

ПАРАМЕТРИ ДАВАЧА РЕЄСТРАЦІЇ РОЗСІЯНОГО СВІТЛА ВІД КОМПОНЕНТІВ РІДИНИ

Чубенко О. В., магістрант, Головня В. М., асистент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Знання розсіювання світла надає важливу інформацію про склад досліджуваної рідини при передачі випромінюючого характеру і динаміки зважених частинок в ній. Основною оптичною властивістю розсіювання є функція розсіювання по об'єму (ФРО), $\beta(\theta)$, яка описує кутову залежність (θ) розсіяного світла від падаючого неполяризованого пучка світла. Вона визначається як інтенсивності випромінювання $dI(\theta)$, що відбилося від елемента об'ємом dV , в одиницю тілесного кута з центром в напрямку θ , на одиницю освітленості E , тобто $\beta(\theta) = (1/E) dI(\theta)/dV$.

Коефіцієнт розсіювання, b визначається шляхом інтегрування ОФР VSF від 0 до π в радіанах відповідно до (1):

$$b = 2\pi \int_0^{\pi} \sin(\theta) \beta(\theta) d\theta, \quad (1)$$

в той час як коефіцієнт зворотного розсіювання, b_b визначається шляхом інтегрування ФРО в зворотному напрямку (від $\pi/2$ до π в радіанах).

Кутова форма і величина ФРО залежать від складу рідини і пов'язаних з ними розчинених солей, флуктуації щільності, пов'язаних з турбулентним перемішування [1].

Складання з більш великими частинками, як правило, підвищує розсіювання вперед щодо зворотного розсіювання. Оскільки процеси відбиття є домінуючими над зворотним розсіюванням, на відміну від дифракційних процесів де домінуючим є розсіювання вперед, склад частинок матиме більший вплив на зворотне розсіювання [2].

Точна кількісна оцінка розсіяного назад світлового поля має застосування для визначення чисельної кількості частинок, а також вивчення динаміки частинок (вмісту, розміру та складу), біогеохімічного складу їх, як при пасивному, так і при активному дистанційному зондуванні.

Відношення зворотного розсіювання до прямого (b_b/b), або частка світла, розсіяного в зворотному напрямку, забезпечує додаткову інформацію як про саму рідину так і характеристик частинок. Наприклад, використовуючи нахил функції розподілу часток за розмірами і відношення зворотного розсіювання частинок (b_b/b), розроблено модель для оцінки об'ємного заломлення частинок [3]. Вимірювання зворотного розсіювання в поєднанні з іншими вимірюваннями були використані для розрізнення типів частинок і динаміку в дослідженнях тонкого шару рідини.

За допомогою вимірювань ФРО з більшою кутовою роздільною здатністю і діапазоном, розрахунок b або b_b може бути спрощено. Дуже обмежена

кількість давачів, здатних вимірювати ФРО у широкому кутовому діапазоні.

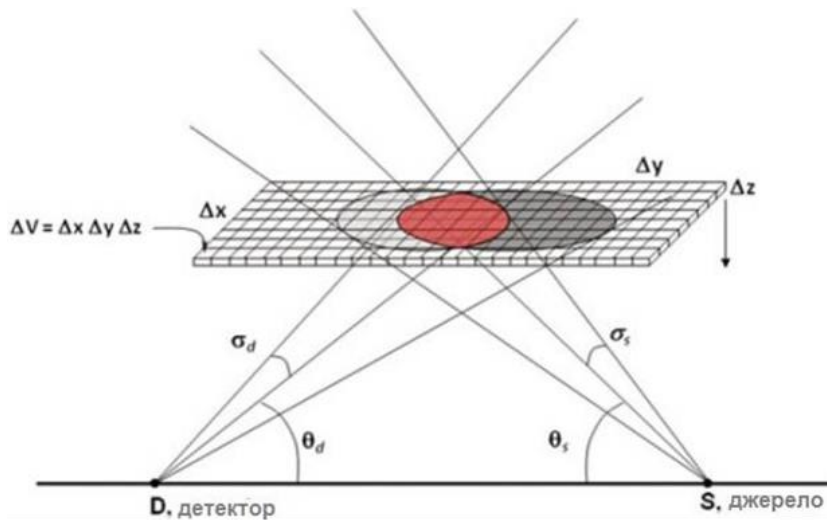


Рисунок 1. Схематичне зображення геометрії формування зворотного розсіювання в давачі

Опис давача

У своїй суттєвій формі, датчики, які вимірюють ФРО VSF складаються з джерела світла, та детектора, який збирає світло, розсіяне з певною апертурою (рис.1). Детектор (D) і джерело світла (S) відокремлені один від одного на відстані SD. Кут

утворений між центром досліджуваної області та лінією SD позначено θ_d . Половинний кут поля огляду детектора конус σ_d . Відповідні кути для джерела світлового пучка є θ_s і σ_s . Номінальний кут розсіювання давача $\gamma = \theta_s + \theta_d$. Досліджуваний об'єм формується з конічних пучків між джерелом і детектором в об'ємі зразка.

Основні оптико-електричні компоненти давача ФРО включають в себе джерело світла (світло діод або лазер), яке з'єднане з детектором (фотодіод або фотоелектронний помножувач). Фільтр узгодження завад зазвичай використовується для блокування розсіяного світла від сторонніх об'єктів. Використання лінз і щілин, з джерелом та детектором використовуються для встановлення необхідного об'єму дослідження. Перетини об'ємів конічних кутів між джерелом і детектором на площині $\Delta x \Delta y$ представляють собою еліпси, і перетин цих еліпсів рис.1 (червона заштрихована область) над Δz утворює ефективний об'єм вибірки давача.

Калібрування вимірювань ФРО потребує визначення конкретних коефіцієнтів масштабування, які визначаються спрацюванням детектора та ваговою функцією вимірювання $W(x, y, z)$, і залежать від комплексного відносного відгуку сигналу від кожного місця розташування досліджуваної точки (вершини конуса C) в межах об'єму зразка.

Є три основні методи для калібрування давачів: настроювання на відомі спектральні характеристики рідин, визначення по коефіцієнтам відбиття відомих речовин, визначення кутової вагової функції розсіювання та аналізу оптичної геометрії ходу променів. Найефективнішим є третій метод, враховуючи відомі параметри ходу променю можна налаштувати вимірювання меншого об'єму, тобто дослідити більшу кількість частинок.

Оскільки пучки світла джерела та детектора – конічні, то по площині їх

можна розбити на елементарні чарунки та визначити характеристики окремої чарунки (точка C), і вже визначати вагову функцію через них. Знаючи досліджуваний об'єм $\Delta V(x, y, z)$, Інтенсивність падаючого випромінювання, яка виражається в освітленості $E(x, y, z)$, визначаючи суму всіх вагових функцій по всіх кутах розсіювання γ в тілесному куті поля зору детектора Ω_d , та знаючи відстань від детектора до досліджуваного об'єму r_d , остаточний вираз для визначення вагової функції набуде такого вигляду (2):

$$W(x, y, z) = E(x, y, z) \Delta x \Delta y \Delta z \Omega_d e^{-Cr_d}. \quad (2)$$

Отже, використання вагової функції для калібрування давачів по визначенню інтенсивностей розсіювання та параметрів геометричної оптики надасть можливість підвищити якість визначення параметрів частинок, що знаходяться в досліджуваному об'ємі і, відповідно, підвищити точність самого дослідження.

За допомогою багатьох джерел, таких як світлодіоди і лазери, вихідне зображення апроксимується розподілом гауса по інтенсивності. Такий розподіл інтенсивності може бути застосований в якості додаткового параметра оцінки в чисельному аналізі.

Перелік посилань

1. Twardowski M. S. Optical backscattering properties of the 'clearest' natural waters / M. S. Twardowski, H. Claustre, S. A. Freeman, D. Stramski, Y. Huot // *Biogeosciences*, 4, 2007. – p.1041–1058.
2. Bogucki, D. J. Comparison of near-forward light scattering on oceanic turbulence and particles / D. J. Bogucki, J. A. Domaradzki, D. Stramski, J. R. Zaneveld // *Appl. Opt.*, 37, 1998. – p.4669–4677.
3. Петрук В.Г. Оптичні методи та ітерактивні засоби контролю в діагностиці неоднорічних середовищ / В.Г. Петрук // Дис. докт. техн. наук: 05.11.13-Вінниця, 1998.-383 с.

Анотація

Представлено основні параметри давача для реєстрації розсіяного лазерного променю в залежності від параметрів досліджуваної рідини, методику калібрування давача.

Ключові слова: функція розсіювання, лазерне випромінювання, вагова функція, давач.

Аннотация

Представлены основные параметры датчика для регистрации рассеянного лазерного излучения в зависимости от параметров исследуемой жидкости, методика калибровки датчика.

Ключевые слова: функция рассеяния, лазерное излучение, весовая функция, датчик.

Abstract

The basic parameters of the sensor for the scattered laser light registration depending on the parameters test liquid are represented. The sensor calibration procedure is described.

Keywords: scattering function, laser light, the weight function, sensor.