

## ความเป็นไปได้ในการเก็บประจุไฟฟ้าด้วยโครงสร้างลักษณะพิเศษ The Possibility of Special Structure for Storage of Electric Charge

อภิชัย ศิวประภากร<sup>1</sup> และสุพล สำราญ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ. อุบลราชธานี 34000

<sup>2</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ. อุบลราชธานี 34000

\*Email: Apichai\_97@hotmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายค้นหาความเป็นไปได้ในการสร้างเซลล์เก็บประจุไฟฟ้าจากตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกด้วยวิธีการจัดเรียงตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกในโครงสร้างที่มีทิศทางเฉพาะภายใต้สนามแม่เหล็ก นำ 16 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกต่อขนานกันบนตัวนำโลหะ จำนวน 4 ชุด และจัดวางแต่ละชุดให้ทำมุม 54.74 องศากับแนวตั้งภายใต้สนามแม่เหล็กประติมาตร โดยใช้แผ่นสังกะสีเป็นตัวพุง โครงสร้างนี้ ปล่อยให้เป็นเวลา 13 สัปดาห์ ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกบนโครงสร้างลักษณะพิเศษนี้สามารถเก็บประจุไฟฟ้าในอากาศได้ โดยวัดค่าความต่างศักย์ได้เท่ากับ 0.24 โวลต์ โครงสร้างเปรียบเทียบกับ ซึ่งเป็น 4 ชุดตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกที่วางในแนวราบภายใต้สนามแม่เหล็กประติมาตร วัดความต่างศักย์ได้เพียง 0.02 โวลต์เท่านั้น การเก็บประจุของโครงสร้างลักษณะพิเศษนี้เก็บได้มากกว่าโครงสร้างเปรียบเทียบกับถึง 10 เท่า

**คำสำคัญ :** ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก

### Abstract

This research work was conducted to find out a possibility of how to produce an electrical cell from electrolytic capacitors by a specific arrangement in magnetic field. A group of 16 capacitors was arranged in parallel on a metal strip. Four sets of metal strip and 4 pieces of zinc in a form of triangular sheet were prepared. Four triangular sheets were attached together to form a pyramid shape with 4 metal strips were held all the edges of the triangular sheets. It needs a specific of angle 54.74 degrees of sloping edges to vertical. It was placed in a magnetic field and left for 13 weeks. This specific structure was filled with electric charges in electrolytic capacitors. The storage of electric charge was measured as electrical potential. The voltage of the specific structure was found to be 0.24 volts. Normally, electrolytic capacitor could collect a few electric charges under magnetic field. By leaving the blank structure for 13 weeks, collected voltage was only 0.02 volts. However, the specific structure could store the electric charges more than 10 times of the blank.

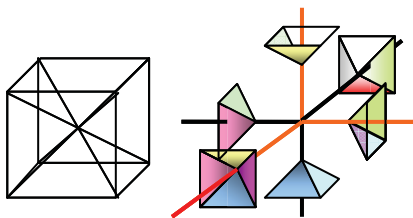
**Keywords:** Electrolytic capacitor

### บทนำ

จากการพิสูจน์เวลาเป็นเวกเตอร์ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ [1] และการเสนอโครงสร้างรูปร่างของมิติเวลาของ ปรมีสร์ บุญศรี [2] เกี่ยวข้องกับองศาของมุม 54.74 องศา โดยเส้นทิศทางลัพท์ของเวกเตอร์เวลาทำมุมกับแนวตั้ง และทำมุมกับแนวระนาบเป็นมุม 54.74 องศาเหมือนกัน ทำให้เกิดรูปทรงเรขาคณิตของมิติเวลาเป็นรูปพีระมิดที่มีลักษณะพิเศษ ดังรูปที่ 1 คือมุมของแนวสันพีระมิดเป็น

54.74 องศาทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยารีดอกซ์ภายใต้โครงสร้างพิเศษเฉพาะนี้ให้เร็วขึ้นกว่าปกติ [3], [4] และส่งผลให้เกิดการหน่วงปฏิกิริยารีดอกซ์ภายใต้โครงสร้างเฉพาะนี้ให้ช้ากว่าปกติ เมื่อกลับทิศการจัดเรียงขั้วของตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก [5] ซึ่งปฏิกิริยารีดอกซ์เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอนหรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน นอกจากนี้ โครงสร้างลักษณะพิเศษเฉพาะนี้ ยังส่งผลทำให้เกิดการเร่ง

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชให้มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้นกว่าปกติ [6] ซึ่งการเจริญเติบโตที่เร็วขึ้นนั้นย่อมเกี่ยวข้องกับปฏิกริยาตรึงคาร์บอน และเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอนที่ผิดปกติภายใต้โครงสร้างลักษณะพิเศษเฉพาะนี้ จึงอาจเป็นไปได้ว่า ภายใต้โครงสร้างลักษณะพิเศษนี้ จะเกิดการจัดระเบียบหรือรวบรวมประจุไฟฟ้าได้มากกว่าปกติ



รูปที่ 1 รูปทรงเรขาคณิตของมิติเวลา

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

### 1. วัสดุอุปกรณ์

- 1.1. ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกขนาด 16 โวลต์ 2,200 ไมโครฟารัด (ยี่ห้อ Elna)
- 1.2. สังกะสีแผ่นเรียบ
- 1.3. กระเบื้องปูพื้นขนาด 12 นิ้ว
- 1.4. แม่เหล็กกล้าโพง
- 1.5. มัลติมิเตอร์ (ยี่ห้อ Sunwa)

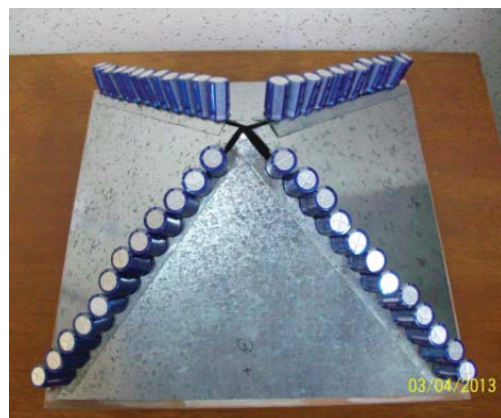
### 2. วิธีดำเนินการวิจัย

จัดเรียงตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกแบบขนานบนแกนแผ่นพับโลหะสังกะสีที่มีความยาว 23 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2 จำนวน 8 ชุด โดย 4 ชุดแรกใช้ทำเป็นตัวเปรียบเทียบ (Blank) และ 4 ชุดที่เหลือใช้ทำโครงสร้างลักษณะพิเศษ ซึ่งมีเป็นลักษณะรูปทรงพีรามิดฐานสี่เหลี่ยมที่มีความสูงเป็นครึ่งหนึ่งของความกว้างของฐาน เป็นอัตราส่วนเฉพาะที่ทำให้มุมของสันทั้งสองของรูปทรงนี้ทำมุม 54.74 องศา กับแนวนอนและตั้ง ดังรูปที่ 3



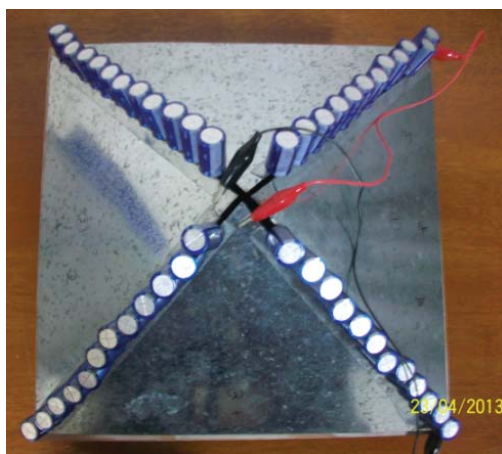
รูปที่ 2 จัดเรียงตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกแบบขนานบนแผ่นโลหะสังกะสี

สร้างรูปร่างลักษณะพิเศษนี้ โดยตัดสังกะสีแผ่นเรียบเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว จำนวน 4 แผ่น ให้มีความยาวฐานเป็น 28.0 เซนติเมตร และความยาวอีกทั้งสองด้านเป็น 24.3 เซนติเมตร และนำทั้งสี่แผ่นมาประกอบเข้าหากัน โดยมีชุดตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก 4 ชุดเป็นตัวยึดแผ่นสังกะสีรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วไว้ ผลจากการต่อตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกแบบขนานทั้งสี่ชุดเข้ากับแผ่นสังกะสีรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วทั้ง 4 แผ่น ได้รูปร่างเป็นพีรามิดฐานสี่เหลี่ยมที่มีมุม 54.7 องศา เป็นโครงสร้างลักษณะพิเศษ ดังรูปที่ 3



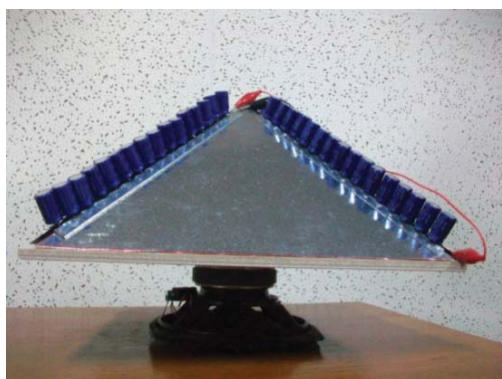
รูปที่ 3 โครงสร้างลักษณะพิเศษ จากการจัดเรียงตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกแบบขนาน 4 ชุด บนแผ่นสังกะสี

การจัดแผ่นสังกะสีแต่ละด้าน ต้องให้แผ่นสังกะสีนั้นๆ สัมผัสกับขั้วเดียวกันของชุดตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก การจัดเช่นนี้ ทำให้แผ่นสังกะสีด้านตรงข้ามกันมีประจุชนิดเดียวกัน คือเป็นคู่ประจุบวก และเป็นคู่ประจุลบ ทำการเชื่อมต่อคู่ประจุเดียวกันเข้าด้วยกัน ทำให้แผ่นโลหะตรงข้ามกันรวมเป็นขั้วเดียว อิเล็กโทรลิติกคาร์ปาซิเตอร์บนโครงสร้างลักษณะพิเศษนี้จึงถูกรวมลงเหลือเพียง 2 ขั้ว คือ คู่ขั้วบวก และคู่ขั้วลบ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เชื่อมต่อขั้วประจุชนิดเดียวกันของแผ่นสังกะสีเข้าด้วยกัน

วางโครงสร้างลักษณะพิเศษนี้ลงบนแผ่นกระเบื้องภายใต้สนามแม่เหล็ก โดยใช้แม่เหล็กรูปทรงทรงกระบอกของลำโพงเป็นตัวให้สนามแม่เหล็กแก่โครงสร้างนี้ ดังรูปที่ 5

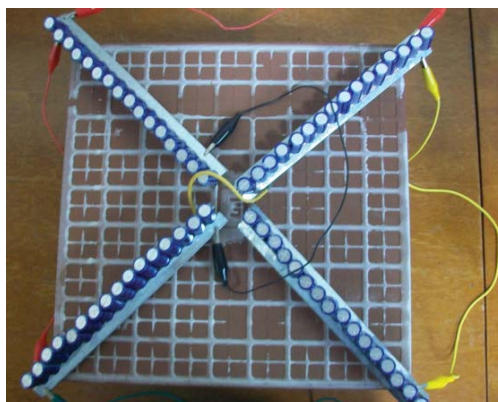


รูปที่ 5 แม่เหล็กลำโพงวางไว้ใต้โครงสร้างลักษณะพิเศษ

ทำการปล่อยประจุ (Discharge) ที่คงค้างอยู่เล็กน้อยในตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกออกไปจนหมด และวัดด้วยมัลติมิเตอร์เป็นศูนย์ จากนั้นปล่อยโครงสร้างให้เกิดขบวนการกระตุ้นตัวเองเช่นเดียวกับงานวิจัยก่อนนี้ [3-6] ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ จากนั้นเริ่มวัดปริมาณประจุที่ถูกเก็บไว้ในตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเอง ด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์ โดยวัดในหน่วยความต่างศักย์เป็นประจำทุกสัปดาห์ เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์เป็นอย่างไร

สร้างตัวเปรียบเทียบ (Blank) ทำโดยนำชุดตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกทั้ง 4 วางบนแผ่นกระเบื้องในทิศทางเดียวกันกับสันของโครงสร้างพิเศษ และอยู่ภายใต้สนามแม่เหล็กลำโพงเช่นเดียวกัน ต่อเชื่อมด้านที่เป็นประจุเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยทำการเชื่อมต่อในทำนองเดียวกับโครงสร้างพิเศษทำให้โครงสร้างตัวเปรียบเทียบเหลือเพียง 2 ขั้ว คือขั้วบวก และขั้วลบ ดังรูปที่ 6

ทำการปล่อยประจุ (Discharge) ที่คงค้างอยู่เล็กน้อยในตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกทั้ง 4 ชุดออกไปจนหมด และวัดด้วยมัลติมิเตอร์เป็นศูนย์ จากนั้นปล่อยโครงสร้างให้เกิดขบวนการกระตุ้นตัวเองเช่นเดียวกับงานวิจัยก่อนนี้ [3-6] ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ จากนั้นเริ่มวัดปริมาณประจุที่ถูกเก็บไว้ในตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเอง ด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์ โดยวัดในหน่วยความต่างศักย์เป็นประจำทุกสัปดาห์ เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์เป็นอย่างไร



รูปที่ 6 โครงสร้างตัวเปรียบเทียบ

หลังจาก 2 สัปดาห์ วัดปริมาณประจุที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์ในหน่วยความต่างศักย์เป็นประจำทุกสัปดาห์ การวัดศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วประจุบวกและขั้วประจุลบของโครงสร้างลักษณะพิเศษ และโครงสร้างตัวเปรียบเทียบ ด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์ต้องทำอย่างรวดเร็วเพื่อลดการสูญเสียประจุให้น้อยที่สุด

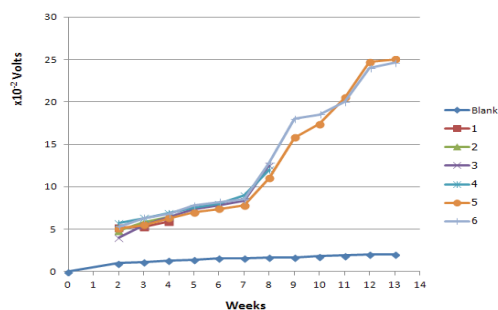
#### ผลการวิจัย

เนื่องจากในแต่ละวันความชื้นในอากาศไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงมากบ้างน้อยบ้าง จึงอาจส่งผลต่อความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้าในโครงสร้างลักษณะพิเศษ ทำให้แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของประจุไฟฟ้าในโครงสร้าง

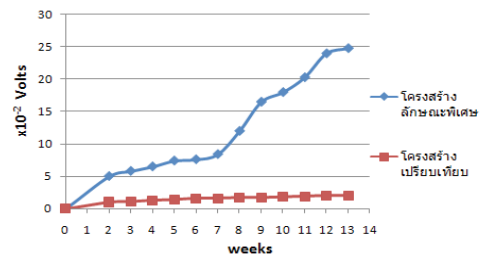
ลักษณะพิเศษไม่คงที่ ดังข้อมูลตาราง 1 และกราฟ รูปที่ 7

ตารางที่ 1 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากการทดลอง 6 ครั้งของโครงสร้างลักษณะพิเศษ เปรียบเทียบกับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของโครงสร้างเปรียบเทียบ

wks.	ค่าศักย์ไฟฟ้า( $\times 10^2$ V)							เฉลี่ย
	Blank	1	2	3	4	5	6	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	5.2	4.8	4.0	5.7	5.1	5.3	5.0
3	1.1	5.3	5.8	5.5	6.3	5.5	6.3	5.8
4	1.3	5.9	6.5	6.5	6.9	6.3	6.8	6.5
5	1.4			7.4	7.5	7.0	7.8	7.4
6	1.6			7.8	8.0	7.4	8.2	7.6
7	1.6			8.4	9.0	7.8	8.5	8.4
8	1.7			12.5	12.0	11.0	12.8	12.0
9	1.7					15.0	18.0	16.5
10	1.8					17.4	18.5	18.0
11	1.9					20.5	20.0	20.3
12	2					24.6	24.0	24.3
13	2					25.0	24.6	24.8



รูปที่ 7 การกระจายค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากการเก็บประจุไฟฟ้าที่วัดได้จากการทดลอง 6 ครั้ง



รูปที่ 8 ค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยที่เกิดจากการเก็บประจุไฟฟ้าของโครงสร้างลักษณะพิเศษและโครงสร้างเปรียบเทียบ

ผลจากการทดลองเป็นระยะเวลา 13 สัปดาห์ โครงสร้างลักษณะพิเศษเก็บจำนวนประจุเพิ่มได้มากกว่าโครงสร้างเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 2 โดยโครงสร้างลักษณะพิเศษมีการเก็บประจุไฟฟ้าเฉลี่ยได้จำนวนเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัวเมื่อเทียบกับตัวเปรียบเทียบซึ่งมีการเก็บประจุได้เพียงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ รูปที่ 8 แสดงการเก็บประจุไฟฟ้าเฉลี่ยของโครงสร้างลักษณะพิเศษจนถึงสัปดาห์ที่ 13 ยังคงมีแนวโน้มการเก็บประจุเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนัก และค่าศักย์ไฟฟ้าของทั้งสองต่างกัน 12.4 เท่า ณ สัปดาห์ที่ 13

ตารางที่ 2 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของโครงสร้างเปรียบเทียบ กับความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของโครงสร้างลักษณะพิเศษ

สัปดาห์	ศักย์ไฟฟ้า ( $\times 10^2$ V)	
	โครงสร้างเปรียบเทียบ	โครงสร้างลักษณะพิเศษ
0	0	0
2	1.0	5.0
3	1.1	5.8
4	1.3	6.5
5	1.4	7.4
6	1.6	7.6
7	1.6	8.4
8	1.7	12.0
9	1.7	16.5

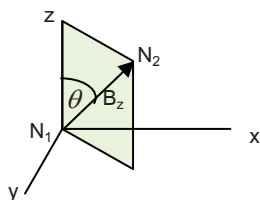
ตารางที่ 2 (ต่อ)ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของโครงสร้างเปรียบ เทียบ กับความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของโครงสร้างลักษณะพิเศษ

สัปดาห์	ศักย์ไฟฟ้า ( $\times 10^{-2}$ V)	
	โครงสร้างเปรียบเทียบ	โครงสร้างลักษณะพิเศษ
10	1.8	18.0
11	1.9	20.3
12	2.0	24.0
13	2.0	24.8

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเก็บประจุไฟฟ้าจากอากาศด้วยตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกเก็บได้จำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่เมื่อตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกที่ถูกจัดเรียงแบบโครงสร้างลักษณะพิเศษ คือชุดตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกที่ถูกเรียงทำมุม 54.74 องศา กับแนวตั้ง และเช่นเดียวกันก็ทำมุม 54.74 องศา กับแนวอนด้วย เพราะเป็นเส้นทิศทางลัทธิของแกน X, Y, Z ในสามมิติ หรือเป็นศูนย์รวมหรือเป็นโพกัสของทิศทางในสามมิติ ทำให้ชุดตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกเหล่านี้มีความสามารถในการเก็บประจุได้มากกว่าปกติ ซึ่งปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมุม 54.74 องศา หลายๆ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะพิเศษที่นักวิทยาศาสตร์ยังมีปัญหาที่จะหาเหตุผลอธิบายได้อย่างชัดเจน

จากงานวิจัยของ S J Erickson, R W Prost, and ME Timins [7] ได้พิจารณาแรงกระทำต่อกันระหว่างสองนิวคลีไอ (Dipole interaction) เมื่อทั้งสองอยู่ห่างกันรัศมี r และทำมุมกับทิศทางสนามแม่เหล็กในแนวแกน z เป็นมุม  $\theta$



$$B_z = \frac{m}{r^3} \cdot (3\cos^2\theta - 1)$$

เมื่อ m คือ magnetic dipole moment,  $B_z$  เป็นแรงกระทำระหว่างนิวคลีไอทั้งสองบนแนว  $N_1 N_2$  ซึ่งแรงกระทำระหว่างสองนิวคลีไอมีค่าขึ้นกับ  $(3\cos^2\theta - 1)$  และเมื่อมุม  $\theta = 54.74$  องศา ผลลัพธ์คือ แรงกระทำระหว่างนิวคลีไอทั้งสองมีค่าเท่ากับศูนย์ ด้วยเหตุนี้อาจเป็นไปได้ว่าแรงกระทำต่อกันของขั้วประจุเดียวกัน ในอากาศที่อยู่ในแนวมุม 54.74 องศา มีผลเช่นเดียวกันคือเป็นศูนย์ ทำให้เกิดความเป็นอิสระของประจุมากขึ้นกว่าเดิม เมื่อประจุอยู่ในแนวมุม 54.74 องศา จึงเป็นเหตุให้เกิดการเคลื่อนย้ายประจุได้สะดวกและรวดเร็วกว่าเดิม ส่งผลให้มีการเก็บประจุไฟฟ้าในแนวมุมดังกล่าวได้มากกว่าปกติ

อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ทำให้เกิดขบวนการเก็บประจุไฟฟ้าได้มากกว่าปกติในสนามแม่เหล็กหรือได้พลังงานงานไฟฟ้าจากสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็ก พลังงานนี้อาจมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับการที่จะนำไปใช้งาน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับยุคเริ่มต้นของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งผลิตปริมาณไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้เพียงประมาณ 0.01 โวลต์ เท่านั้น หากงานวิจัยนี้ได้พัฒนาต่อไป และนำโครงสร้างลักษณะพิเศษนี้มาต่อกันแบบอนุกรมกันหลายๆ อัน ก็เป็นการเพิ่มศักย์ไฟฟ้าให้สูงขึ้นได้เช่นเดียวกันกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พร้อมๆ กับการต่อกันแบบขนานกันหลายๆ อัน ก็เป็นการเพิ่มกระแสเช่นเดียวกันกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จึงเป็นไปได้ว่าในอนาคตอาจจะสามารถนำมาใช้งานเช่นเดียวกับเซลล์แสงอาทิตย์ แต่มีข้อได้เปรียบมากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ คือ นำไปใช้ได้ทุกหนทุกแห่งโดยไม่ต้องพึ่งพาแสงอาทิตย์ นั่นคือเกิดประโยชน์ในบริเวณแถบขั้วโลกที่มีแสงอาทิตย์น้อยๆ ก็นำไปใช้ได้ เกิดการผลิตประจุไฟฟ้าขึ้นตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์เพียงไม่เกิน 8 ชั่วโมงต่อวันเท่านั้น แต่ก็มีข้อเสียเปรียบอยู่บ้าง คืออากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ที่มากกว่า 80% เริ่มส่งผลให้การเก็บประจุได้น้อยลง

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Boonsri, P. 2002. "Mathematics proof of the time dimension as a vector", *Journal of the Royal Institute of Thailand*, 27(2): 399-408.
- [2] Boonsri, P. 2003. "The geometry of the time dimension", *29<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand*; 193.
- [3] Sivapraphagorn, A. 2002. "Effect of Subfield on Increasing Rate of Reduction Oxidation Reaction",

**28<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand, 184.**

- [4] Sivapraphagorn, A. 2004. "Effect of direct current in the Subfield (or Time field) on increasing Rate of Redox Reaction", **30<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand**; 85.
- [5] Sivapraphagorn A. 2003. "Effect of Second Type Subfield on Decreasing Rate of Redox Reaction", **29<sup>th</sup> Congress on Science and Technology of Thailand**, 140.
- [6] Sivapraphagorn, A. and et al. 2011. "Possibility of Activated Time Dimension Effects on Rate of Redox Reaction and Growth Rate of Tissue Culture Plants", **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**, 45 : 20 – 27.
- [7] Erickson, S. J, Prost, R. W, and , Timins, M E. 1993. "The "magic angle" effect: background physics and clinical relevance". **Radiology**. July. 188:1. <http://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiology.188.1.7685531?journalCode=radiology>.