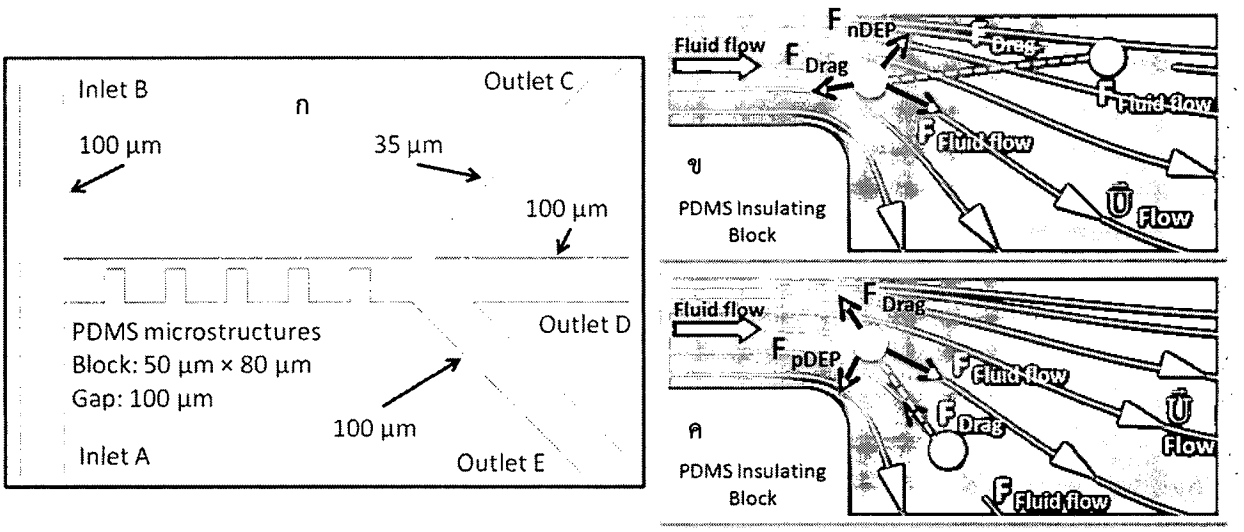
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

3.1 โครงสร้างและขนาดของอุปกรณ์ Modified H-filter สำหรับแยกอนุภาคหลายขนาด

ภาพที่ 3.1ก แสดงถึงโครงสร้างและขนาดของอุปกรณ์ Modified H-filter ที่ใช้ในการแยกอนุภาคหลายขนาด ในโปรแกรม COMSOL Multiphysics บริเวณ main channel (กว้าง 100 μm) จะมีบล็อคอยู่ทั้งหมด 5 อัน โดยให้ขนาดกว้างของ บล็อค คือ 50 μm และความสูงคือ 80 μm และ ระยะห่างระหว่างบล็อค คือ 100 μm อุปกรณ์มีทางเข้าสองทาง และทางออกสามทาง ทางเข้า A ไว้ให้อนุภาคเคลื่อนที่เข้าสู่อุปกรณ์ และทางเข้า B ใช้เป็นทางเข้าของน้ำอีกทางเพื่อบังคับให้อนุภาคจากทางเข้า A ไหลไปทางออก และอยู่ไม่เกินแนวกลางเมื่อผ่านบริเวณ บล็อค เพื่อรับแรง dielectrophoresis ได้มากที่สุด ในการออกแบบขนาดทางออกไม่เท่ากันเพื่อช่วยให้การแยกอนุภาคที่มีขนาดไม่เท่ากันแยกได้ง่ายขึ้น โดย อนุภาคที่ใหญ่ที่สุดจะเคลื่อนที่ออกทางออก C ขนาดกลางจะเคลื่อนที่ออกทางออก D และขนาดเล็กสุดจะเคลื่อนที่ออกทางออก E

ภาพที่ 3.1ข แสดงแผนภาพแรงที่กระทำบนอนุภาคซึ่งได้รับแรงดึง (drag force)และแรง nDEP ส่งผลให้อนุภาคเคลื่อนที่ไกลออกจากบล็อค อย่างไรก็ตามเมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ตามของเหลวและได้รับแรง pDEP อนุภาคจะเคลื่อนที่เข้าใกล้บล็อค



ภาพที่ 3.1 ก) โครงสร้างและขนาดของอุปกรณ์ Modified H-filter ที่ใช้ในการแยกอนุภาคหลายขนาด ข) แผนภาพแรง nDEP และ ค) แผนภาพแรง pDEP

3.2 กำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary conditions)

สำหรับสมการ Stokes' equation เงื่อนไขขอบเขตประกอบไปด้วย 1) ความเร็วเป็นศูนย์ที่พนักช่องแคบ (Non-slip velocities) 2) ความเร็วเฉลี่ย 100 μm/s ที่ทางเข้า A และ B และ 3) ความดันบรรยากาศที่ทางออก C และ D

สำหรับสมการ Laplace's equation เงื่อนไขขอบเขตประกอบไปด้วย 1) สนามไฟฟ้าที่ตั้งฉากกับพนังช่องแคลเป็นศูนย์ และ 2) กำหนดให้มีความต่างศักย์ทางไฟฟ้าแบบสลับ (635 Volt) ที่ทางเข้า A และ B แต่กำหนดให้ทางออก C และ D ไม่มีความต่างศักย์ (0 Volt)

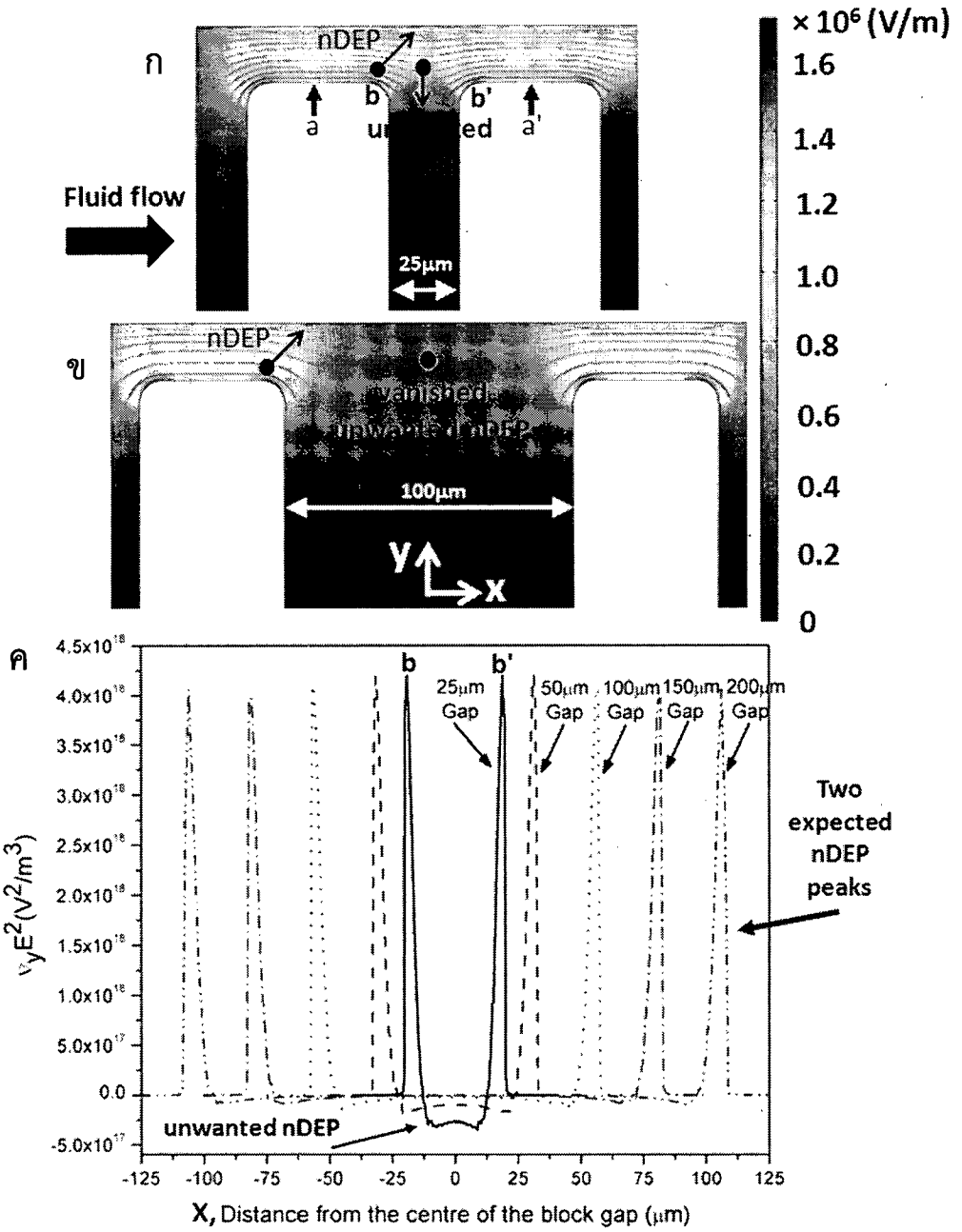
3.3 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้า และ fluid streamlines บริเวณบล็อค

จากภาพที่ 3.2 สนามไฟฟ้าเข้มข้นบริเวณช่องแคบ และมีค่ามากสุดที่หัวมุมของบล็อค ผลของการศึกษาพบว่าการวางบล็อคให้ห่างในระดับที่สมควรจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าที่มากกาว่าระหว่าง บล็อค เช่น ภาพ 3.2ก มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ภาพ 3.2ข ผลเสียคือเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยคือแรง dielectrophoresis มีค่าน้อยลงด้วย ดังนั้นการศึกษาระยะห่างที่เหมาะที่สุดจึงเป็นสิ่งที่จะเป็น

ในส่วนการศึกษา fluid streamlines เส้นทางการเดินทางของอนุภาคจะเคลื่อนที่ตามเส้น fluid streamline โดยจะเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา ดังในรูปทั้งสอง และความเร็วของอนุภาคในบริเวณที่แคบจะมีค่ามากกว่าบริเวณอื่นๆ

3.4 ผลกระทบของระยะห่างระหว่างบล็อคต่อขนาดแรง DEP

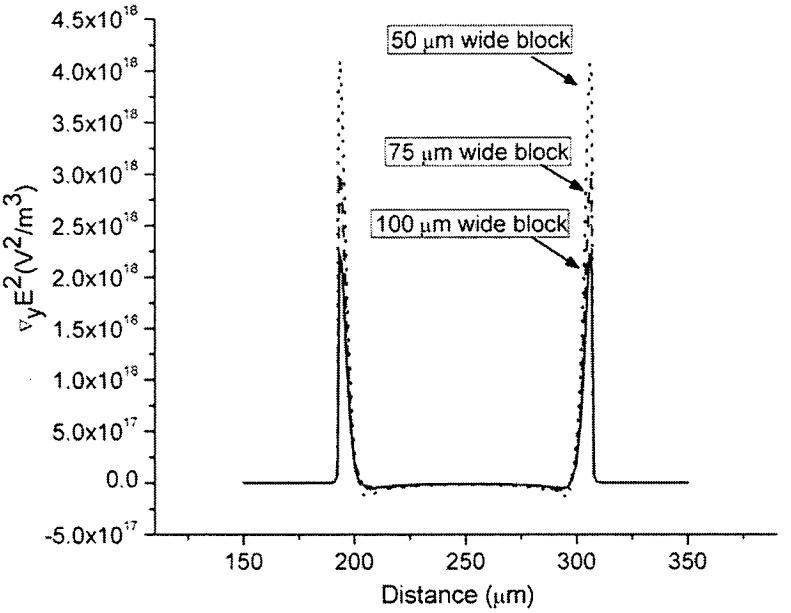
จากภาพที่ 3.2ค พบว่า เมื่อบล็อคอยู่ใกล้กันมากๆ อุปกรณ์จะสร้างแรง dielectrophoresis ที่อยู่ในที่เป็นผลเสียต่อการแยกสาร (Unwanted nDEP) ซึ่งมีทิศทางลงเป็นการพาอนุภาคเข้ามาหาบล็อค แต่สิ่งที่ต้องการคือ nDEP จะพลักให้อนุภาคออกไกลจากบล็อคมากที่สุด และเมื่อมีการเพิ่มระยะจะสามารถทำให้แรง Unwanted nDEP หายไป เช่นที่ 100 μm ทำให้ได้รู้ว่าควรเพิ่มระยะระหว่าง บล็อค เป็นขนาดเท่ากับ main channel ซึ่งเป็น design guideline ที่สำคัญในการออกแบบอุปกรณ์ dielectrophoresis ที่ใช้บล็อค



ภาพที่ 3.2 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้า และ fluid streamlines บริเวณบล็อค ก) ระยะห่างระหว่างบล็อค คือ 25 μm ข) ระยะห่างระหว่างบล็อค คือ 100 μm และ ค) ขนาดแรง dielectrophoresis เมื่อมีการเปลี่ยนค่าระยะห่างระหว่างบล็อค

3.5 ผลกระทบของความกว้างบล็อคต่อขนาดแรง DEP

จากภาพที่ 3.3 พบว่า บล็อคที่มีความกว้างน้อยสามารถสร้างแรง DEP ได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามการสร้างบล็อค ให้เล็กมากก็เป็นเรื่องยากด้วยความสามารถในการสร้างอุปกรณ์จริง



ภาพที่ 3.3 ขนาดแรง DEP เมื่อมีการเปลี่ยนค่าความกว้างของบล็อค