

การเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแผ่นคำตอบพลาสติก ที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยม

วิทยากรณ์ บ่อชน^{1*} และ มานิตย์ สิทธิชัย²

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแผ่นคำตอบพลาสติกที่ใช้ในการเรียนการสอน 2) วิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยม และ 3) ตรวจสอบความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยม แบบสอบถาม หัวอ่าน และ ออสซิลโลสโคป แผ่นคำตอบพลาสติกทำมาจากแผ่นพีวีซีสีขาว หนา 0.5 มิลลิเมตร ขนาด 70 × 253 มิลลิเมตร พิมพ์ข้อความตัวอักษรและสัญลักษณ์ลงในแผ่นด้วยวิธีซิลค์สกรีน มีข้อความจำนวน 60 ข้อ แต่ละข้อมีตัวเลือกคำตอบ 5 ตัวเลือก ประชากรเชิงจิตวิทยา คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ไทย-เยอรมัน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ลงทะเบียนเรียนหลักสูตรปกติในภาคการศึกษาที่ 1/2556 ประชากรเชิงวิศวกรรม คือ จำนวนครั้งของการวัดแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงซึ่งจำแนกเป็น 25 รูปแบบแต่ละรูปแบบทำการวัดจำนวน 100 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่าแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมไม่แตกต่างกัน และผลวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้แผ่นคำตอบพลาสติกพบว่ามีค่าความพึงพอใจตัวเลือกวงกลมมากกว่าสี่เหลี่ยมคิดเป็นร้อยละ 60.95 มีความพึงพอใจตัวเลือกสี่เหลี่ยมมากกว่าวงกลมคิดเป็นร้อยละ 25.71 และมีความพึงพอใจตัวเลือกวงกลมและสี่เหลี่ยมพอ ๆ กันคิดเป็นร้อยละ 13.33

คำสำคัญ: แผ่นคำตอบพลาสติก แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง

¹ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² รองศาสตราจารย์ ข้าราชการบำนาญ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 0-2555-2000 ต่อ 6111 อีเมล: witthayakornb@kmutnb.ac.th



The Optical Voltage-response Comparison of Marking on the Plastic Answer Sheet with Square and Circle-shape Answers

Witthayakorn Boachon^{1*} and Manit Sittichai²

Abstract

The purposes of this research was to create a plastic answer sheet used in teaching, to analyze the optical voltage-response of a plastic answer sheet from the circle and square shapes, and to survey the satisfaction of the use of plastic answer sheet with circle shape and square shape. The instruments used in this research were plastic answer sheets with circle and square shapes, questionnaire an encoder and a oscilloscope. The plastic answer sheet was made from white PVC sheet having the dimension of 70 × 253 millimeters with 0.5 millimeter of thickness. The letters and signs were printed on the sheet by silk screen which compose of 60 questions with 5 multiple choices. The population was the third year vocational students in Electrical and Electronics of Thai-German Pre-engineering school, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. They enrolled in the program in the first semester of the academic year 2013. The optical voltage was number of measuring from the collector of phototransistor which measurement from plastic answer sheet 25 form by measuring 100 times in 1 form. The results of this research showed that the optical voltage-response from the plastic answer sheet between circle shape and square shape are no difference. Moreover, the satisfaction analysis of the satisfaction of the use of plastic answer sheet with circle and square shapes showed that 60.95 percent of the population was satisfied with the circle shape rather than the square shape. The 25.71 percent of the population reveal their satisfaction with the square shape more than circle shape. The 13.33 percent of the population was satisfied with both circle shape and square shapes equally.

Keywords: Plastic answer sheet, Optical voltage-response

¹ Master Degree Graduate, Department of Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

² Associate Professor, Retired Government officer, Department of Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

* Corresponding Author Tel. 0-2555-2000 Ext. 6111 E-mail: witthayakornb@kmutnb.ac.th

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ก่อตั้งขึ้นด้วยความร่วมมือระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมันระหว่างปีพุทธศักราช 2512-28521 [1] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตครูอาชีวและเทคนิคศึกษาที่มีความรู้ ทักษะและเจตคติที่ดีไปสอนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง โดยใช้รูปแบบการฝึกสอนที่ได้รับการถ่ายทอดจากผู้เชี่ยวชาญชาวเยอรมันให้ดำเนินตามขั้นตอนทั้งสี่ในกระบวนการเรียนการสอนหนึ่ง ๆ คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Motivation) ขั้นศึกษาข้อมูล (Information) ขั้นพยายาม (Application) และขั้นสำเร็จผล (Progress) จุดเด่นของรูปแบบการฝึกสอน MIAP คือ การนำขั้นพยายามและขั้นสำเร็จผลเข้ามาผนวกเข้าไว้ในกระบวนการเรียนการสอนปกติ จึงได้สร้างความมั่นใจให้แก่นักศึกษาฝึกสอน อาจารย์นิเทศก์ และอาจารย์ประจำวิชาได้ว่า นักเรียนเกิดการเรียนรู้เพียงพอตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ และสามารถเพิ่มทักษะทางความคิดของนักเรียนเองได้จากการทำการบ้าน จึงเป็นการเสริมทักษะทางปัญญา (Intellectual skills) ได้มากขึ้น และเป็นการสร้างความพร้อมแก่นักเรียนในการเรียนครั้งต่อไป

การเรียนรู้เป็นผลผลิตของระบบการเรียนการสอน [2] ซึ่งต้องอาศัยการวัดผลในการตรวจสอบกระบวนการเรียนการสอน วิธีการวัดผลที่สามารถวัดปริมาณเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างใกล้เคียงและมากที่สุดในตัวนักเรียนได้นั้น มีความจำเป็นต้องทำการวัดหลาย ๆ ครั้ง กระดาษคำตอบจึงมีความจำเป็นสำหรับการวัดผลในทุกสัปดาห์ ซึ่งการใช้กระดาษคำตอบเป็นจำนวนมากจะทำให้เกิดความสิ้นเปลือง เพราะมีนักเรียนเป็นจำนวนมากในภาคการศึกษาหนึ่ง ๆ ด้วยเหตุนี้การใช้วัสดุที่ทนทาน สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกคือพลาสติก มาสร้างเป็นแผ่นคำตอบแทนกระดาษจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายของวัสดุสิ้นเปลืองทางการศึกษาได้

เพื่อให้เครื่องตรวจคำตอบสามารถตรวจคะแนนจากกระดาษคำตอบในแผ่นคำตอบพลาสติกถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบรูปแบบการระบาย

คำตอบของแบบดั้งเดิมคือแบบวงกลมและแบบสี่เหลี่ยมจากการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างแผ่นคำตอบพลาสติกที่ใช้ในการเรียนการสอน

2.2 เพื่อวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยม

2.3 เพื่อสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยม

3. สมมติฐานของการวิจัย

แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมไม่แตกต่างกัน

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมทำจากแผ่นพีวีซีสีขาวหนา 0.5 มิลลิเมตร บรรจุข้อคำถามแบบละ 60 ข้อ รวมสองแบบแต่ละข้อมีตัวเลือก 5 ตัวเลือก มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 200 แผ่น

4.2 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อนคำตอบและปรับความเร็วของการป้อนแผ่นคำตอบ

4.2.1 หัวอ่านข้อมูลทำจากพลาสติกแข็ง (Polyoxymethylene, POM) [3] สองชิ้นประกบกันโดยมีระยะห่าง 1 มิลลิเมตร สามารถอ่านข้อมูลได้พร้อมกัน 14 ตำแหน่งบนแผ่นคำตอบพลาสติก ตัวส่งแสง คือ แอลอีดี [4] และตัวรับแสง คือ โฟโตทรานซิสเตอร์ [5] ซึ่งติดตั้งบนแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้าที่ยึดติดกับหัวอ่านข้อมูล

5. ประโยชน์ของการวิจัย

ผลวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจะเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการระบายคำตอบ (วงกลมและสี่เหลี่ยม) ของแผ่นคำตอบพลาสติก

6. วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

6.1 การออกแบบและสร้างเครื่องมือ

6.1.1 แผ่นคำตอบพลาสติกมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้สำหรับการเรียนการสอนและการฝึกสอนมิใช่การสอบประจำภาคการศึกษาหรือการสอบคัดเลือก ใช้โปรแกรมอินดิไซน์เวอร์ชัน 5 ในการออกแบบ โดยระยะกริดมีค่า 4.25×4.25 มิลลิเมตร ช่องระบายคำตอบวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ช่องระบายคำตอบสี่เหลี่ยมมีขนาด 2.659×2.659 มิลลิเมตร แถบหนั 56 แถบอยู่ด้านล่างแผ่นคำตอบมีขนาด 1.2×3.5 มิลลิเมตร จุดสิ้นสุดการอ่าน 2 จุดอยู่ด้านขวาสุดของแผ่นคำตอบมีขนาด 3.5×3.5 มิลลิเมตร ข้อคำถามมีจำนวน 60 ข้อ ด้านหน้าจำนวน 30 ข้อและด้านหลัง 30 ข้อ ตัวเลือกคำตอบมี 5 ตัวเลือกแสดงตัวเลขอารบิกจาก (1-5) อยู่ด้านในวงกลมและสี่เหลี่ยม ด้านหน้าของแผ่นคำตอบมีตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ช่องสำหรับกรอกชื่อ ชื่อสกุล แบบทดสอบชุดที่ (1-4) รหัสวิชา ตอนที่ ชื่อวิชา วันที่ เดือน พ.ศ. ด้านหลังของแผ่นคำตอบมีข้อแนะนำการใช้ปากกา วิธีการระบายคำตอบ การลบคำตอบ การสร้างแผ่นคำตอบพลาสติกเริ่มจากการตัดแผ่นพีวีซีเปล่าสีขาวขนาด 0.5 มิลลิเมตร ด้วยวิธีกรัดด้วยมีดหรือใช้เครื่องตัดกระดาษแล้วนำไปเข้าเครื่องกัดเพื่อให้ได้พิคัดความผิดพลาดด้านกว้างไม่เกิน -0.1 มิลลิเมตร ใช้วิธีซิลค์สกรีนในการพิมพ์แผ่นคำตอบพลาสติก ใช้หมึกพิมพ์สีดำ สีเขียว และสีแดงโค้ก ใช้หมึกสีดำชนิดทึบแสง GPV120 สำหรับพิมพ์แถบหนั 56 แถบ ใช้หมึกสีเขียวเข้มชนิดโปร่งแสง GPV727 พิมพ์ข้อความในแผ่นคำตอบ ใช้หมึกสีแดงโค้กชนิดทึบแสง GPVL5851 พิมพ์ตราสัญลักษณ์มหาวิทยาลัย ใช้ผ้าสกรีนเบอร์ 120 บล็อกเดียวในการพิมพ์แต่ละสีโดยสลับการปิดผ้าสกรีนในส่วนที่เป็นสีอื่น

6.1.2 แบบสอบถาม มีรายละเอียดเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบ ความพึงพอใจในการใช้แผ่นคำตอบพลาสติก และข้อเสนอแนะ สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามและความพึงพอใจในการใช้แผ่นคำตอบพลาสติกเป็นแบบตรวจรายการโดยถามถึงความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบตัวเลือกคำตอบ ขนาดปลายปากกา ขนาด

ยางลบ ข้อแนะนำในการใช้งาน สีของตัวอักษร พื้นที่กรอกข้อความ จำนวนข้อคำถาม และข้อเสนอแนะอื่นๆ นำข้อมูลจากข้อเสนอแนะและคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มจพ. จำนวน 15 คน ไปปรับปรุงทำการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบ สอบถามด้วยวิธีการของลอร์มี แล้วจึงจัดพิมพ์แบบสอบถาม

6.1.3 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง ผู้วิจัยทำการสร้างหัวอ่านที่ทำขึ้นจากตัวส่งแสงและตัวรับแสง ประกอบเป็นวงจรในแผ่นวงจรพิมพ์และยึดติดกับเสื้อสวมที่ทำขึ้นจาก POM [3] (เทอร์โมพลาสติก) ทำการสร้างโครงเครื่องที่ทำขึ้นจากอะครีลิคหนา 10 มิลลิเมตร ประกอบขึ้นรูปด้วยวิธีการกัดและยึดด้วยสกรูขนาด M3 และ M4 ทำการสร้างชุดขับเคลื่อนซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง พันเฟืองและสายพานขับเคลื่อน โดยใช้การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลชัน

6.2 การทดสอบและเก็บบันทึกผล

6.2.1 การทดสอบและเก็บบันทึกผลด้วยแบบสอบถาม ผู้ให้ข้อมูลคือประชากรเชิงจิตวิทยาซึ่งได้แก่นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ ไทย-เยอรมัน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ลงทะเบียนเรียนหลักสูตรปกติในภาคการศึกษาที่ 1/2556 จำนวน 105 คน คิดเป็นร้อยละ 57.69

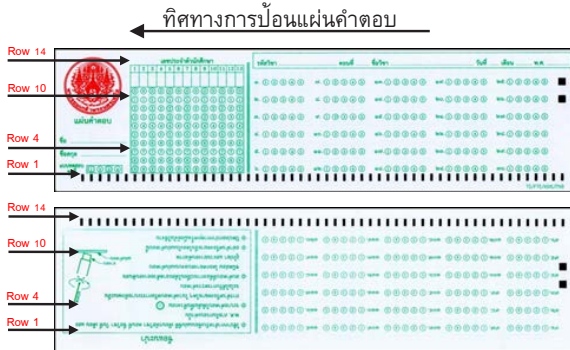
6.2.2 การทดสอบและเก็บบันทึกผลด้วยการวัดแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง ผู้วิจัยทำการวัดแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากคอลเล็กเตอร์ของโฟโตทรานซิสเตอร์ที่ติดกับหัวอ่านในเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง แรงดันไฟฟ้า ๆ ที่ทำการวัดได้จากแผ่นพีวีซี, แผ่นคำตอบพลาสติกเปล่าและแผ่นคำตอบพลาสติกที่ระบายข้อมูล อย่างละ 100 ครั้ง คำนวณค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแรงดันคอลเล็กเตอร์ (U_{CE}) ของโฟโตทรานซิสเตอร์

7. ผลการวิจัย

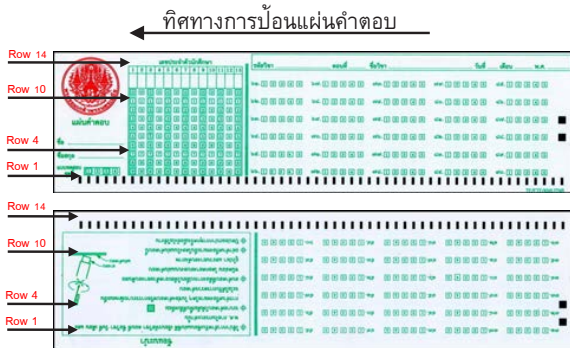
7.1 การสร้างแผ่นคำตอบพลาสติกที่ใช้ในการเรียนการสอนปรากฏผลดังนี้ แผ่นคำตอบพลาสติกมีสีขาวหนา 0.5



มีลิเมตรมีขนาด 70 × 253 มิลลิเมตร ภายในบรรจุข้อ
คำถามจำนวน 60 ข้อด้านหน้า 30 ข้อและด้านหลัง 30 ข้อ
แต่ละข้อมีตัวเลือก 5 ตัวเลือกซึ่งตัวเลือกแบ่งเป็นสอง
รูปแบบคือ รูปแบบวงกลม (รูปที่ 1) และรูปแบบสี่เหลี่ยม
(รูปที่ 2)



รูปที่ 1 แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบ
เป็นวงกลมทิศทางการป้อนแผ่นแบบปกติ (บน)
และทิศทางการป้อนแผ่นแบบกลับหัว (ล่าง)



รูปที่ 2 แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบ
เป็นสี่เหลี่ยมทิศทางการป้อนแผ่นแบบปกติ (บน)
และทิศทางการป้อนแผ่นแบบกลับหัว (ล่าง)

7.2 การวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจาก
แผ่นทดสอบแบบต่าง ๆ ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 1 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแผ่นทดสอบ
แบบที่ 1 (แผ่นพีวีซี)
แบบที่ 2 (แผ่นคำตอบพลาสติกเปล่า)
แบบที่ 3 (แผ่นคำตอบพลาสติกที่ระบายข้อมูล)

Type	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
1	100	0.396 (0.015)	Lo	0
2	100	0.396 (0.015)	Lo	0
3	100	3.594 (0.020)	Hi	1

จากตารางที่ 1 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแผ่น
ทดสอบแบบที่ 3 มีค่าสูงกว่าแผ่นทดสอบแบบที่ 1, 2
เนื่องจากแผ่นทดสอบแบบที่ 3 เป็นแผ่นทดสอบที่มีข้อมูล
การระบายจึงทำให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงสูง
กว่าแผ่นที่ไม่มีข้อมูลการระบาย

การป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกเปล่า วัดแรงดันไฟฟ้า
ตอบสนองเชิงแสงของแถบหน้ (Row 1), ตัวเลือกคำตอบ
(Row 4) และจุดสิ้นสุดการอ่าน (Row 10) ดังรูปที่ 3

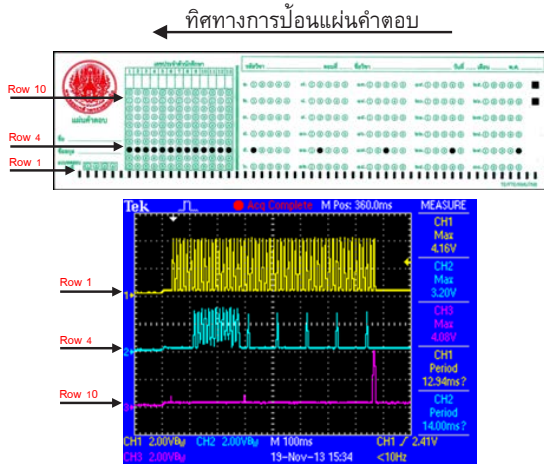


รูปที่ 3 แผ่นคำตอบพลาสติกเปล่า
ตารางที่ 2 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแผ่นคำตอบ
พลาสติกเปล่า (รูปที่ 3) เมื่ออ่านข้อมูล
แถวที่ 1 (แถบหน้)
แถวที่ 4 (ตัวเลือกคำตอบ)
แถวที่ 10 (จุดสิ้นสุดการอ่าน)

Row	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
1	100	3.757 (0.013)	Hi	1
4	100	0.396 (0.015)	Lo	0
10	100	4.082 (0.013)	Hi	1

จากตารางที่ 2 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงเมื่ออ่าน
ข้อมูลแถวที่ 1 และ 10 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแถวที่ 4 เนื่องจาก
แถวที่ 1 เป็นแถบหน้ข้อมูล แถวที่ 10 เป็นจุดสิ้นสุดการ
อ่านข้อมูล

การป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีการระบายข้อมูลคำตอบ (รูปที่ 4 บน) แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงของแถบนั้น (Row1), ตัวเลือกคำตอบ (Row4) และจุดสิ้นสุดการอ่าน (Row10) (รูปที่ 4 ล่าง)



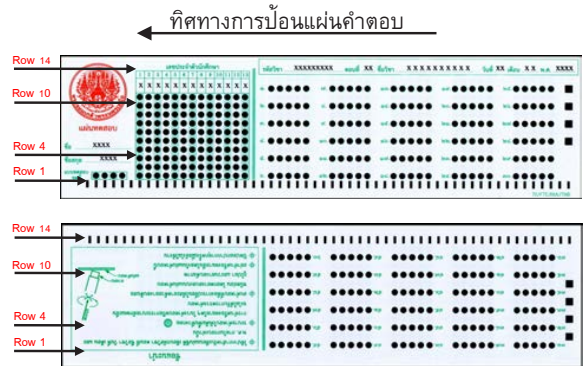
รูปที่ 4 แผ่นคำตอบพลาสติกที่ระบายข้อมูลคำตอบ (บน) แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง (ล่าง)

ตารางที่ 3 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากแผ่นคำตอบพลาสติกที่ระบายข้อมูล (รูปที่ 4 บน) เมื่ออ่านข้อมูลแถบนั้น (Row1), ตัวเลือกคำตอบ (Row4) และจุดสิ้นสุดการอ่าน (Row10)

Row	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
1	100	3.757 (0.013)	Hi	1
4	100	3.696 (0.015)	Hi	1
10	100	4.082 (0.013)	Hi	1

จากตารางที่ 3 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงเมื่ออ่านข้อมูลแถวที่ 1, 4 และ 10 มีค่าเฉลี่ยสูง (รูปที่ 4 ล่าง) เนื่องจากแถวที่ 1 เป็นแถบนั้นข้อมูลคำตอบ แถวที่ 4 เป็นตัวเลือกที่มีข้อมูลการระบาย และแถวที่ 10 เป็นจุดสิ้นสุดการอ่าน

การป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลม ที่มีการระบายข้อมูลคำตอบ ในทิศทางทางการป้อนแผ่นแบบปกติและแบบกลับหัว (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมที่ระบายข้อมูล ทิศทางการป้อนแผ่นแบบปกติ (บน) และแบบกลับหัว (ล่าง)

ตารางที่ 4 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการอ่านข้อมูลแถวที่ 1-14 เมื่อป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมที่ระบายข้อมูลในทิศทางทางการป้อนแผ่นแบบปกติ (รูปที่ 5 บน)

Row	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
1-13	1,300	3.745 (0.381)	Hi	1
14	100	1.523 (0.015)	Lo	0

จากตารางที่ 4 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการอ่านข้อมูลแถวที่ 1-13 มีค่าสูง อยู่ในสถานะ Hi เนื่องจากมีข้อมูลที่ระบาย แต่แถวที่ 14 มีค่าต่ำ อยู่ในสถานะ Lo เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่ระบาย

ตารางที่ 5 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการอ่านข้อมูลแถวที่ 1-14 เมื่อป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมที่ระบายข้อมูลในทิศทางทางการป้อนแผ่นแบบกลับหัว (รูปที่ 5 ล่าง)

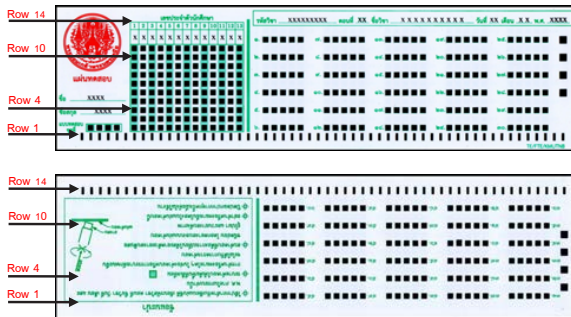
Row	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
1	100	0.804 (0.017)	Lo	0
2-14	1,300	4.073 (0.149)	Hi	1



จากตารางที่ 5 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการอ่านข้อมูลแถวที่ 2-14 มีค่าสูง อยู่ในสถานะ Hi เนื่องจากมีข้อมูลที่ระบาย แต่แถวที่ 1 มีค่าต่ำ อยู่ในสถานะ Lo เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่ระบาย

การป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นสี่เหลี่ยม ที่มีการระบายข้อมูลคำตอบ ในทิศทาง การป้อนแผ่นแบบปกติและแบบกลับหัว (รูปที่ 6)

ทิศทางกรป้อนแผ่นคำตอบ



รูปที่ 6 แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบ เป็นสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูล ทิศทางการป้อนแผ่นแบบปกติ (บน) และแบบกลับหัว (ล่าง)

ตารางที่ 6 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการอ่านข้อมูลแถวที่ 1-14 เมื่อป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบ เป็นสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูลในทิศทางกรป้อนแผ่นแบบปกติ (รูปที่ 6 บน)

Row	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
1-13	1,300	3.938 (0.265)	Hi	1
14	100	1.923 (0.015)	Lo	0

จากตารางที่ 6 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการอ่านข้อมูลแถวที่ 1-13 มีค่าสูง อยู่ในสถานะ Hi เนื่องจากมีข้อมูลที่ระบาย แต่แถวที่ 14 มีค่าต่ำ อยู่ในสถานะ Lo เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่ระบาย

ตารางที่ 7 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการอ่านข้อมูลแถวที่ 1-14 เมื่อป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบ เป็นสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูลในทิศทางกรป้อนแผ่นแบบกลับหัว (รูปที่ 6 ล่าง)

Row	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
1	100	1.120 (0.000)	Lo	0
2-14	1,300	4.055 (0.252)	Hi	1

จากตารางที่ 7 แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการอ่านข้อมูลแถวที่ 2-14 มีค่าสูง อยู่ในสถานะ Hi เนื่องจากมีข้อมูลที่ระบาย แต่แถวที่ 1 มีค่าต่ำ อยู่ในสถานะ Lo เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่ระบาย

ตารางที่ 8 ผลเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงเมื่อป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมที่ระบายข้อมูล ในทิศทางกรป้อนแผ่นคำตอบแบบปกติกับแบบกลับหัว (รูปที่ 5)

การป้อนแผ่นคำตอบ	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
แบบปกติ	1,400	3.586 (0.680)	Hi	1
แบบตรงข้าม	1,400	3.840 (0.854)	Hi	1

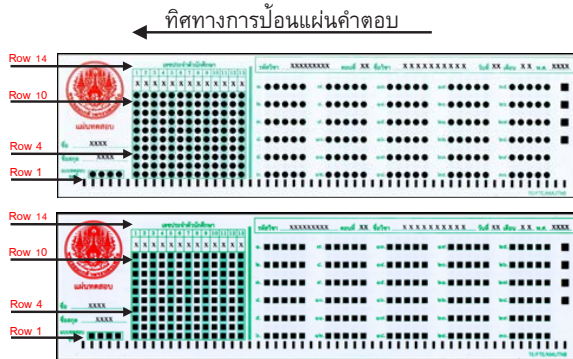
จากตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง ในทิศทางกรป้อนแผ่นคำตอบแบบปกติกับแบบกลับหัว คือ 3.586 และ 3.840 ตามลำดับ อยู่ในสถานะ Hi ทั้งสองแบบ แสดงให้เห็นว่า แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงเมื่อป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลม ที่ระบายข้อมูล ในทิศทางกรป้อนแผ่นคำตอบแบบปกติกับแบบกลับหัวมีความแตกต่างกันน้อยมาก

ตารางที่ 9 ผลเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงเมื่อป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูล ในทิศทางกรป้อนแผ่นคำตอบแบบปกติกับแบบกลับหัว (รูปที่ 6)

การป้อนแผ่นคำตอบ	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
แบบปกติ	1,400	3.794 (0.578)	Hi	1
แบบตรงข้าม	1,400	3.846 (0.794)	Hi	1

จากตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง ในทิศทางการป้อนแผ่นคำตอบแบบปกติกับแบบกลับหัว คือ 3.794 และ 3.846 ตามลำดับ อยู่ในสถานะ Hi ทั้งสองแบบ แสดงให้เห็นว่า แรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงเมื่อป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นสี่เหลี่ยม ที่ระบายข้อมูล ในทิศทางการป้อนแผ่นคำตอบแบบปกติกับแบบกลับหัวมีความแตกต่างกันน้อยมาก

การป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมที่มีการระบายข้อมูลคำตอบเมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางปกติ (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมที่ระบายข้อมูล (บน) และสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูล (ล่าง) เมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางปกติ

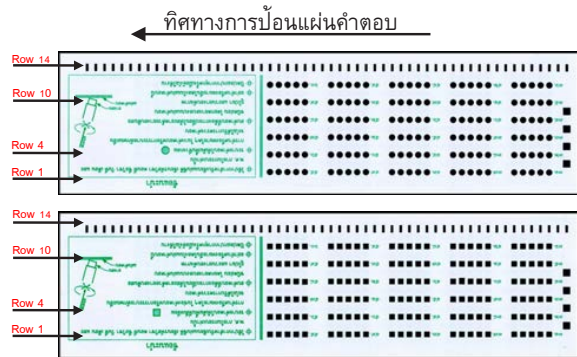
ตารางที่ 10 ผลเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูลเมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางปกติ (รูปที่ 7)

รูปแบบการระบาย	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
วงกลม	1,400	3.586 (0.680)	Hi	1
สี่เหลี่ยม	1,400	3.794 (0.578)	Hi	1

จากตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูลเมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางปกติคือ 3.586 และ 3.794 ตามลำดับ อยู่ในสถานะ Hi ทั้งสองรูปแบบ แสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้า

ตอบสนองเชิงแสงจากการป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูล เมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางปกติมีความแตกต่างกันน้อยมาก

การป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมที่มีการระบายข้อมูลคำตอบเมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางกลับหัว (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมที่ระบายข้อมูล (บน) และสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูล (ล่าง) เมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางกลับหัว

ตารางที่ 11 ผลเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูล เมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางกลับหัว (รูปที่ 8)

รูปแบบการระบาย	N	\bar{X} (S.D.)	Status	DATA
วงกลม	1,400	3.840 (0.854)	Hi	1
สี่เหลี่ยม	1,400	3.846 (0.794)	Hi	1

จากตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูล เมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางกลับหัวคือ 3.840 และ 3.846 ตามลำดับ อยู่ในสถานะ Hi ทั้งสองรูปแบบ แสดงให้เห็นว่าแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงจากการป้อนแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยมที่ระบายข้อมูล เมื่อป้อนแผ่นคำตอบในทิศทางกลับหัวไม่แตกต่างกัน



7.3 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการ
ใช้แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็น
วงกลมและสี่เหลี่ยม ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 12 ผลประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อ
การใช้แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการ
ระบายคำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยม

ความพึงพอใจรูปแบบคำตอบ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
วงกลมมากกว่าสี่เหลี่ยม	64	60.95
สี่เหลี่ยมมากกว่าวงกลม	27	25.71
วงกลมและสี่เหลี่ยมพอ ๆ กัน	14	13.33
รวม	105	100.00

จากตารางที่ 12 ผลประเมินความพึงพอใจของนักเรียน
ที่มีต่อการใช้แผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบาย
คำตอบเป็นวงกลมและสี่เหลี่ยม ผลปรากฏว่าความพึงพอใจ
สูงสุดคือ รูปแบบวงกลมมากกว่าสี่เหลี่ยม คิดเป็นร้อยละ
60.95 รองลงมาคือความพึงพอใจรูปแบบสี่เหลี่ยมมากกว่า
วงกลม คิดเป็นร้อยละ 25.71 และที่เหลือคือความพึงพอใจ
รูปแบบวงกลมและสี่เหลี่ยมพอ ๆ กัน คิดเป็นร้อยละ 13.33

8. สรุปผลวิจัย

ผลวิจัยพบว่า 1) สถานะแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง
จากแผ่นคำตอบพลาสติกที่มีรูปแบบการระบายคำตอบเป็น
วงกลมและสี่เหลี่ยมไม่แตกต่างกัน 2) นักเรียนมีความ
พึงพอใจการระบายคำตอบรูปแบบวงกลมมากที่สุด

9. อภิปรายผลวิจัย

จากผลวิจัยแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง เมื่อป้อน
แผ่นคำตอบพลาสติกที่ระบายข้อมูลในทิศทางปกติ
(รูปแบบวงกลม $\bar{X} = 3.586$, $(S.D.) = 0.680$) (รูปแบบ
สี่เหลี่ยม $\bar{X} = 3.794$, $(S.D.) = 0.578$) เมื่อป้อนในทิศทาง
กลับหัว (รูปแบบวงกลม $\bar{X} = 3.840$, $(S.D.) = 0.854$)
(รูปแบบสี่เหลี่ยม $\bar{X} = 3.846$, $(S.D.) = 0.794$) ไม่แตกต่างกัน
นี้อาจเป็นเพราะสาเหตุที่ 1) ความเข้มแสงจากตัวส่งแสง
(แอลอีดี) มีค่าไม่เท่ากันเนื่องมาจากกฎระยะทางผกผัน
กำลังสอง สาเหตุที่ 2) การสกรีนสีดำที่บดแสงในตำแหน่งการ
อ่านข้อมูลของด้านหน้าแผ่นคำตอบมีความหนากว่า
ด้านหลังของแผ่นคำตอบ

นักเรียนมีความพึงพอใจรูปแบบวงกลมมากกว่า
สี่เหลี่ยม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความคุ้นเคยต่อการใช้แผ่น
คำตอบรูปแบบวงกลม

10. ข้อเสนอแนะ

10.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้

การทำสีดำที่บดแสงในตำแหน่งการอ่านข้อมูลทั้ง
ด้านหน้าและด้านหลังแผ่นคำตอบพลาสติกเพื่อการเก็บ
บันทึกผลค่าแรงดันไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสง ควรใช้วิธี
การพิมพ์ เนื่องจากวิธีการพิมพ์ด้วยหมึกสามารถควบคุม
ปริมาณของน้ำหมึกและให้ความสม่ำเสมอในการพิมพ์
มากกว่าวิธีการสกรีนด้วยมือ ซึ่งจะส่งผลให้ค่าแรงดัน
ไฟฟ้าตอบสนองเชิงแสงมีค่าใกล้เคียงกันทั้งด้านหน้า
และด้านหลังของแผ่นคำตอบพลาสติก

10.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

แผ่นคำตอบพลาสติกที่ทำการสกรีนตัวอักษร ข้อความ
หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ลงในแผ่นอย่างสมบูรณ์แล้ว ควร
มีการเคลือบทับด้วยฟิล์มใสแบบบาง ๆ อีกชั้นหนึ่งเพื่อ
ป้องกันการหลุดลอกจากการลบ หรือเมื่อมีการนำแผ่น
คำตอบพลาสติกกลับมาใช้งานซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนะ กสิภาร์ (2542). "39 ปี ของการพัฒนา
ทรัพยากรมนุษย์ด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ของพระจอมเกล้าพระนครเหนือ." 40 ปี สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ
- [2] ทิศนา แคมมณี. (2553). ศาสตร์การสอน. พิมพ์ครั้งที่
13. กรุงเทพฯ : บริษัทด้านสุทธาการพิมพ์จำกัด
- [3] พลาสติกชนิดแข็ง. (2553). [ออนไลน์]. [สืบค้นวันที่
17 มีนาคม 2555]. จาก [http://en.wikipedia.org/
wiki/Polyoxymethylene](http://en.wikipedia.org/wiki/Polyoxymethylene)
- [4] แอลอีดี. (2554). [ออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 23
ธันวาคม 2555]. จาก [http://en.wikipedia.org/wiki/
Light-emitting_diode](http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode)
- [5] โฟโต้ทรานซิสเตอร์. (2554). [ออนไลน์]. [สืบค้น
วันที่ 23 ธันวาคม 2555]. จาก [http://www.sptc.
ac.th/prapruet/devicesweb/books/book_15.htm](http://www.sptc.ac.th/prapruet/devicesweb/books/book_15.htm)