

สรุปและวิจารณ์

จากการใช้โพรงกลมเรวักค่าคงที่โคอีเลคตริกของโพลีเอทิลีนได้ผลตามที่แสดงไว้ในตารางที่ ๔.๗ โดยเฉลี่ยเราจะได้ $\kappa = 2.32 \pm 0.09$ แต่ค่าที่ยอมรับกันคือ ๒.๒๕^(๑) จะเห็นได้ว่าค่าที่วัดได้สูงไปจากค่าที่ยอมรับกัน ๓.๐๒% โดยการวัดสัมประสิทธิ์การสะท้อนเรวักค่า κ ของโพลีเอทิลีนได้ผลออกมาตามตารางที่ ๔.๘ ตารางที่ ๔.๑๑ และตารางที่ ๔.๑๒ ซึ่งเมื่อนำเฉพาะค่า d ค่า f และค่า κ มาเขียนเป็นตารางอันใหม่จะได้ตามตารางที่ ๔.๑ ซึ่งจากตารางอันนี้เราจะได้ค่า κ ของโพลีเอทิลีนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.32 ± 0.06 ซึ่งค่านี้สูงไปจากค่าที่ยอมรับกันเพียง ๐.๔๔% เท่านั้น จะเห็นได้ว่าจากการวัดโดยการวัดสัมประสิทธิ์การสะท้อนจะให้ค่า κ ต่างไปจากค่าที่ไซกันได้น้อยกว่าจากการวัดโดยใช้โพรงกลมการที่ค่า κ ต่างจากค่าที่ไซกันอาจจะเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้คือ

(ก) ในโพลีเอทิลีนที่ไค้เตรียมเอาไว้แล้วอาจจะมีฟองอากาศตกค้างอยู่ภายในซึ่งจะเป็นผลทำให้ค่า κ แยกต่างออกไป และ

(ข) ในการคำนวณเราถือว่าโพลีเอทิลีนไม่มีความนำไฟฟ้า ($\sigma = 0$) แต่ถ้ามีความนำไฟฟ้าอยู่บ้าง สมการ (๔.๑.๑) จะกลายเป็น

$$f_0 \left[1 + \left(\frac{\sigma}{4\pi f_0 \kappa \epsilon_0} \right)^2 \right]^{1/2} = \frac{e}{2\sqrt{\kappa}} \left[\left(\frac{1}{L} \right)^2 + \left(\frac{3.83}{\pi a} \right)^2 \right]^{1/2}$$

แต่โดยปกติแล้ว σ ของโพลีเอทิลีนมีค่าน้อยมาก ดังนั้น $\left(\frac{\sigma}{4\pi f_0 \kappa \epsilon_0} \right)^2$ ควรจะมีค่าน้อยมาก แต่ก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้บ้างเหมือนกัน

(๑) Hippel, R.Von. 1961, Dielectric Materials and Applications,

d(cm)	f(GHz)	κ
๐.๖๕๘	๘.๗๗๖๒	๒.๒๘
	๘.๘๑๒๐	๒.๓๐
	๘.๘๔๘๗	๒.๒๘
	๘.๖๒๕๕	๒.๒๘
	๘.๖๕๖๘	๒.๓๒
๑.๐๐๐	๘.๘๒๐๑	๒.๒๗
	๘.๗๗๓๖	๒.๑๘
	๘.๒๐๐๕	๒.๓๐
	๘.๒๖๒๑	๒.๒๘
	๘.๓๑๐๘	๒.๒๕
	๘.๓๓๖๒	๒.๒๕
๓.๓๘๑	๘.๑๖๘๖	๒.๒๕
	๘.๑๘๕๐	๒.๓๓
	๘.๒๑๕๒	๒.๒๘

ตารางที่ ๕.๑ ค่า κ ของ โพลีเอทิลีน โดยการวัดสัมประสิทธิ์การสะท้อน

จะเห็นได้ว่าการวัดโพลีเอทิลีนจากสองวิธีดังกล่าวแล้วให้ผลต่างกันเล็กน้อย เรา
 น่าจะมาพิจารณาว่าค่าใดควรจะถูกต้องกว่า สำหรับการวัดสัมประสิทธิ์การสะท้อนนั้น ช่อง
 ว่างที่เกิดขึ้นเมื่อสอดโพลีเอทิลีนเข้าไปในท่อนำคลื่นมีผลต่อการสะท้อนของคลื่น อาจทำให้
 ผลของการทดลองผิดพลาดได้บ้าง และการวัด κ จากตัวตรวจวัดคลื่นสติก วัดได้ละเอียดแค่
 ± ๐.๐๑ ข.ม. จึงทำให้ผลคลาดเคลื่อนได้มากเหมือนกัน แต่สำหรับการวัดด้วยโพรง
 กลม ความคลาดเคลื่อนที่มากที่สุดอาจมาจากรูต่อ (COUPLING HOLE) รูต่อขนาดใหญ่ๆจะ
 ทำให้ค่า f_0 ต่ำลงได้ แต่ในบางครั้งเราก็จำเป็นต้องทำรูต่อมีขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพื่อ
 ให้วงกลม Q ในแผนภูมิสมิทจะได้มีขนาดใหญ่พอประมาณ เพื่อที่จะพหาค่าของ f_0 ได้ ซึ่ง

ข้อนี้อาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตาม ความคลาดเคลื่อนในค่าของ f_0 ในกรณีนี้ไม่น่าเกิน ๐.๐๑ จิกะเฮิทซ์ หรือประมาณ ๐.๑ % ซึ่งทำให้เราสรุปได้ว่า การวัดด้วยโพรงอภินาทกลมน่าจะให้ค่าซึ่งมีความแม่นยำกว่าการวัดโดยวิธีการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

อย่างไรก็ตามค่าที่วัดได้โดยวิธีหลัง จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เขายอมรับกันทั่วไป มากกว่าค่าที่วัดได้โดยวิธีแรก แต่ไม่ได้หมายความว่า วิธีการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจะให้ผลดีกว่า อาจจะหมายถึงว่าโพสเทธิสันที่เราใช้ไม่ได้มาตรฐานก็ได้

สารตัวอย่างของเหลวที่ไม่ถูกคลื่นพลังงานคือ เฮพเทน และ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เราได้ทำการวัดโดยใช้แมจิกที ในกรณีของเฮพเทน เราได้ผลออกมาตามที่ได้แสดงเอาไว้ในตารางที่ ๔.๑๓ ค่าเฉลี่ยของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกคือ $\epsilon = ๑.๘๘ \pm ๐.๑๐$ แต่ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่ยอมรับกันสำหรับเฮพเทนคือ $\epsilon = ๑.๘๗^{(1)}$ ซึ่งจะคำนวณได้ว่าค่าที่วัดได้โดยการใช้น้ำแมจิกทีจะต่างจากค่าที่เขาใช้กัน ๐.๕ % และสำหรับคาร์บอนเตตระคลอไรด์เราได้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกออกมาตามที่แสดงเอาไว้แล้วในตารางที่ ๔.๑๔ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ϵ โดยเฉลี่ยจากการวัดเราจะได้ ๒.๑๕ ± ๐.๑๑ ค่า ϵ ของคาร์บอนเตตระคลอไรด์ที่ใช้กันทั่วไปคือ $๒.๑๗^{(1)}$ จะเห็นว่าจากการวัด ค่าที่ได้จะต่างจากค่าที่ยอมรับกัน ๐.๘๓ % จากค่าที่วัดได้เหล่านี้ สรุปว่าวิธีการวัดค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของๆเหลวที่ไม่ถูกคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเราใช้อยู่นี้ให้ผลใช้ได้

ส่วนของเหลวอีกพวกหนึ่งคือ เอทิลีน ไกลคอล และ น้ำ ซึ่งเป็นของเหลวที่ถูกคลื่นพลังงาน ได้ทำการวัดโดยการวัดสัมประสิทธิ์การสะท้อน กรณีของเอทิลีน ไกลคอล ได้ผลออกมาตามตารางที่ ๔.๑๕ ซึ่งจากตารางอันนี้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกโดยเฉลี่ยแล้วเราจะได้ $\epsilon = ๑๐.๘๕ \pm ๐.๕๔$ เมื่อเทียบกับค่าที่ยอมรับกันซึ่งเท่ากับ $๗^{(1)}$ จะเห็นว่าแตกต่างออกไปเท่ากับ ๓๓.๐๑% ถ้าเราพิจารณาความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้จากการทดลองอาจจำแนก

(1)

Hippel, R. Von. 1961, Dielectric Materials and Application,

The M.I.T. Press.

ออกได้เป็น

(ก) ในระหว่างดำเนินการวัดติดต่อกันหลายๆค่าความถี่ สารตัวอย่างอาจมีการระเหยไปบ้าง ซึ่งการระเหยของสารตัวอย่างมีผลกระทบกระเทือนต่อค่า ϵ มากและจะเป็นผลทำให้ค่า ϵ ของสารแตกต่างกันออกไปด้วย

(ข) เนื่องจากว่าผิวของสารตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในท่อสั้นที่ใช้ในการวัดไม่เรียบพอ อันเนื่องมาจากความตึงผิว การวัดค่า d เราใช้เวอร์เนีย คาลิเปอร์ทำการวัดที่ตรงกึ่งกลางของท่อสั้นเท่านั้น จึงอาจเป็นสาเหตุอีกอันหนึ่งที่ทำให้ค่า ϵ แตกต่างออกไป

สำหรับในกรณีของน้ำ ได้พยายามทำการวัดโดยใช้วิธีการวัดสัมประสิทธิ์การสะท้อน เป็นจำนวนหลายครั้งหลายคราวผลที่พอจะนำมาเสนอได้คือ

f (GHz)	λ (cm)	A (DB)	ξ (cm)	d (cm)	ϵ
๔.๐๔๐๕	๔.๘๓๕	๒๒.๐๐	๒.๕๒๒	๓.๕๕๖	๖๐.๘๕
๔.๕๐๕๑	๔.๓๕๐	๒๐.๘๐	๑.๐๕๕	๓.๕๒๓	๖๑.๕๐
๔.๕๐๘๓	๔.๓๕๑	๒๑.๘๐	๑.๐๕๖	๓.๕๒๓	๖๔.๑๐

ตารางที่ ๕.๒ ค่า ϵ ของน้ำ

ค่า ϵ ของน้ำที่ความถี่ ๕ จิกะเฮิทซ์ เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปนั้นมีค่าเท่ากับ ϵ (1) จะเห็นได้ว่าค่า ϵ ของน้ำจากตารางที่ ๕.๒ มีค่าสูงเกินไป ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจจะเนื่องมาจากเหตุสองประการดังกล่าวแล้วในเบื้องต้นในเรื่องของสารตัวอย่างเอทิลีน ไกลคอล สำหรับค่า ϵ เราสามารถอ่านได้ละเอียดแค่เพียง ๐.๐๑ ช.ม. การอ่านค่า ϵ ผิดไปจะทำให้ค่า ϵ ของน้ำเปลี่ยนค่าไปได้อย่างมาก ดังจะสังเกตเห็นได้จากการคำนวณที่ให้ไว้ในตารางที่ ๕.๓ โดย

(1) Hippel, R.Von. 1961, Dielectric Materials and Applications,
The M.I.T. Press.

ใช้ค่าความถี่ $f = ๕.๐๕๐๕$ จิกะเฮิรตซ์ $\lambda = ๕.๘๘$ ซม. $d = ๓.๕๕๖$ ซม. $A = ๒๒๖๖$ และเปลี่ยนค่า ξ ไปคราวละ ๐.๐๑ ซม.

ξ (cm)	K
๒.๓๘	๓.๑๐
๒.๓๙	๑๒.๐๘
๒.๔๐	๒๔.๘๓
๒.๔๑	๔๑.๑๐
๒.๔๒	๖๐.๘๘
๒.๔๓	๘๐.๒๑
๒.๔๔	๙๓.๐๑
๒.๔๕	๖๔.๘๗

ตารางที่ ๕.๓ แสดงถึงการเปลี่ยนค่า K ของน้ำเมื่อ ξ เปลี่ยนค่าไป

ในกรณีของน้ำนี้ ได้พยายามหาวิธีที่จะวัดค่าความลึก (d) ของน้ำ โดยการชั่งแล้วคำนวณหา d ออกมา ค่า d ที่ได้จากวิธีนี้กับที่ได้จากการใช้เวอร์เนีย คาลิเปอร์วัดจะต่างกันเพียง ๐.๐๐๒ ซม. แต่การชั่งจะดีกว่าก็คือก่อนทำการวัดเราสามารถรู้ได้ว่า d เท่าไร แต่การใช้เวอร์เนีย คาลิเปอร์ยังวัดความลึกของสารตัวอย่างไม่ได้เพราะจะทำให้สกปรก จะวัดได้ก็ต่อเมื่อการทดลองได้เสร็จสิ้นแล้วเท่านั้นซึ่งอันนี้เราจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าสารตัวอย่างระเหยไปเท่าไร แต่จากการชั่งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง เราจะทราบได้ว่ามีการระเหยไปเท่าไร ซึ่งอันนี้จะทำให้ได้ค่า ξ ที่ถูกต้องดีกว่า

ในการคำนวณหาเวลาการผ่อนคลาย เพื่อที่จะได้ทราบถึงพฤติกรรมในการที่ไม่เลถูกกลับตัวสู่สภาพปกติ กรณีของเอทิลีน ไกลคอล เราเริ่มจากสมการที่ (๑.๔.๒๗) ที่ว่า

$$K' = 1 + \frac{\epsilon_0 N}{\epsilon_0 (1 + \omega^2 \tau^2)} \tag{๕.๑}$$

และเพราะว่าที่ค่าความถี่ $f = ๑๐^๘$ เฮิรตซ์ ค่า $K = ๔๑$ และที่ค่าความถี่ $f = ๓ \times ๑๐^๘$ เฮิรตซ์

ค่า $\kappa = 3.4$ (1) จากค่าความถี่และค่าของ κ ทั้งสองชุดนี้เมื่อแทนลงไปในสมการ (๕.๑) จะทำให้เราคำนวณหาค่า $\epsilon_0 N$ ได้เท่ากับ $60.2664 \epsilon_0$ และจากการวัดตามตารางที่ ๕.๑๕ โดยเฉลี่ยจะได้ความถี่ 5.69792×10^6 เฮิรตซ์ และ $\kappa = 30.65$ เมื่อแทนลงไปในสมการที่ (๕.๑) จะได้เป็น

$$30.65 - 1 = \frac{60.2664 \epsilon_0}{\epsilon_0 [1 + (2\pi \times 5.69792 \tau)^2]}$$

ซึ่งจะคำนวณหาค่าของ τ ได้ออกมาเป็น 0.25×10^{-9} วินาที หรือโดยประมาณ 6×10^{-10} วินาที จะเห็นว่าช่วงเวลาที่ไม่เลกุดกลับเข้าสู่สภาพปกติต้องใช้เวลาประมาณ 6×10^{-10} วินาที และสำหรับของน้ำมีค่าประมาณ 10^{-10} วินาที ซึ่งจากเวลาการผ่อนคลายของเอทิลีน ไกลคอลกับของน้ำก็พอที่จะบอกได้ว่าความหนืดและความหนาแน่นของเอทิลีน ไกลคอลมีค่ามากกว่าของน้ำ การระเหยจึงช้ากว่า ค่า κ ที่วัดได้จึงมีค่าใกล้เคียงกันดังแสดงไว้ตามตารางที่ ๕.๑๕

ในการวิจัยที่ใช้เครื่องมือของบริษัทฟิลิปส์ โคลสตรอนโมเดล PM 7011 X พบว่าช่วงของความถี่ที่พอจะใช้ทำการวัดได้คือมีช่วงประมาณ ๔.๕ ถึง ๕ จิกะเฮิรตซ์ ซึ่งมีช่วงแคบถึงแม้ว่าจะเป็นช่วงของแถบเอ็กซีก็ตาม ความแม่นยำของเครื่องวัดความถี่อยู่ในช่วง ๐.๐๓% และในการอ่านเราอ่านได้ละเอียดถึง ± 0.2 MHz ความละเอียดของแอนเทนนาเอเตอร์อยู่ในช่วง ± 0.2 dB ความเสถียรของความถี่อยู่ในขั้นไม่ดี กล่าวคือเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมากในการเดินเครื่องช่วงแรกๆและค่อยๆคงที่ขึ้นหลังจากเปิดเครื่องมือไปได้ประมาณ ๓๐ นาที ทั้งนี้เนื่องมาจากการขยายตัวของหลอดโคลสตรอน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพบว่ามี ความบกพร่องในระบบบางอย่างของตัวป้อนกำลัง (POWER SUPPLY) ซึ่งป้อนให้แก่โคลสตรอน ในระหว่างการทดลองเครื่องป้อนกำลังเกิดชำรุดใช้การไม่ได้ถึง ๕ ครั้ง และในตอนช่วงจะสุดท้ายของการวิจัยโคลสตรอนก็ชำรุดอีก ต้องไปขอยืมจากที่อื่นมาใช้ในการทดลองจึงสำเร็จ เนื่องจากเวลาของการวิจัยมีจำกัด จึงได้หยุดการวิจัยเอาไว้เพียงเท่าที่ได้ เสนอผลงานไปแล้วตามข้างต้น

(1) Hippel, R.Von. 1961, Dielectric Materials and Applications,
The M.I.T. Press.