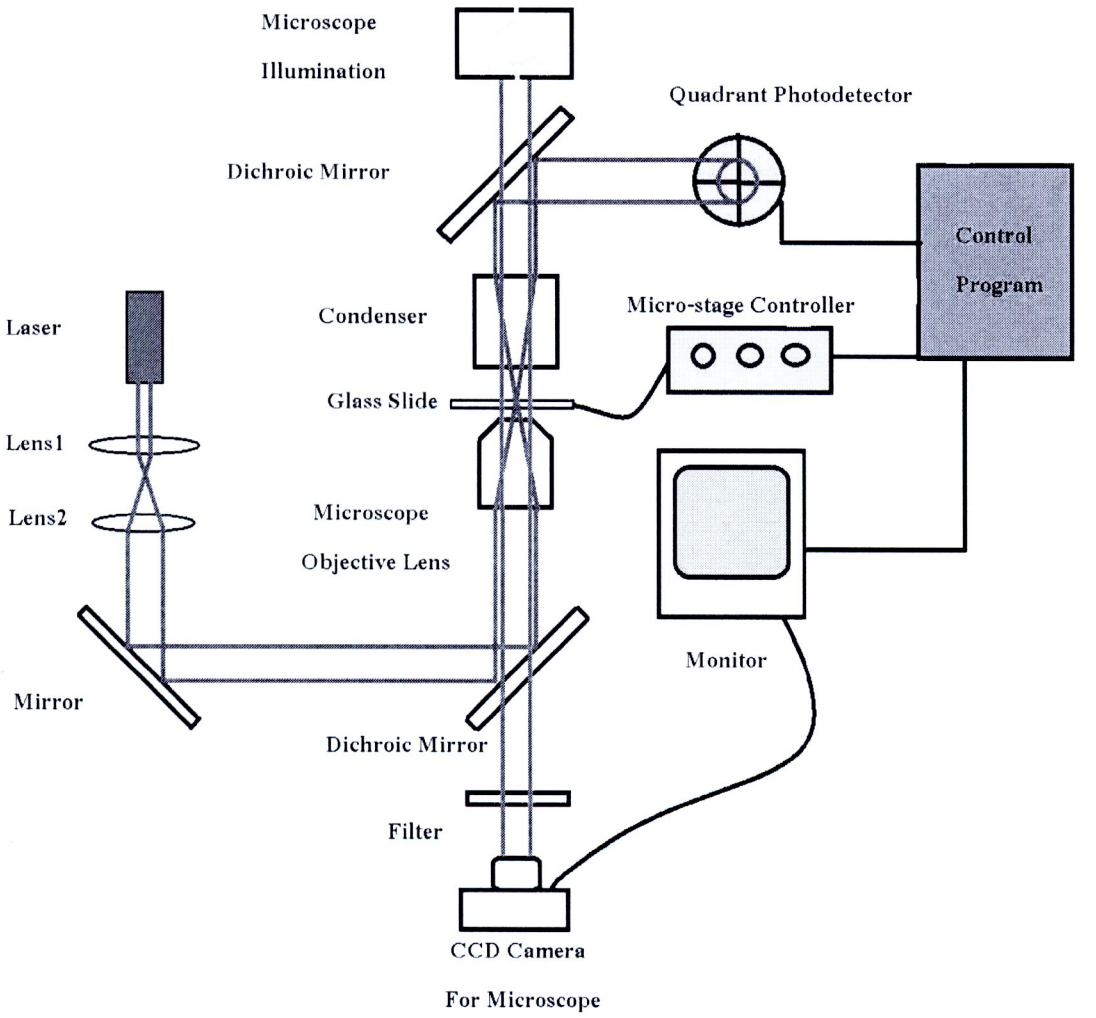
บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองและผลการทดลองในการสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงอย่างง่ายเพื่อทำการจับอนุภาคขนาดเล็กในระดับไมครอนนี้พบว่าเนื่องจากเป็นการศึกษาและทดลองสร้างอุปกรณ์จากอุปกรณ์อย่างง่ายและประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ทางแสงต่างๆที่มีและผู้ทดลองสามารถหาได้นั้นพบว่าเกิดปัญหามากมายในการสร้างและการจัดอุปกรณ์ทั้งปัญหาที่เกิดจากการวัดการเฝ้าดูและการตรวจจับตำแหน่งหรือการปรับเพื่อประยุกต์ใช้งานต่างๆซึ่งเป็นผลให้ต้องมีการปรับปรุงอุปกรณ์และวิธีการอย่างมากแต่ผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าทั้งวิธีการออกแบบระบบที่ได้ทาการออกแบบไว้และวิธีการจัดอุปกรณ์รวมไปถึงอุปกรณ์อย่างง่ายที่ผู้ทดลองนามาประยุกต์ใช้ในการสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงนี้รวมถึงวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นประสบความสำเร็จในการจับอนุภาคและถือว่าเป็นการเริ่มต้นที่ดีในการสร้างอุปกรณ์คีมจับเชิงแสงที่มีประสิทธิภาพในระดับสูงต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะในการสร้างอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

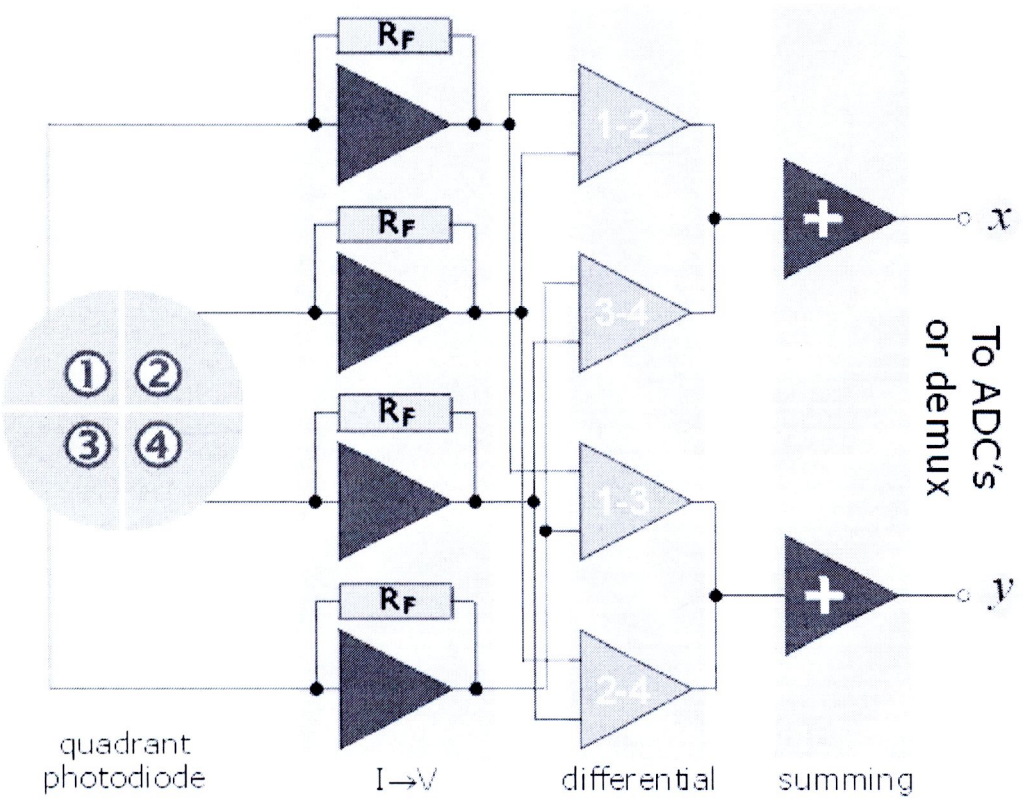
เนื่องจากการทดลองที่ผ่านมานี้อยู่ในขั้นเริ่มต้นของการศึกษาทดลองโดยเริ่มจากทฤษฎีและนำไปสู่การสร้างอุปกรณ์จริงในระยะเริ่มแรกนั้นก็คือพิสูจน์ให้เห็นได้แล้วว่าจากทฤษฎีที่ได้ศึกษามานั้นสามารถให้วิธีการต่างๆในการจับอนุภาคได้ด้วยแสงนั้นคือเป้าหมายหลักของโครงงานนี้และเนื่องจากประสบความสำเร็จในการเริ่มต้นจากการจับอนุภาคได้แล้วนั้นจึงนำไปสู่การวางแผนในการสร้างอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการวัดผลและตรวจสอบรวมทั้งนำไปสู่การประยุกต์ใช้งานได้จริงทั้งในระบบอุตสาหกรรมและการประยุกต์ใช้งานเพื่อแก้ปัญหาในด้านต่างๆหรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าใหม่การที่อุปกรณ์จะไปสู่จุดนั้นได้นั้นจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์ให้มีความเที่ยงตรงและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยการเพิ่มระบบต่างๆเข้าไปซึ่งผู้ทดลองจะอ้างอิงข้อเสนอแนะจากโครงงานนี้เท่านั้นและจะคำนึงถึงอุปกรณ์ที่ควรจะมีมากที่สุดเป็นลำดับไปเพื่อการสร้างอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทั้งในด้านการศึกษาทดลองและยังช่วยการลดต้นทุนในการสร้างอุปกรณ์การออกแบบระบบคีมจับเชิงแสงโดยอ้างอิงจากการออกแบบคีมจับเชิงแสงอย่างง่ายของโครงงานนี้เป็นไปตามรูปที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 การออกแบบเพื่อปรับปรุงระบบคีมจับเชิงแสงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากรูปที่ 5.1 แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยเริ่มจากอุปกรณ์ปกติที่ใช้ในการเฝ้าดูนั้นก็คือกล้อง CCD Camera ที่เหมาะสมกับกล้องจุลทรรศน์ Olympus CK30/CK40 ที่ผู้ทดลองนามาใช้เนื่องจากอุปกรณ์ที่ผู้ทดลองนำมาใช้ในการเฝ้าดูในโครงงานนี้เป็นกล้องWeb Cam ธรรมดามากซึ่งให้ภาพและความละเอียดในการเฝ้ามองค่อนข้างต่ำและอีกอย่างหนึ่งก็คือผู้ทดลองใช้การมองของกล้อง Web Cam ผ่านระบบ Eye Pieces ของกล้องจุลทรรศน์เท่านั้นทำให้การปรับโฟกัสและระยะของภาพรวมไปถึงการปรับระดับของภาพมีข้อจำกัดเป็นอย่างมากซึ่งหากปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้เฝ้าดูจากกล้องWeb Cam ปกติเป็นกล้อง CCD ที่เฉพาะเจาะจงกับระบบของกล้องจุลทรรศน์ที่ผู้ทดลองได้นำมาศึกษานี้จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเฝ้าดูมากยิ่งขึ้นแน่นอนซึ่งจะเห็นได้ว่าหากต้องการที่จะทำให้อุปกรณ์มีประสิทธิมากยิ่งขึ้นนั้นระบบในการเฝ้าดูนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นเป็นลำดับต้นๆของการสร้างอุปกรณ์เลยที่เดียวเนื่องจากหากเราไม่สามารถที่จะเห็นการเปลี่ยนแปลงหรือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการการจับอนุภาคได้นั้นแน่นอนว่าการแก้ไขปัญหาในส่วนอื่นย่อมจะยากขึ้นอย่างแน่นอน

ต่อมาส่วนที่เพิ่มขึ้นจากการเฝ้าดูนั้นก็คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดตำแหน่งของเลเซอร์ว่าอยู่ในตำแหน่งตรงกลางหรือไม่นั้นก็คืออุปกรณ์Photo Detector ซึ่งจะทำหน้าที่ในการตรวจวัดตำแหน่งของลำแสงเลเซอร์ที่โฟกัสว่าอยู่ที่ตำแหน่งใดซึ่งจากการออกแบบจากรูปที่ 5.1 นั้นผู้ทดลองได้ออกแบบให้ระบบตรวจวัดตำแหน่งนี้สามารถช่วยให้ผู้ทดลองรู้ว่าตำแหน่งโฟกัสของอุปกรณ์นั้นอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องหรือไม่เพื่อทำการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงหากไม่อยู่ในระยะที่ถูกต้องเพราะหากว่าแสงเลเซอร์ไม่อยู่ในระยะที่ถูกต้องก็จะมีผลต่อการดักจับและประสิทธิภาพในการจับอนุภาคเช่นเดียวกันซึ่งจากรูปที่ 5.2 จะแสดงลักษณะวงจรตัวอย่างของอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งโดยทั่วไปซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างให้อุปกรณ์คีมจับเชิงแสงนี้มีประสิทธิภาพในการจับอนุภาคมากขึ้นไปด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 5.2 แสดงไดอะแกรมของวงจรตรวจจับตำแหน่งของแสงเลเซอร์

ต่อมาจากรูปที่ 5.1 ส่วนที่ควรเพิ่มเติมที่ออกแบบไว้ก็คือตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของ stage แล้วเมื่อเราสามารถทำการจับอนุภาคได้แล้วนั้นอนุภาคที่จับได้ก็จะอยู่ในจุดโฟกัสของแสงเลเซอร์ซึ่งอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นควรที่จะสามารถเคลื่อนที่เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคที่ทำการจับอยู่โดยแทนที่เราจะเคลื่อนย้ายเลเซอร์ไปตามตำแหน่งต่างๆก็เปลี่ยนเป็นเราเคลื่อนย้าย Stage แทนซึ่งในการเคลื่อนย้ายนี้จะต้องเคลื่อนย้ายความละเอียดอยู่ในระดับไมครอนเนื่องจากอนุภาคที่เราทำการจับอยู่ในสเกลนี้ดังนั้นแน่นอนว่าเราจะใช้มือในการเคลื่อนย้ายไม่ได้อย่างแน่นอนเพราะจะทำให้เกิดความผิดพลาดเราจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในระดับไมครอนรวมไปถึง

โปรแกรมที่ควรออกแบบไว้ในการจัดการกับการเคลื่อนย้ายไปตำแหน่งต่างๆซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเพิ่มศักยภาพของอุปกรณ์นี้ให้มากขึ้น

จากการออกแบบและปรับปรุงอุปกรณ์ตามที่ผู้ทำการทดลองได้ให้ข้อเสนอแนะนี้ไว้ หากสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้ทำการทดลองได้เสนอแนะไว้แล้วจะทำให้อุปกรณ์คีมจับเชิงแสงนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงในด้านต่างๆโดยจุดประสงค์หลักของอุปกรณ์นี้คือประยุกต์ในด้านชีววิทยาขนาดเล็กและแน่นอนว่าอุปกรณ์นี้สามารถช่วยในการแก้ไขปัญหาพร้อมทั้งสามารถสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ๆได้อีกมากมาย