

Helmholtz Coils

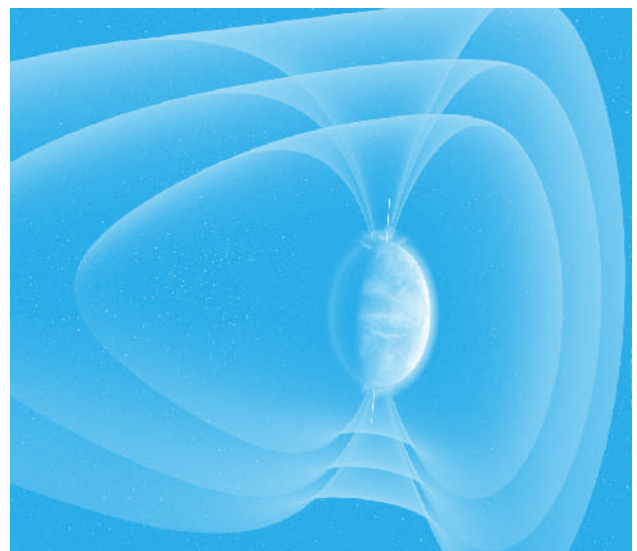
สำหรับสอบเทียบเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก

ต่อ จากฉบับที่แล้ว

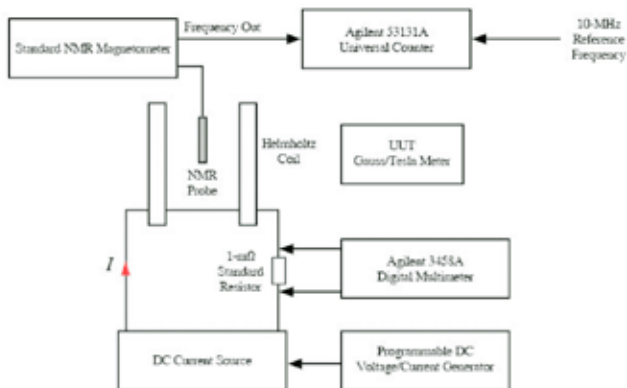
● Determination of Coil Constant

สิ่งที่ต้องคำนึงสูงสุดในระบบสอบเทียบ คือ ค่าความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty) สำหรับระบบสอบเทียบเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กนี้ค่าความไม่แน่นอนในการวัดส่วนใหญ่แล้วมาจากค่าคงที่ของตัว Helmholtz Coils เพื่อให้ได้ความไม่แน่นอนในการวัดที่มีค่าต่ำ เราจึงใช้ NMR Magnetometer ที่ถือว่าเป็น Primary Standard ดังรูปที่ 4 โดยหลักการทำงาน NMR Magnetometer จะป้อนสัญญาณความถี่คลื่นวิทยุเพื่อให้โปรตอนในสารตัวอย่างที่บรรจุในหัววัดเกิดเรโซแนนซ์ ความถี่เรโซแนนซ์ที่เกิดขึ้นจะถูกวัดโดย Universal Counter เทียบกับความถี่มาตรฐาน $10\text{MHz} \pm 2 \times 10^{-13}$ จาก Atomic Cesium clock สนามแม่เหล็กใน Helmholtz Coils สามารถคำนวณได้จากความถี่เรโซแนนซ์ (ω) และค่า γ Gyromagnetic ratio ของโปรตอน γ_p เท่ากับ 2.675222099×10^8 ซึ่งเป็นค่ากลางที่แนะนำโดย Committee on Data for Science and Technology (CODATA) [5] ดังนี้

$$B_{std} = \frac{\omega}{\gamma_p} \quad (3)$$



ขนาดของสนามแม่เหล็กที่วัดโดย NMR Magnetometer เป็นที่ยอมรับกันในสากลว่าเป็นค่ามาตรฐานเพราะคำนวณมาจากค่าคงที่ทางฟิสิกส์ γ_p หลังจากทราบ สนามแม่เหล็กมาตรฐานแล้ว ค่าคงที่ของ Helmholtz Coils สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (2)

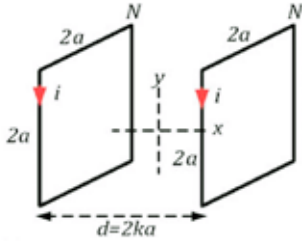


รูปที่ 4 การหาค่าคงที่ของ Helmholtz Coils โดยใช้ NMR Magnetometer

● Improvement of Field Uniformity in Helmholtz Coils

ความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็กใน Helmholtz Coils สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยใช้การพันขดลวดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือ Square Helmholtz Coil [6] ดังรูปที่ 5 ซึ่งขดลวดแต่ละด้านจะมีความยาวเท่ากับ $2a$ และระยะห่างของขดลวด d จะมีค่าเท่ากับ $2ka$

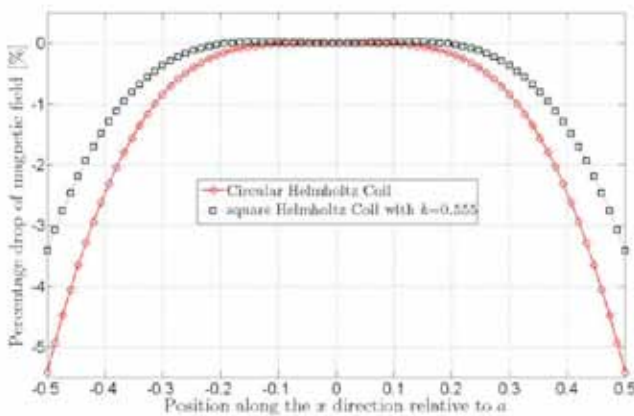
$$B_x(x,0) = \frac{2}{\pi} NIa^2 \left(\frac{1}{(a^2 + (x+ka)^2) \sqrt{(2a^2+(x+ka)^2)}} + \frac{1}{(a^2 + (x-ka)^2) \sqrt{(2a^2+(x-ka)^2)}} \right) \quad (4)$$



รูปที่ 5 แผนภาพแสดง Square Helmholtz Coil [6]

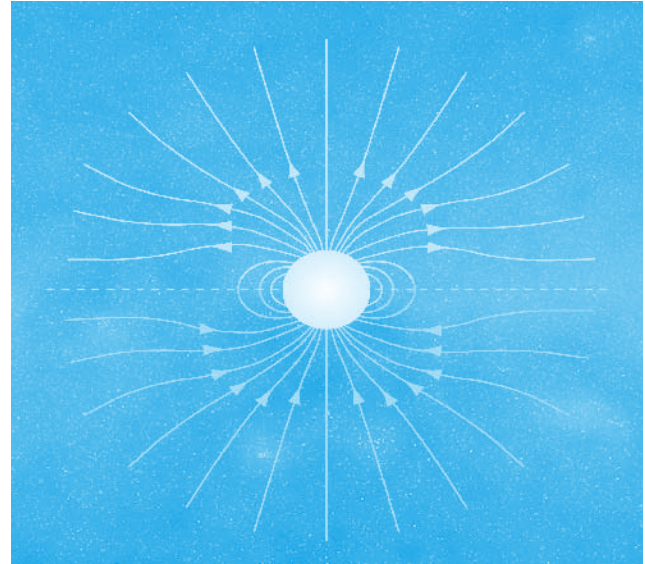
โดยค่า k ที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น ที่ k=0.555 ความสม่ำเสมอสนามแม่เหล็กของ Square Helmholtz Coil ละเอียดกว่า Circular Helmholtz Coil ประมาณ 2 เท่าดังแสดงในรูปที่ 6 แต่อย่างไรก็ตามความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลางของ Square Helmholtz Coil มีเล็กน้อยเมื่อเทียบกับ Circular Helmholtz Coil ตัวอย่างเช่น ที่ k=0.555 สนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลางของ Square Helmholtz Coil สามารถคำนวณโดยการแทน x=0 และ k=0.555 ในสมการที่ (4) จะได้

$$B_{std} = \mu_0 \frac{0.64073NI}{a} \quad (5)$$




รูปที่ 6 ความเข้มสนามแม่เหล็กในแนวแกน x ของ Circular Helmholtz Coil กับ Square Helmholtz Coil

จากสมการที่ (4) และ (5) จะเห็นได้ว่าการเลือกระยะ a, d และ k ที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ตัวอย่างเช่น Square Helmholtz Coil ที่ a=7.5 cm, k=0.555 และขดลวดมีจำนวนรอบเท่ากับ Helm-



holtz Coil ที่ติดตั้ง ณ ห้องปฏิบัติการแม่เหล็กไฟฟ้า จะสามารถสร้างสนามแม่เหล็กประมาณ 53 mT โดยใช้กระแสเท่าเดิมและยังคงมีความสม่ำเสมอเท่าเดิม

● Summary

Helmholtz Coil มีความเหมาะสมในการสร้างสนามแม่เหล็กมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องมือวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก เช่น Gauss/Teslameter เพราะสนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นแปรผันโดยตรงกับกระแสซึ่งสามารถสอบกลับไปยังหน่วยวัดในระบบ SI ได้ นอกจากนี้ Helmholtz Coil ยังมี Accessibility ที่ดี ทำให้สามารถใช้ได้กับหัววัดแบบ Axial และ Transverse ข้อควรคำนึงที่สำคัญในการใช้ Helmholtz Coil คือ พื้นที่ที่มีความสม่ำเสมอของสนามแม่เหล็ก (Field Uniformity) ต้องที่ขนาดใหญ่กว่าหัววัด ซึ่งสามารถปรับปรุงได้โดยใช้ Square Helmholtz Coil 

ที่มา: จากวารสาร Metrology info Vol.13, No. 64 สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ