การสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษโดยการพิมพ์โพลิเมอร์ SU-8

Fabrication of paper-based lab-on-a-chip by printing SU-8 polymer

เกริกฐากูร พันธ์พัฒนกุล, อลงกรณ์ พิมพ์พิณ และ วีระยุทธ ศรีธุระวานิช *

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
*ผู้ติดต่อ: E-mail: werayut.s@chula.ac.th, โทรศัพท์: 0-2218-6586, โทรสาร: 0-2252-2889

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน แล็บบนชิป (lab on chip) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่รวบรวมการทำงานของห้องปฏิบัติการไว้ในชิปขนาดเล็กที่สามารถพกพาไปใช้ตรวจสอบสารเคมีหรือวินิจฉัยโรคภายนอกห้องปฏิบัติการกำลังเป็นที่สนใจ โดยทั่วไปแล็บบนชิปประกอบด้วยท่อระดับไมโครเมตร (micro-channel) และ หลุม (well) จำนวนหนึ่งที่บรรจุสารที่ใช้ในการตรวจวัดสารเคมี หรือ สารโมเลกุลชีวภาพ เช่น โปรตีน และ DNA โดยให้สารตัวอย่างไหลผ่านในท่อไปผสมกับสารที่ใช้ตรวจวัดตามที่ออกแบบไว้แล้วอ่านผลก็จะสามารถระบุประเภทของสารเคมี หรือ ชนิดของโรคได้ โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้ทำแล็บบนชิปส่วนใหญ่จะนิยมใช้ แก้ว หรือ พลาสติก ภายหลังได้มีการสร้าง แล็บบนชิปบนกระดาษกรอง (filter paper) เพื่อลดต้นทุนซึ่งทำให้การใช้งานเป็นที่แพร่หลายมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา ในการสร้างท่อระดับไมโครเมตรและหลุมในขั้นตอนการผลิตแล็บบนชิปประเภทกระดาษนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น การฉายแสง(photolithography)โดยใช้โพลิเมอร์ ประเภท SU-8 [1], การพิมพ์ wax ด้วยเครื่องพิมพ์เลเซอร์ [2], การใช้เครื่องพลอตเตอร์สร้างลวดลายของโพลิเมอร์ประเภท polydimethylsiloxane (PDMS) [3] และการใช้เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท (inkjet printer) พิมพ์ลวดลายของ alkenyl ketene dimer เพื่อให้เกิดบริเวณที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) [4] เป็นต้น ในงานวิจัยนี้เราได้ศึกษาการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษโดยใช้เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทในการพิมพ์โพลิเมอร์ประเภท SU-8 เพื่อสร้างระบบท่อและหลุม ซึ่งมีข้อดีคือ ครุภัณฑ์มีราคาถูกและมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษด้วยวิธีดังกล่าวและทดสอบการใช้งานของแล็บบนชิปที่พัฒนาขึ้น

ในกระบวนการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษนั้นใช้เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท (Epson, T13) ซึ่งใช้เทคนิค piezoelectric เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย ในการพิมพ์ลวดลายของแล็บบนชิปลงบนกระดาษกรอง (Whatman, Grade 1) โดยวัสดุที่ใช้แทนหมึกคือ SU-8 (Microchem, SU-8 2010) เป็นโพลิเมอร์ที่สามารถแข็งตัวเมื่อถูกแสงUV โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษ 3 ตัวคือ ความเข้มข้นของ SU-8 ในตัวทำละลาย cyclopentanone ความกว้างของผนังท่อและจำนวนครั้งที่พิมพ์ซ้ำเพื่อสร้างระบบท่อและหลุมซึ่งสามารถกั้นของเหลว (น้ำ) โดยที่ไม่เกิดการรั่วซึม จากผลการศึกษาได้เงื่อนไขที่เหมาะสมในการสร้างดังนี้คือ ความเข้มข้นของ SU-8 ในตัวทำละลายที่ 1 ต่อ 10 ความกว้างของผนังท่ออย่างน้อย 3 มิลลิเมตร และจำนวนครั้งที่พิมพ์ซ้ำตั้งแต่ 3 ครั้งก็จะได้ระบบท่อและหลุมที่กันน้ำซึมออกด้านข้างได้ 100% ทั้งนี้วิธีการที่ทางคณะวิจัยนำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตแล็บบนชิปประเภทกระดาษในเชิงพาณิชย์เพื่อผลิตแล็บบนชิปราคาถูกและสามารถเข้าถึงได้ง่ายยิ่งขึ้น

คำหลัก: แล็บบนชิป, ท่อระดับไมโครเมตร, เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท, SU-8

Abstract

Nowadays, lab-on-a-chip which integrates the functions of laboratory into a compact chip is attracting a lot of interest from scientific community, since it can perform chemical detection or disease diagnostics at the point of care. Generally, it consists of several micro-channels and wells that contain detection chemicals or biological molecules (i.e. protein and DNA). When the sample flows into micro-channels, the target substance mixes with the detection substances causing some physical changes, for instance, color change. Therefore, type of the target substance (i.e. chemical or disease) can be identified. Generally, the lab-on-a-chip is often fabricated on glass or plastic templates. Recently, filter paper has been employed as the template to reduce cost resulting in a more widespread usage of the lab-on-a-chip especially in developing countries. Previously, several methods have been proposed to fabricate the micro-channels and wells in the production of the paper-based lab-on-a-chip such as photolithography using SU-8 polymer [1], wax printing in a laser printer [2], polydimethylsiloxane (PDMS) printing in a modified plotter [3], hydrophobization agent of Alkenyl ketene dimer printing in an inkjet printer [4] etc. In this work, we studied a fabrication of paper-based lab-on-a-chip fabrication using an inkjet printer to print SU-8 polymer. The advantages of the proposed method are inexpensive equipment and its simple procedures. This study aims to determine the suitable parameters in the fabrication process and test the developed prototypes.

In the fabrication process, a piezoelectric inkjet printer (Epson, T13) was used to print the pattern of micro-channels and wells on a filter paper (Whatman, Grade 1) using SU-8 (Microchem, SU-8 2010) as ink. SU-8 is a polymer that can be hardened when exposed to UV light. In this research, three key conditions in the fabrication process: the concentration of SU-8 in cyclopentanone solvent, the width of the micro-channel wall and the printing time, are determined in order to fabricate micro-channels and wells that can prevent the water leakage. According to the experimental results, the three suitable conditions are as follows; the concentration of SU-8 in solvent: 1 to 10, the width of the micro-channel wall: at least 3 mm and the printing time: 3 times and more. The micro-channels and wells fabricated with these conditions were found to transport the water without leakage. This proposed scheme provides an alternative to low cost and simple manufacturing of the paper-based lab-on-a-chip.

Keywords: lab-on-a-chip, micro-channel, inkjet printer, SU-8

1. บทนำ

ในปัจจุบันการตรวจสอบสารเคมีทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาสารสังเคราะห์หรือสิ่งแปลกปลอม ตลอดจนการวินิจฉัยโรคจากของเหลวต่างๆในร่างกาย เช่น เลือดและน้ำเหลืองนั้น ส่วนใหญ่จะกระทำในห้องปฏิบัติการซึ่งมีขั้นตอนที่ซับซ้อน ต้องอาศัยอุปกรณ์เครื่องมือราคาแพง การตรวจวิเคราะห์ใช้ระยะเวลานาน ปัจจุบันมีการศึกษาและพัฒนาแล็บบนชิป (lab on chip) ขึ้นเป็นทางเลือกใหม่โดยย่อขนาดของกระบวนการในห้องปฏิบัติการมาไว้ในชิปขนาดเล็กสะดวกในการพกพา ใช้งานง่ายและให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็ว แล็บบนชิปประกอบไปด้วยท่อขนาดเล็กระดับไมโครเมตร (micro-channel) และหลุม (well) เพื่อบรรจุสารเคมีที่ใช้ในการตรวจวัดสารเคมี หรือ สารโมเลกุลชีวภาพ เช่น โปรตีน DNA โดยใช้ท่อเป็นตัวกำหนดทิศทางการไหลตามที่ออกแบบไว้ แล้วอ่านผลด้วยตาเปล่าก็สามารถระบุประเภทของสารเคมีความเข้มข้นหรือชนิดของโรคได้ วัสดุที่ใช้สร้างแล็บบนชิปนิยมใช้ แก้ว หรือ พลาสติก ซึ่งมีการพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง ภายหลังได้มีการประยุกต์สร้างบนกระดาษกรอง (filter paper) เพื่อลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการผลิตอันจะทำให้การใช้งานของแล็บบนชิปเป็นที่แพร่หลายและสามารถเข้าถึงได้มากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนา

ที่ผ่านมาได้มีการเสนอวิธีการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษนี้ด้วยกันหลายวิธีโดยแต่ละวิธีมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างท่อ และ หลุด ที่สามารถกั้นของเหลวไม่ให้รั่วซึมหรือทะลุผ่านกระดาษกรองตามที่ออกแบบไว้ยกตัวอย่างเช่น วิธีการการฉายแสง (photolithography) โดยใช้โพลิเมอร์ประเภท SU-8 [1] ซึ่งเมื่อโดนแสงจะแข็งตัวและติดแน่นบนการดาษกรองสามารถสร้างลวดลายท่อและหลุมตามที่ออกแบบจากแม่แบบ (mask) วิธีการนี้ยังมีความจำเป็นที่ต้องใช้อุปกรณ์ในกระบวนการฉายแสงซึ่งมีราคาแพง นอกจากนั้นยังต้องใช้โพลิเมอร์จำนวนมากเนื่องจากต้องจุ่มแผ่นกระดาษกรองลงไปให้ทั่ว วิธีการที่ 2 ใช้เครื่องพลอตเตอร์โดยทำการดัดแปลงหัวพิมพ์หมึกด้วยภาชนะสำหรับใส่โพลิเมอร์ประเภท polydimethylsioxane (PDMS) [2] เพื่อใช้สร้างลวดลายที่ต้องการ วิธีการนี้มีขั้นตอนที่ซับซ้อนน้อยกว่าวิธีแรก และยังสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบของลวดลายได้ง่ายโดยการเปลี่ยนรูปลวดลายที่ต้องการพลอตในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องความเร็วในการผลิต การเปลี่ยนแปลงหัวพิมพ์เพื่อให้สามารถใช้โพลิเมอร์เหลวได้ และราคาเครื่องพลอตเตอร์ที่มีราคาแพง วิธีการที่ 3 ประยุกต์ใช้การพิมพ์ wax ด้วยเครื่องพิมพ์เลเซอร์ชนิดที่ใช้ wax [3] ในการสร้างลวดลายของท่อและหลุมบนกระดาษกรอง หลังจากนั้นจะนำชิ้นงานที่ได้ไปวางบนเตาความร้อนเพื่อให้หมึก wax ละลายเป็นของเหลวซึมผ่านกระดาษกรองเกิดเป็นลวดลายตามที่ออกแบบไว้ วิธีการนี้มีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน และสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบลวดลายได้ง่ายโดยการเปลี่ยนแบบที่ต้องการพิมพ์ในคอมพิวเตอร์ แต่หมึกพิมพ์ wax และเครื่องพิมพ์เลเซอร์นั้นมีราคาแพง นอกจากนั้นการใช้ความร้อนในการทำให้ wax ละลายยังทำให้ resolution ของการพิมพ์ลดลง(ขนาดความกว้างของผนังท่อกว้างขึ้น) วิธีการสุดท้ายประยุกต์ใช้เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท (inkjet printer) ในการพิมพ์ alkenyl ketene dimer [4] เพื่อให้เกิดบริเวณที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) เป็นลวดลายตามแบบที่ต้องการ วิธีการนี้มีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน รวดเร็ว และราคาถูก นอกจากนี้วิธีการนี้ยังสามารถพิมพ์สารอื่นๆที่จำเป็นในการสร้างแล็บบนชิป เช่น สารที่ใช้ในการวิเคราะห์ ลงในบริเวณที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ ซึ่งทำให้สามารถสร้างแล็บบนชิปได้สำเร็จภายในอุปกรณ์เดียว [5]

ในงานวิจัยนี้ทางคณะวิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษโดยประยุกต์ใช้เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทในการพิมพ์โพลิเมอร์ประเภท SU-8 ลงบนกระดาษกรองเพื่อสร้างระบบท่อและหลุม โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการสร้างและทดสอบการใช้งานของแล็บบนชิปที่พัฒนาขึ้น

2. การทดลอง

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

ในกระบวนการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษนี้มีอุปกรณ์และวัสดุดังต่อไปนี้ เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท Epson รุ่น T13 จากบริษัท Epson Thailand เทคนิคหัวพิมพ์แบบ piezoelectric ซึ่งเกิดความร้อนน้อยกว่าหัวพิมพ์แบบ themal heat เพื่อป้องกันอุณหภูมิจากหัวพิมพ์ทำปฏิกริยากับสารเคมี ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตันในหัวพิมพ์ อุปกรณ์ดังกล่าวมีขนาดเล็กราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย กระดาษกรอง Whatman Grade 1 ซึ่งมีรูพรุนขนาด 11 ไมโครเมตร ความหนา 180 ไมโครเมตร โพลิเมอร์ประเภท SU-8 2010 จากบริษัท Microchem ซึ่งโพลิเมอร์นี้สามารถแข็งตัวเมื่อถูกแสง UV และความร้อนและสารทำละลาย cyclopentanone เพื่อใช้ปรับความเข้มข้นของโพลิเมอร์ SU-8 ในการทดลอง

2.2 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองจะทำการศึกษาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษดังนี้คือ ความเข้มข้นของ SU-8 ในตัวทำละลาย cyclopentanone ความกว้างของผนังท่อและจำนวนครั้งที่พิมพ์ซ้ำ เพื่อสร้างระบบท่อและหลุมซึ่งสามารถกั้นของเหลว (น้ำ) โดยที่ไม่เกิดการรั่วซึม โดยมีเงื่อนไขต่างๆดังต่อไปนี้ ความเข้มข้นของ SU-8 ในสารทำละลาย cyclopentanone ที่ทำการทดสอบคือ 1:10, 2:10 และ 3:10 (ml/ml) ความกว้างของผนังท่อตั้งแต่ 0.5 - 5.0 มิลลิเมตรโดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 มิลลิเมตร และจำนวนครั้งในการพิมพ์ซ้ำที่ 1, 2, 3, 5 และ10 ครั้ง โดยได้ออกแบบชิ้นงานดังในรูปที่ 1 เมื่อสร้างชิ้นงานแล้วจะนำไปอบบนเตาความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศา เป็นเวลา 5 นาทีเพื่อให้ SU-8 แข็งตัว จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ไปทดสอบการรั่วซึมของน้ำโดยการจุ่มลงในน้ำกลั่น เพื่อหาเงื่อนไขที่มีความเหมาะสมในการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษที่ท่อและหลุมสามารถกั้นการรั่วซึมได้ดี

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

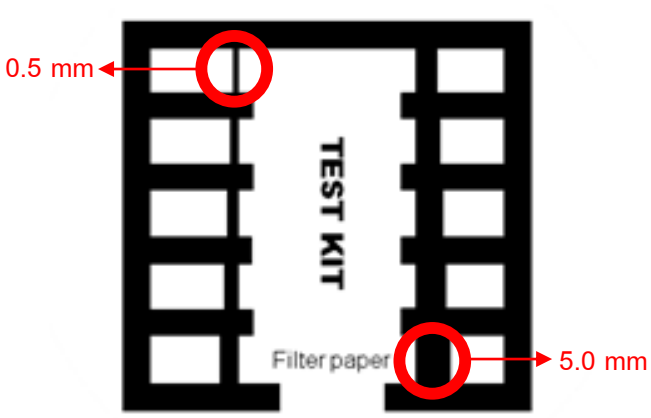
รูปที่ 2 แสดงให้เห็นชิ้นงานภายหลังการทดสอบการรั่วซึมของน้ำโดยจุ่มชิ้นงานลงในน้ำเพื่อให้น้ำผ่านเข้ามาจากทางเข้าด้านล่าง โดยมีเงื่อนไขในการสร้างชิ้นงานคือ ความเข้มข้นของ SU-8 1:10 และจำนวนครั้งในการพิมพ์ซ้ำ 3 ครั้ง จากรูปจะเห็นว่าขนาดความกว้างที่ 0.5 มิลลิเมตรไม่สามารถกั้นน้ำได้ ผลการทดสอบในเงื่อนไขทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 จากผลการทดสอบพบว่า ความเข้มข้น SU-8 3:10 ไม่สามารถสร้างท่อที่กันการรั่วซึมของน้ำได้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าความเข้มข้นที่มากเกินไปทำให้สารละลายนั้นไม่สามารถซึมทะลุผ่านกระดาษ ไปก่อตัวเป็นท่อหรือกำแพงกั้นน้ำได้ และเมื่อพิมพ์ซ้ำก็ไม่สามารถช่วยให้สารละลายซึมผ่านกระดาษได้อีกเช่นกัน เนื่องจากถูกขวางกั้นด้วยสารละลายจากการพิมพ์ครั้งก่อน จึงไม่สามารถซึมผ่านกระดาษทำให้เกิดเป็นผนังที่ไม่สมบูรณ์ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1.ความเข้มข้นของ SU- 8 ที่ความเข้มข้นมากเกินไปจะไม่สามารถสร้างผนังท่อได้สมบูรณ์ ในขณะที่ความเข้มข้นน้อยเกินไปก็จะมีเนื้อสารที่พิมพ์ได้ในแต่ละครั้งในปริมาณที่น้อยจึงจำเป็นต้องพิมพ์หลายครั้งให้เพียงพอต่อการสร้างท่อบนกระดาษ

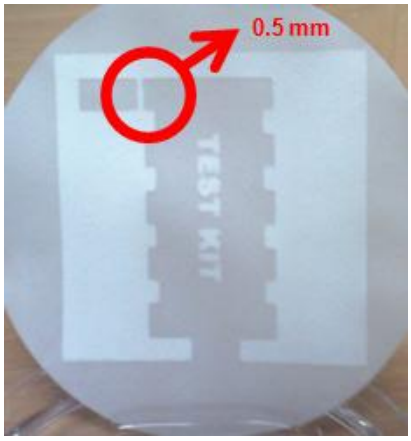
2.จำนวนครั้งในการพิมพ์ซ้ำนั้นหากทำการพิมพ์ซ้ำจะสามารถสร้างท่อได้สมบูรณ์ตามปริมาณของโพลิเมอร์ที่มากขึ้น แต่ถ้าพิมพ์ซ้ำมากเกินไปก็จะส่งผลให้ขนาดของท่อแคบลงเนื่องจากความหนาของผนังท่อที่ใหญ่ขึ้น หรือหากพิมพ์ซ้ำน้อยเกินไปก็อาจจะมีโพลิเมอร์ในปริมาณที่ไม่เพียงพอในการสร้างท่อกั้นน้ำที่สมบูรณ์

3.ความกว้างของผนังท่อ หากเพิ่มขนาดของความกว้างก็จะให้ท่อสามารถกั้นน้ำได้ดียิ่งขึ้นแต่ก็จะทำให้เปลืองสารและเสียเวลาในการพิมพ์มากขึ้น

จากผลการทดสอบข้างต้น เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างท่อที่สามารถกันการรั่วซึมของน้ำสามารถสรุปได้ดังนี้คือ ความเข้มข้นของ SU-8 ในสารทำละลาย cyclopentanone ที่ 1:10 จำนวนครั้งในการพิมพ์ซ้ำที่ 3 ครั้ง และ ความกว้างของท่อที่ 3 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ภาพจำลองของชิ้นงานที่ประกอบด้วยท่อที่มีผนังกว้างแตกต่างกันตั้งแต่ 0.5 ถึง 5.0 มิลลิเมตร โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการทดสอบการรั่วซึมของน้ำ



รูปที่ 2 ผลจากการทดสอบการรั่วซึมของน้ำโดยจุ่มชิ้นงานลงในน้ำเพื่อให้น้ำผ่านเข้ามาจากทางเข้าด้านล่าง โดยมีเงื่อนไขในการสร้างชิ้นงานคือ ความเข้มข้นของ SU-8 1:10 และ จำนวนครั้งในการพิมพ์ซ้ำ 3 ครั้ง จากรูปจะเห็นว่าขนาดความกว้างที่ 0.5 มิลลิเมตรไม่สามารถกั้นน้ำได้

TEST TABLE (Filter papers Whatman No.1)											
concentration SU-8 1:10	width / times	0.5 mm	1 mm	1.5 mm	2 mm	2.5 mm	3 mm	3.5 mm	4 mm	4.5 mm	5 mm
	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	2	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	3	X	X	X	Y	Y	O	O	O	O	O
	5	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	10	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O
concentration SU-8 2:10	width / times	0.5 mm	1 mm	1.5 mm	2 mm	2.5 mm	3 mm	3.5 mm	4 mm	4.5 mm	5 mm
	1	X	X	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y
	2	X	X	X	X	X	Y	Y	O	O	O
	3	X	X	X	X	X	Y	O	O	O	O
	5	X	X	X	X	X	Y	O	O	O	O
	10	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O
concentration SU-8 3:10	width / times	0.5 mm	1 mm	1.5 mm	2 mm	2.5 mm	3 mm	3.5 mm	4 mm	4.5 mm	5 mm
	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์จากการทดลองที่ได้บันทึกในรูปแบบของตัวแปร X, Y และ O ที่แสดงความหมายดังนี้ X แสดงผลลัพธ์ที่ไม่สามารถกั้นการรั่วซึมและทะลุผ่านของน้ำได้โดยทันที, Y แสดงผลลัพธ์ที่สามารถกั้นน้ำไม่ให้รั่วซึมหรือทะลุผ่านเพียงเวลาสั้นๆเท่านั้นและ O แสดงผลลัพธ์ที่สามารถการป้องกันการรั่วซึมและทะลุผ่านของน้ำแบบ 100 เปอร์เซนต์

ก.

ข.

รูปที่ 3 ต้นแบบแล็บบนชิปที่ใช้ทดสอบสารหลายชนิด (ก.) แบบของต้นแบบที่ประกอบด้วยท่อในการทดสอบจำนวน 7 ท่อ (ข.) ต้นแบบที่สร้างจากเงื่อนไขที่ได้จากผลการทดลองโดยทดสอบด้วยการจุ่มลงในน้ำผสมสี

จากเงื่อนไขที่ได้จากผลการทดลองทางคณะวิจัยได้ทำการสร้างต้นแบบแล็บบนชิปที่ประกอบด้วยท่อในการทดสอบจำนวน 7 ท่อดังแสดงในรูปที่ 3 เพื่อใช้ในการทดสอบสารหลายชนิดพร้อมกันซึ่งพบว่าต้นแบบดังกล่าวสามารถกันการรั่วซึมของได้เป็นอย่างดี

4. สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ทางคณะวิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการสร้างแล็บบนชิปประเภทกระดาษโดยประยุกต์ใช้เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทในการพิมพ์โพลิเมอร์ประเภท SU-8 ลงบนกระดาษกรองเพื่อสร้างระบบท่อและหลุม โดยได้ทำการศึกษาหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในกระบวนการสร้าง 3 ตัวคือ ความเข้มข้นของ SU-8 ในตัวทำละลาย cyclopentanone ความกว้างของผนังท่อและจำนวนครั้งที่พิมพ์ซ้ำ เพื่อสร้างระบบท่อและหลุมซึ่งสามารถกั้นของเหลว (น้ำ) โดยที่ไม่เกิดการรั่วซึม จากผลการทดลองได้เงื่อนไขที่เหมาะสมในการสร้างดังนี้คือ ความเข้มข้นของ SU-8 ในตัวทำละลายที่ 1 ต่อ 10 ความกว้างของผนังท่ออย่างน้อย 3 มิลลิเมตร และจำนวนครั้งที่พิมพ์ซ้ำตั้งแต่ 3 ครั้งก็จะได้ระบบท่อและหลุมที่กันน้ำซึมออกด้านข้างได้ 100% ทั้งนี้วิธีการที่ทางคณะวิจัยนำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตแล็บบนชิปประเภทกระดาษในเชิงพาณิชย์เพื่อผลิตแล็บบนชิปราคาถูกและสามารถเข้าถึงได้ง่ายยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนภายใต้แผนปฏิบัติการไทยเข้มแข็ง 2555 โครงการ Green Engineering for Green Society คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Martinez, A. W., Phillips, S. T., Butte, M. J., and Whitesides, G. M., “Patterned paper as a platform for inexpensive, low-volume, portable bioassays,” Angew. Chem., Int. Ed. 2007, 46, 1318– 1320.

[2] Lu, Y., Shi, W., Jiang, L., Qin, J., and Lin, B., “Rapid prototyping of paper-based microfluidics with wax for low-cost, portable bioassay,” Electrophoresis 2009, 30, 1497–1500.

[3] Bruzewicz, D. A., Reches, M., and Whitesides, G. M., “Paper-Based Microfluidic Devices by Plasma Treatment,” Anal. Chem. 2008, 80, 3387– 3392.

[4] Li, X., Tian, J., and Shen, W., “Progress in patterned paper sizing for fabrication of paper-based microfluidic sensors,” Cellulose 2010, 17, 649– 659.

[5] Abe, K., Suzuki, K., and Citterio, D., “Inkjet-Printed Microfluidic Multianalyte Chemical Sensing Paper,” Anal. Chem. 2008, 80, 6928–6934.