

<b>Химчик А.В. Индукционный прибор для плавки стоматологической пластмассы</b> Используя известный математический аппарат, разработан индукционный прибор для плавки полипропилена медицинской чистоты. Приведены результаты расчета индуктора и осциллограммы работы генератора.	<b>Khimtchik A.V. The induction device for fusion the stomatological plastic</b> The known mathematics implement is used, the device for fusion the thermoplastic technopolimer with low crystallinity to be worked. There is result of inductors calculations and oscilogrames of generators operate.
--	---

Надійшла до редакції  
27 квітня 2005 року

УДК 617.55-089-78

## SPECTRALED – НОВЕ ДЖЕРЕЛО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ КЛІНІЧНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

Денисов М.О., Редчук О.О. Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

*В роботі розглянуті особливості технічної реалізації багатоканального джерела випромінювання SPECTRALED на базі надлюмінісцентних світловипромінюючих діодів та можливості його застосування в практиці клінічної спектроскопії для ранньої діагностики патологій в дерматології та гінекології*

### Вступ

Оптична спектроскопія є методом, що в останні роки з успіхом застосовується в лабораторній та клінічній практиці в системах оптичної біопсії для мінімально інвазивної діагностики на ранніх стадіях патологій в дерматології та гінекології. Наприклад, у разі визначення раку шийки матки на ранній стадії лікування є ефективним у 70-90% випадків, тоді як при пізньому його визначенні, коли метастази проникли до підслизової та лімфатичних вузлів, лікування є успішним лише у 15-20% випадках. Слід зазначити, що діагностування раку шийки матки традиційними методами є можливим лише на його пізніх стадіях [1].

Використання явищ пружного розсіяння та флуоресценції для оптичної діагностики базується на наявності значних змін у будові на клітинному та субклітинному рівнях, що призводить до зміни спектральних оптичних властивостей біотканин. В попередніх роботах були розглянуті можливості флуоресцентної спектроскопії в гінекології для діагностики диспластичних змін епітелію шийки матки та можливої їх диференціації [2]. Комбінування методів, що базуються на реєстрації *in vivo* спектрів дифузійного розсіяння або відбиття, а також автофлуоресценції біотканин в режимі реального часу, дозволить підвищити ефективність сучасних діагностичних технологій для мінімально інвазивної клінічної медицини [3, 4]. Зазначений метод може використовуватись при регулярних оглядах жінок (особливо вагітних) для запобігання високого ризику розвитку раку шийки матки.

Сучасні клінічні системи оптичної біопсії (СОБ) використовують малорозмірні волоконно-оптичні зонди, які контактують з біотканиною, що досліджується, та можуть застосовуватись як при безпосередньому поверхневому дослі-

дження, так і через інструментальні канали спеціалізованого медичного обладнання [5]. Модуль джерел випромінювання для СОБ зазвичай реалізується на базі будь-якого поліхроматичного джерела випромінювання (дугові лампи) з подальшою спектральною селекцією каналів. Як модуль аналізу інформаційного сигналу (МАІС) в останні роки широко використовуються мініатюрні волоконно-оптичні спектрометри з виведенням сигналу, що несе інформацію про стан біологічного об'єкта (спектри розсіяння або відбиття), на екран монітора персонального комп'ютера.

Завдяки значним досягненням в галузі розробки потужних світловипромінюючих діодів та їх широким впровадженням в новітні наукові розробки, з'явилась можливість створення багатоканальних джерел випромінювання, що є комбінацією індивідуальних квазімонохроматичних джерел випромінювання [6].

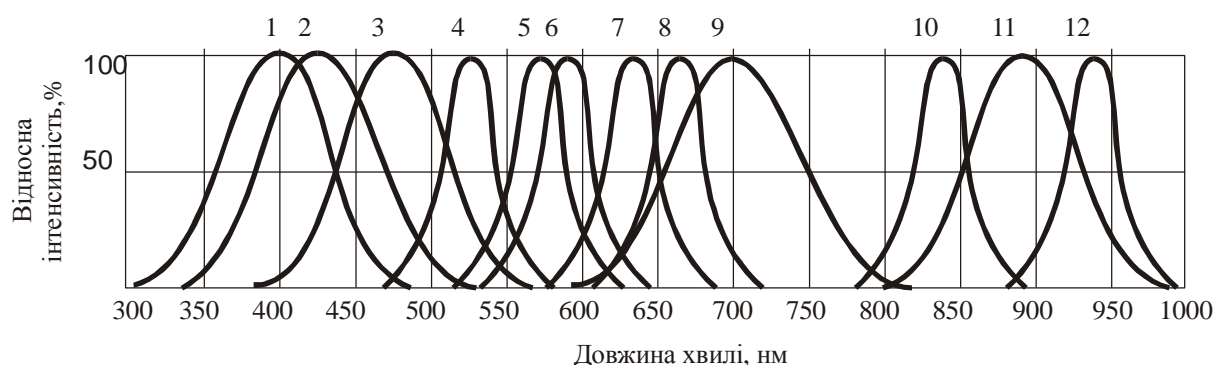
В роботі розглянуті особливості технічної реалізації багатоканального джерела випромінювання для широкого спектрального діапазону SPECTRALED на основі надлюмінісцентних світловипромінюючих діодів (СВД) та можливості його використання в практиці клінічної спектроскопії.

### **Оптична частина**

Джерело SPECTRALED, призначене для застосування в клінічній спектроскопії пружного розсіяння, здійснює опромінювання біотканин, що діагностуються, в декількох (до 12 штук) фіксованих вузьких спектральних піддіапазонах в загальному спектральному діапазоні 400-940 нм (рис. 1). Зазначені спектральні піддіапазони відповідають спектрам випромінювання надлюмінісцентних світловипромінюючих діодів з піковими довжинами хвиль випромінювання  $\lambda_0$  (див. таблицю) та напівшириною спектральних характеристик  $\Delta\lambda = 35\text{-}75$  нм. Енергетичні параметри СВД визначались при типовому значенні струму живлення 20 мА (для світлодіода L8506 – для струму 80 мА).

Таблиця - Параметри світловипромінюючих діодів

Фірма-виробник	Модель СВД	Матеріал	Довжина хвилі $\lambda_0$ , нм	Сила світла $I_0$ , мкд	Апертура $2\theta$
UDT Sensors, Inc. (США)	SL590WCT5	AlInGaP	590	2500	17°
	SL620WCT5	GaAsP	620	3600	17°
	SL660WCT5-5	GaAlAs	660	2000	17°
	IR-840T5	GaAlAs	840	60 мВт/ср	30°
	IR-880T5	GaAlAs	880	20 мВт/ср	30°
	IR-940T5-1	GaAs	940	20 мВт/ср	30°
Lumex, Inc. (США)	SSL-LX5093XUSBC	InGaN/SiC	470	2500	10°
	SSL-LX50595UPGC	InGaN/SiC	525	5000	15°
	SSL-LX5093XSPGC	AlInGaP	562	2500	10°
	SSL-LX5093XSYC	AlInGaP	590	2500	10°
	SSL-LX5093SOC	AlInGaP	610	2500	10°

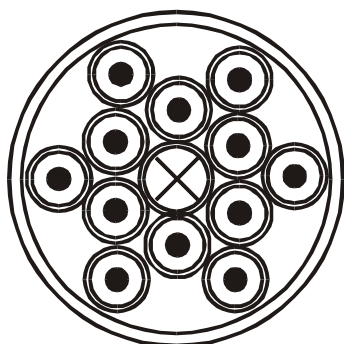


	SSL-LX5093XOC	GaAsP	630	2400	10°
	SSL-LX5093XSIC	AlInGaP	636	2500	10°
	SSL-LX5093XRC/4	GaAlAs	660	2500	10°
BivarOpto, Inc. (США)	LED5-UV-400-30	InGaN	400	350	30°
Hamamatsu, Inc. (Японія)	L8506	GaAlAs	870	120 мВт/ср	10°
LEDtronics, Inc. (США)	Y3KF	InGaAlP	595	5500	30°
	O3K/O6K	InGaAlP	620	4500	30°

Рисунок 1 – Спектри випромінювання СВД

Світлодіоди продукують випромінювання з достатньо вузькою діаграмою спрямованості ( $2\theta = 10^\circ\text{-}30^\circ$ ). Інтегровані до складу джерела випромінювання SPECTRALED оптичні системи спряження забезпечують ефективне збирання випромінювання СВД на торцях багатоканальної волоконно-оптичної транспортуючої системи (ВОТС) для подальшого опромінювання біотканин, що діагностуються (Рис. 2).

До складу ВОТС входить центральний приймальний волоконно-оптичний канал, спряжений зі входом модуля аналізу інформативного сигналу на базі волоконно-оптичного спектрометра “БІОСКОП”, а також до 12 периферійних каналів



опромінювання біотканини, спряжені з відповідними світлодіодами. Діаметр приймального волокна для максимізації інформаційного сигналу спектрометра становить 600 мкм, тоді як діаметри волокон периферійних каналів варіюються в діапазоні 300-600 мкм та визначаються припустимим загальним діаметром ВОТС для забезпечення її проходження через інструментальний канал спеціалізованого медичного обладнання.

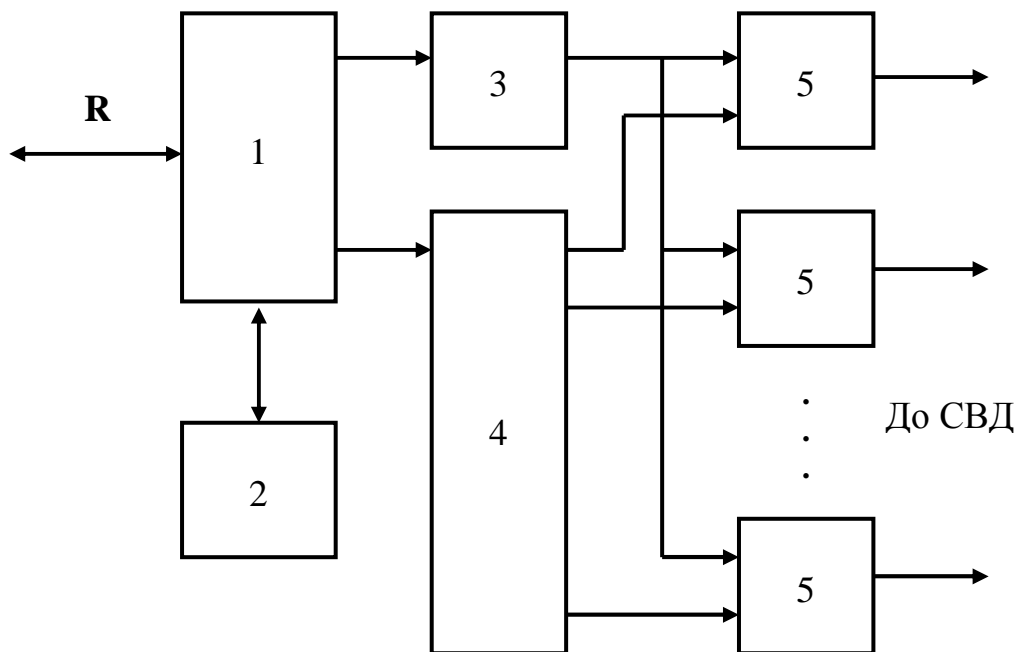
Рисунок 2 – Перетин ВОТС

### Електронна частина

Електронна частина джерела випромінювання SPECTRALED являє собою 12-канальне джерело стабілізованого струму з незалежним підключенням кана-

лів та можливістю одночасного для всіх каналів ступінчастого регулювання струму живлення (рис. 3). Зміна струму СВД, селекція каналів, що підключаються, включення та виключення вихідного випромінювання здійснюється як безпосередньо з панелі керування приладом, так і командами від персонального комп'ютера або від спектрометра "БІОСКОП".

Напруга живлення, В	8..12
Струм, не більше, мА	500
Кількість незалежних каналів	12
Робочий струм світлодіодів, мА	5, 10, 20, 30 мА $\pm$ 0,1
Канал зв'язку	RS232



1 – керуючий процесор; 2 – панель клавіатури та індикації; 3 – джерело опорної напруги; 4 – регістр керування джерелами струму; 5 – стабілізатори струму

Рисунок 3 – Структурна схема електронної частини джерела випромінювання SPECTRALED

Процесор 1 здійснює керування усіма вузлами багатоканального джерела. За командами від клавіатури 2 або командами, що поступають каналом зв'язку RS232, процесор за допомогою вбудованого в нього блоку широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) керує вихідною напругою джерела опорної напруги 3. Опорна напруга поступає на усі стабілізатори струму 5, задаючи значення струму через світловипромінюючі діоди. Система дозволяє змінювати значення струму з кроком 0.1 мА. При калібруванні в внутрішній пам'яті процесора записуються коди ШІМ, що відповідають струму 5, 10, 20 та 30 мА.

В залежності від обраних на клавіатурі робочих каналів в регістр 4 записується відповідний код, що подає сигнал блокування на стабілізатори струму каналів, що не були обрані. При ручному керуванні вибір каналів та значення струму СВД здійснюється на панелі приладу, окремими кнопками включаються

та виключаються стабілізатори струму. Для зручності оператора спеціальними кнопками можна вибрати або відключити усі канали разом.

При керуванні через RS232 спектрометр “БІОСКОП” може встановлювати на джерелі випромінювання SPECTRALED довільні комбінації підключення окремих світлодіодів: як поодинокі (для СВД з різними довжинами хвиль випромінювання), так і групами (для однакових типів СВД, для забезпечення необхідного рівня вихідної енергії). Синхронізацією послідовного вибору через відповідні часові інтервали різних комбінацій підключення світлодіодів та їх робочого струму зі спектрометра “БІОСКОП” можна здійснювати в автоматичному режимі задану серію спектральних вимірювань. Для підвищення точності та повторюваності результатів вимірювань джерело випромінювання SPECTRALED в протоколі обміну через RS232 має команду включення СВД тривалістю від 1 до 1000 мс з кроком 1 мс.

Загальний вигляд багатоканального джерела випромінювання SPECTRALED у шестиканальному варіанті виконання представлений на рис. 4.



Рисунок 4 – Шестиканальне джерело випромінювання SPECTRALED

### **Висновки**

Оцінка технічних характеристик та організаційних можливостей багатоканального джерела випромінювання SPECTRALED дозволяє розглядати його в якості універсального джерела випромінювання для клінічної спектроскопії. Значна кількість (до 12) незалежних оптичних каналів з можливістю їх довільного групування та керування їх вихідними характеристиками, а також синхро-

нізація його роботи з волоконно-оптичним спектрометром “БІОСКОП”, дозволяє застосовувати SPECTRALED одночасно як для флуоресцентної спектроскопії, так і для спектроскопії пружного розсіяння, що є особливо важливим при ранній діагностиці патологій в гінекології та дерматології. При цьому шість внутрішніх периферійних каналів БОТС (рис. 2) використовуються для транспортування до біотканини випромінювання збудження флуоресценції (від 6 синіх СВД), а шість зовнішніх периферійних каналів БОТС використовуються для спектроскопії пружного розсіяння.

Крім того, конструкція багатоканального джерела випромінювання SPECTRALED передбачає можливість додаткової інсталяції в кожному зі спектральних каналів інтерференційних фільтрів з напівшириною спектральних характеристик пропускання  $\Delta\lambda_{\Phi} = 5 - 10$  нм та коефіцієнтом пропускання  $\tau_{\Phi} = 0.4 - 0.5$ . Завдяки цьому можливим є застосування SPECTRALED в якості джерела випромінювання для калібрування волоконно-оптичних спектроскопічних приладів, що є перспективним напрямом досліджень.

### **Література**

1. Ramanujam N., Follen Mitchell M., Mahadevan-Jansen A., Pitris C., Richards-Kortum R., et al., Detection of cervical pre-cancer using optical spectroscopy // Optical Biopsies, I.J. Bigio, W.S. Grundfest, H. Schneckenburger, K. Svanberg, P.M. Viallet; Eds., Proc. SPIE. - 1996.- V. 2926. - P. 21—22.
2. Денисов М.О., Корольова Т.В., Вдовіна Т.В., Оптичний дистальний інструмент для систем флуоресцентної діагностики в гінекології // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія Приладобудування. – 2005. – Вип. 29. – С. 116-122.
3. Bigio L.J., Boyer J., Johnson T.M., Mourant J.R., Conn R., and Bohorfoush A., Optical diagnostics based on elastic scattering: an update of clinical demonstrations with the Optical Biopsy System//Optical Biopsy and Fluorescence Spectroscopy and Imaging, R. Cubeddu, R. Marchesini, S. Mordon, K. Svanberg, H. Rinneberg, G. Wagnieres; Eds., Proc. SPIE. - 1994. - V. 2324. – P. 46-54.
4. Utz S.R., Sinichkin Y.P., Pilipenko H.A., Fluorescence spectroscopy in combination with reflectance measurements in human skin examination: what for and how // Optical Biopsy and Fluorescence Spectroscopy and Imaging, R. Cubeddu, R. Marchesini, S. Mordon, K. Svanberg, H. Rinneberg, G. Wagnieres; Eds., Proc. SPIE. - 1994. - V. 2324. – P. 125-136.
5. Ono K., Kanda M., Hiramoto J., Yotsuya K., and Sato N., Fiber optic reflectance spectrophotometry system for in vivo tissue diagnosis // Applied Optics. - 1991. - V. 30, No.1. - P. 98-105.
6. Денисов М.О., Дец С.М., Корольова Т.В., Кравченко І.В., Редчук О.О. Багатоканальне джерело випромінювання для флуоресцентної діагностики біотканин // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія Приладобудування. – 2002. – Вип. 24. – С. 129-133.

**Денисов Н.А., Редчук А.А. SPECTRALED – новый источник излучения для клинической медицины**

В работе рассматриваются особенности технической реализации многоканального источника излучения SPECTRALED на базе сверхлюминисцентных светоизлучающих диодов и возможности его применения в практике клинической спектроскопии для ранней диагностики патологий в дерматологии и гинекологии

**Denisov N.A., Redchuk A.A. A new source SPECTRALED for clinical medicine**

The special features of technical realization of multichannel source SPECTRALED based on superluminescent light emitted diodes have been examined. The possibilities of its application for clinical spectroscopy in dermatology and gynecology for early cancer diagnosis have been considered too

*Надійшла до редакції  
18 липня 2005 року*