

Петрук В. Г., Кватернюк С. М., Черноволик Г. О. (Україна, Вінниця, ВНТУ)

МЕТОДИКА НОРМУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ СПЕКТРІВ ДИФУЗНОГО ВІДБИВАННЯ

Задача вимірювання спектрів дифузного відбивання є особливо актуальною в медичній діагностиці, екологічному моніторингу, контролі якості у харчовій промисловості тощо. Інформаційно-вимірювальна система у будь-якому з цих випадків складається з первинних вимірювальних перетворювачів, джерела випромінювання (монохроматора при дослідженнях у широкому спектрі чи лазера при дослідженнях на фіксованій довжині хвилі) та мікропроцесорного вимірювального блоку пов'язаного з персональним комп'ютером. У якості давачів можуть використовуватись фотоелектронні помножувачі (ФЕП) чи фотодіоди. У загальному випадку передатна характеристика вимірювального тракту є досить складною і залежить від багатьох факторів: спектрів випромінювання джерела, спектральної чутливості давача, нелінійностей підсилювальних ланок, похибки дискретності АЦП, температурного впливу тощо.

Однак у процесі вимірювань необхідно щоб, незважаючи на всі фактори впливу результуюча характеристика усього вимірювального тракту була ідентичною, що дасть можливість адекватно порівнювати експериментальні дані зняті різними дослідниками у різних країнах. Розроблена методика нормування експериментальних результатів вимірювань спектрів дифузного відбивання біотканин, що використовується при неінвазійних вимірюваннях на шкірі пацієнтів. Методика застосовувалась при лабораторних вимірюваннях спектральних коефіцієнтів дифузного відбивання шкіри у пацієнтів з ампутованими кінцівками, системним червоним вовчаком та групи умовно здорових людей різного віку.

У якості оптичного первинного перетворювача застосовується інтегровальна сфера за способом Тейлора, що є найбільш прийнятним для неінвазійних вимірів. У якості давача використано фотодіоди ФД-256. Світловий потік формується малогабаритним монохроматором МУМ-2, який обладнано кроковим двигуном для зміни довжини хвилі у автоматичному режимі. Вимірювальний блок реалізовано на мікроконтролері AVR4433, який обладнано 10-бітним вбудованим АЦП. Результати вимірювань формуються у базу даних на персональному комп'ютері. Для того, щоб здійснювались вимірювання абсолютного коефіцієнту дифузного відбивання необхідно компенсувати ряд похибок. Зокрема темнові струми компенсуються таким чином: прилад прогрівається протягом 10-15 хв., проводиться вимірювання вихідних сигналів при закритих заглушках на первинних вимірювальних перетворювачах та вимкненому джерелі випромінювання, при подальших вимірюваннях значення темнових струмів віднімається. Однак, враховуючи температурні зміни, необхідно періодично здійснювати повторну компенсацію темнових струмів. Далі необхідно врахувати спектральні характеристики джерела випромінювання, монохроматора та давачів. Це здійснюється на основі вимірювального зразка – пластинки покритої речовиною з відомим спектральним коефіцієнтом дифузного відбивання. Використано пластинку покриту оксидом магнія, який досить просто отримати у лабораторних умовах. Однак ця речовина має недостатню механічну стійкість, а тому необхідно її періодично поновлювати чи використати інших зразок, наприклад, покриття на основі ПВХ-фарби з домішками барію. Для того, щоб врахувати різницю між спектральними характеристиками каналів слід виконати вимірювання нормувальної характеристики. Ця процедура здійснюється при закритих заглушками давачах вимірювального та зразкового каналів у всьому діапазоні вимірів. Враховуючи, що ця характеристика не має різких стрибків, виміри можна проводити з досить великим кроком 10-50 нм. Далі, на основі кубічної сплайн-апроксимації отримуємо характеристику, що дозволяє враховувати спектральні відмінності каналів при вимірах з будь-яким кроком. Кінематична схема монохроматора та застосований кроковий двигун дозволяє змінювати довжину хвилі 10 нм за 32 кроки, тобто мінімальний крок зміни довжини хвилі складає 0,3125 нм. Однак крок зміни довжини хвилі також визначається оптичною щільною монохроматора (від 50 до 1 нм). При зменшенні оптичної щільності відповідно зменшується світловий потік та сигнал з фотодіода, що приводить до суттєвого зростання шумів. Тому реальним є обмеження мінімального кроку зміни довжини оптичної хвилі не менше 5 нм.

Робота виконана за сприяння Державного фонду фундаментальних досліджень Міністерства освіти і науки України відповідно спільному україно-білоруському проекту Ф10/27-УДК