

เฉลย Exercise 4 - คำนวณเวลาความเสียหายจากโมเดลความเชื่อถือได้

- อายุเฉลี่ยของฟิล์ม SiO₂ อยู่ที่ 200 ชั่วโมง ในระหว่างการทดสอบ dielectric breakdown ที่อุณหภูมิ 200°C และความต่างศักย์ 10 V จงคาดการณ์อายุการใช้งานที่อุณหภูมิ 25°C และความต่างศักย์ 8 V โดยใช้ time-to-failure model นี้ ($\gamma = 2.47$ และ $Q = 0.33$ eV)

$$TF = A_0 \exp(-\gamma E_{ox}) \exp\left(\frac{Q}{K_B T}\right),$$

TF = 200 ชั่วโมงที่ 120 C and 10 V

$$200 = A_0 \exp(-(2.47)(10)) \exp\left(\frac{0.33}{(8.6175 \times 10^{-5})(273 + 120)}\right)$$

$$A_0 = 6.25 \times 10^8$$

ดังนั้น สำหรับ 25 C and 8 V

$$TF = (6.25 \times 10^8 \exp(-(2.47)(8)) \exp\left(\frac{0.33}{(8.6175 \times 10^{-5})(273 + 25)}\right))$$

$$TF = 6.24 \times 10^5 \text{ hours}$$

- ถ้าต้องการจะเพิ่มอายุเฉลี่ยของ conductor ตัวหนึ่ง โดยการเปลี่ยนวัสดุที่เพิ่ม activation energy (E_a) หรือลดค่า n ถ้าสภาพแวดล้อมในการใช้งานอยู่ที่อุณหภูมิ 45°C และ electron current density $J=1e6$ A/cm² จงคำนวณว่าการเพิ่ม E_a ไป 10% กับการลด n ไป 10% อย่างไหนจะเพิ่มอายุได้มากกว่ากัน โดยใช้ time-to-failure model นี้ ($n=3$ และ $Q=0.5$ eV)

$$TF = A_0(J^{(e)} - J_{crit}^{(e)})^{-n} \exp\left(\frac{Q}{K_B T}\right),$$

จาก

สันนิษฐานว่า $J_{crit} = 0$

$$TF_0 = A_0 J^{-n} \exp\left(\frac{Q}{K_B T}\right)$$

$$TF_0 = A_0 (1 \times 10^6)^{-3} \exp\left(\frac{0.5}{(8.617 \times 10^{-5})(273 + 45)}\right)$$

$$TF_0 = 8.404 \times 10^{-11} A_0$$

ถ้าเพิ่ม Ea ไป 10%

$$TF_1 = A_0 J^{-n} \exp\left(\frac{1.1Q}{K_B T}\right)$$

$$TF_1 = A_0 (1 \times 10^6)^{-3} \exp\left(\frac{(1.1)(0.5)}{(8.617 \times 10^{-5})(273 + 45)}\right)$$

$$TF_1 = 5.211 \times 10^{-10} A_0$$

$$\frac{TF_1}{TF_0} = \frac{5.211 \times 10^{-10} A_0}{8.404 \times 10^{-11} A_0} = 6.201$$

ถ้าลด n ไป 10%

$$TF_2 = A_0 J^{-0.9n} \exp\left(\frac{Q}{K_B T}\right)$$

$$TF_2 = A_0 (1 \times 10^6)^{-(0.9)(3)} \exp\left(\frac{0.5}{(8.617 \times 10^{-5})(273 + 45)}\right)$$

$$TF_2 = 5.303 \times 10^{-9} A_0$$

$$\frac{TF_2}{TF_0} = \frac{5.303 \times 10^{-9} A_0}{8.404 \times 10^{-11} A_0} = 63.10$$

ดังนั้น การลด n ไป 10% จะเพิ่มอายุได้มากกว่าการเพิ่ม Ea ไป 10%