

**Вінницький національний технічний університет**  
**Факультет та комп'ютерних систем управління і автоматики**  
**Кафедра лазерної та оптикоелектронної техніки**

Спеціальність 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»  
спеціалізація «Лазерна техніка та оптоінформатика»

**Дипломний проект**  
**на тему:**

## **Стоматологічний волоконний лазер**

Студент гр. ЛТО-16сп Кирган Андрій Анатолійович

Керівник ДП – к.т.н., доцент Тужанський С.Є.

**Мета роботи:** Метою проекту є розширення функціональних можливостей стоматологічного лазера для лікувальних та хірургічних застосувань за рахунок можливості зміни розширення діапазону частот модуляції випромінювання, а також підвищення ефективності і зручності процедур за рахунок використання волоконного інструментарію.

### **Область застосування:**

Лікувальна та хірургічна стоматологія

### **Технічні характеристики пристрою:**

Тип пристрою – стоматологічний лазерний апарат

Спосіб доставки випромінювання – волоконний світловод 1 мм із стоматологічними волоконними насадками

Довжина хвилі волоконного лазера – 980 нм (пілотний лазер 650 нм);

Вихідна потужність – до 7Вт;

Вихід випромінювання – SMA-905;

Частота модуляції – 1- 5000Гц.

Живлення – 220В, 50 Гц

Споживана потужність – 10Вт

## Актуальність теми

Історія використання лазерів в медицині - більше 60 років.

Сьогодні використання лазерного випромінювання поширюється на всі, без винятку, напрямки медицини. І все це завдяки таким властивостям, як можливість дистанційної дії на біооб'єкти, широкий енергетичний діапазон, велика направленість і яскравість, передача з великою ефективністю по волоконних світловодах.

Важливою і відносно молодю областю застосування лазерів в медицині є стоматологія. На сьогоднішній день найбільш розвинутими є такі стоматологічні застосування лазерів: лікування карієсу, затвердіння композитних пломб, лікування захворювань ясен, біопсія та видалення патологічних утворень, відбілювання зубів.

Ефективність стоматологічних методик лікування значною мірою залежить технічних характеристик лазерної апаратури.

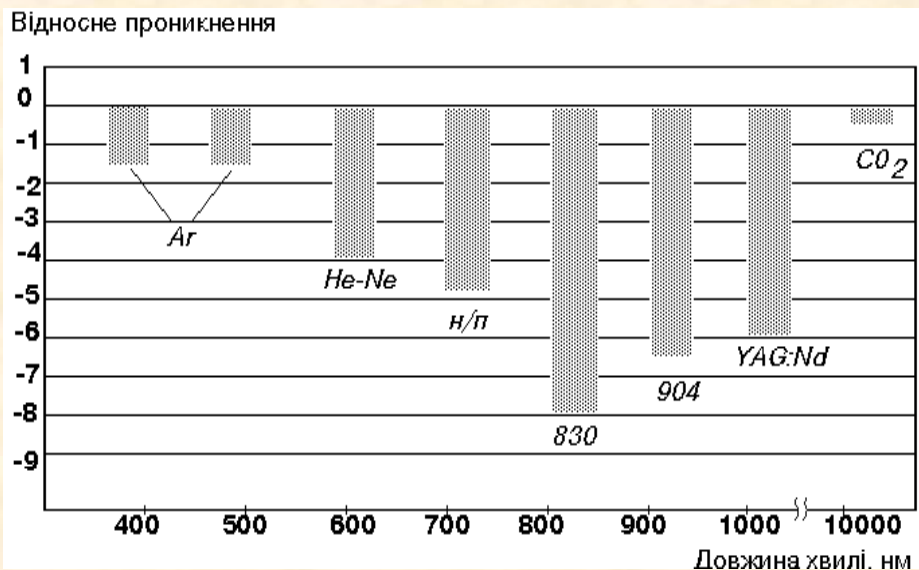
Розробка автоматизованих лазерних пристроїв із ефективною волоконною накачкою для хірургічної та лікувальної стоматології є актуальною медико-технічною та інженерною задачею.

## Терапевтична дія лазерів на організм людини

Види впливу низькоінтенсивного лазера :

1) фотофізичний і фотохімічний вплив, при якому поглинене біотканинами світло збуджує в них атоми і молекули (виклик фотохімічних і фотофізичних реакцій);

3) незбуджений вплив, коли біосубстанція не змінює своїх властивостей, в процесі взаємодії зі світлом (ефекти розсіювання, відбиття та проникнення).



Глибина проникнення лазерного випромінювання

Ефективна енергетична доза

$$EED = P_{сер} \times t_{опром} \times MCE$$

MCE - максимальний ступінь ефективності лазеротерапії

Методики лазерної терапії :

Контактна

Скануюча

Внутрішньопорожнинне (*internal abdomen*) лазерне опромінення

Внутрішньосудинне (*internal vessels*) лазерне опромінення крові

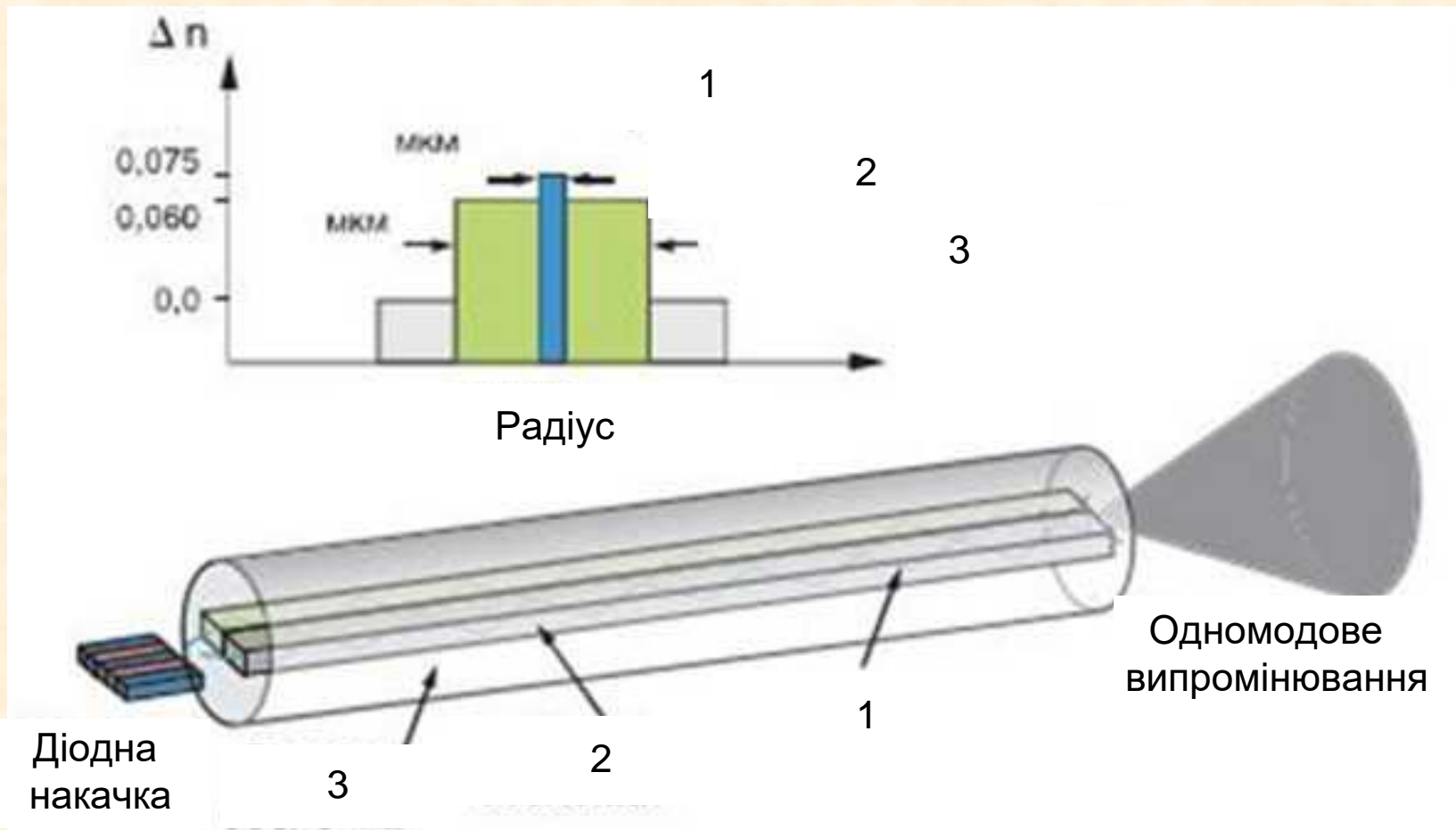
## Характеристики пристроїв для лазерної стоматології

Назва пристрою	Довжина хвилі, мкм	Середня потужність, мВт	Робочий діапазон частот, Гц	Режим експозиції	Метод дії
Ліка Терапевт	0,658 0,87 0,89	0...50 0...150 0...2	0,1...100 0,1...100 3000	Фіксований автоматичний	Контактний волоконний інструмент /
Узор – 2К	0,89	0...3	5,80,150,300, 600,1500,3000	Фіксований автоматичний	Контактний
Матрикс	0,44 0,54 0,635 0,83	1...50	10,80,600,3000, 0,5...3000	Фіксований автоматичний, програмований	Контактний
РИКТА-04	0,635 0,84	1...40	5,50,1000	Дискретний	Контактний волоконний інструмент /
МИЛТА-Ф-8	0,85 0,89	0...100	5, 10, 50, 80, 150, 600, 1500, 5000	Дискретний	Контактний
<i>Розроблюваний пристрій</i>	<i>0,98; 0,65</i>	<i>0...7000 0...5</i>	<i>0,1 ...5000</i>	<i>Фіксований автоматичний, довільний програмований</i>	<i>Волоконний інструмент</i>

## Медико-технічні вимоги до лазерних діодних терапевтичних пристроїв

- Можливість регулювання вихідної потужності випромінювання в широких межах: від 0,1-0,2 мВт до 20-100 мВт (лікувальний режим) та 0,1 Вт – 20Вт (хірургічний режим);
- Можливість регулювання частот модуляції випромінювання напівпровідникових лазерів – від 0,1 Гц до 5 кГц (постійний режим).
- Використання універсальних магістральних світловодних насадок та спеціалізованого волоконного інструментарію;
- Можливість роботи в режимі з автоматичною експозицією, при якому забезпечується автоматичне припинення подачі лазерного променя до пацієнта після закінчення встановленого часу процедури із супровідним звуковим сигналом;
- Електробезпека;
- Простота в користуванні, ергономічність.

## Конструкція волоконного лазера



# Розрахунок характеристик лазерного випромінювача

Рекомендована формула сполуки  $\text{Ga}_{0,15}\text{In}_{0,85}\text{As}_{0,34}\text{P}_{0,66}$ .

Порогове значення коефіцієнта підсилення лазера

$$g_{\text{пор}} = \alpha_i + \frac{1}{l} \ln \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2}} = 191,77 [\text{см}^{-1}].$$

Густина порогового струму інжекційного лазера:

$$J_{\text{пор}} = g_{\text{пор}} \frac{8\pi e n^2 \Delta \nu D}{\eta_q \lambda_o^2}, \quad J_{\text{пор}} = 6479,82 \left[ \frac{\text{А}}{\text{см}^2} \right]$$

Диференційний квантовий ККД:  $\eta_d = \frac{1 - R_1}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}\right) (1 - \sqrt{R_1 R_2})} \frac{\frac{1}{l} \ln \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2}}}{\alpha + \frac{1}{l} \ln \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2}}} = 0,109 \approx 11\%$

Ефективна площа р-п –переходу:  $S = h \cdot d = 4 \cdot 10^{-7} [\text{см}^2]$ .

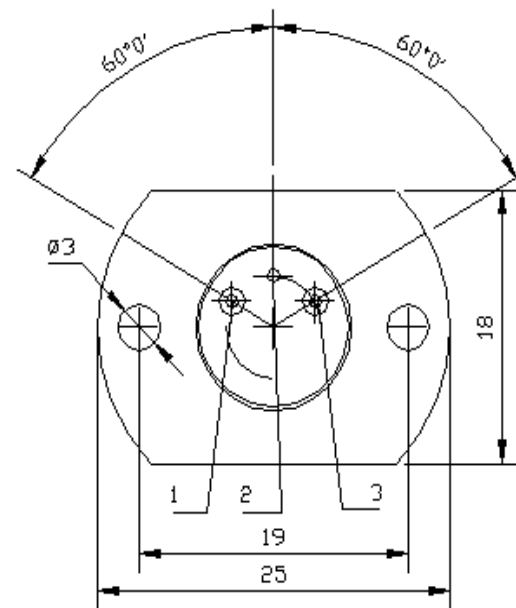
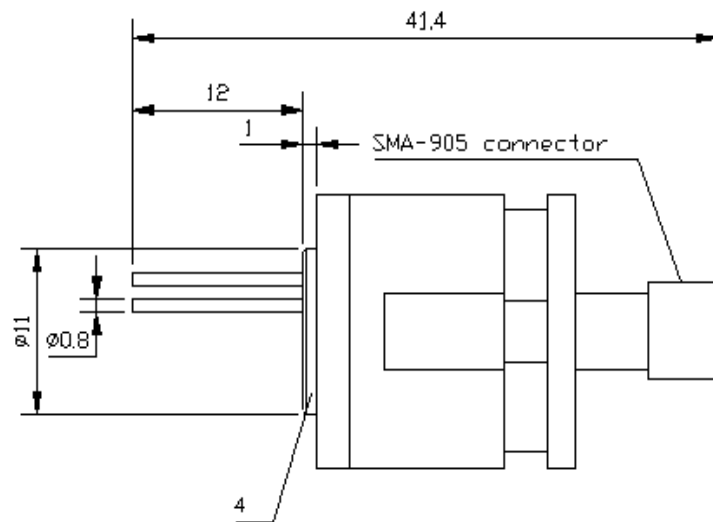
Струм накачки лазерного діода  $I_n = J_{\text{пор}} S = 0,0259 [\text{А}]$ .

Вихідна потужність лазера для  $\lambda_1$  (робочий струм 0,05А)

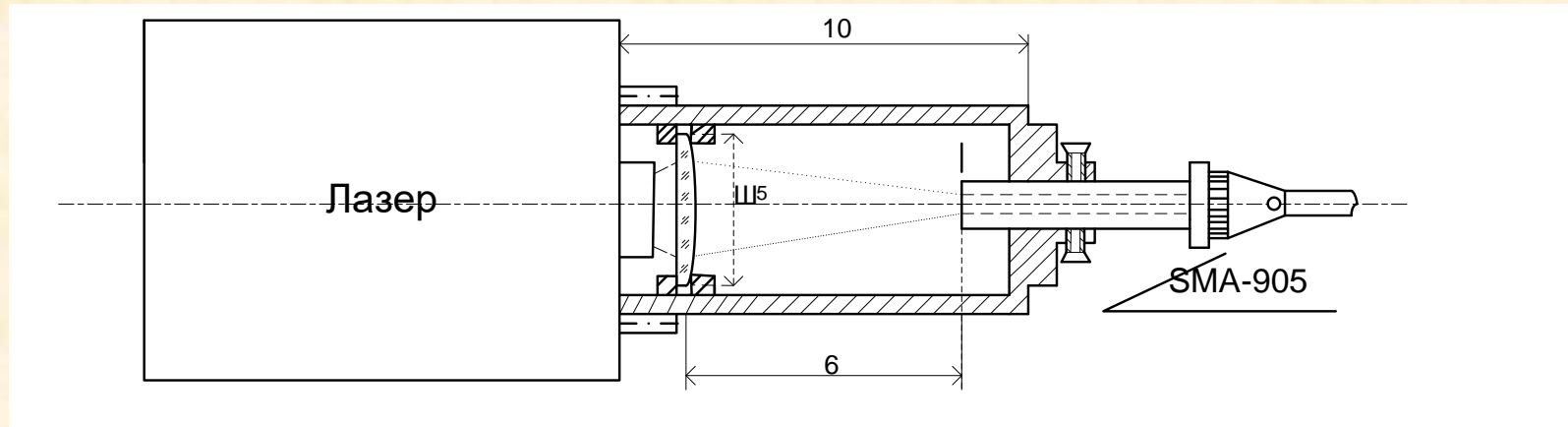
$$P_{\text{out}} = h\nu [I_{\text{роб}} - I_n] \frac{1}{e \left( 1 + \alpha_i \frac{l}{\ln \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2}}} \right)} \approx 0,00894 [\text{Вт}]$$



## Конструкція лазерного випромінювача



# Узгодження випромінювача із волоконним світловодом



Розбіжність лазера для основної ( $TEM_{00}$ ) моди:

$$\varphi = \varphi_{\text{дифр}} + \varphi_{\text{геом}} = \frac{2,44\lambda}{D} + 0,939 \sqrt{\frac{2\lambda}{R_{\text{екв}}}} = 2,828 \cdot 10^{-3} \text{ (рад.)}$$

Конфокальний параметр пучка

$$R'_e \approx \frac{R_e}{(1 + a/f')^2 + (\frac{R_e}{2f'})^2} \approx 3 \cdot 10^{-4}$$

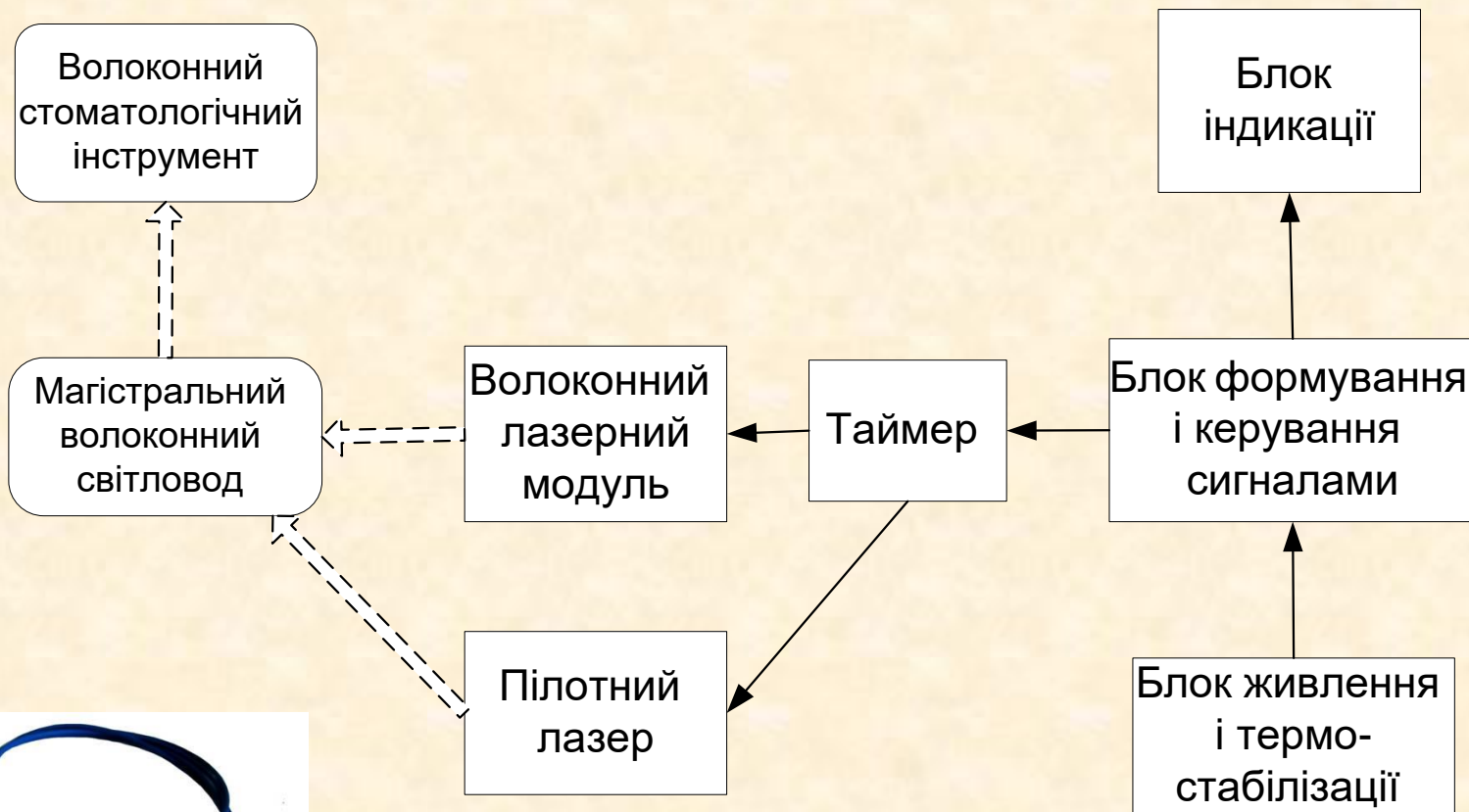
Мінімальний діаметр перетяжки системи:

$$2y' = \sqrt{\frac{2\lambda R'_e}{\pi}} + 1,22 \lambda a/D + 2\Delta y' = 10,3 \text{ мкм},$$

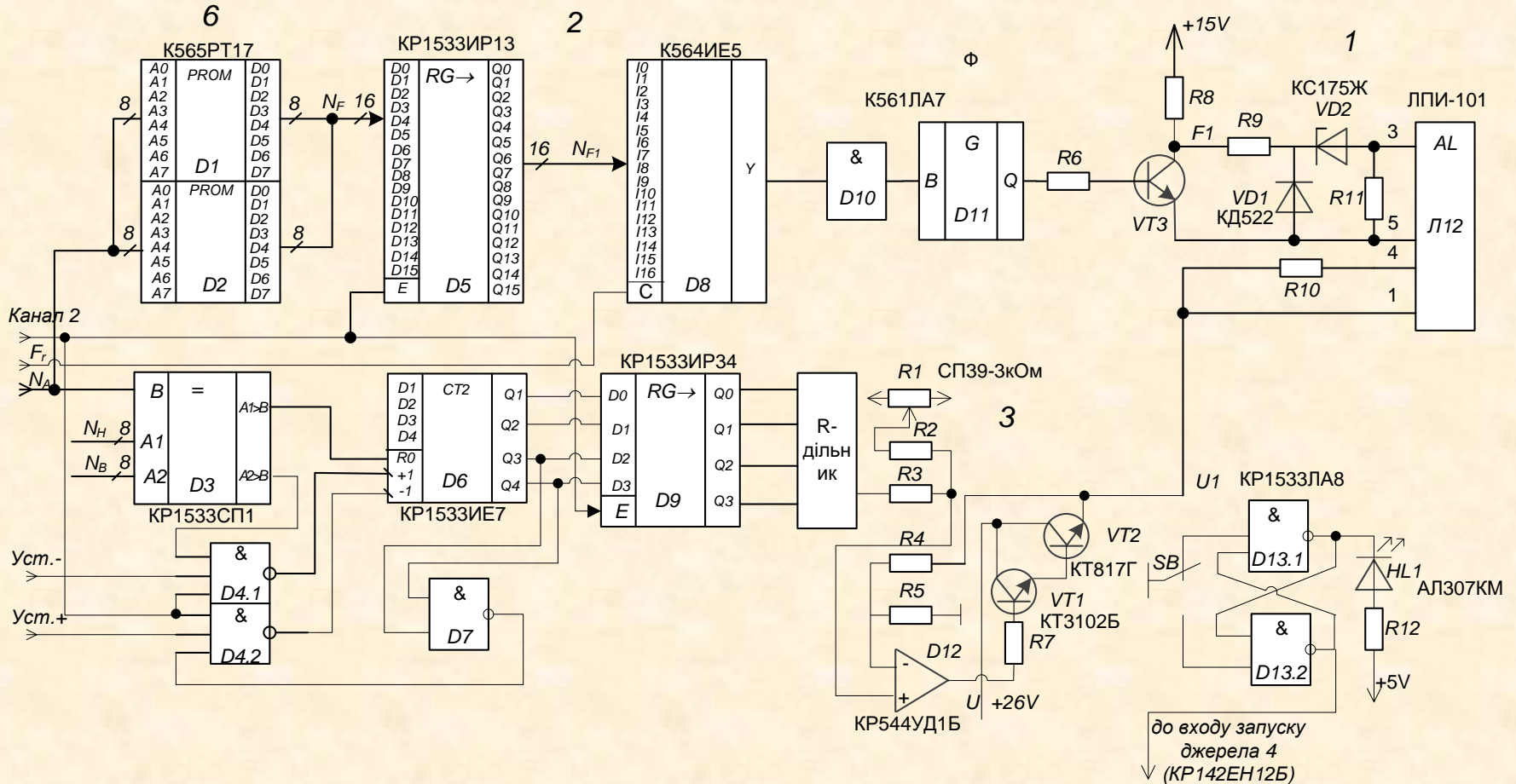
Мінімальний розмір плями фокусування

$$\delta = 2f'tg\theta = 56 \text{ мкм}.$$

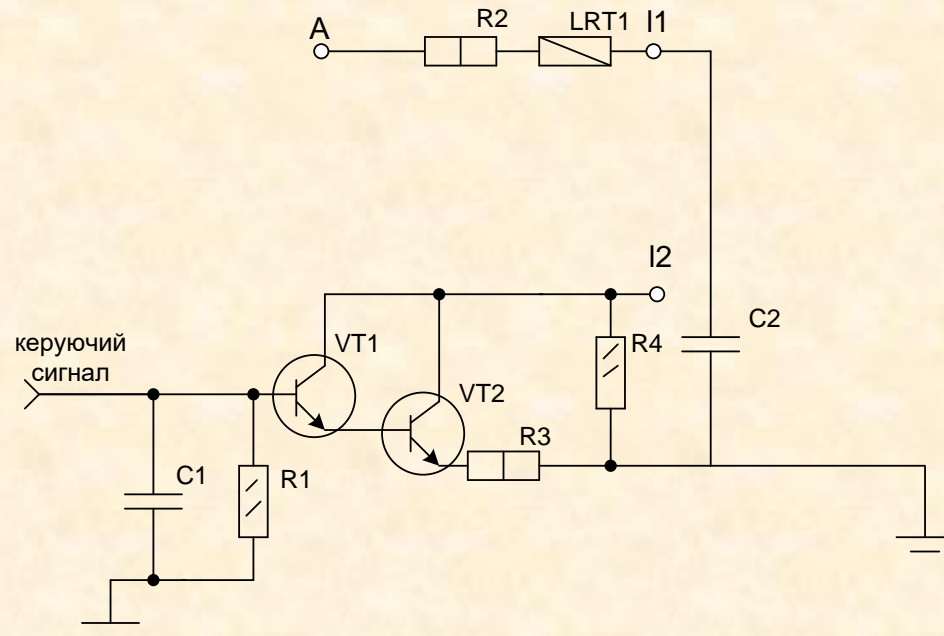
# Структурна схема лазерного діодного терапевтичного пристрою



# Блок живлення і формування сигналів волоконного лазера



## Драйвер лазера (червоний 650 нм, пілотний)



# Висновки

В дипломному проекті зроблено аналіз методів та засобів лазерної стоматології, основних методик лікування за допомогою лазерів. Проведено аналіз основних типів лазерів для зуболікарської практики, розглянуто їх спектральні та інші оптичні характеристики, особливості функціонування, умов роботи та генерації. Розглянуто переваги застосування волоконних лазерів на активних волокнах, легуваних рідкоземельними іонами. Проведено порівняльний аналіз характеристик стоматологічних лазерних пристроїв на основі діодних лазерів.

Здійснено технічне обґрунтування доцільності розробки волоконного стоматологічного лазерного пристрою

В спеціальній частині дипломного проекту (розділи 2,3):

1. На основі фундаментальних законів квантової та оптичної електроніки розраховано основні характеристики оптичного резонатора лазера, енергетичні характеристики лазерного випромінювача та параметри волоконно-оптичної системи.

2. Запропоновано загальну структурну схему волоконного стоматологічного лазера з удосконаленим блоком керування лазером. Також розроблено оптичні, структурні та електричні схеми блоків і вузлів пристрою та опис його роботи в цілому.

В економічній частині дипломного проекту (розділ 4) здійснено аналіз економічних показників розробки (попит, цінові пропозиції, аналіз конкурентів тощо) та проведено техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального варіанта для розробки волоконного стоматологічного лазера.

Таким чином, розроблений волоконний лазер для стоматології є універсальним пристроєм із широким частотним діапазоном, високою ефективністю накачування і зовнішнім ККД, що дозволяє покращити розширити його функціональні можливості для різних видів лікувальної та хірургічної лазерної стоматології.

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**

