

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

Дослідження і розробка лазерної системи коагуляції тканин ока

Виконала: ст. гр.ЛТО-16 м – Холодніцька Марія Миколаївна

Керівник: к.т.н., доцент каф. ЛОТ Тужанський Станіслав Євгенович

АКТУАЛЬНІСТЬ

У світі спостерігається стійка тенденція щодо вдосконалення і ускладнення лазерних офтальмологічних приладів. Лазерна коагуляція тканин ока є однією з найбільш ефективних процедур, що застосовуються для лікування дегенеративних патологій тканин ока і профілактики розвитку тяжких ускладнень, включаючи повну втрату зору. Фотостимуляція давно відомий метод корекції зору, але який є актуальним до сих пір, так як стимулює роботу зорового апарату в посиленому але безпечному режимі для організму.

Таким чином, удосконалення і поєднання існуючих методик корекції зору при використанні лазерних автоматизованих пристроїв і систем на основі мікропроцесорного керування із використанням сучасних технологій візуалізації зображень є актуальною медико-технічною та інженерною задачею.

Метою роботи є розробка і дослідження лазерної системи коагуляції тканин ока на основі неодимового лазера із системою візуалізації (щілинна лампа) та світлодіодним фотостимулятором.

Основні завдання МКР:

- 1) провести порівняльний аналіз методів і засобів лазерної коагуляції тканин ока, зокрема спектральних особливостей біофізичного механізму дії лазерного випромінювання на біотканини ока, засобів візуалізації для офтальмокоагуляції та методики фотостимуляції;
- 2) зробити модельний розрахунок параметрів теплової моделі взаємодії тканин ока (склера, сітківка) із високоінтенсивним лазерним випромінюванням, що дозволить визначити оптимальні параметри і режими роботи випромінювача;
- 3) обрахувати для оптичної системи приладу необхідні параметри лазерного випромінювання та побудувати оптичну схему для фокусування за відповідними параметрами;
- 4) вибрати елементу базу для фотостимулятора та розрахувати параметри елементів, на основі отриманих даних та здійснених розрахунків розробити схему електричну принципову фотостимулятора;
- 5) на базі теплової моделі і узагальнених теоретичних відомостей розробити конструкцію схеми лазерної системи коагуляції тканин ока на неодимовому лазері із системою візуального контролю на основі щілинної лампи з світлодіодним фотостимулятором.

Наукова новизна. Розширено функціональні можливості системи лазерної коагуляції тканин ока за рахунок поєднання методик лазерної коагуляції із до- та післяопераційною фотостимуляцією ока та, як наслідок, підвищення ефективності лікувальних процедур.

Практичне значення одержаних результатів: визначення оптимальних параметрів лазерного випромінювання лазерного коагулятора для проведення ефективних операцій з мінімальним впливом на прилеглі тканини до ураженої ділянки. Розроблені рекомендації по виборі режимів і параметрів роботи лазерів, відповідно до індивідуальних вимог конкретного пацієнта, що дає змогу враховувати всі особливості певної патології і забезпечити максимальний лікувальний ефект.

Удосконалена конструкція оптичного блоку та її узгодженість з мікроскопом та щілинною лампою, яка володіє більш високою точністю і інформативністю, дає змогу під час обстеження та при ході операції отримувати детальну інформацію та контролювати стан видимих частин очного яблука.

СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЇ КОАГУЛЯЦІЇ ТКАНИН ОКА

Технічні вимоги до об'єкта розробки: Лазер – Nd:YAG (робочі довжини хвилі – $\lambda_1=532$ нм, $\lambda_2=1064$ нм; тривалість імпульсів – $0,01 \div 5$ сек.; частота імпульсів – 10Гц; вихідна потужність – 5 Вт); спосіб доставки випромінювання – дзеркальний світловод; система візуалізації – щілинна лампа із мікроскопом; оптична система для фокусування: фокусна відстань 10 см, діаметр плями 10 мкм; фотостимулятор – світлодіодний (довжини хвиль 940 нм, 530 нм, 470 нм, 620 нм; оптична потужність – 0, 5 мВт).

Об'єктом дослідження являються тканини ока: сітківка і рогівка.

Предмет дослідження: процеси лазерної коагуляції та фотостимуляції.

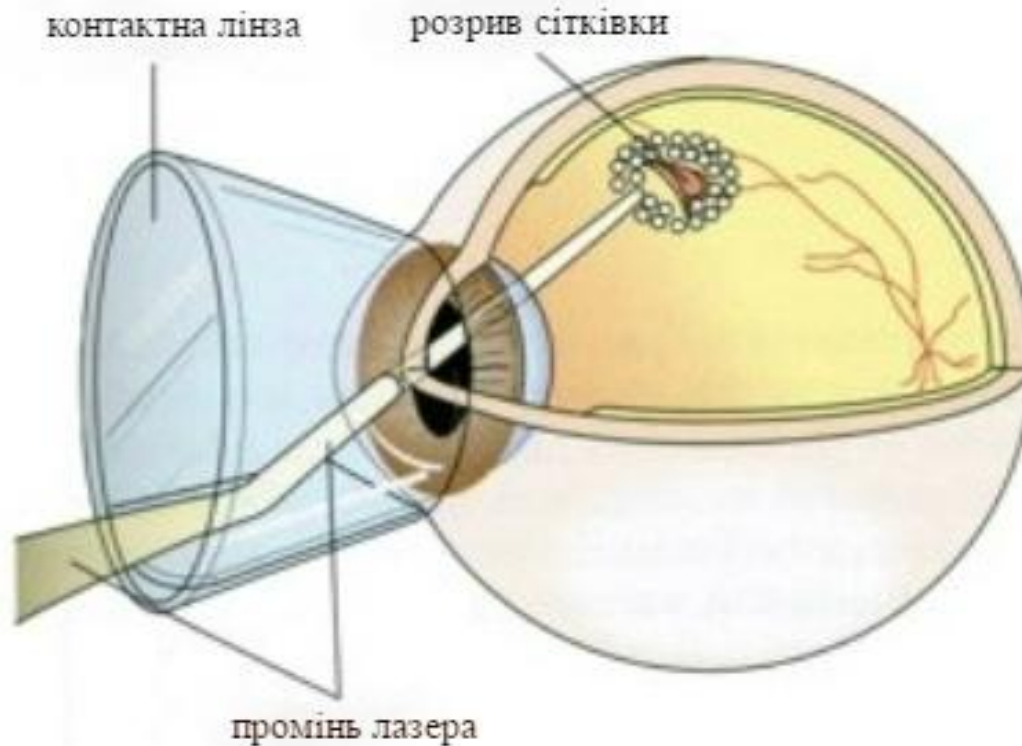
Сфери засосування. Призначення пристрою – лазерна коагуляція та фотостимуляція біологічних тканин ока.

Публікації. За матеріалами магістерської кваліфікаційної роботи надруковано статтю у фаховому журналі та представлені матеріали на конференції.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ КОАГУЛЯЦІЇ ТКАНИН ОКА

В око, на якому встановлена лінза, направляють промінь світла щілинної лампи.

Потім лікар променем лазера робить «постріли», завдаючи опіки (коагуляти) діаметром від 50 до 500 мікрон на уражену ділянку. Лазерні коагуляти наносяться в 2-3 ряди. В ході лазерного впливу відбувається локальне підвищення температури тканини, що призводить до її згортання (коагуляції).



Фотостимуляція

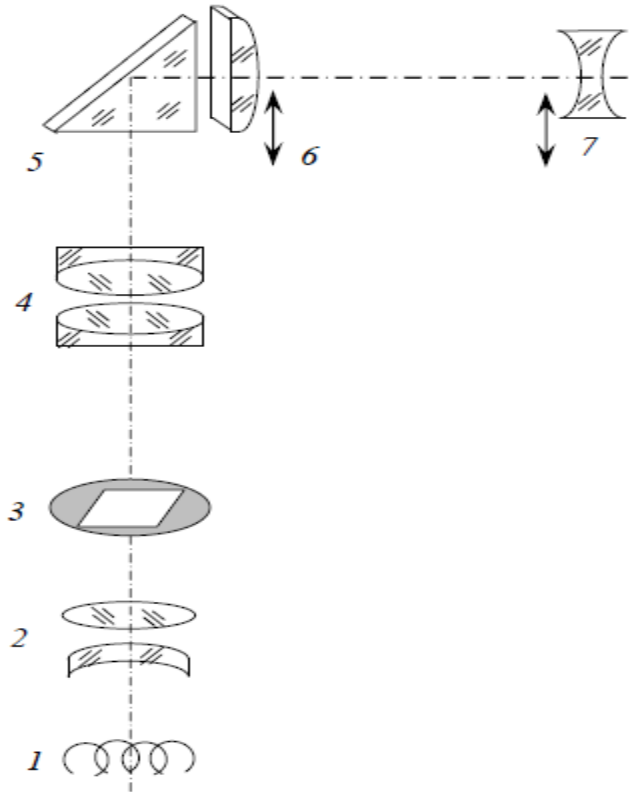
Фотостимуляція очей - давно практикований, але який ще не втратив своєї актуальності, метод лікування органу зору, який зводиться до подачі світлових сигналів різних кольорів на кожне око по черзі. Ритм світлових сигналів, їх інтенсивність і частота, підібрані таким чином, щоб надавати позитивний стимулюючий вплив на систему зору



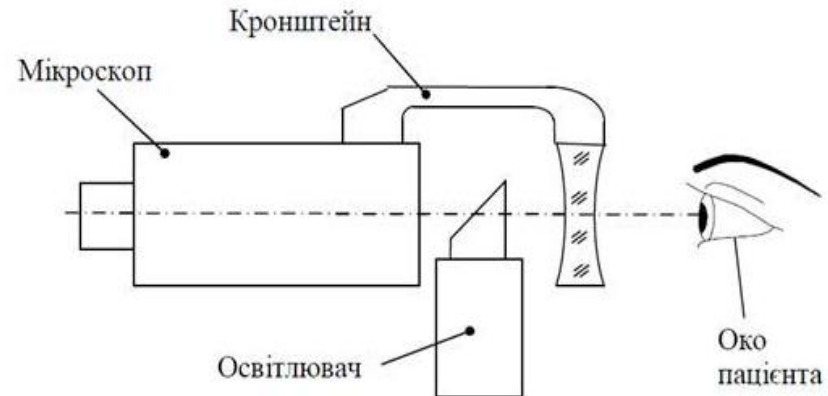
СИСТЕМА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

В даній системі візуалізації головною є щілинна лампа. Щілинна лампа - діагностичний офтальмологічний прилад, призначений для візуального спостереження та огляду переднього ділянки очного яблука.

Робота з приладом зводиться до отримання світлового пучка визначеної форми, який направляється на досліджувану ділянку ока, та до спостереження цієї ділянки за допомогою мікроскопа. Форма світлового пучка задається діафрагмою, яка входить в оптичну схему освітлювача .



- 1 - нитка лампи розжарювання;
- 2 - конденсор;
- 3 - діафрагма;
- 4 - об'єктив;
- 5 - призма;
- 6 - циліндрична лінза;
- 7 - офтальмоскопічна лінза



Порівняльна таблиця сучасних лазерних офтальмокоагуляторів

Технічні характеристики	Тип лазера	Довжина хвилі	Потужність	Тривалість імпульсу	Частота
Лазерний офтальмокоагул. PUREPOINT	діодний твердотіл. лазер Nd: YAG:	532 нм	50 – 1000 мВт	0,02 – 3 сек	–
Лазерний офтальмокоагул. ЛАХТА-МИЛОН	–	810 нм	0,1 – 3 Вт	0,01сек	50 – 60 Гц
Лазерний фотокоагулятор LazereX 632 Ellex Medical	твердотіл. з діодною накачкою	532 нм,	50–1500 мВт	0,01 – 4 сек	до 10 Гц
Лазерний офтальмокоагул. EllexIntegreDuo	твердотіл. з діодною накачкою	532 нм, 670 нм	50 – 1500 мВт	0,01 – 4 сек	до 10 Гц
Лазерний коагулятор LIGHTLas Lightmed	твердотіл. з діодною накачкою	532 нм	3 Вт	0,02– 7,5 сек	до 10 Гц

Розрахунок оптичної системи для фокусування лазерного випромінювання

1. Розмір ділянки в яку фокусується лазерне випромінювання:

$$\delta = 2 \cdot f' \cdot \omega, \quad (1)$$

де f' - фокусна відстан; ω – кут розбіжності .

2. Кут розбіжності:

$$\omega = 0,5 \cdot 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D}, \quad (2)$$

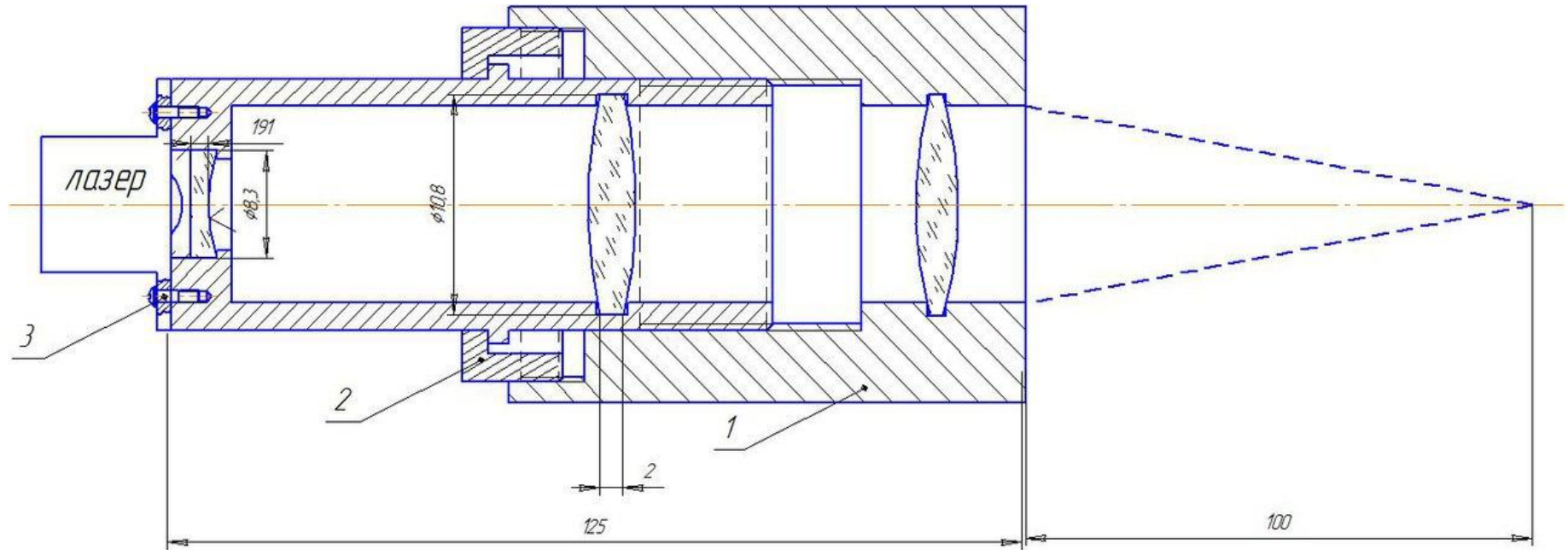
де λ – довжина хвилі: D – діаметр вхідної лінзи.

3. Діаметр перетяжки лазерного пучка:

$$2y = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda \cdot R_e}{\pi}}, \quad (3)$$

де R_e - конфокальний параметр резонатора.

Оптична схема для фокусування лазерного випромінювання



1. Рухома насадка для зміни глибини різкості
2. Фіксує кришка
3. З'єднувальний гвинт

Теплові характеристики випромінювача

Основна формула залежності температури від глибини і часу проникнення випромінювання:

$$T(\vec{r}, t) = \frac{Aq_0\alpha_t t}{\rho c} \cdot \exp(-\alpha_t \vec{r}), \quad (4)$$

де ρ – щільність, q_0 – щільність потоку лазерного випромінювання, α_t – температуропровідність, t – час, \vec{r} – глибина проникнення, A – поглинальна здатність.

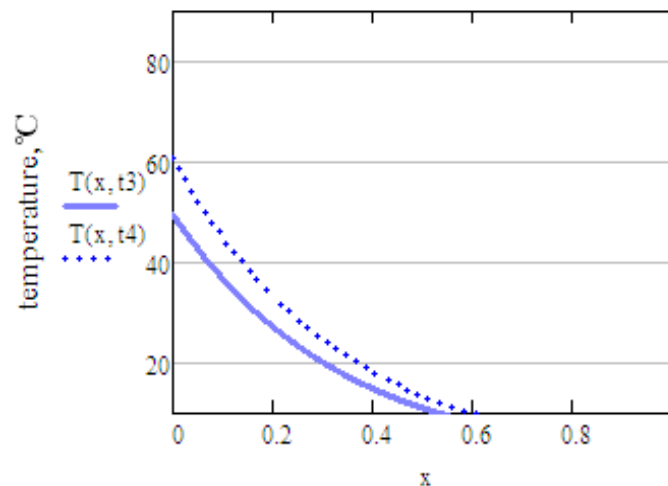
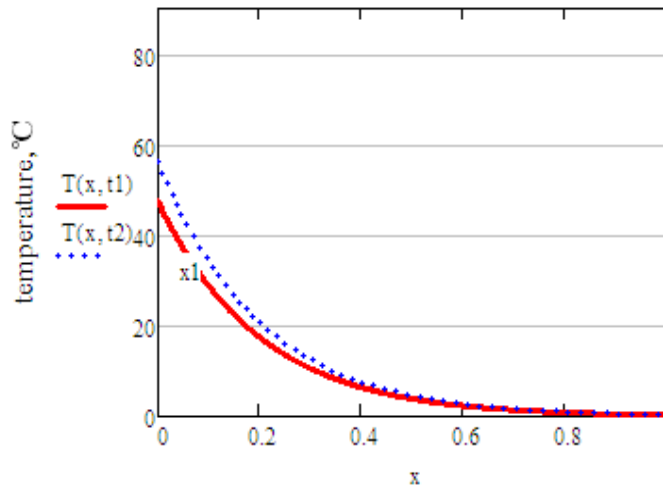
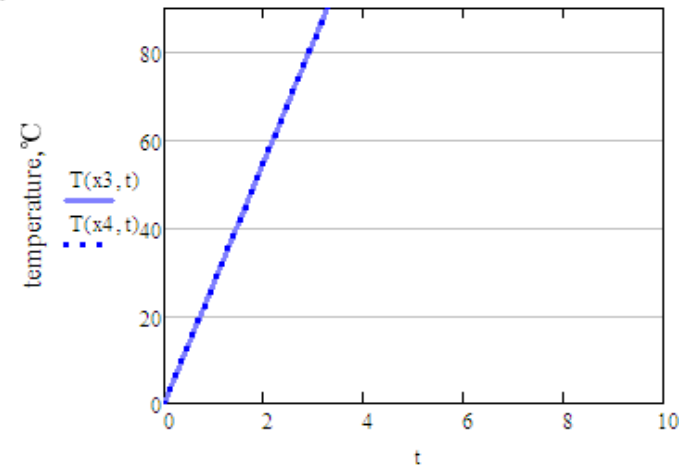
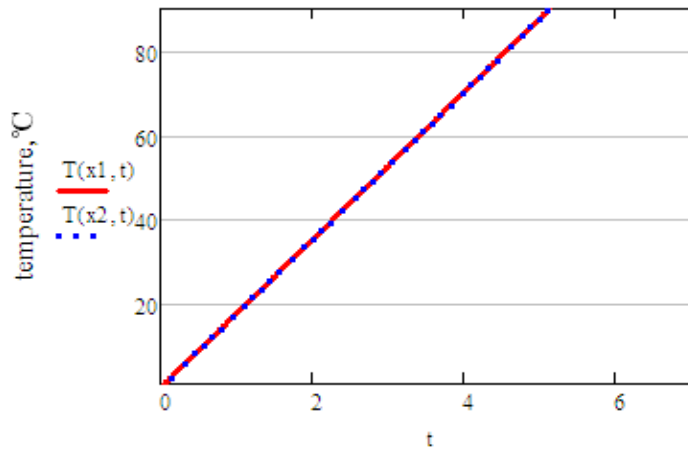


Схема електрична принципова фотостимулятора

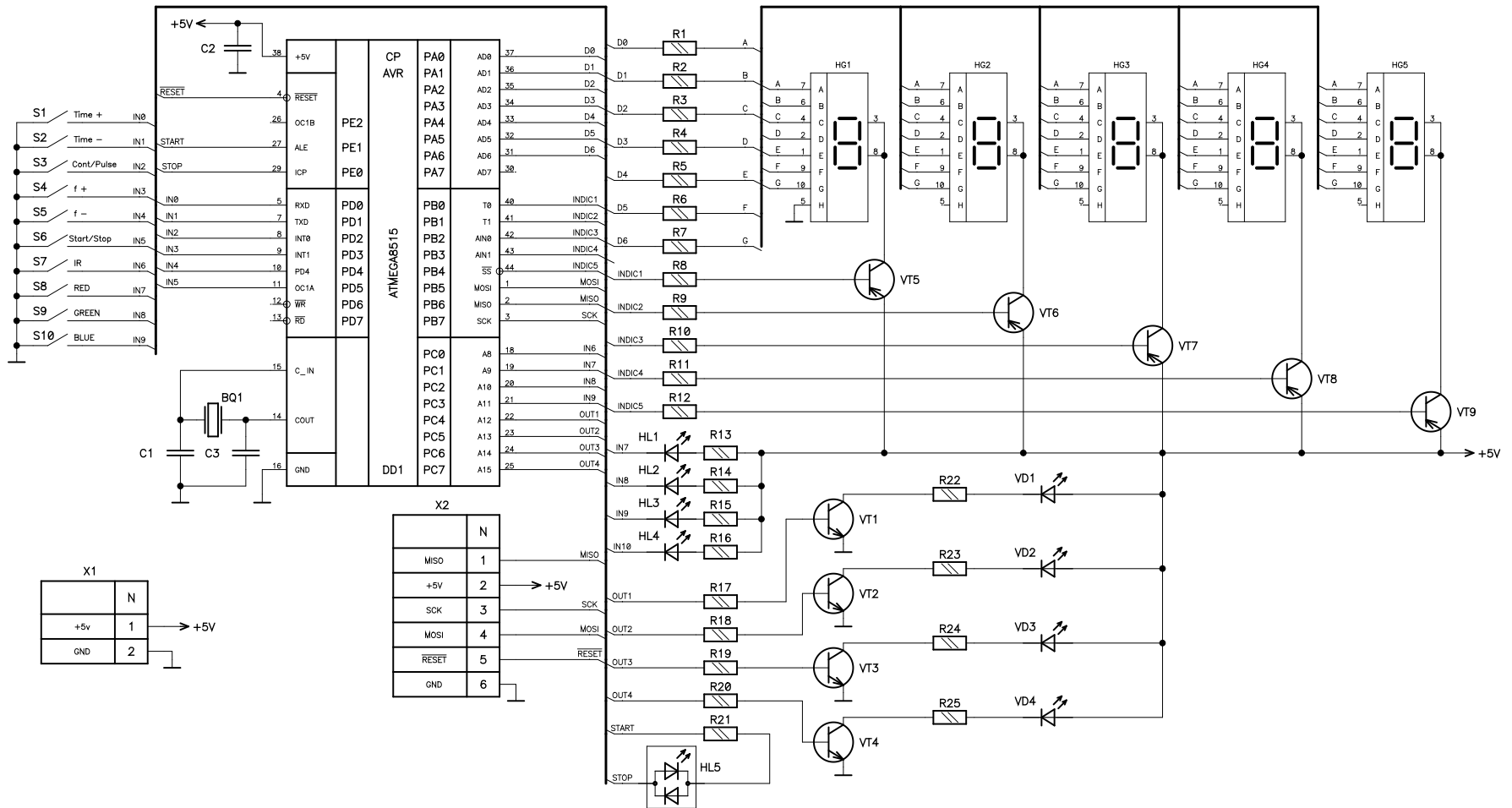
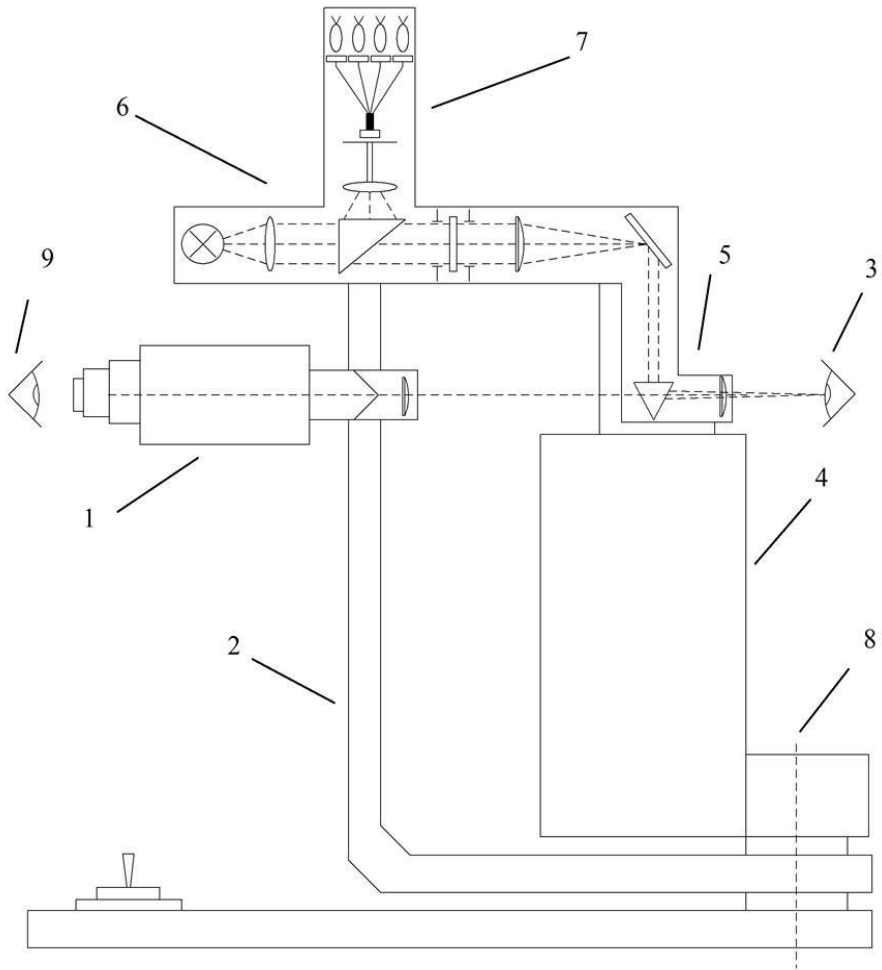


Схема конструкції лазерної системи коагуляції тканин ока



- 1 – мікроскоп
- 2 - кроштейн
- 3 - операційне поле (око пацієнта)
- 4 - лазер
- 5 - оптична система
- 6 - щілинна лампа
- 7 - фотостимулятор
- 8 - обертаючий елемент
- 9 - око лікаря

Економічне обґрунтування

Прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{В_{ЗАГ}}{\beta}, \quad (5)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи.

$$ЗВ = \frac{139390,11}{0,9} = 154877,9 \text{ (ГРН)}$$

Термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій можна розрахувати за формулою:

$$T_{OK} = \frac{1}{E_B}, \quad (6)$$

де E_B – відносна ефективність вкладених у розробку інвестицій.

$$T_{OK} = \frac{1}{1,10} = 0,9 \text{ РОКУ}$$

Оскільки $T_{OK} < 5$ -х років, то фінансування розробки є доцільним

Висновки

- 1) В магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано лазерну систему коагуляції, яка поєднує в собі методику фотостимуляції тканин ока.
- 2) Розглянуто принцип виконання процедури лазерної коагуляції, теоретично обгрунтовано всі переваги і недоліки даної процедури, щоб показати ефективність її виконання, і випадки, коли краще дану операцію не виконувати. Здійснено теоретичний огляд методики фотостимуляції тканин ока та порівняльний аналіз засобів візуалізації.
- 3) На основі аналізу і узагальнення літературних даних була розроблено оригінальну комплексну чисельно-аналітичну модель взаємодії лазерного випромінювання з очними структурами. Запропонована методика її застосування, що дозволяє виявити характерні особливості впливу на орган зору лазерного випромінювання з різними енергетичними, просторовими і часовими характеристиками.
- 4) Було визначено для оптичної системи приладу необхідні параметри лазерного випромінювання (діаметри перетяжки лазерного пучка, фокусна відстань і т.д), були розраховані розміри основних конструкцій (довжина афокальної насадки , діаметри вхідної лінзи, діаметри першого і другого компонента) і побудована сама оптична схема з попередньо визначеними параметрами.
- 5) Вибрано елементну базу та розраховано основні параметри фотостимулятора, враховуючи отримані дані сконструйовано схему електричну принципову даного пристрою.
- 6) На базі теплової моделі і узагальнених теоретичних даних про коагуляцію та фотостимуляцію було створено схему конструкцію лазерної системи коагуляції тканин ока, що поєднує в собі методику фотостимуляції, розроблена конструкція є більш універсальною, що є великим плюсом для даної розробки.

Дякую за увагу!