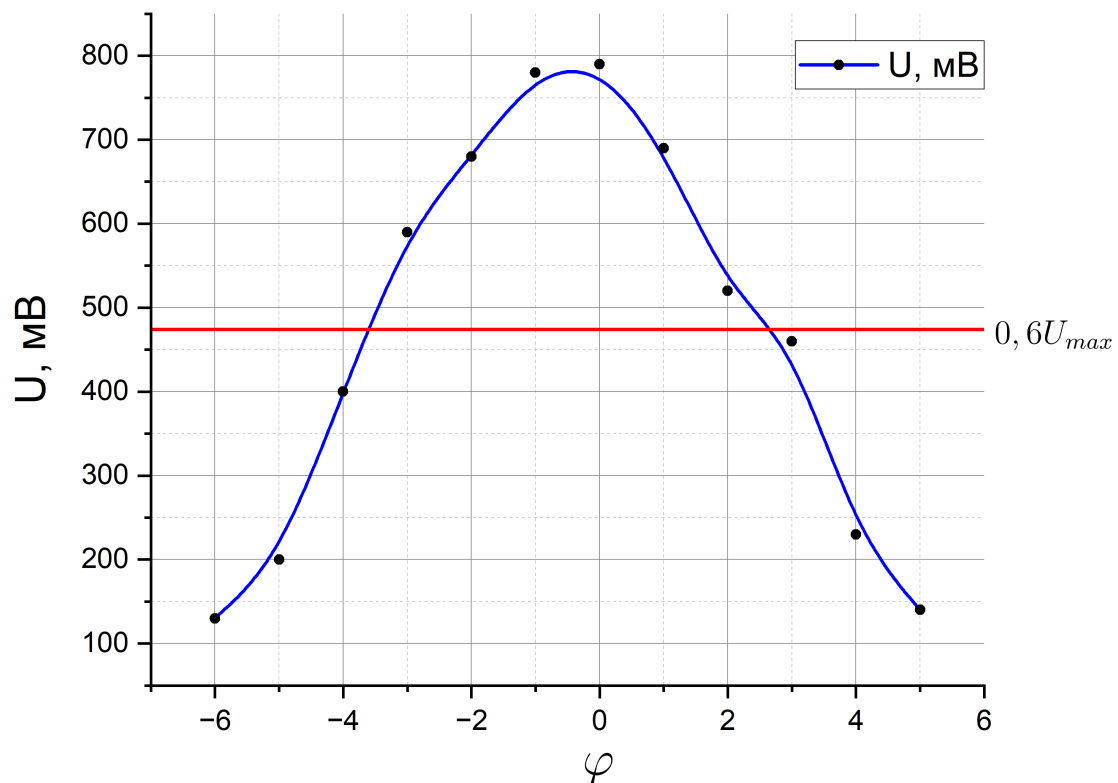


Рис. 4: Зависимость показаний фотоприемника от угла поворота (в градусах) первого образца для вертикальной ориентации. Красным отмечена величина напряжения $0.6U_{max}$

Оценим толщину активного слоя. Угол, отвечающий $0.6U_{max}$ будем считать $\varphi \sim 3^\circ$. Тогда

$$d_v = \frac{\lambda}{2 \sin \varphi} \sim \frac{650}{2 \cdot 0,05} \approx 6,5 \text{ мкм}$$

Вставим в установку второй образец (пятно симметричное, поэтому не важно как мы его вставим) и снимем зависимость показаний фотоприемника от угла поворота образца – результаты занесем в Таблицу 3.

Таблица 3: Зависимость сигнала фотоприемника от угла поворота второго образца

U, мВ	12	12	20	33	56	72	93	100	100	96	80	60	40	19	14	12	10	7
$\varphi, ^\circ$	7	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10

По полученным данным построим график зависимости $U = f(\varphi)$

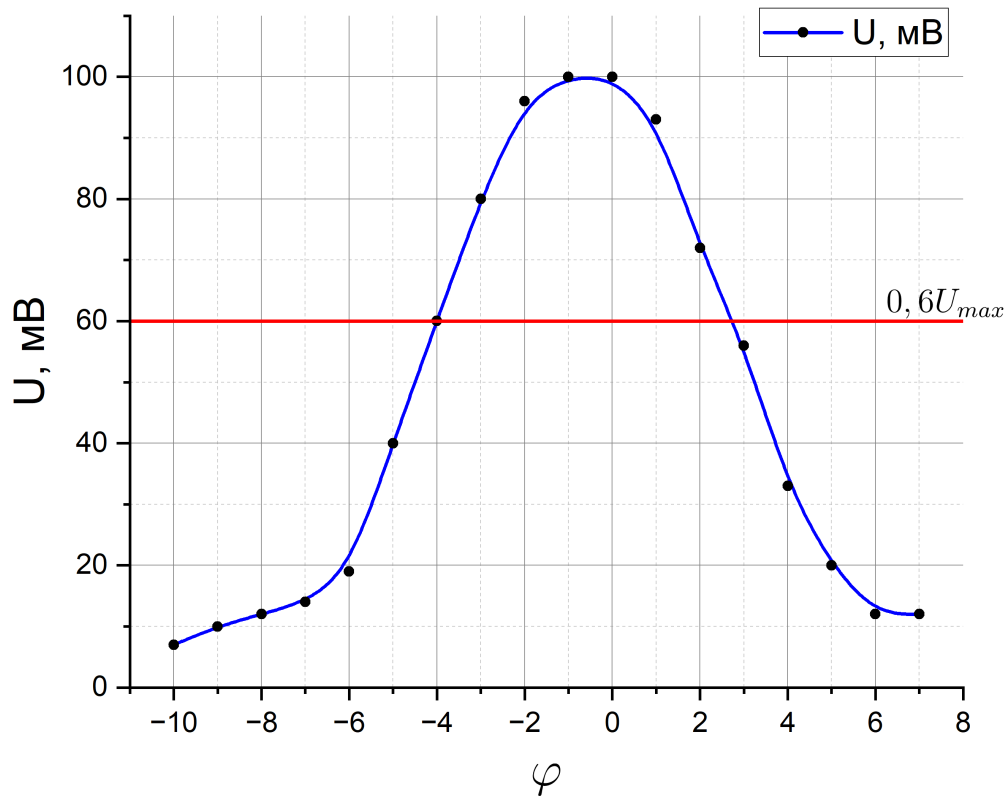


Рис. 5: Зависимость показаний фотоприемника от угла поворота (в градусах) второго образца.

Применяя теорию волноводов и излучения ПИЛ может быть рассчитана толщина активного слоя ПИЛ с данной диаграммой направленности.

$$d_{diod} = \frac{\lambda}{2 \sin \varphi} \sim \frac{650}{2 \cdot 0,17} \approx 4,7 \text{ мкм}$$

5 Обсуждение результатов

В результате данной работы были измерены диаграммы направленности для двух образцов, была оценена толщина активного слоя для первого образца. Также, по диаграмме направленности второго образца была оценена ширина активного слоя для ПИЛ, имеющего приведенную диаграмму направленности

	Горизонтальная ориентация	Вертикальная ориентация	«Диод»
d, мкм	1,9	6,5	4,7