ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบหมุนเซลล์เพื่อศึกษาค่าคงที่ทางไฟฟ้า
ผู้เขียน นายธนวัฒน์ วงศ์ลักษณพันธ์
สาขาวิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ พัฒนาอุปกรณ์แยกสัญญาณไฟฟ้าแบบสี่ขั้ว ให้สามารถใช้งานได้ถึง 3 MHz โดยไม่มีการเปลี่ยนรูปของสัญญาณเอาท์พุท และสามารถเพิ่มสนามไฟฟ้าได้ถึง 20 $kV.m^{-1}$ ทดลองใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น กับเซลล์แพลงก์ตอน *Tetraselmis* sp. ในสารละลายซูโครส 0.3 M และเมื่อปรับสภาพนำไฟฟ้า (σ_s)ให้มีค่าระหว่าง 1.4 - 24 $mS.m^{-1}$ พบว่า เซลล์หมุนในช่วงความถี่ระหว่าง 1 kHz ถึง 5 MHz โดยมีอัตราหมุนและทิศทางของการหมุนขึ้นกับความถี่ มีอัตราหมุนทวนเข็มนาฬิกาสูงสุด R_1 ที่ความถี่เฉพาะอันดับหนึ่ง fc_1 และอัตราหมุนตามเข็มนาฬิกาสูงสุด R_2 ที่ความถี่เฉพาะอันดับสอง fc_2 การเพิ่ม σ_s ทำให้อัตราหมุน R_1 และ R_2 ของเซลล์ลดลง และ ทำให้ความถี่เฉพาะทั้งสองค่า เลื่อนไปทางความถี่ที่สูงขึ้น ส่วนการเพิ่มความเข้มสนามไฟฟ้าทำให้ ค่า R_1 และ R_2 เพิ่มตามด้วย การศึกษานี้ยังพบว่าสนามไฟฟ้าที่ใช้เหนี่ยวนำเซลล์ไม่ควรต่ำกว่า 6.6 $kV.m^{-1}$ มิฉะนั้นทอร์คที่เกิดจากไดโพลเหนี่ยวนำจะน้อยกว่าทอร์คที่เกิดจากแรงเสียดทานในสารละลาย

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการหมุนของเซลล์มีชีวิตและเซลล์ตาย โดยให้σ_s คงที่1.4 $mS.m^{-1}$ พบว่าค่า fc_1 และ fc_2 ของเซลล์มีชีวิตเกิดขึ้นที่ 20 kHz และ 1.4 MHz ตามลำดับ ส่วนเซลล์ตายไม่แสดงค่า fc_1 แต่มีค่า fc_2 ที่ 1 MHz สำหรับเซลล์ที่ปนเปื้อนสารหนูนาน 24 ชั่วโมง และเพิ่มความเข้มข้นของสารหนูจาก 10 ppm ถึง 100 ppm พบว่าอัตราหมุน R_1 ลดลงขณะที่อัตราหมุน R_2 เพิ่มขึ้น

จากการประมาณค่าคงที่ทางไฟฟ้าของเซลล์โดยใช้แบบจำลองเซลล์เดี่ยวทรงกลมเปลือกเซลล์ชั้นเดียว พบว่า ค่าความจุไฟฟ้าจำเพาะของเยื่อหุ้มเซลล์ (C_m) มีชีวิตและเซลล์ตายคือ 3.5 $mF.m^{-2}$ และ 1.6 $F.m^{-2}$ ตามลำดับ และค่าความนำไฟฟ้าจำเพาะของเยื่อหุ้มเซลล์มีชีวิตและเซลล์ตาย (G_m) คือ 0.5 $kS.m^{-2}$ และ 98.9 $kS.m^{-2}$ ตามลำดับ สารหนูที่ความเข้มข้นจาก 10 ppm ถึง 100 ppm ทำให้ค่า C_m ของเซลล์เพิ่มขึ้นจาก 12.0 $mF.m^{-2}$ เป็น 71.4 $mF.m^{-2}$ และทำให้ค่า G_m เพิ่มจาก 0.2 $kS.m^{-2}$ เป็น 8.8 $kS.m^{-2}$ ตามลำดับ

Thesis Title	Development of Cell Electrorotation System for Estimations of Electric Constants
Author	Mr. Tanawat Wongluksanapan
Major Program	Physics
Academic Year	2005

ABSTRACT

This work developed a phase shift unit for a four-electrode cell rotation system. The unit worked well up to 3 MHz frequency with out any distortion of out put signals. Electrode arrangement provided 20 $kV.m^{-1}$ maximum field for cell dipole moment induction. The unit was tested with *Tetraselmis* sp. in 0.3 M sucrose solution, with conductivity (σ_s) varying between 1.4 and 24 $mS.m^{-1}$. Cell rotation was found at a frequency range between 1kHz and 5 MHz. Cell exhibited two rotation characteristics: anti-clockwise and clockwise rotation. The maximum rotation speed of the anti-clockwise one was designated as R_1 which appeared at the first characteristic frequency (f_{C1}), and the other was R_2 appeared at the second characteristic frequency (f_{C2}). An increase in the σ_s reduced the rotation rate R_1 and R_2, and it also shifted the f_{C1} and f_{C2} to a higher frequency. It was also found that the rate of cell rotation increased with the field strength. Moreover this work revealed that the field strength should be greater than 4.7 $kV.m^{-1}$; otherwise torque from the induced cell dipole would be smaller than that from solution friction.

When viable and non viable cells were suspended in a 1.4 $mS.m^{-1}$ sucrose solution, the f_{C1} and f_{C2} of the former appeared at 20 kHz and 1.4 MHz, respectively. The f_{C1} of non viable cells wasn't appear, while the f_{C2} appeared at 1 MHz. On arsenic contamination at the level of 10 and 100 ppm, the rotation rate R_1 of *Tetraselmis* sp. was reduced but that of R_2 was increased.

Estimations of cell electrical parameters were maybe by theoretical approach using the Single Shell Model. The specific membrane capacitance (C_m) of the viable and non-viable cells was 3.5 $mF.m^{-2}$ and 1.6 $F.m^{-2}$, respectively. The specific membrane conductance was 0.5 $kS.m^{-2}$ in the former and increased to 98.9 $kS.m^{-2}$ in the latter. In addition, arsenic contamination increased the C_m of viable cells to 12.0 $mF.m^{-2}$ and 71.4 $mF.m^{-2}$ at 10 ppm and 100 ppm concentration, respectively.

At these two arsenic levels, the G_m of non-viable cells was also increased to 0.2 $kS.m^{-2}$ and 8.8 $kS.m^{-2}$, respectively.