

АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ФОТОТЕРАПІЇ ПУХЛИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Наведено порівняльний аналіз випромінювачів для фототерапії пухлин

Ключові слова: лазер, фототерапія пухлин, випромінювач.

Abstract

A comparative analysis of emitters for phototherapy of tumors is given

Keywords: laser, phototherapy of tumors, emitter.

Вступ

Фототерапія - це дозований вплив на організм інфрачервоного, видимого та/або ультрафіолетового оптичного випромінювання [1]. Електромагнітна енергія світла при взаємодії з тканинами організму перетворюється в інші види (хімічну, теплову й ін.), запускаючи ряд фізико-хімічних і біологічних реакцій, які здатні за певних умов сформувати певний терапевтичний ефект. Кожен з діапазонів оптичного випромінювання викликає властиві лише йому фотобіологічні процеси, які визначають специфічність лікувальних ефектів. Чим більше довжина хвилі, тим глибше проникнення випромінювання (ІЧ промені проникають у тканині на глибину до 2-3 см, видиме світло - до 1 см, ультрафіолетові промені - на 0,5-1 мм) [1-3].

Метою роботи є порівняльний аналіз випромінювачів різного типу для фототерапії пухлин.

Результати аналізу

У ролі джерела світла для фототерапії пухлин можна використовувати когерентні та некогерентні джерела випромінювання. Головними характеристиками при виборі джерела випромінювання є довжина хвилі та область оптичного поглинання біотканини (БТ). Для фототерапії злоякісних пухлин переважно використовують світло червоного спектру (відповідає вікну прозорості біотканин 600–1200нм), яке забезпечує прийнятну глибину проникнення у БТ та об'ємну однорідність опромінення. У діапазоні 615–670 нм також лежать смуги поглинання основних фотосенсибілізаторів (ФС), які застосовуються у клінічній практиці фототерапії пухлин: ФС на основі гематопорфірину (615–630), хлоринів Е6 (650–670 нм), фталлоціаніну (660–680 нм) [2-3].

У якості когерентних випромінювачів використовують імпульсний лазер на парах золота, лазер на барвниках з аргоною накачкою неперервного режиму роботи, лазер на парах міді, калій-титаніл-фосфатний (КТФ) лазер, імпульсні лазери на фарбниках, фемтосекундні та діодні лазери [1-4]. У ролі некогерентних джерел випромінювання використовують вольфрамові лампи, ксенонові дугові лампи, металогаалогенові і флуоресцентні лампи, а також світловипромінювальні діоди.

Основні характеристики джерел світла, що використовують для фототерапії подані в таблиці 1.

Таблиця 1. - Характеристики джерел випромінювання для фототерапії

Тип випромінювача	Довжини хвиль, нм	Ширина смуги випромінювання, нм	Вихідна потужність, мВт
Лазери на розчинах фарбників із ламповою накачкою	400–700	1–10	200-500
Твердотільні лазери з подвоєнням частоти	535, 670	5	500-1000
Діодні лазери	400–1300	5–20	50-200
Лампи на галоїдних з'єднаннях металів	250–1000	100–130	100–2000
Газорозрядні лампи високого тиску	300–1500	30–130	100–2000
Люмінесцентні лампи	255–1200	30; 200–400	50-100
Системи на світлодіодах (LED)	260–1300	15–20; 200–300	50–100

Зауважимо, що рекомендованим максимальним граничним значенням щільності потужності для фототерапевтичних процедур (УФ та видимий діапазон) вважається значення до 100 мВт/см^2 . Отже, при використанні більш потужних джерел випромінювання потрібно збільшувати площу опромінення, наприклад використовуючи розфокусувальні оптичні насадки.

У спектральному діапазоні джерел світла для ФДТ 600–760 нм середня потужність складає 1,5–3 Вт, ширина лінії генерації 5–10 нм, режим роботи переважно безперервний. Існують лазерні діоди з хорошим поєднанням ліній генерації практично для більшості створених фотосенсибілізаторів [2].

Розвиток напівпровідникової технології за останні роки призвів до створення ряду приладів медичного призначення з використанням напівпровідникових лазерів та світлодіодів великої яскравості різного спектру випромінювання. Значне поширення набувають фотоматричні терапевтичні системи на світлодіодах, особливістю яких є можливість одночасного опромінення протяжних ділянок значної площі практично будь-якої просторової геометричної складності [3].

Залежність інтенсивності випромінювання (I) на поверхні об'єкта від його площі (S) для типових оптичних джерел наведено на рисунку 1.

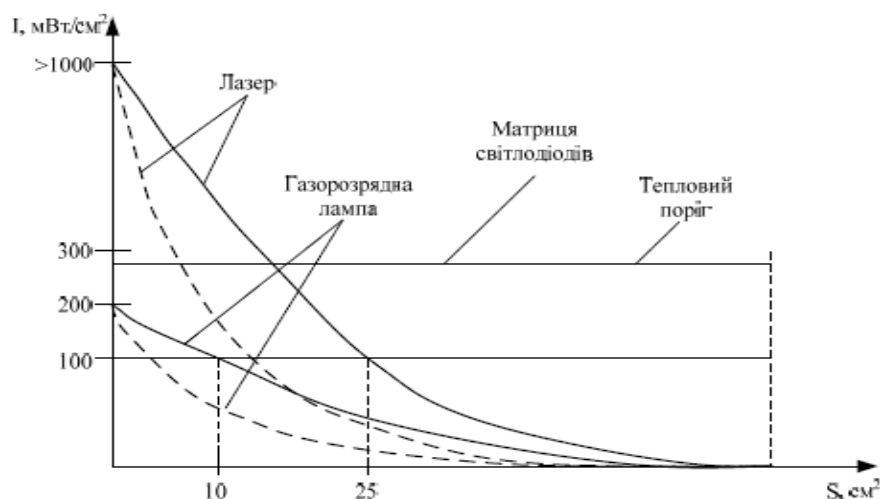


Рисунок 1 – Залежність інтенсивності випромінювання (I) на поверхні об'єкта від його площі (S) для найтипівіших оптичних джерел

Порівняння основних типів оптичних джерел, які досить широко застосовуються у фототерапії, показує (рисунок 1), що матриця світлодіодів здатна забезпечувати інтенсивність порядку 100 мВт/см^2 практично на будь-якій площі. Лазери можуть забезпечувати значно більшу інтенсивність, однак на обмеженій площі, отже їх переваги швидко втрачаються із зростанням площі

біооб'єкта. ФМТС мають переваги в порівнянні із лампою зі світлофільтром, що вирізає спектральну ділянку 30 нм, починаючи вже з площі 10 см², а в порівнянні з лазером потужністю 2,5 Вт і з системою розфокусування для опромінення протяжної області, починаючи з 25 см².

У випадку використання лазерних приладів, легше здійснювати цільове вибіркоче опромінення ураженої зони, мінімізувати період світлового впливу і вибрати необхідну довжину хвиль випромінювання згідно із характеристиками обраної БТ. Лазерні діоди характеризуються високою довговічністю [11]. Безперервно працюючі лазерні діоди можуть мати типовий термін служби 105–107 годин у кімнатній температурі, але за високих температур їх показники погіршуються. Лазерні діоди мають високий ККД перетворення електричної енергії в оптичну (близько 50%), але теоретично можна отримати ККД установки більше 80% [6]. Через малі розміри лазерного емітера випромінювання має велике розходження пучка, водночас кут при вершині пучка світла, що виходить з активного елемента може становити 10–30° [117]. Для компенсації цього недоліку та отримання вузького променя необхідно застосовувати спеціальні лінзи.

Висновки

Аналіз технічних характеристик та особливостей застосування розглянутих джерел випромінювання для фототерапії пухлин свідчить про перспективність застосування напівпровідникових лазерних і світлодіодних джерел внаслідок широких функціональних можливостей для лікування та особливостей випромінювачів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лазерна фізика: Підручник / В. І. Григорук, П. А. Коротков, А. І. Хижняк. – К. : “МП Леся”, 1997. – 480 с.
2. Готра З.Ю. Лазерні медичні технології: навчальний посібник / З.Ю. Готра, С.В. Павлов, З.М. Микитюк [та ін.] – Вінниця: Вінницький національний технічний університет (ВНТУ), 2017. – 158 с.
3. Кожем'яко В. П. Біомедичні оптико-електронні інформаційні системи і апарати. Ч.3. – Лазерні біомедичні системи : навчальний посібник / Кожем'яко В. П., Готра З. Ю., Павлов С. В. [та ін.]. – Вінниця : ВДТУ, 2000. –143 с.
4. Лазерные технологии в медицине. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/540.pdf> (дата звернення 15.03.2022р.). – Назва з екрану.
5. Чепурна О.М. Реалізація модифікованої фотодинамічної терапії з вибіркочним лазерним скануванням пухлини залежно від наявності флюоресценції / О.М. Чепурна, І.О. Штонь, С.В. Павлов, С.Є. Тужанський [та ін.] // Вісн. Національного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія приладобудування. – 2015. – №50(2). – С. 146-155.
6. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. 2-ое изд. — Москва: Физматлит, 2010. — 478 с.

Волощук Валентина Валентинівна - студентка групи КОІС-186, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Науковий керівник: **Тужанський Станіслав Євгенович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Voloshchuk Valentyna Valentynivna - student of group KOIS-18b, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsia

Supervisor: **Tuzhanskyi Stanislav Ye.** — Cand. Sc. (Eng.), Assoc. of Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia