

ДОДАТОК А

Демонстраційний матеріал

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра фізичних основ електронної техніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Оптичне маніпулювання малими об'єктами

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка
Освітня програма — «Фотоніка та оптоінформатика»

Розробила:
студентка гр. ФТОІм-20-1
Філіпенкова А.С.

Керівник:
проф. каф. ФОЕТ
Курський Ю.С.

					ГЮІК. 203589. 002 ДІ
Зм.	Арк.	Прізвище	Підп.	Дата	
Розроб.		Філіпенкова			
Перевір.		Курський			
Н. контр.		Чернишова			Оптичне маніпулювання малими об'єктами
Затв.		Гнатенко			ХНУРЕ каф. ФОЕТ

Актуальність роботи

Об’єкт дослідження – процес маніпулювання мікророзмірними частинками за допомогою лазерного променя.

Мета роботи – дослідити фізичні принципи роботи, можливості, конструкції оптичного пінцета та запропонувати напрямки його вдосконалення.

Задачі роботи:

- 1. Провести аналіз оптичних пінцетів різних конструкцій.
- 2. Дослідити та розрахувати параметри лазера, який застосовується в оптичному пінцеті.
- 3. Визначити перспективні напрямки розвитку оптичного пінцета.

На тлі розвитку лазерних технологій наприкінці 1970-х років Артуром Ашкіним було створено перший оптичний пінцет. Промінь аргонowego лазера фокусувався об’єктивом з високою числовою апертурою, за рахунок чого формувался фокус, у якому утримувалися біологічні об’єкти та інші мікрочастинки.

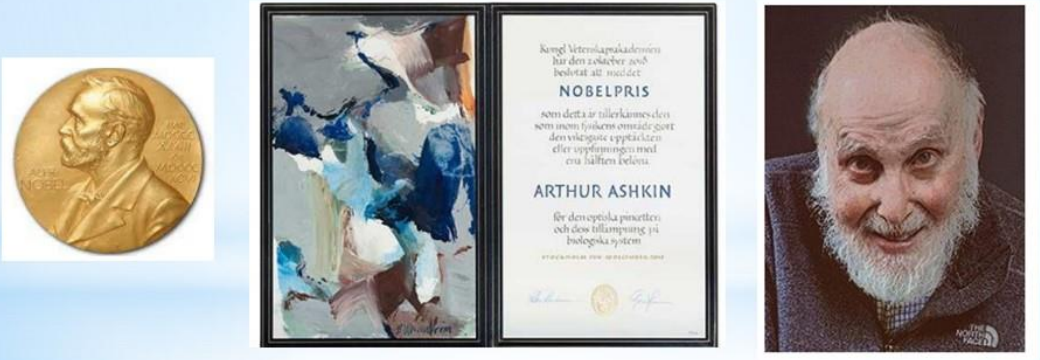


Рисунок 1 – Артур Ашкін та його Нобелівська премія

					ГЮІК. 203589. 002 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження додатку А

4

Оптичний пінцет являє собою пристрій, що використовує сфокусований лазерний промінь для пересування мікроскопічних об'єктів або для утримання їх в певному місці.

Поблизу точки фокусування лазерного променя світло тягне до фокусу все, що у цій точці.

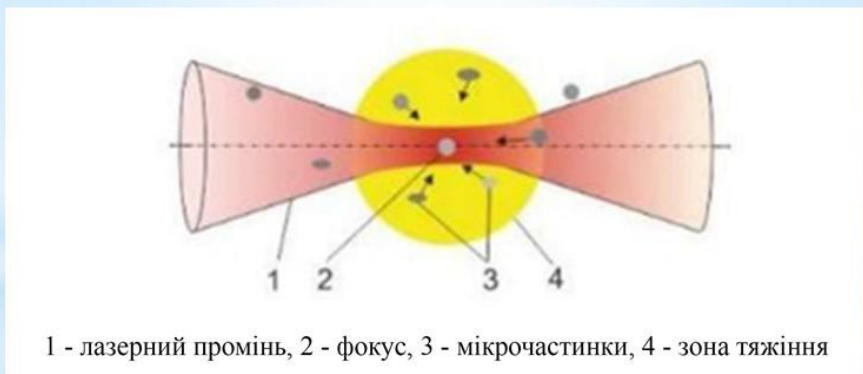


Рисунок 2 – Принцип роботи оптичного пінцету

5

Види оптичних пінцетів

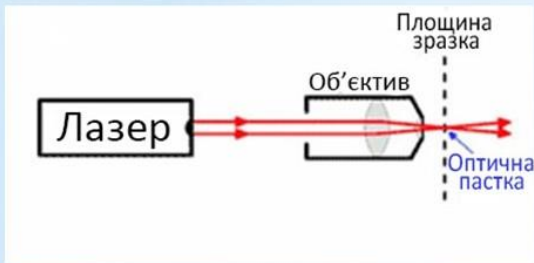
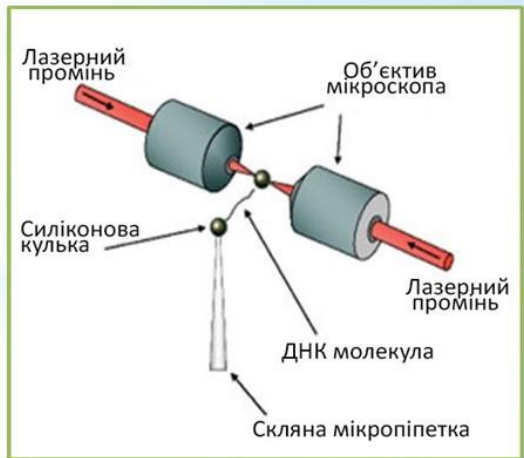


Рисунок 3 - Однопроменевий оптичний пінцет

Рисунок 4 - Двопроменевий оптичний пінцет



					ГЮІК. 203589. 002 ДІ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Принципова схема оптичного пінцета

Характерні розміри
об'єктів: 0,5-10 мкм

Вимірювані сили:
0,05 пН – 20 пН

Потужність
випромінювання у
пастці: 15-20 мВт

Розмір перетяжки:
1 мкм

Мода: TEM_{00}

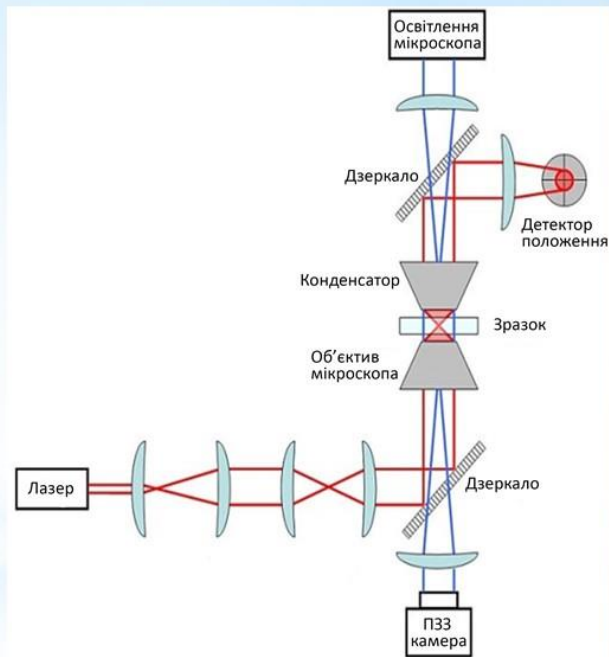


Рисунок 5 – Схема оптичного пінцету

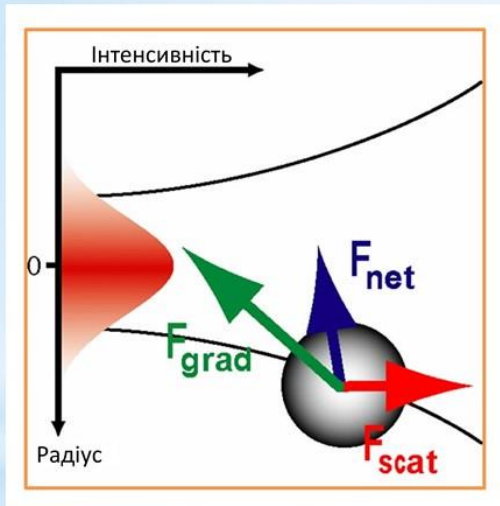
Застосування оптичного пінцета

1. Контрольована зміна відстаней на мікрорівні з нанометровою точністю.
2. Дослідження надслабких взаємодій і сил між нанооб'єктами до 10 фН сил (фотонно-силовий мікроскоп), зміни коефіцієнта жорсткості "пружинки" ДНК, пружних властивості клітин, ефектів "оптичної віддачі" при люмінесценції, магнітних та електричних взаємодії на мікрорівні.
3. Дослідження процесів парних взаємодій (агрегації та дезагрегації) біологічних мікро- та нанооб'єктів.
4. Силкові вимірювання біологічних об'єктів у піконьютонному діапазоні.
5. Вирізання та видалення біологічних об'єктів (злиття клітин та розрізання ДНК).

					ГЮІК. 203589. 002 ДІ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Дипольний підхід в уявленні Релеєвського розсіювання $R \ll \lambda$

8



$$F_{grad} = \frac{2\pi\alpha}{cn_m^2} \nabla I$$

$$F_{розсіювання} = \frac{\sigma n_m}{c} \cdot I$$

Рисунок 6 - Електромагнітний режим оптичних пінцетів

Дипольний підхід в уявленні Релеєвського розсіювання $R \ll \lambda$

9

$$F_{grad} = \frac{2\pi\alpha}{cn_m^2} \nabla I$$

$$\alpha = n_m^2 R^3 \left(\frac{m^2 - 1}{m^2 + 1} \right)$$

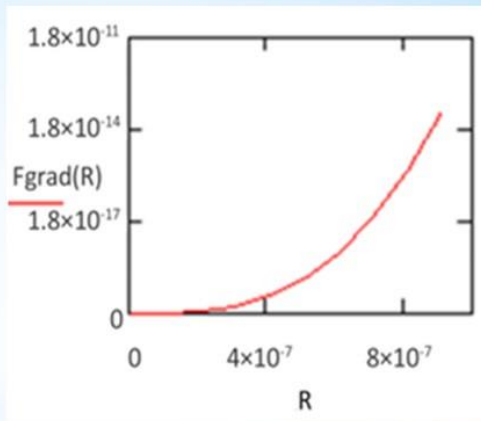


Рисунок 7 – Залежність градієнтної сили від радіусу кульок

					ГЮІК. 203589. 002 ДІ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Межі можливості захоплення частинок в оптичну пастку

10

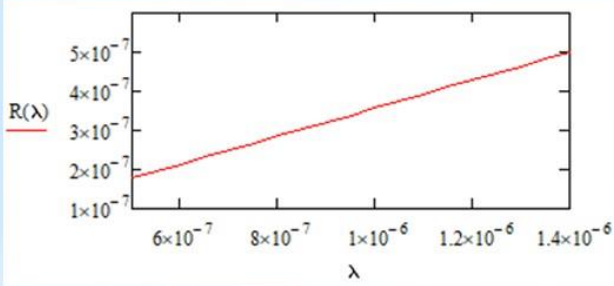


Рисунок 8 – Залежність роздільної здатності об'єктива від довжини хвилі

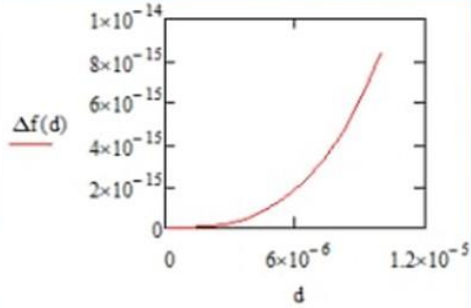


Рисунок 9 – Залежність різниці сили тяжіння і сили Архімеда від збільшення розміру частинки

Висновок

11

У роботі:

- 1. Досліджено основні принципи роботи оптичного пінцета та розглянуто процес взаємодії лазерного випромінювання з мікрооб'єктами різного походження. Описано та проаналізовано оптичні пінцети різних конструкцій.
- 2. Виконано розрахунки градієнтної сили лазерного випромінювання із мікрооб'єктами. Результати розрахунків показали, що для маніпулювання силіконовою кулькою розміром від 1 мкм до 10 мкм, градієнтна сила має значення, приблизно 10 пН.
- 3. Визначено перспективні напрямки розвитку оптичного пінцета. До цих напрямків можна віднести: використання напівпровідникових лазерів; використання Бесселевих пучків при маніпуляції частинками.

					ГЮІК. 203589. 002 ДІ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

№ док.	Позначення	Найменування	Кільк. арк.	Прим.
		Текстові документи		
1	ГЮІК.203589. 001 ПЗ	Пояснювальна записка	46	ел. ф.
		Графічні матеріали		
2	ГЮІК. 203589. 002 ДІ	Демонстраційний матеріал	11	ел. ф.