

1. Amar A. and Leus G. A reference-free time difference of arrival source localization using a passive sensor array / in Sensor Array and Multi-

channel Signal Processing Workshop (SAM) 2010 IEEE. – Jerusalem, Israel. – Oct. 2010. – P. 157–160.

УДК 621.373.826

АППАРАТУРА ДЛЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА БЛИЖНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА

Каплевский К.Н.¹, Радько А.Е.², Шевченко К.А.², Ермалицкий Ф.А.², Самцов М.П.², Воропай Е.С.¹

¹Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

²Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ

Минск, Республика Беларусь

Фотодинамическая терапия (ФДТ) – одно из широко востребованных и быстро развивающихся направлений лазерной медицины. ФДТ находит своё применение не только в онкологии, но и в хирургии (антибактериальная фотодинамическая терапия), офтальмологии, дерматологии, оториноларингологии и т.п. Сущность фотодинамической терапии заключается в повреждающем действии света на клетки злокачественных новообразований, а также микрофлору ран в присутствии молекул фотосенсибилизатора, способных эффективно поглощать фотоны определенной длины волны.

Метод фотодинамической терапии является щадящим для организма с одной стороны и высокоэффективным для избирательного разрушения опухолей, что позволяет использовать его в случаях, когда другие методы лечения либо не эффективны, либо не возможны. Отличительными особенностями метода являются: отсутствие токсичности, хорошая переносимость, воздействие только на опухоль без повреждения здоровых тканей, возможность сочетания с другими методами противоопухолевого лечения.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом для ФДТ активно применяются лазерные источники света с длиной волны в области поглощения известных фотосенсибилизаторов. Преимущество использования именно лазерной техники для фотодинамической терапии состоит в том, что гибель микрофлоры достигается за очень короткий промежуток времени, в который маловероятно приобретение устойчивости бактерий, и при этом полностью исключается какое-либо повреждение тканей. Метод фотодинамической терапии является полезной альтернативой антибиотикам и антисептикам. Кроме того метод фотодинамической терапии хорошо сочетается с лучевой и химиотерапией и значительно снижает порог чувствительности опухолевых клеток к химио-препаратам, защищая при этом нормальные клетки от побочных неблагоприятных воздействий.

Появление новых отечественных фотосенсибилизаторов [1-3], поглощающих и испускающих свет в области прозрачности биологической ткани (ближний ИК-диапазон) требует создание специальной аппаратуры для их применения в клинической практике. Целью данной работы являлась разработка источника света на основе сверхмощного лазерного диода ближнего ИК-диапазона для проведения сеансов фотодинамической терапии с применением полиметиновых фотосенсибилизаторов.

В качестве источника света в разработанной аппаратуре используется лазерный диод с длиной волны 750 нм. Выбор лазерного диода связан с рядом преимуществ таких источников: компактность, малые габариты и вес, отсутствие высокого напряжения в системе питания, устойчивость к вибрациям и перегрузкам, большой ресурс работы, возможность в широких пределах регулировать выходную мощность.

Процедура фотодинамической терапии требует точного наведения и дозирования лазерного облучения с широким варьированием параметров светового пятна. Поскольку стабильность выходной мощности лазерных диодов пропорциональна току питания для обеспечения задания точных доз облучения необходимо иметь источник тока с точной регулировкой (не менее 2%).

Кроме того, лазерные диоды не переносят перегрева свыше 80 °С, а изменение температуры диода на 10°С градусов приводит к изменению длины волны излучения на ~ 2 нм. Поэтому важно обеспечить стабильность температуры лазерных диодов при работе. Для решения этой задачи обычно применяют системы охлаждения на элементах Пельтье. При подаче напряжения одна сторона элемента Пельтье охлаждалась и отводила тепло от лазерного диода. Вторая сторона крепилась к радиатору с вентилятором, который обеспечивал отвод тепла от нагретой стороны элемента Пельтье.

Конструкция разработанного аппарата для фотодинамической терапии представляет собой

малогабаритный переносной блок. В качестве источника лазерного излучения для активации фотосенсибилизатора выбран полупроводниковый лазер фирмы LDX Optronics сопряженный с многомодовым световодом диаметром 200 мкм и SMA 905 коннектором на выходе. Длина волны излучения 750 нм, а максимальная световая мощность на выходе из световода 2 Вт. На передней панели находятся: ключевой выключатель, кнопки аварийного выключения, выбора параметров, разъемы подключения световода, а также ЖКИ дисплей. На задней панели прибора располагаются разъемы сетевого кабеля и USB интерфейса. Подвод излучения к опухоли осуществляется с помощью световода, имеющего SMA 905 коннектор для соединения с выходом лазерного излучения на корпусе прибора, что обеспечивает его однозначную установку и взаимозаменяемость. С помощью кнопок управления оператор устанавливает требуемую дозу облучения, выбирает мощность и экспозицию лазерного воздействия. При использовании персонального компьютера, подключенного по USB интерфейсу, процедура выбора параметров значительно облегчается. Оператор с помощью управляющей программы, поставляемой с аппаратом, выбирает требуемую дозу и размер пятна облучения. Далее программа по заложенному в ней алгоритму сама определяет требуемую мощность и длительность.

Внутри жесткого коробчатого корпуса располагаются лазерный диод с системой охлаждения, импульсный источник питания и электронный модуль. Комплект электроники аппарата обеспечивает управление и контроль всех узлов. Контролер температуры получает со встроенных в лазерные диоды терморезисторов информацию о температуре, анализирует её и в случае отклонения от заданной, выдает команды на подачу питания на термоохладитель лазерного диода. Драйвер питания лазерного диода по команде от управляющего микропроцессора подает на лазерный диод питание, длительность которого, и сила тока определяются величиной требуемой мощности и длительности излучения. Микропроцессорная система управления анализирует состояние работы всех узлов, выдает, в случае необходимости, информацию об ошибках.

В блоке питания используют цепи с демпфирующими цепочками для нейтрализации бросков напряжения и плавного выхода на рабочий режим. Для питания лазерного диода заданным током применяется традиционная схема источника тока на операционном усилителе со следящей обратной связью. В качестве регулирующего элемента используется биполярный транзистор. Обратная связь реализуется путем детектирования прямого тока лазерного диода, протекающего через токоизмерительный резистор. Падение напряжения, на этом резисторе сравнивается

с опорным напряжением. Разность между ними усиливается с помощью операционного усилителя и подается на базу регулирующего транзистора. Управление током лазерного диода осуществляется путем изменения опорного напряжения.

Стабилизация температурного режима работы лазерного диода осуществляется с помощью пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора выполненного на микроконтроллере семейства PIC18F. Основная идея такого регулятора заключается в том, что в отличие от простых алгоритмов управления, ПИД-регулятор способен управлять процессом, основываясь на его истории и скорости изменения. Это дает более точный и стабильный метод управления. В процессе работы микроконтроллер получает информацию о состоянии систем с помощью температурного датчика. Управляющий сигнал, регулирующий температуру путем изменения тока через элемент Пельтье, формируется на основании математической обработки отклонения измеренной температуры от заданной и состоит из суммы трех составляющих: пропорциональной, которая противодействует текущему отклонению температуры; интегральной, которая позволяет регулятору учитывать прошлые отклонения температуры; дифференциальной, которая противодействует предполагаемым отклонениям температуры. Процесс настройки ПИД-регулятора состоит в нахождении коэффициентов усиления пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей составляющих, которые были определены опытным путем, а их значения записаны в энергонезависимую память микроконтроллера.

Основные технические характеристики разработанной аппаратуры:

- Длина волны излучения – 750 ± 5 нм
- Режим работы – непрерывный
- Мощность лазерного излучения на выходе в режиме прицеливания – 5 мВт
- Мощность лазерного излучения на выходе в рабочем режиме – регулируемая в диапазоне от 0 до 2 Вт с шагом 0,02 Вт
- Длительность облучения – регулируемая в диапазоне от 1 до 120 мин с шагом 60 с
- Напряжение питания – (220 ± 22) В, (50/60) Гц
- Потребляемая мощность, не более – 100 Вт
- Габаритные размеры – 280x270x160 мм
- Масса – 3 кг

1. Флуоресценция фотосенсибилизатора на основе индотрикарбационинового красителя при фотохимиотерапии / М.П. Самцов, Е.С. Воропай, Л.С. Ляшенко [и др.] // ЖПС. –2011.

- Т. 78., №1. – С. 121-127.
2. Влияние энергии фотона на эффективность фотохимиотерапии / М.П. Самцов, Е.С. Воропай, К.Н. Каплевский [и др.] // ЖПС. – 2009. – Т. 76., № 4. – С. 576-582.
3. Фотодинамическая лазерная терапия и диа-

гностика областей локализации на основе новых типов фотосенсибилизаторов / М.П. Самцов, Е.С. Воропай, К.Н. Каплевский [и др.] // Известия РАН. Серия физическая. – 2007. – Т. 71. – С. 145-149.

УДК 343.983.22

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСЛЕДОВ НА ОБЪЕКТАХ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

Козлов В.Л.¹, Васильчук А.С.¹, Рубис А.С.², Лаппо Е.А.²

¹Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

²Академия МВД Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь

Важной задачей криминалистической экспертизы является определение вида и конкретного экземпляра ручного огнестрельного оружия. Успешная идентификация конкретного экземпляра оружия напрямую зависит от применяемых в процессе исследования технических средств и методов, что позволяет расширить круг идентификационных признаков и в результате значительно повысить качество проводимых исследований, обоснованность и достоверность полученных выводов. В криминалистической литературе справедливо отмечается, что техника исследования пуль, гильз и огнестрельного оружия в целях его идентификации пока отстает от возможностей, которые может обеспечить современное развитие технических наук [1]. В связи с этим технические средства, применяемые при производстве судебно-баллистических экспертиз, нуждаются в совершенствовании.

Для определения модели оружия, из которого выстрелена исследуемая пуля, измеряются: диаметр пули, число отобразившихся на ней нарезов, ширина и угол их наклона. Одним из параметров, определение которого до настоящего времени представляло значительную сложность, является измерение высот неровностей профиля (микрорельефа) следов полей нарезов канала ствола на выстрелянных пулях. В целях решения обозначенной выше задачи для получения необходимых в ходе проведения судебно-баллистических экспертиз параметров следов канала ствола оружия, отобразившихся на поверхности пули, предлагается методика, основанная на корреляционном анализе их цифрового стереоизображения.

Известные измерители расстояний [2], в которых используется цифровая фотокамера и анализ стереоизображения, не обеспечивают необходимую точность проводимых измерений, в частности не позволяют измерять высоты неровностей

профиля следов полей нарезов канала ствола, отобразившихся на метаемом элементе (пуле) в процессе выстрела, а также их линейные и угловые параметры.

Принцип работы разработанной системы измерения линейных и угловых параметров, а также высоты профиля (микрорельефа) следов заключается в следующем. С использованием цифрового микроскопа формируется цифровое стереоизображение следов нарезов канала ствола на стреляных пулях следующим образом. На фотоприемной матрице через оптическую систему микроскопа формируется первое цифровое изображение измеряемого следа. Затем с помощью координатного стола микроскопа объект исследования перемещается в пространстве в горизонтальной плоскости на расстояние L и производится формирование второго цифрового изображения. На первом изображении стереопары указываются точки исследуемого объекта т.А и т.В (окна сканирования), имеющие координаты на первом и втором снимках x_1, x'_1 и x_2, x'_2 , соответственно, до которых необходимо произвести измерение расстояния. Окна сканирования с аналогичными координатами автоматически формируются и на втором снимке. После этого в процессоре осуществляется сканирование первого окна относительно второго по горизонтали и вертикали, при этом вычисляется значение двумерной нормированной корреляционной функции между выделенными изображениями в соответствии с выражением:

$$R(\Delta x, \Delta y) = \frac{\sum_{x,y} (I_1(x, y) - \bar{I}_1)(I_2(x + \Delta x, y + \Delta y) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sum_{x,y} (I_1(x, y) - \bar{I}_1)^2 \sum_{x,y} (I_2(x + \Delta x, y + \Delta y) - \bar{I}_2)^2}}$$

где I_1 – сигнал окна сканирования первого изображения; I_2 – сигнал окна сканирования второго изображения; x_{max}, y_{max} – размер скани-