

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

อุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

5 วิศวกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

อุปกรณ์ดูดจ่ายของเหลวปริมาตรน้อยเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในชื่อ ปีเปตต์พาสเตอร์ (Pasteur pipette) หรือดรอปเปอร์ (dropper) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับโอนถ่ายของเหลวเป็นหยดๆ นิยมใช้โอนถ่ายตัวอย่างของเหลวหรือสารละลายต่างๆ ในงานวิทยาศาสตร์ การแพทย์ และการเกษตร ทั้งใน

10 ห้องปฏิบัติการ หรืองานตรวจภาคสนาม ตามแต่วัตถุประสงค์ ลักษณะทั่วไปของอุปกรณ์ ประกอบด้วยท่อหรือหลอดแคบที่ปลายเปิดด้านหนึ่งและมีปลายอีกด้านหนึ่งมีส่วนประกอบที่มีโครงสร้างพองออกเป็นกระเปาะผลิตจากวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง โครงสร้างกระเปาะนี้เมื่อถูกบีบ อากาศจะถูกดันออกที่ปลายเปิดของหลอด สร้างแรงสุญญากาศสามารถใช้ดูดของเหลวเข้าไปในหลอดได้เมื่อคลายแรงบีบ และเมื่อออกแรงบีบที่กระเปาะอีกครั้งขณะมีของเหลวในท่อ ของเหลวจะสามารถถูกปล่อยออกมาเป็นหยด

15 อุปกรณ์ดังกล่าวเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากใช้งานสะดวก สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ US11148131, ประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตรจีนเลขที่ CN218012812, ประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตรจีนเลขที่ CN101236187 อุปกรณ์ที่มีลักษณะดังกล่าว อาจถูกออกแบบให้มีลักษณะพิเศษสำหรับใช้ร่วมกับขวดหรือบรรจุภัณฑ์เก็บตัวอย่าง ยา หรือเครื่องสำอาง ที่เป็นของเหลว เพื่อใช้ในการดูดถ่ายของเหลวในขวดได้ สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ US12,037,166, ประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร

20 เลขที่ WO2019199425 หรืออาจออกแบบให้สามารถสวมพอดีกับบรรจุภัณฑ์ของเหลวที่มีความยืดหยุ่นสูงสามารถควบคุมการจ่ายหยดของเหลวขนาดเล็กจากภายในในบรรจุภัณฑ์โดยการออกแรงบีบได้ สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ US5307846, สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ US20070093765, ประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตรเลขที่ WO2019199425, สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ US20210030589

25 อุปกรณ์ดูดถ่ายของเหลวดังที่กล่าวมาแล้ว ที่นิยมใช้ในท้องตลาดมักมีปริมาตรการจ่ายของเหลวที่ 50 ไมโครลิตรโดยประมาณ ขนาดหรือปริมาตรของหยดของเหลวจากอุปกรณ์ดูดจ่ายเหล่านี้นี้สามารถแปรผันได้ตามขนาดของปลายท่อดูดจ่ายของเหลว การพัฒนาอุปกรณ์ดูดจ่ายของเหลวโดยการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในของท่อดูดจ่ายตัวอย่าง ซึ่งเป็นอุปกรณ์แบบใช้แล้วทิ้งที่มักผลิตจากวัสดุโพลีเมอร์หรือพลาสติก มีข้อจำกัดสำคัญเรื่องการคงตัวของวัสดุและข้อจำกัดของเทคโนโลยีการขึ้นรูปท่อพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลางด้านในเล็กที่สุดโดยทั่วไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมมีขนาดอยู่ที่ 1-2 มิลลิเมตร จึงได้มีการ

พัฒนาอุปกรณ์ดัดจ่ายตัวอย่างของเหลวที่มีปลายท่อจ่ายตัวอย่างของอุปกรณ์เป็นท่อโลหะ ประกาศ
โฆษณาคำขอรับสิทธิบัตรจีนเลขที่ CN101236187 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเล็กได้ถึง 50
ไมโครเมตร อ้างอิงจากขนาดท่อมาตรฐานของเข็มดัดจ่ายยาที่มีขนาดเล็กที่สุดที่ใช้ในห้องทดลอง แม้ว่าการ
ควบคุมขนาดท่อนำจ่ายตัวอย่างให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กจะช่วยควบคุมการจ่ายหยดตัวอย่าง
5 ของเหลวให้มีปริมาตรน้อยลงได้ แต่ขนาดของหยดของเหลวยังแปรปรวนได้อีกตามความหนืด แรงตึงผิว
และความหนาแน่นของตัวอย่างของเหลว ทำให้การจ่ายตัวอย่างของอุปกรณ์ทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนั้นยัง
ไม่สามารถควบคุมปริมาตรได้อย่างแม่นยำ

การออกแบบอุปกรณ์ดัดจ่ายของเหลวให้สามารถควบคุมการดัดจ่ายของเหลวปริมาตรน้อยได้
อย่างแม่นยำสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ เช่น การตรวจวัดในทางวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม
10 อาหาร หรือการตรวจวัดทางการแพทย์ มักมีคุณสมบัติสำคัญอย่างใดอย่างหนึ่งหรือมีบางคุณสมบัติร่วมกัน
ประกอบด้วย 1. การจ่ายของเหลวได้ในปริมาตรที่แน่นอนซึ่งมักจะปรับได้ความต้องการของผู้ใช้งาน 2.
การมีสเกลบอกปริมาตรของเหลวที่ถูกดัดจ่ายบนอุปกรณ์ และ 3. การมีกลไกการตั้งค่าปริมาตรของเหลว
ซึ่งสามารถปรับการตั้งค่าการดัดจ่ายปริมาตรของเหลวได้ตามต้องการ อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยกลไกการ
กำหนดและควบคุมปริมาตรเหล่านี้ มักมีส่วนประกอบของ กระบอกลูกสูบ หรือขวดสวดสปริง ทำหน้าที่ใน
15 การดัดจ่ายของเหลวให้ได้ตามปริมาตรที่กำหนดไว้ อุปกรณ์เหล่านี้มักถูกออกแบบมาสวมเข้าพอดีกับท่อ
จ่ายตัวอย่างพลาสติกแบบใช้แล้วทิ้ง ซึ่งส่วนของท่อพลาสติกสามารถเปลี่ยนใหม่เพื่อป้องกันการปนเปื้อน
ได้ สิทธิบัตรสหรัฐอเมริกาเลขที่ US5334353, สิทธิบัตรจีนเลขที่ CN217249021, สิทธิบัตรจีนเลขที่
CN208942924 ข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยกลไกการกำหนดและควบคุมปริมาตรสำหรับการ
ดัดจ่ายของเหลวปริมาตรน้อยๆ มักประกอบด้วยวัสดุหลายชิ้น จึงทำให้มีราคาต้นทุนการผลิตสูง ไม่
20 เหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับชุดตรวจภาคสนามที่นิยมใช้อุปกรณ์แบบใช้แล้วทิ้งเพื่อป้องกันการปนเปื้อน
จนถึงปัจจุบันมีความพยายามในการพัฒนาอุปกรณ์ดัดจ่ายของเหลวแบบใช้แล้วทิ้ง ให้สามารถดัดจ่าย
ของเหลวได้อย่างแม่นยำมากขึ้น เช่น การใช้หลอดทรงกระบอกกลวงขนาดเล็กหรือหลอดคาปิลลารีที่
สามารถดูดตัวอย่างเก็บเข้าอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ เชื่อมต่อกับท่อและกระเปาะสร้างแรงดันอากาศผลิต
จากวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงสำหรับใช้บีบเพื่อจ่ายตัวอย่างออกจากอุปกรณ์ โดยตัวหลอดคาปิลลารีอาจ
25 ผลิตให้บรรจุปริมาตรที่แน่นอนค่าหนึ่ง เชื่อมต่อกับวัสดุไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic material) เพื่อสร้าง
ท่อดูดตัวอย่างเข้าที่สามารถดูดตัวอย่างในปริมาตรที่แม่นยำได้ ประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตรเลขที่
WO2011075075 หรืออาจทำสเกลบอกปริมาตรที่หลอดคาปิลลารีเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถดัดจ่าย
ตัวอย่างในปริมาตรที่แม่นยำมากขึ้นโดยสังเกตได้สเกลบอกปริมาตร สิทธิบัตรจีนเลขที่ CN201921700
อุปกรณ์ที่กล่าวมาประกอบด้วยหลอด ท่อ และกระเปาะสร้างแรงดัน ที่ผลิตจากวัสดุที่แตกต่างกัน
30 จำเป็นต้องขึ้นรูปชิ้นงานแต่ละชิ้นด้วยเทคนิคต่างๆ ที่มีความแม่นยำสูงเพื่อให้แต่ละชิ้นประกอบเข้ากันได้

พอดีไม่มีจุดรั่ว การประกอบชิ้นงานมีขั้นตอนมากและต้องอาศัยความแม่นยำจึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น กระบวนการการผลิตที่ยุ่งยาก ทำให้อุปกรณ์เหล่านี้มีข้อจำกัดเรื่องการปรับเปลี่ยนปริมาตรให้ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานซึ่งมีความยุ่งยากต้องมีการปรับเปลี่ยนและตรวจสอบความแม่นยำของการผลิตชิ้นงานแต่ละส่วน

5 ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย ที่มีโครงสร้างท่อทางเดินของไหลเชื่อมต่อกันเป็นโครงสร้างท่อทะลุถึงกัน ที่ประกอบรวมด้วย

ท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว เป็นท่อตรงที่มีปลายด้านหนึ่งเปิดสำหรับนำเข้าตัวอย่างของเหลวจากภายนอกเข้าสู่อุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย ซึ่งสามารถดูดตัวอย่างของเหลวเข้าสู่อุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย ได้เองโดยอาศัยแรงคาปิลลารี และปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับห้องตวงตัวอย่าง

ห้องตวงตัวอย่าง ที่ซึ่งปลายด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว และปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง โดยที่ห้องตวงตัวอย่าง เป็นส่วนประกอบหลักในการใช้กำหนดปริมาตรความจุตัวอย่างของอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย ซึ่งควบคุมปริมาตรของเหลวที่บรรจุได้จากการกำหนดขนาดรูปทรงและความหนาของห้องตวงตัวอย่าง

ท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง ทำการหน่วงอัตราเร็วของการดูดตัวอย่างของเหลวเข้าสู่โครงสร้างท่อภายในอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย ที่เกิดจากแรงคาปิลลารี ที่ซึ่งปลายด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับห้องตวงตัวอย่าง โดยที่ขนาดของท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง มีขนาดเล็กลงจากห้องตวงตัวอย่าง อย่างเฉียบพลันด้วยอัตราส่วนต่างกันตั้งแต่ 5 เท่าขึ้นไป และปลายอีกด้านหนึ่งวางตัวอยู่คนละระนาบกับช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง

ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง ที่ปลายด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง และปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับท่อทางเดินอากาศ โดยที่ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง มีหน้าที่ทำการหยุดการไหลของตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย เมื่ออัตราเร็วของการไหลเข้าของตัวอย่างหยุดลงที่ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง ของเหลวจะถูกสะสมและขังอยู่ที่บริเวณท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว ห้องตวงตัวอย่าง และท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง ซึ่งเป็นบริเวณที่กำหนดปริมาตรของตัวอย่างสำหรับการดูดจ่าย

ท่อทางเดินอากาศ เป็นท่อทางเดินของอากาศที่ถูกระบายออกจากอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย ขณะการดูดตัวอย่างเข้าและเป็นท่อทางเดินของอากาศที่เกิดจากแรงดันอากาศที่ถูกสร้างขึ้นจากแรงบีบที่กระเปาะสร้างแรงดันขณะการจ่ายตัวอย่าง โดยปลายด้านหนึ่งของท่อทาง

เดินอากาศ เชื่อมต่อกับช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง และปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ

กระเปาะสร้างแรงดันอากาศ เชื่อมต่ออยู่กับปลายด้านหนึ่งของท่อทางเดินอากาศ เพื่อใช้สร้างแรงดันเพื่อขับตัวอย่างของเหลวออกจากอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย โดยการออกแรง
 5 บีบที่กระเปาะทำให้โครงสร้างกระเปาะยุบตัวเกิดแรงดันอากาศไหลผ่านท่อทางเดินอากาศ ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง เพื่อผลักดันตัวอย่างของเหลวในท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง ห้องตรวจตัวอย่าง และในท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว ออกจากอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย

รูระบายอากาศ อยู่บนกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ ทำหน้าที่รักษาแรงดันอากาศภายในอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย ขณะนำเข้าตัวอย่างด้วยแรงคาปิลลารี โดยอากาศที่ถูกแทนที่ด้วย
 10 ตัวอย่างของเหลวที่ไหลเข้าสู่อุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย จะถูกระบายออกทางรูระบายอากาศ ทำให้ความดันภายในอุปกรณ์คงที่ช่วยรักษาแรงดูดคาปิลลารีที่ปลายท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว และห้องตรวจตัวอย่าง ในอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย ได้อย่างต่อเนื่อง โดยรูระบายอากาศ จะถูกเปิดเพื่อรักษาแรงดันอากาศในอุปกรณ์ขณะการดูดตัวอย่างเข้า และจะถูกปิดเพื่อช่วยเพิ่มแรงดันอากาศภายในอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย จากแรงกระทำที่กระเปาะสร้าง
 15 แรงดันอากาศ ขณะการจ่ายตัวอย่างของเหลวจากอุปกรณ์

โดยที่การประดิษฐ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนออุปกรณ์ดูดจ่ายของเหลวปริมาตรน้อยแบบใช้แล้วทิ้ง ที่สามารถควบคุม ปริมาตรการดูดจ่ายของเหลวได้อย่างแม่นยำ โดยอาศัยเทคโนโลยีการฉลุและการ
 แกะลายท่อขนาดเล็กลงบนวัสดุแผ่นโพลิเมอร์ที่มีราคาต้นทุนของวัสดุต่ำ เช่น การใช้เครื่องตัดเลเซอร์ฉลุ
 20 ลายท่อบนแผ่นพลาสติก ร่วมกับการใช้เทคนิคการขึ้นรูปวัสดุแบบแยกชั้น (Lamination technique) เพื่อสร้างโครงสร้างท่อไมโครฟลูอิดิกบนวัสดุแผ่นโพลิเมอร์ แล้วจึงใช้แผ่นโพลิเมอร์ปิดคลุมวดลายโครงสร้างท่อเพื่อสร้างท่อทางเดินของไหลในอุปกรณ์ ลวดลายที่ทำได้บนแผ่นโพลิเมอร์สามารถทำได้เล็ก
 ถึง 0.1 ตารางมิลลิเมตร (โดยใช้เทคโนโลยีการฉลุและการแกะลายของเครื่องตัดเลเซอร์ในปัจจุบัน) ทำให้
 อุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างแบบใช้แล้วทิ้งที่เสนอในการประดิษฐ์นี้สามารถควบคุมปริมาตรการดูดจ่าย
 25 ตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อยได้ถึง 0.01 ไมโครลิตร หากขึ้นรูปอุปกรณ์ให้มีความหนา 100 ไมครอน
 ด้วยเทคนิคดังกล่าวทำให้สามารถสร้างอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อยจากวัสดุโพลิเมอร์
 หรือพลาสติกได้ทั้งชิ้นโดยใช้เทคนิคการผลิตเทคนิคเดียวสามารถทำได้ด้วยเครื่องเดียวกัน จึงทำให้
 อุปกรณ์ที่เสนอในการประดิษฐ์นี้ผลิตซ้ำให้มีความแม่นยำได้ง่าย ทั้งมีราคาต้นทุนการผลิตถูกเหมาะสมสำหรับ
 การประยุกต์ใช้กับชุดตรวจภาคสนามที่นิยมใช้อุปกรณ์แบบใช้แล้วทิ้งเพื่อป้องกันการปนเปื้อน ขั้นตอน
 การประดิษฐ์ที่สำคัญอาศัยการฉลุและการแกะลายท่อดูดจ่ายของเหลว เช่น การใช้เครื่องตัดเลเซอร์ทะลุ
 30 แผ่นโพลิเมอร์ เช่น แผ่นอะคริลิก หรือแผ่นโพลีเอสเตอร์ เป็นต้น โดยตัวอุปกรณ์ออกแบบให้มี

ส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญต่างจากอุปกรณ์ดูดจ่ายของเหลวปริมาณน้อยที่มีมาก่อนประกอบด้วย ส่วน
 ท่อนำเข้าตัวอย่าง ห้องดวงตัวอย่างของเหลวและท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง ซึ่งออกแบบให้มีขนาด
 ความจุต่างๆ เพื่อกำหนดปริมาตรตัวอย่างของเหลวในการดูดจ่ายได้ตามต้องการ ท่อชะลอการไหล
 ออกแบบให้เป็นท่อขนาดเล็กลงจากห้องดวงตัวอย่างอย่างฉับพลันหรือท่อที่มีความแคบๆสามารถชะลอ
 5 การไหลของตัวอย่าง ก่อนที่ตัวอย่างของเหลวจะไหลไปถึงส่วนร่องด้านทานการไหลที่มีพื้นร่องวางตัวอย่าง
 คนละระดับกับท่อชะลอการไหลช่วยหยุดการไหลของตัวอย่างเข้าสู่พื้นที่ส่วนอื่นๆ ของอุปกรณ์ ส่วน
 โครงสร้างกระเปาะที่มีลักษณะการขยายพื้นที่ออกให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้นซึ่งผลิตจากวัสดุแผ่นโพลิเมอร์ที่มี
 ความยืดหยุ่น ซึ่งโครงสร้างกระเปาะนี้เมื่อถูกบีบ อากาศจะถูกดันออกที่ส่วนพื้นที่กักตัวอย่างของเหลว
 ตัวอย่างของเหลวจึงถูกจ่ายออกจากอุปกรณ์ได้ โดยอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวในการประดิษฐ์นี้มี
 10 ลักษณะสำคัญ ได้แก่ การกำหนดปริมาตรความจุของส่วนพื้นที่ดูดและเก็บตัวอย่าง ซึ่งกำหนดได้จาก
 ขนาดของขวดลายที่ฉลุด้วยเครื่องตัดเลเซอร์และความหนาของแผ่นโพลิเมอร์ ทำให้อุปกรณ์ที่ผลิตด้วย
 เทคนิคที่เสนอในการประดิษฐ์นี้สามารถปรับเปลี่ยนปริมาตรดูดจ่ายได้สะดวก หลากหลาย ตามความ
 ต้องการของผู้ผลิตชุดตรวจภาคสนาม เครื่องตัดเลเซอร์ปัจจุบันสามารถสร้างขนาดของขวดลายฉลุได้
 ตั้งแต่ 0.1 ตารางมิลลิเมตร หรือคิดเป็นการออกแบบอุปกรณ์ให้ควบคุมปริมาตรการดูดจ่ายตัวอย่าง
 15 ของเหลวได้ตั้งแต่ 0.01 ไมโครลิตร เมื่อห้องบรรจุตัวอย่างของอุปกรณ์มีความหนาที่ 100 ไมครอน ซึ่ง
 อุปกรณ์ดูดจ่ายของเหลวในการประดิษฐ์นี้สามารถผลิตจากวัสดุโพลิเมอร์หรือพลาสติกที่มีพลังงานพื้นผิว
 (Surface energy) ทำให้ตัวอย่างของเหลวสามารถไหลเข้าสู่อุปกรณ์ดูดจ่ายได้แบบอัตโนมัติ จึงสามารถ
 ควบคุมปริมาตรของตัวอย่างในพื้นที่ดูดเก็บตัวอย่างได้โดยการกำหนดขนาดความจุของพื้นที่กักตัวอย่าง
 ทำให้อุปกรณ์สามารถดูดตามปริมาตรที่กำหนดเข้าสู่อุปกรณ์ได้แบบอัตโนมัติ (self-suction dispenser)
 20 เช่นเดียวกับอุปกรณ์แบบดั้งเดิมที่ใช้กระบอกลูกสูบ หรือขวดสดสปริง ในการกำหนดปริมาตรตัวอย่าง
 สามารถทำได้ ขณะที่ตัวอย่างจะถูกจ่ายออกโดยอาศัยแรงผลักดันตัวอย่างจากกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

- รูปที่ 1 แสดงถึงภาพตัวอย่างอุปกรณ์ดูดจ่ายของเหลวปริมาณน้อย (1) พร้อมองค์ประกอบที่มี
 หน้าที่สำคัญในโครงสร้างท่อไมโครฟลูอิดิก
- 25 รูปที่ 2 แสดงถึงการใช้งานอุปกรณ์ดูดจ่ายของเหลวปริมาณน้อย (1) ในการดูดตัวอย่างของเหลว
 เข้าอุปกรณ์
- รูปที่ 3 แสดงถึงกลไกสำคัญที่ควบคุมความสามารถในการดูดตัวอย่างแบบอัตโนมัติเข้าสู่อุปกรณ์
 ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาณน้อย (1)
- รูปที่ 4 แสดงถึงขณะดูดตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาณน้อย (1)

รูปที่ 5 แสดงถึงกลไกควบคุมการไหลเข้าของตัวอย่างของอุปกรณ์ดูตัวอย่างของเหลว ปริมาตรน้อย (1)

รูปที่ 6 แสดงถึงลักษณะของช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5)

รูปที่ 7 แสดงถึงตัวอย่างการวางตัวของช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5)

5 รูปที่ 8 แสดงถึงตัวอย่างเมื่อใช้งานอุปกรณ์ดูตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) เพื่อจ่ายตัวอย่างของเหลวออกจากอุปกรณ์

รูปที่ 9 แสดงถึงตัวอย่างการออกแบบขนาดความจุของกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8)

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

การบรรยายถึงการประดิษฐ์นี้จะทำโดยการยกตัวอย่างการประดิษฐ์ที่เป็นรูปลักษณ์ที่ควรใช้ และ
10 อ้างอิงถึงโดยใช้รูปเขียนเพื่อเป็นตัวอย่างและช่วยให้บรรยายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และขึ้นส่วนที่เหมือนกันในรูปเขียนเหล่านี้จะแทนด้วยหมายเลขอ้างอิงเดียวกัน ทั้งนี้ โดยมิได้เป็นการจำกัดแต่อย่างใดและขอบเขตของการประดิษฐ์จะเป็นไปตามข้อถ้อยสิทธิตามที่แนบท้าย

อุปกรณ์ดูตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ตามการประดิษฐ์นี้ ที่มีโครงสร้างท่อทางเดินของไหลเชื่อมต่อกันเป็นโครงสร้างท่อทะลุถึงกัน ที่ประกอบรวมด้วย

15 **ท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2)** เป็นท่อตรงที่มีปลายด้านหนึ่งเปิดสำหรับนำเข้าตัวอย่างของเหลวจากภายนอกเข้าสู่อุปกรณ์ดูตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ซึ่งสามารถดูตัวอย่างของเหลวเข้าสู่อุปกรณ์ดูตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ได้เองโดยอาศัยแรงคาปิลลารี และปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับห้องดวงตัวอย่าง (3)

20 **ห้องดวงตัวอย่าง (3)** ที่ซึ่งปลายด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) และปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) โดยที่ห้องดวงตัวอย่าง (3) เป็นส่วนประกอบหลักในการใช้กำหนดปริมาตรความจุตัวอย่างของอุปกรณ์ดูตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ซึ่งควบคุมปริมาตรของเหลวที่บรรจุได้จากการกำหนดขนาดรูปทรงและความหนาของห้องดวงตัวอย่าง (3)

25 **ท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4)** ทำการหน่วงอัตราเร็วของการดูตัวอย่างของเหลวเข้าสู่โครงสร้างท่อภายในอุปกรณ์ดูตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ที่เกิดจากแรงคาปิลลารี ที่ซึ่งปลายด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับห้องดวงตัวอย่าง (3) และปลายอีกด้านหนึ่งวางตัวอยู่คนละระยะกับช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) โดยที่มีอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดของห้องดวงตัวอย่าง (3) บริเวณที่มีพื้นที่มากที่สุดต่อพื้นที่หน้าตัดของท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) อยู่ในช่วง 5 ถึง 100

30 **ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5)** ที่ปลายด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) และปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับท่อทางเดินอากาศ (6) โดยที่ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) มีหน้าที่ทำการหยุดการไหลของตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์ดูตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) เมื่อ

อัตราเร็วของการไหลเข้าของตัวอย่างหยุดลงที่ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) ของเหลวจะถูกสะสมและขังอยู่ที่บริเวณท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (4) ห้องดวงตัวอย่าง (3) และท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ซึ่งเป็นบริเวณที่กำหนดปริมาตรของตัวอย่างสำหรับการดูจ่าย

5 **ท่อทางเดินอากาศ (6)** เป็นท่อทางเดินของอากาศที่ถูกระบายออกจากอุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ขณะการดูดตัวอย่างเข้าและเป็นท่อทางเดินของอากาศที่เกิดจากแรงดันอากาศที่ถูกสร้างขึ้นจากแรงบีบที่กระเปาะสร้างแรงดันขณะการจ่ายตัวอย่าง โดยปลายด้านหนึ่งของท่อทางเดินอากาศ (6) เชื่อมต่อกับช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) และปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมต่อกับกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8)

10 **กระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8)** เชื่อมต่ออยู่กับปลายด้านหนึ่งของท่อทางเดินอากาศ (6) เพื่อใช้สร้างแรงดันเพื่อขับตัวอย่างของเหลวออกจากอุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) โดยการออกแรงบีบที่กระเปาะทำให้โครงสร้างกระเปาะยุบตัวเกิดแรงดันอากาศไหลผ่านท่อทางเดินอากาศ (6) ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) เพื่อผลักตัวอย่างของเหลวในท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ห้องดวงตัวอย่าง (3) และในท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ออกจากอุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1)

15 **ระบายอากาศ (7)** ถูกจัดวางอยู่ที่ตำแหน่งใดๆ ในบริเวณระหว่างที่จุดสิ้นสุดของห้องดวงตัวอย่าง (3) กับกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ทำหน้าที่รักษาแรงดันอากาศภายในอุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ขณะนำเข้าตัวอย่างด้วยแรงคาปิลลารี

อีกลักษณะหนึ่งของท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ดังกล่าว มีด้านขนานคู่ใดคู่หนึ่งอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่มีความยาวน้อยกว่า 1,000 ไมครอน ทำให้ท่อมีคุณสมบัติเป็นท่อไมโครฟลูอิดิคสามารถดูดตัวอย่างขึ้นได้เองโดยอาศัยปรากฏการณ์ของแรงดูดคาปิลลารี

อีกลักษณะหนึ่งของท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ดังกล่าว มีด้านขนานคู่ใดคู่หนึ่งอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่มีขนาดในช่วง 25-950 ไมครอน ทำให้ท่อมีคุณสมบัติเป็นท่อไมโครฟลูอิดิคสามารถดูดตัวอย่างขึ้นได้เองโดยอาศัยปรากฏการณ์ของแรงดูดคาปิลลารี

25 อีกลักษณะหนึ่งของท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ดังกล่าว มีลักษณะเป็นท่อกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1,000 ไมครอน ทำให้ท่อมีคุณสมบัติเป็นท่อไมโครฟลูอิดิคสามารถดูดตัวอย่างขึ้นได้เองโดยอาศัยปรากฏการณ์ของแรงดูดคาปิลลารี

อีกลักษณะหนึ่งของท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ดังกล่าว มีลักษณะเป็นท่อกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 25-950 ไมครอน ทำให้ท่อมีคุณสมบัติเป็นท่อไมโครฟลูอิดิคสามารถดูดตัวอย่างขึ้นได้เองโดยอาศัยปรากฏการณ์ของแรงดูดคาปิลลารี

อีกลักษณะหนึ่งของห้องดวงตัวอย่าง (3) ดังกล่าว มีลักษณะเป็นห้องขนาดเล็ก สร้างขึ้นจากการใช้เทคนิคการฉลุและการแกะลายด้วยเครื่องมือที่ให้ลายเส้นขนาดเล็กระดับไมโครเมตร ซึ่งมีด้านขนานคู่ใดคู่หนึ่งอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่มีขนาดเล็กกว่า 1,000 ไมครอน

5 อีกลักษณะหนึ่งของห้องดวงตัวอย่าง (3) ดังกล่าว มีลักษณะเป็นห้อง ที่มีด้านขนานคู่ใดคู่หนึ่งอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่มีความยาวในช่วง 25-950 ไมครอน สร้างขึ้นจากการใช้เทคนิคการฉลุและการแกะลายด้วยเครื่องมือที่ให้ลายเส้นขนาดเล็กระดับไมโครเมตร ซึ่งมีด้านขนานคู่ใดคู่หนึ่งอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่มีความยาวในช่วง 25-950 ไมครอน

10 อีกลักษณะหนึ่งของท่อชะลอการไหล (4) ดังกล่าว มีลักษณะเป็นท่อตรงหรือเป็นท่อที่มีรูปร่างคดงอ เพื่อช่วยหน่วงอัตราเร็วในการไหลของตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ด้วยแรงคาปิลลารี

อีกลักษณะหนึ่งของท่อชะลอการไหล (4) ดังกล่าว มีลักษณะเป็นท่อตรงหรือเป็นท่อที่มีรูปร่างคดงอ ที่มีด้านขนานคู่ใดคู่หนึ่งอย่างน้อยหนึ่งคู่ที่มีความยาวในช่วง 25-500 ไมครอน เพื่อช่วยหน่วงอัตราเร็วในการไหลของตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ด้วยแรงคาปิลลารี

15 อีกลักษณะหนึ่งของช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) ดังกล่าว มีลักษณะเป็นร่องที่มีพื้นอยู่คนละระนาบกับท่อชะลอการไหล (4)

อีกลักษณะหนึ่งของช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) ดังกล่าว ที่บริเวณพื้นผิวร่องมีลักษณะพื้นผิวเรียบหรือขรุขระ เพื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในการหยุดการไหลของตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างปริมาตรน้อย (1)

20 อีกลักษณะหนึ่งของช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) ดังกล่าว วางตัวในลักษณะขวางท่อชะลอการไหล (4) หรือวางตัวขนานกับท่อชะลอการไหล (4)

25 อีกลักษณะหนึ่งของรูละบายอากาศ (7) ดังกล่าว ถูกจัดวางอยู่บนกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) เพื่อรักษาแรงดันอากาศภายในอุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ขณะนำเข้าตัวอย่างด้วยแรงคาปิลลารี โดยอากาศที่ถูกแทนที่ด้วยตัวอย่างของเหลวที่ไหลเข้าสู่อุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) จะถูกระบายออกทางรูละบายอากาศ (7) ทำให้ความดันภายในอุปกรณ์คงที่ ช่วยรักษาแรงดูดคาปิลลารีที่ปลายท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) และห้องดวงตัวอย่าง (3) ในอุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ได้อย่างต่อเนื่อง โดยรูละบายอากาศ (7) จะถูกเปิดเพื่อรักษาแรงดันอากาศในอุปกรณ์ขณะการดูดตัวอย่างเข้า และจะถูกปิดเพื่อช่วยเพิ่มแรงดันอากาศภายในอุปกรณ์ดูจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) จากแรงกระทำที่กระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ขณะการจ่ายตัวอย่างของเหลวจากอุปกรณ์

อีกลักษณะหนึ่งของกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ดังกล่าว มีปริมาตรมากกว่าปริมาตรของโครงสร้างท่อส่วนอื่นๆ ทั้งหมดรวมกัน โดยคำนวณจากปริมาตรความจุอากาศของโครงสร้างท่อในอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างปริมาตรน้อย (1)

5 อีกลักษณะหนึ่งของกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ดังกล่าว มีปริมาตรมากกว่าปริมาตรของโครงสร้างท่อส่วนที่เหลือทั้งหมดรวมกัน อย่างน้อย 10 เท่า ซึ่งโครงสร้างท่อส่วนที่เหลือดังกล่าว หมายถึงปริมาตรของโครงสร้างท่อทุกส่วนยกเว้นเฉพาะส่วนของกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8)

อีกลักษณะหนึ่งของกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ดังกล่าว ผลิตจากวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูงสามารถเปลี่ยนรูปได้ เมื่อถูกแรงบีบอัดโครงสร้างกระเปาะสามารถยุบตัวสร้างแรงดันอากาศผลักดันตัวอย่างของเหลวออกจากอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ได้

10 อีกลักษณะหนึ่งของอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ตามการประดิษฐ์นี้ ผลิตจากวัสดุโพลิเมอร์ทั้งชิ้น

อีกลักษณะหนึ่งของอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ตามการประดิษฐ์นี้ ผลิตโดยใช้เทคนิคการเจาะทะลุ การฉลุ หรือการแกะสลักลายโครงสร้างท่อบนแผ่นโพลิเมอร์ และใช้เทคนิคการขึ้นรูปวัสดุแบบแยกชั้น ใช้แผ่นโพลิเมอร์ปิดคลุมแผ่นที่มีลวดลายโครงสร้างท่อทั้งสองด้านเพื่อสร้างอุปกรณ์ที่มีโครงสร้างท่อทางเดินของไหลภายใน ที่มีพื้นผิวภายในท่อทางเดินของไหลอย่างน้อยหนึ่งด้านเป็นพื้นผิวที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ เมื่อสัมผัสกับตัวอย่างของเหลวพื้นผิวภายในท่อจึงสามารถสร้างแรงดูดตัวอย่างของเหลวเข้าสู่ท่อทางเดินของไหลภายในอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ได้

อีกลักษณะหนึ่งของอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ตามการประดิษฐ์นี้ เป็นอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างแบบใช้แล้วทิ้งที่ปราศจากกลไกลูกสูบหรือขดลวดสปริง ซึ่งสามารถเก็บตัวอย่างได้เองแบบอัตโนมัติ (self-suction) ในปริมาตรที่กำหนดไว้ได้ โดยอาศัยเทคโนโลยีสร้างลวดลายฉลุบนแผ่นโพลิเมอร์ด้วยเทคนิคต่างๆ ที่สามารถสร้างลวดลายขนาดเล็กระดับไมโครเมตรได้อย่างแม่นยำ เช่น การใช้เครื่องตัดเลเซอร์ (Laser cutting/Engraving) ประกอบกับเทคนิคการขึ้นรูปวัสดุแบบแยกชั้น (Lamination technique) ในการปิดคลุมลวดลายเพื่อสร้างท่อทางเดินของไหลในอุปกรณ์ ลวดลายที่ทำได้บนแผ่นโพลิเมอร์อาจสามารถทำได้เล็กถึง 0.1 ตารางมิลลิเมตร (ด้วยเทคโนโลยีการฉลุลายของเครื่องตัดเลเซอร์ในปัจจุบัน) ทำให้อุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างแบบใช้แล้วทิ้งที่เสนอในการประดิษฐ์นี้สามารถควบคุมปริมาตรการดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อยกว่า 0.01 ไมโครลิตร หากขึ้นรูปอุปกรณ์ให้มีความหนาไม่เกิน 100 ไมครอน เทคโนโลยีการขึ้นรูปอุปกรณ์ดังที่กล่าวมา มีความคล่องตัวในการผลิตสูง ปริมาตรดูดจ่ายตัวอย่างสามารถปรับเปลี่ยนได้หลากหลายตามความต้องการผู้ใช้โดยการปรับขนาดของแบบห้องดวงตัวอย่าง และสามารถผลิตขึ้นรูปอุปกรณ์ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้างพิมพ์ใหม่ ซึ่งมักใช้ต้นทุนการผลิตมากกว่าและใช้เวลานานกว่า โครงสร้างท่อของอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่าง

30

ในการประดิษฐ์นี้ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ทำหน้าที่สำคัญ ได้แก่ ส่วนท่อนำเข้าตัวอย่าง ห้องตรวจตัวอย่าง ท่อชะลอการไหล ร่องด้านทานการไหล ท่อทางเดินอากาศ ระบายอากาศ และกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ โดยส่วนประกอบทั้งหมดเชื่อมต่อทะลุถึงกันในโครงสร้างทางเดินของไหลเดียวกัน ดังอธิบายรายละเอียดในรูปวาดดังนี้

รูปที่ 1 ภาพตัวอย่างอุปกรณ์ชุดจ่ายของเหลวปริมาตรน้อย (1) พร้อมองค์ประกอบที่มีหน้าที่สำคัญในโครงสร้างท่อไมโครฟลูอิดิก ประกอบด้วยท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ห้องตรวจตัวอย่าง (3) ท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) ท่อทางเดินอากาศ (6) ระบายอากาศ (7) และกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) โดยกระบวนการทำงานของอุปกรณ์ชุดจ่ายของเหลวปริมาตรน้อย (1) สามารถอธิบายกลไกการทำงานแบ่งออกได้เป็นสองช่วง คือ ช่วงดูดตัวอย่างของเหลวเข้าสู่อุปกรณ์ และช่วงการจ่ายหยดตัวอย่างของเหลวออกจากอุปกรณ์

รูปที่ 2 เมื่อใช้งานอุปกรณ์ชุดจ่ายของเหลวปริมาตรน้อย (1) ในการดูดตัวอย่างของเหลวเข้าสู่อุปกรณ์ เริ่มการทำงานโดยการแตะปลายเปิดของท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ลงบนตัวอย่างของเหลว (9) ซึ่งอาจอยู่ในรูปหยดตัวอย่างของเหลวในรูป 2ก. หรือตัวอย่างของเหลวในภาชนะบรรจุตัวอย่างในรูป 2ข. ตัวอย่างของเหลวจะถูกดูดเข้าสู่อุปกรณ์แบบอัตโนมัติจากแรงดึงดูดระหว่างของเหลวกับพื้นผิวด้านในโครงสร้างท่อของอุปกรณ์ ท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ออกแบบให้มีด้านใดด้านหนึ่งเล็กกว่า 1,000 ไมครอน ตัวอย่างจึงถูกดูดเข้าสู่อุปกรณ์ได้แบบอัตโนมัติด้วยแรงคาปิลลารี

รูปที่ 3 แสดงกลไกสำคัญที่ควบคุมความสามารถในการดูดตัวอย่างแบบอัตโนมัติเข้าสู่อุปกรณ์ชุดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) โดยขณะที่ตัวอย่างของเหลว (9) ถูกดูดเข้าสู่อุปกรณ์ตามทิศทางการไหล (10) ความดันอากาศในอุปกรณ์ต้องถูกควบคุมให้คงที่โดยอาศัยการระบายอากาศออกตามทางเดินอากาศ (11) ออกทางท่อทางเดินอากาศ (6) และระบายอากาศ (7) ดังนั้นขณะการดูดตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์ ระบายอากาศ (7) ให้อากาศในอุปกรณ์ระบายออกได้

รูปที่ 4 ขณะการดูดตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์ชุดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ระบายอากาศ (7) จะถูกเปิด ตัวอย่างของเหลว (9) ถูกดูดเข้าสู่ท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ห้องตรวจตัวอย่าง (3) และท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ซึ่งขนาดความจุของทั้งสามบริเวณใช้กำหนดปริมาตรตัวอย่างที่ต้องการชุดจ่ายของอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์แต่ละชิ้นใช้ชุดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรใดปริมาตรหนึ่งได้อย่างจำเพาะ

รูปที่ 5 อุปกรณ์ชุดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) มีกลไกควบคุมการไหลเข้าของตัวอย่างเริ่มจากท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ซึ่งอาจออกแบบให้ท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ที่มีขนาดเล็กลงจากขนาดของห้องตรวจตัวอย่าง (3) แบบฉับพลันดังแสดงตัวอย่างในรูป 5ก. หรือกรณีใช้อุปกรณ์ชุดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ที่ขนาดความจุของห้องตรวจตัวอย่าง (3) มีขนาดเล็กมาก อาจ

ออกแบบท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) มีลักษณะคดเคี้ยวดังแสดงตัวอย่างในรูป 5ข. ท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) นี้ ทำหน้าที่ชะลออัตราเร็วการไหลของตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์ ก่อนจะหยุดไหลได้ที่บริเวณช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5)

รูปที่ 6 ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) ซึ่งสร้างโดยใช้เทคนิคการแกะลาย หรือการฉลุลายแบบไม่ทะลุ มีลักษณะเป็นร่องเชื่อมต่อระหว่างท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) และท่อทางเดินอากาศ (6) โดยมีพื้นร่องวางตัวอย่างคนละระดับกับท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ดังแสดงในภาพตัดขวางตามแนวยาวของรูป พื้นช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) อาจมีผิวเรียบ 6ก. หรือผิวขรุขระ 6ข. เพื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์ความเสียดทานให้กับช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5)

รูปที่ 7 ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) ซึ่งเป็นร่องเชื่อมต่อระหว่างท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) และท่อทางเดินอากาศ (6) อาจวางตัวในแนวขวางท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) หรืออาจวางตัวในแนวนอนไปกับท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ดังแสดงภาพมุมมองจากด้านบนและภาพตัดขวางตามแนวยาว 7ก. และ 7ข. ช่วยให้ตัวอย่างของเหลวหยุดไหลได้โดยสมบูรณ์ เมื่อการไหลของตัวอย่างเข้าสู่อุปกรณ์หยุดลง ตัวอย่างจะถูกกักที่บริเวณท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ห้องดวงตัวอย่าง (3) และท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ช่วยให้ผู้ใช้งานสังเกตเห็นการเติมเต็มของตัวอย่างในห้องดวงตัวอย่าง (3) และสามารถยกอุปกรณ์ขึ้นจากการสัมผัสตัวอย่าง ปริมาตรของตัวอย่างที่ถูกเก็บในอุปกรณ์จึงถูกควบคุมได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

รูปที่ 8 เมื่อใช้งานอุปกรณ์ดูดจ่ายของเหลวปริมาตรน้อย (1) เพื่อจ่ายตัวอย่างของเหลวออกจากอุปกรณ์ เริ่มจากการใช้แรงบีบกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) เมื่อรูระบายอากาศ (7) ถูกปิด จะเกิดแรงดันอากาศไหลออกจากกระเปาะตามทางเดินอากาศ (11) ผ่านท่อทางเดินอากาศ (6) และช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) ผลักตัวอย่างของเหลวในท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ห้องดวงตัวอย่าง (3) และท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ตามทิศทางการไหลของตัวอย่างของเหลว (10) ออกจากอุปกรณ์ได้

รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างการออกแบบขนาดความจุของกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ซึ่งต้องมีขนาดมากกว่าขนาดความจุของโครงสร้างทางเดินของไหลส่วนอื่นๆ ทั้งหมดของอุปกรณ์รวมกัน ดังแสดงในพื้นที่ (12) เพื่อให้แน่ใจว่าการบีบกระเปาะจะสามารถสร้างแรงดันอากาศมากพอที่จะไล่ตัวอย่างของเหลวทั้งหมดออกจากอุปกรณ์ได้ โดยการออกแบบขนาดกระเปาะให้มีขนาดใหญ่ 9ก. หรืออาจเพิ่มความหนาของช่องว่างระหว่างผนังทั้งสองของกระเปาะสร้างแรงดันอากาศให้สูงขึ้นจากโครงสร้างท่อบริเวณอื่นๆ ในอุปกรณ์ 9ข. ดังอธิบายในภาพตัดขวางตามแนวยาวของอุปกรณ์

อีกลักษณะหนึ่งของอุปกรณ์ดูดจ่ายตัวอย่างของเหลวปริมาตรน้อย (1) ซึ่งสามารถกำหนดปริมาตรดูดจ่ายตัวอย่าง และสามารถดูดตัวอย่างได้แบบอัตโนมัติโดยไม่ต้องอาศัยกลไกลูกสูบหรือขดลวด

สปริงในการทำงานของอุปกรณ์ อุปกรณ์จึงควรผลิตจากวัสดุที่มีต้นทุนต่ำและเป็นวัสดุที่มีพลังงานพื้นผิวสูงสามารถดึงดูดตัวอย่างของเหลวได้ (มีคุณสมบัติชอบน้ำ) ตัวอย่างเช่น การใช้แผ่นโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลต (PET) เคลือบกาบทั้งสองด้านซึ่งมีความคงตัวและทนความร้อนได้ดี สามารถใช้เป็นวัสดุหลักสำหรับการสร้างลวดลายฉลุของโครงท่อขนาดเล็กระดับไมโครเมตรด้วยเครื่องตัดเลเซอร์ได้ ประกอบด้านบนและล่างด้วยแผ่นโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลตใสไม่เคลือบกาบซึ่งมีความยืดหยุ่นสูง เหมาะกับการใช้งานบริเวณ

5 กระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ที่ต้องอาศัยผนังที่มีความยืดหยุ่นสูงในการสร้างแรงดันอากาศเมื่อออกแรงบีบอุปกรณ์ ระหว่างผนังของกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ทั้งสองด้านยังสามารถเสริมขอบผนังด้วยแผ่นโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลตเคลือบกาบ เพื่อเพิ่มความหนาของกระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ช่วยเพิ่มแรงดันอากาศที่ใช้ในการจ่ายตัวอย่างออกจากอุปกรณ์ได้อีกด้วย แผ่นโพลีเอทิลีนเทรฟทาเลตยังมีพื้นผิวที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilicity) พื้นผิวของอุปกรณ์จึงมีแรงดึงดูดตัวอย่างของเหลวได้ดี

10 โครงสร้างท่อภายในอุปกรณ์ในส่วนที่นำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) และห้องดวงตัวอย่าง (3) ถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กแบบโครงสร้างไมโครฟลูอิดิก เมื่อในโครงสร้างท่อมีท่อและรูระบายอากาศเปิดสู่แรงดันอากาศภายนอก และมีช่องเหลวสัมผัสที่ปลายท่อนำเข้าตัวอย่าง จึงทำให้ตัวอย่างของเหลวถูกดูดเข้าสู่อุปกรณ์ได้ด้วยแรงคาпилลารีได้ ตัวอย่างของเหลวไหลผ่านท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) เข้าสู่ห้องดวงตัวอย่าง (3) และไหลช้าลงที่ท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) ซึ่งอาจออกแบบให้มีขนาดความจุของท่อเล็กกว่าขนาดของห้องดวงตัวอย่าง (3) อย่างเฉียบพลัน หรือมีโครงสร้างคดเคี้ยว จะทำให้การไหลของตัวอย่างช้าลงจนเกือบหยุดนิ่ง ก่อนที่การไหลของตัวอย่างจะหยุดอย่างสมบูรณ์ที่ช่องด้านทานการไหลของตัวอย่าง (5) ซึ่งออกแบบให้พื้นร่องอยู่คนละระดับกับท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) เมื่อการไหลของตัวอย่างหยุดลงอย่างสมบูรณ์ ตัวอย่างของเหลวจะถูกกักอยู่ในท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ห้องดวงตัวอย่าง (3) และท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) จนเต็ม ปริมาตรของตัวอย่างที่กักได้จะมีปริมาตรใกล้เคียงกับขนาดความจุของท่อนำเข้าตัวอย่างของเหลว (2) ห้องดวงตัวอย่าง (3) และท่อชะลอการไหลของตัวอย่าง (4) รวมกัน ในขณะที่จ่ายตัวอย่างโดยการออกแรงบีบที่กระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) รูระบายอากาศ (7) ของอุปกรณ์ต้องถูกปิดเพื่อให้สามารถสร้างแรงดันในท่อได้เพียงพอในการไล่ตัวอย่างออกจากอุปกรณ์ ตัวอย่างในการประดิษฐ์นี้ออกแบบให้รูระบายอากาศ (7) อยู่ตรงตำแหน่งกระเปาะสร้าง

25 แรงดันอากาศ (8) ซึ่งรูระบายอากาศ (7) จะถูกปิดโดยอัตโนมัติเมื่อใช้มือบีบที่กระเปาะสร้างแรงดันอากาศ (8) ตัวอย่างผลการทดสอบความแม่นยำของปริมาตรตัวอย่างของเหลวที่ดูดได้ โดยอุปกรณ์ที่ออกแบบห้องดวงตัวอย่าง (3) สำหรับการดูดตัวอย่างปริมาตรต่างๆ กัน 3 ปริมาตร ได้แก่ ปริมาตร 3, 6, และ 9 ไมโครลิตร เมื่อทำสอบซ้ำปริมาตรละ 20 ครั้ง พบว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบห้องดวงตัวอย่าง (3) ให้ดูดตัวอย่างที่ ปริมาตร 3, 6, และ 9 ไมโครลิตร สามารถดูดตัวอย่างได้ปริมาตรจริงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.98 ± 0.19 , 6.10 ± 0.15 , และ 8.94 ± 0.25 ไมโครลิตร ตามลำดับ

30

ถึงแม้ว่าการประดิษฐ์นี้ จะได้รับการบรรยายโดยสมบูรณ์โดยใช้ประกอบกับรูปเขียนที่แนบมาเป็นตัวอย่างด้วยก็ตาม ย่อมเป็นที่เข้าใจได้ว่าการดัดแปลง หรือแก้ไขต่างๆโดยผู้ที่มีความชำนาญในระดับสามัญในศิลปะและวิทยาการที่เกี่ยวข้อง โดยที่ยังคงอยู่ภายในขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์ อาจกระทำไม่ได้ ขอบเขตของการประดิษฐ์นี้ย่อมเป็นไปตามลักษณะการประดิษฐ์ที่ได้ระบุไว้ในข้อถ้อยสิทธิ

5 ที่แนบท้าย รวมทั้งยังครอบคลุมถึงลักษณะของการประดิษฐ์ที่แม้จะมีได้ระบุไว้ในข้อถ้อยสิทธิโดยเฉพาะเจาะจง แต่เป็นสิ่งที่มีความหมายที่สละสลวย และทำให้เกิดผลในทำนองเดียวกันกับลักษณะของการประดิษฐ์ที่ได้ระบุไว้ในข้อถ้อยสิทธิด้วย

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์