

Винахід належить до галузі нанотехнологій і може бути використаний для аналізу наноматеріалів різного призначення, зокрема лікарських засобів та біопроб в фармацевтиці, у хімічній промисловості, медицині та інших галузях.

Відомі пристрої для реєстрації механолюмінесценції містять світлозахисну камеру, в якій розміщено світлопрозору кювету з досліджуванним зразком, вузол механічного навантаження з'єднаний з електродвигуном та фотометр, до якого входять фотоприймач з'єднаний з блоком живлення та лічильником фотонів [1]. Однак, даний пристрій дозволяє досліджувати механолюмінесценцію лише ліофілізованих зразків, що не дає можливості застосування даного пристрою для вимірювання зразків у рідкому стані. Це обмежує використання даного приладу у фармації, хімії та медицині для наступної оцінки магнітомеханічного ефекту дії за показниками механолюмінесценції.

За прототип було вибрано пристрій, що містить світлозахисну камеру, в якій розміщені світлопрозора кювета з наночастинками, вузол фіксованих механічних навантажень з'єднаний з електродвигуном та фотометр до якого входять оптоволоконний кабель, фотоприймач з'єднаний з блоком живлення та лічильником фотонів [2].

Позитивним у прототипі є те, що він дозволяє вимірювати та оцінювати механолюмінесценцію досліджуваних зразків під механічним впливом ліофілізованих наночастинок.

Недоліками прототипу є те, що він має обмежені можливості для проведення вимірювань механолюмінесценції біопроб у рідкому стані за показниками механолюмінесценції під комплексним магнітомеханічним впливом по відношенню до контрольних вимірів спонтанної хемілюмінесценції зразків. Це призводить до звуження області застосування такого пристрою для задач фармації, хімії й медицини та зумовлює необхідність його модернізації.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення пристрою для реєстрації механолюмінесценції біопроб у рідкому стані за показниками механолюмінесценції під комплексним магнітомеханічним впливом.

Поставлена задача вирішується таким чином:

У пристрої для реєстрації механолюмінесценції для утворення фіксованих магнітомеханічних навантажень на віконному дні світлопрозорої кювети розміщений рідкий розчин з магнітними наночастинками, призначений для розміщення в ньому досліджуваного зразка, при цьому із зовнішньої сторони вікна дна кювети встановлюють вузол навантаження у вигляді постійного магніту, з'єданого з електродвигуном з можливістю створення ротаційного магнітного поля, для фотометрії з протилежного боку, навпроти зовнішньої сторони зверху над вікном кювети знаходиться фотоприймач. Відповідно до заявки, застосування досліджуваного зразка, який знаходиться у рідкому розчині з магнітними наночастинками, у зоні впливу ротаційного магнітного поля, дозволяє ініціювати магнітну силу та обертання досліджуваного зразка, як то суспензії наночастинок, клітин або хімічних сполук. Наявність постійного магніту, який механічно з'єднаний з електродвигуном, зумовлює фіксований магнітомеханічний вплив за рахунок магнітної сили F та обертання магнітних наночастинок, що супроводжується механолюмінесценцією досліджуваного зразка, яка детектується з протилежного боку кювети через оптоволоконний кабель фотоприймачем.

Запропонована конструкція забезпечує дистанційне збудження та реєстрацію механолюмінесценції досліджуваних зразків у рідкому розчині з магнітними наночастинками за допомогою прецизійного магнітомеханічного впливу фіксованих магнітних сил та величини ротаційного магнітного поля. У результаті, збільшується відношення сигнал/шум при детектуванні світлових фотонів та оптимізується реєстрація механолюмінесценції, що збільшує сферу використання пристрою.

Суть запропонованого винаходу пояснюється кресленням, на якому зображена схема пристрою для реєстрації механолюмінесценції.

Пристрій містить світлозахисну камеру 1, в якій знаходиться світлопрозора кювета 2, на внутрішній стороні вікна дна якої розміщено досліджуваний зразок 3 у рідкому розчині 4 з магнітними наночастинками 5, при цьому із зовнішньої сторони вікна дна кювети встановлений вузол навантаження у вигляді постійного магніту 6, механічно з'єданого з електродвигуном 7 з можливістю створення ротаційного магнітного поля.

З протилежного боку зверху над зовнішньою стороною вікна кювети прикріплено оптоволоконний кабель 8 з фотоприймачем 9, з'єднаним з блоком живлення 10 та лічильником фотонів 11.

Прилад працює таким чином.

При подачі живлення на електродвигун 7 він починає обертатися сумісно з закріпленим на його валу постійним магнітом 6, магнітне поле якого створює магнітну силу F , що діє на магнітні наночастинки 5, при цьому буде виникати ротаційне магнітне поле, яке викликає рух у магнітному полі магнітних наночастинок 5 разом з досліджуванним зразком 3 та рідким розчином 4, між ними та поверхнею вікна дна оптично прозорої кювети 2, виконаної з кварцового скла, під впливом фіксованої величини магнітної сили F виникає тертя, а в еластичних зразках - це механічна деформація, що буде ініціювати їх механолюмінесценцію – явище, яке належить до випромінювання

світла, ініційованого всіма типами механічних впливів, таких як пружні деформації, пластичні деформації або руйнування. Дослідження якого дозволяє вивчати ефекти перетворення механічної енергії у світло під впливом магнітного поля на основі викликаних стресом вільнорадикальних реакцій і флексоелектричного ефекту.

Механолюмінесценцію заміряють через зовнішню сторону вікна зверху кювети 2 через оптоволоконний кабель 8, фотоприймач 9 з'єднаний з блоком живлення 10 та лічильником фотонів 11. Оскільки механічні сили впливають на формування ланцюгів транспорту електронів і подальше випромінювання світла, механолюмінесценція, ініційована магнітною силою, може бути використана для вивчення магнітомеханічних ефектів досліджуваних зразків [3]. Інтенсивність, кінетика та спектр механолюмінесценції є характерними параметричними показниками досліджуваного зразка при фіксованих параметрах розчину та магнітних наночастинок, що будуть характеризувати їхні магнітомеханічні властивості на квантовому рівні.

Для реалізації та апробації винаходу було виготовлено макет відповідно до запропонованого технічного рішення. Використовували світлозахисну камеру з світлопрозорою кварцовою кюветою, в якій було розташовано фізіологічний розчин хлориду натрію, магнітні наночастинок оксиду заліза діаметром <50 нм у концентрації 20 мкг/мл, ліпосоми діаметром ~100 нм у концентрації 10 мкг/мл, знизу дна кювети був встановлений електродвигун, що мав швидкість обертання 10 обертів/хв постійний магніт з максимальною магнітною індукцією 0,03 Тл та магнітною силою, що діє на магнітні наночастинок, 0,12 пН. Реєстрацію фотонів зверху кювети проводили фотоелектронним помножувачем ФЕУ-130 з застосуванням оптоволоконного кабелю, блока живлення та лічильника фотонів.

Проведені дослідження показали, що використання пристрою для реєстрації механолюмінесценції дозволяє підвищити відношення сигнал/шум при детектуванні світлових фотонів на 29 % відносно вимірів спонтанної хемілюмінесценції. Це свідчить про оптимізацію реєстрації механолюмінесценції під впливом магнітного поля та збільшує сферу використання пристрою для оцінки магнітомеханічного ефекту.

Пояснення до графічних матеріалів винаходу

На кресленні - пристрій для реєстрації механолюмінесценції:

- 1 - світлозахисна камера;
- 2 - світлопрозора кювета;
- 3 - досліджуваний зразок;
- 4 - рідкий розчин;
- 5 - магнітні наночастинок;
- 6 - постійний магніт;
- 7 - електродвигун;
- 8 - оптоволоконний кабель;
- 9 - фотоприймач;
- 10 - блок живлення;
- 11 - лічильник фотонів.

Джерела інформації:

1. Verfahren und Vorrichtung zur Untersuchung von Stoffen durch Triboelectrisierung: Patentschrift DE 324001802: Int C14, GO1N21/70 / V. E. Orel. - № P 32 40 018.7-52; заявл. 28.10.1982; опубл. 19.06.1987.

2. Mechanoluminescence of nanoparticles / B. P. Chandra // The Open Nanoscience Journal. - 2011. - V. 5/2011 - P 45-58.

3. Nanotherapy based on magneto-mechanochemical modulation of tumor redox state / V. B. Orel, A. S. Papazoglou, C Tsagkaris [et al.] // Wiley Interdiscip Rev Nanomed Nanobiotechnol. - 2023. - V. 15. - P e1868.

