ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250389

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายสำหรับห้องปฏิบัติการ

OPTICAL TWEEZERS FOR LABORATORY

นายธรรมรัตน์ แต่งตั้ง
นายพรประเสริฐ พุทธนรากุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประเภทส่งเสริมนักวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2552
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b00256454

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250389

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายสำหรับห้องปฏิบัติการ

OPTICAL TWEEZERS FOR LABORATORY

นายธรรมรัตน์ แต่งตั้ง
นายพรประเสริฐ พุทธนรากุล

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประเภทส่งเสริมนักวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2552
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายสำหรับห้องปฏิบัติการ
แหล่งเงินทุน จากเงินรายได้ประเภทส่งเสริมนักวิจัย
ประจำปีงบประมาณ 2552 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน**50,000บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1ปี **ตั้งแต่**ต.ค. 2551**ถึง**ก.ย. 2552
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัยพร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด
หัวหน้าโครงการนายธรรมรัตน์ แต่งตั้งคณะวิทยาศาสตร์
ร่วมโครงการวิจัยนายพรประเสริฐ พุทธนรากุลคณะวิทยาศาสตร์

บทคัดย่อ

250389

คีมจับเชิงแสงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักการของแรงเนื่องจากแสงเพื่อใช้ในการดักจับอนุภาคขนาดเล็กซึ่งอยู่ในระดับไมโครเมตรจนถึงอนุภาคในระดับนาโนเมตรซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาหลักการพื้นฐานทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายจากอุปกรณ์พื้นฐานทางแสงต่างๆที่มีอยู่เพื่อเป็นการทดสอบทฤษฎีและหลักการของคีมจับเชิงแสงโดยการนำอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นไปจับอนุภาคของเม็ดบีดโพลิสไตรีนขนาด 2 ไมโครเมตรที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ในของเหลวที่อนุภาคบรรจุอยู่และทำการเฝ้าดูปฏิกิริยาและประสิทธิภาพในการจับอนุภาคของอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงที่สร้างขึ้นซึ่งจากผลการทดลองพบว่าจากอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นรวมถึงวิธีการออกแบบและการทดลองทำให้อุปกรณ์สามารถจับอนุภาคที่เคลื่อนที่ให้หยุดอยู่นิ่งกับที่ภายในลำแสงโฟกัสที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์ได้โดยมีลักษณะที่ถูกดึงดูดเข้าไปในลำแสงและสั่นอยู่ภายในลำแสงซึ่งจุดโฟกัสที่สร้างได้สามารถดึงดูดอนุภาคที่ใกล้เคียงที่สุดได้2-3อนุภาคและจะสามารถจับให้อยู่นิ่งได้ในลำแสงเพียงอนุภาคเดียวทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ในของเหลวของอนุภาคที่จะจับด้วย

เมื่ออนุภาคถูกจับได้แล้วนั้นการทดลองขั้นต่อไปจะทำโดยการเพิ่มระบบต่างๆที่ช่วยให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอาทิ เช่นระบบที่ตรวจจับตำแหน่งของเลเซอร์อุปกรณ์ควบคุม stage และโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพิ่มการคำนวณหรือการควบคุมต่างๆซึ่งจากระบบที่กล่าวไปนี้จะสามารถทำให้อุปกรณ์คีมจับเชิงแสงมีประสิทธิภาพที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านชีววิทยาขนาดเล็กหรืองานอื่นๆที่เกี่ยวข้องได้จริง

คำสำคัญ : คีมจับเชิงแสง,การควบคุมระดับจุลภาค,เม็ดบีดโพลิสไตล์ลีน,การดักจับอนุภาคขนาดเล็ก

Research Title: OPTICAL TWEEZERS FORLABORATORY
Researcher: Thamarat Taengtung
Faculty: Science **Department:** Applied Physics

ABSTRACT

250389

The optical tweezers system is the powerful tool to trap the particle without touching. In this undergraduate thesis we begin to describe the basic principle theory and the application of the optical tweezers system. The optical tweezers can be applied as a tool to study the mechanical of biological system. In this project, the optical tweezers system had been designed and built by using some basic optical parts and instruments in our laboratory and undergraduate biology laboratory. Then , we showed that our system could be successful for trapping some micro-polystyrene beads. In our experiment we observed that some micro-polystyrene beads were moving toward the focused laser spot , when the beads were moving closed to the spot.

In the future the new advance system may be improved from this system by adding some optical instruments such as a position detector , micro-stage controlled by computer program. This new system can be use to study the mechanics of the biological system with higher efficiency than that of original one.

Keyword: optical tweezers, polystyrene beads ,Optical Trapping

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานพิเศษนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้หากไม่ได้รับความร่วมมือคำปรึกษาและความอนุเคราะห์จากอาจารย์ดังนี้ ดร.ประธาน บุรณศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการทำโครงงานพิเศษรวมไปถึงงานวิจัยและข้อมูลของผู้ที่เคยได้ทำการศึกษาค้นคว้ามาแล้วอาทิ เช่นบทความวิจัยของดร. ศรัณย์ สัมฤทธิ์เดชขจรและ พ.ต.สุวัฒน์ วงศ์จันทร์ฉาย แสงซึ่งเป็นประโยชน์ในการค้นคว้าข้อมูลต่อผู้ทำการทดลองเป็นอย่างสูง รวมไปถึงสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์และอาจารย์ท่านอื่นที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและติดตามดูแลการทำโครงงานพิเศษนี้ให้ลุล่วงได้ด้วยดีขอขอบพระคุณไว้ณที่นี้

นายธรรมรัตน์ แต่งตั้ง

นายพรประเสริฐ พุทธนรากุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หลักการโดยทั่วไป	4
2.2 อนุภาคเมียร์	4
2.3 อนุภาคเรย์ลีห์	5
2.3.1 แรงเกรเดียนท์	6
2.3.2 แรงกระเจิง	
2.4 คีมจับเชิงแสงแบบออปติกส์ในอากาศ	6
2.4.1 เลเซอร์สำหรับจับอนุภาค	7
2.4.2 เลนส์วัตถุกล้องจุลทรรศน์	8
2.4.3 อุปกรณ์บังคับตำแหน่งคีมจับเชิงแสง	8
2.4.3.1 การเลื่อนระนาบตัวอย่าง	8
2.4.3.2การบังคับทิศทางของลำแสง	8
2.4.3.3 การใช้วิธีการโฮโลกราฟิก	8

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.4 อุปกรณ์บันทึกภาพและตำแหน่งของอนุภาค	9
2.4.4.1 บันทึกภาพระนาบตัวอย่างโดยตรง	9
2.4.4.2 การบันทึกตำแหน่งที่ระนาบโฟกัสด้านหลัง	9
2.5 การใช้คีมจับเชิงแสงในการวัดแรง	9
2.6 คีมจับเชิงแสงแบบใช้ใยแก้วนำแสง (Fiber Optical tweezers)	10
2.7 คีมจับเชิงแสงแบบติดตั้งในเซลล์ของไหล	11
2.8 การประยุกต์ใช้งานคีมจับเชิงแสง	11
2.8.1 การศึกษาด้านชีววิทยาในระดับเซลล์	11
2.8.2 การศึกษาด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล	12
2.8.3 การศึกษาไคเนซิน	13
2.8.4 การศึกษาอาร์เอ็นเอโพลิเมอเรส	13
2.8.5 การประยุกต์ใช้ในทางเคมี	14
2.8.5.1 การศึกษาเกี่ยวกับคอลลอยด์	14
2.8.5.2 การสร้างโครงสร้างระดับไมโครและนาโน	15
2.8.5.3 การทำสเปกโตรสโคปีกับโมเลกุล	16
2.9 เทคโนโลยีอื่นที่น่าสนใจเกี่ยวกับคีมจับเชิงแสง	16
2.9.1 เครื่องคัดแยกอนุภาคโดยใช้ผลึกของกับดักเชิงแสง	17
2.9.2 คีมจับเชิงแสงในการทำเครื่องตรวจจับ (Sensors)	18
2.9.3 เครื่องตรวจหาเซลล์มะเร็ง (Leipzig)	18
2.9.4 เครื่องตรวจจับเชื้อไวรัสและอนุภาคระดับนาโนเมตร	19
2.10 แนวโน้มการพัฒนาคีมจับเชิงแสง	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	22
3.1 ออกแบบและวางแผนการสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสง	22
3.2 การออกแบบและการคำนวณระบบ Beam Expander	22
3.3 การหาตำแหน่งของอนุภาคที่จุดโฟกัส	23
3.4 การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	24
3.5 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน	25

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	26
4.1 ลักษณะของสารตัวอย่างโพลีสไตรลีนที่ใช้ Inverted Microscope เลนส์ขนาดต่างๆ	26
4.1.1 Inverted Microscope เลนส์ขนาด 10X	26
4.1.2 Inverted Microscope เลนส์ขนาด 20X	27
4.1.2 Inverted Microscope เลนส์ขนาด 40X	28
4.1.2 Inverted Microscope เลนส์ขนาด 100X (Immersion Objective Lens)	29
4.2 การจัดอุปกรณ์ Two Lens system เพื่อสร้างระบบ Beam Expander	30
4.2.1การคำนวณระยะห่างระหว่างเลนส์	31
4.2.2ผลการทดลองที่ได้จากการจัดอุปกรณ์ Beam expander	32
4.3 ระบบ Optical Tweezers System	32
4.3.1 การจัดแนวของแสงและวิเคราะห์ปัญหาที่พบจากการจัดอุปกรณ์	33
4.4 การจับอนุภาค	35
4.4.1 อภิปรายผลการทดลองการจับอนุภาคจากตารางที่ 1	35
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	37
5.1สรุปผลการวิจัย	37
5.2 ข้อเสนอแนะในการสร้างอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น	37
เอกสารอ้างอิง	41

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงการดำเนินงานวิจัย	3
3.1 ผลที่ได้จากการหักเหของลำแสง	24
4.1 ผลการทดลองแสดงภาพลักษณะอนุภาคที่ถูกจับ ณ เวลาต่างๆ	35

สารบัญรูป

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 แรงที่เกิดจากการหักเหของแสงผ่านอนุภาคเมียร์	5
ภาพที่ 2.2 อุปกรณ์ทดลองคีมจับเชิงแสงแบบออปติกส์ในอากาศ	7
ภาพที่ 2.3 การบังคับตำแหน่งของคีมจับเชิงแสงโดยการเปลี่ยนทิศทางของแสง	8
ภาพที่ 2.4 คีมจับเชิงแสงแบบใช้ใยแก้วนำแสง	10
ภาพที่ 2.5 การประยุกต์ใช้คีมจับเชิงแสงในเซลล์สิ่งมีชีวิต	11
ภาพที่ 2.6 การศึกษาการเคลื่อนที่ไปตามท่อไมโครทูบูลของไคเนซิน	13
ภาพที่ 2.7 การศึกษาอาร์เอ็นเอโพลิเมอเรส	14
ภาพที่ 2.8 การศึกษาแรงที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาคคอลลอยด์	14
ภาพที่ 2.9 การจัดเรียงอนุภาคคอลลอยด์เป็นรูปทรงสามมิติ 5 เหลี่ยมถึง 8 เหลี่ยม	15
ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างการสร้างโครงสร้างระดับไมโครและนาโน	16
ภาพที่ 2.11 แผนผังเครื่องคัดแยกอนุภาคระดับไมโคร-นาโนเมตรของมหาวิทยาลัยเซนต์แอนดรู	17
ภาพที่ 2.12 แผนผังเครื่องคัดแยกอนุภาคจากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย	18
ภาพที่ 2.13 การศึกษาเซลล์มะเร็ง	19
ภาพที่ 2.14 แผนผังแสดงเครื่องตรวจจับเชื้อไวรัสและอนุภาคระดับนาโนเมตร	20
ภาพที่ 3.1 แสดงแผนภาพการจัดอุปกรณ์คีมจับเชิงแสง	22
ภาพที่ 3.2 แสดงการทำงานของ Beam Expander	22
ภาพที่ 3.3 การหาตำแหน่งของจุดโฟกัสที่ใช้จับอนุภาค	23
ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะของเม็ดโพลีสไตรลีนที่ส่องด้วย Inverted Microscope เลนส์ขนาด 10X	26
ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะของเม็ดโพลีสไตรลีนที่ส่องด้วย Inverted Microscope เลนส์ขนาด 20X	27
ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะของเม็ดโพลีสไตรลีนที่ส่องด้วย Inverted Microscope เลนส์ขนาด 40X	28
ภาพที่ 4.4 แสดงลักษณะของเม็ดโพลีสไตรลีนที่ส่องด้วย Inverted Microscope เลนส์ขนาด 100X	29
ภาพที่ 4.5 แสดงลักษณะการจัดอุปกรณ์ Beam Expander	30
ภาพที่ 4.6 ขนาดของแสงเลเซอร์ก่อน (ก) และหลัง (ข) จากผ่านเข้าอุปกรณ์ Beam Expander	31
ภาพที่ 4.7 แสดงอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงที่จัดทำขึ้น	32
ภาพที่ 4.8 ลักษณะการวางตำแหน่งและการจัดมุมของอุปกรณ์ต่างๆ	33
ภาพที่ 5.1 การออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบคีมจับเชิงแสงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น	38
ภาพที่ 5.2 แสดงไดอะแกรมของวงจรตรวจจับตำแหน่งของแสงเลเซอร์	39