

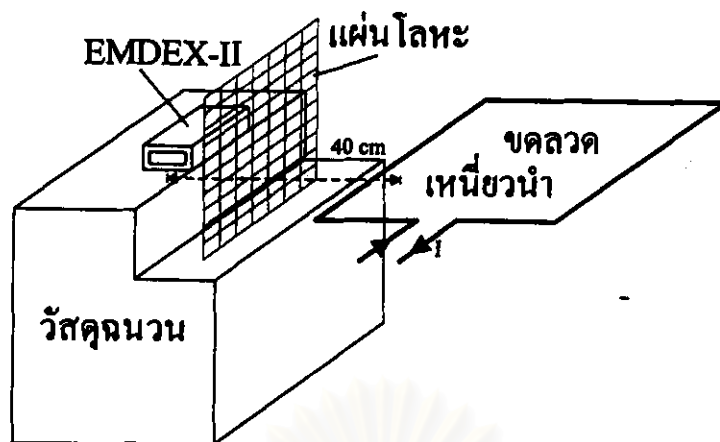
บทที่ 5

การป้องกันหรือลดทอนค่าสนามแม่เหล็กที่มารบกวนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จากผลการทดลองในบทที่ 3 และ 4 พบว่า สนามไฟฟ้าไม่มีผลกระทบต่อจอคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้การป้องกันสนามไฟฟ้ายังสามารถทำได้ง่ายโดยการออกแบบระบบกราวด์ที่ดี และเครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ที่มีกล่องเป็นโลหะต่อลงกราวด์ ทำให้สามารถตัดปัญหาที่เกิดจากสนามไฟฟ้าออกไปได้ สนามแม่เหล็กมีผลรบกวนต่อเครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์มากกว่า จึงจำเป็นต้องหาวิธีการป้องกันสนามแม่เหล็ก เพื่อให้เครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆสามารถทำงานได้อย่างปกติ วิธีการป้องกันได้แก่ การชิลด์ ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.4 มี 2 วิธี วิธีแรกคือ Flux Shunting โดยการใช้อโลหะที่มีค่าเปอร์มีบิลิตีสูง มาวางกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กกับตัวรับสัญญาณ ในที่นี้คือเครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเบี่ยงเบนให้เส้นฟลักซ์แม่เหล็กจากแหล่งกำเนิดเข้ามาไหลในเนื้อโลหะอีกวิธีหนึ่งได้แก่ Eddy Current คือการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาหักล้างกับสนามแม่เหล็กที่เข้ามา รบกวน โดยใช้โลหะที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูงๆมาวางกั้นล้อมรอบ(ครบวงจร)ตัวรับสัญญาณ เพื่อให้สนามแม่เหล็กที่แพร่ผ่านผนังโลหะเหนี่ยวนำกระแส Eddy Current ขึ้นมาไหลวนในโลหะ ซึ่งกระแส Eddy Current ดังกล่าวนี้อาจสร้างสนามแม่เหล็กส่วนหนึ่งขึ้นมาหักล้าง ทั้งนี้และทั้งนั้นการจกวางโลหะดังกล่าวนี้จะต้องขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่แพร่เข้ามาด้วย ในที่นี้จะเลือกใช้วิธีแรก ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมกันและง่ายต่อการจัดการ

5.1 การศึกษาคุณสมบัติการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของโลหะชนิดต่างๆ

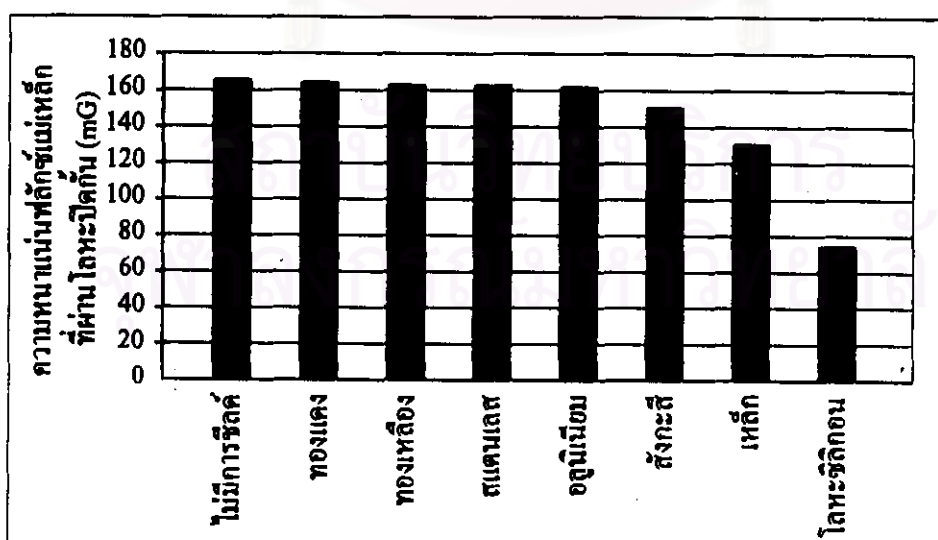
การป้องกันหรือลดทอนค่าสนามแม่เหล็กในที่นี้จะใช้การชิลด์ด้วยวิธี Flux shunting ซึ่งจะต้องหาโลหะที่มีคุณสมบัติการปิดกั้นสนามแม่เหล็ก นั่นก็คือโลหะที่มีค่าเปอร์มีบิลิตีสูงนั่นเอง เพื่อหาโลหะที่เหมาะสมมาทำเป็นชิลด์ การศึกษาในส่วนนี้ได้ใช้ขดลวดเหนี่ยวนำและทำการทดลองโดยใช้โลหะชนิดต่างๆ มากั้นระหว่างเครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กกับขดลวดเหนี่ยวนำ ซึ่งโลหะแต่ละชนิดจะมีขนาด 35x35 ซม.เท่ากัน การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ จะกระทำดังรูปที่ 5.1 และเมื่อได้นำโลหะหลายๆชนิด ซึ่งสามารถหาได้ในท้องตลาด ได้แก่ ทองแดง อลูมิเนียม สังกะสี สแตนเลส ทองเหลือง เหล็ก และโลหะชิลิกอน มาทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติการปิดกั้นสนามแม่เหล็ก ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งสามารถเขียนเป็นกราฟเปรียบเทียบได้ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.1 การศึกษาคุณสมบัติการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของโลหะชนิดต่างๆ

ตารางที่ 5.1 ผลการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของโลหะชนิดต่างๆ

โลหะ (ความหนา mm.)	B ก่อนการชิลด์ (mG)	B หลังการชิลด์ (mG)
ทองแดง (0.3)	165	164.2
สังกะสี (0.3)	165	152.2
สแตนเลส (0.3)	165	163
อลูมิเนียม (0.4)	165	162.6
ทองเหลือง (0.3)	165	163
เหล็ก (0.8)	165	136.8
โลหะชิลิกอน (0.3)	165	76



รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของโลหะชนิดต่างๆ

จากผลการทดสอบคุณสมบัติการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของโลหะชนิดต่างๆ ในรูปที่ 5.2 พบว่าโลหะซิลิกอนซึ่งหนา 0.3 มม. สามารถปิดกั้นสนามแม่เหล็กได้ประมาณครึ่งหนึ่งของสนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นก่อนการติดตั้ง ซึ่งปิดกั้นได้มากกว่าโลหะชนิดอื่น ที่เป็นเช่นนี้เพราะโลหะซิลิกอนเป็นโลหะที่มีค่าเปอร์มิบิลิตีสูงที่สุดในบรรดาโลหะที่นำมาทดลอง

5.2 การศึกษาคุณสมบัติการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของโลหะซิลิกอน (Silicon steel)

จากผลการศึกษาในหัวข้อที่ 5.1 โลหะซิลิกอนมีคุณสมบัติทางแม่เหล็กซึ่งสามารถปิดกั้นสนามแม่เหล็กไว้ได้ในระดับหนึ่ง ในหัวข้อนี้จึงได้ทดลองหาคุณสมบัติการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของโลหะซิลิกอน โดยแบ่งการศึกษออกเป็น 2 ส่วน คือ

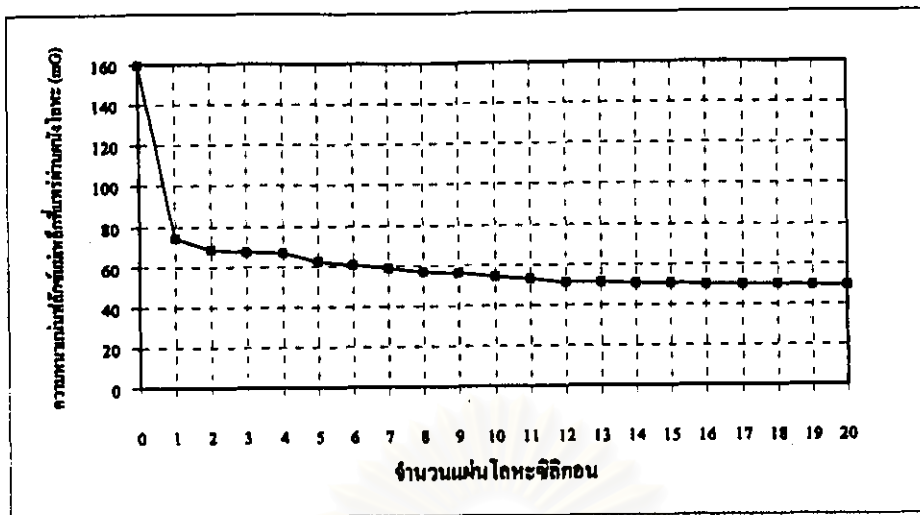
- 1) การปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้โลหะซิลิกอนกันเพียงด้านเดียว
- 2) การปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้กล่องโลหะซิลิกอน

5.2.1 การปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้โลหะซิลิกอนกันเพียงด้านเดียว

การศึกษจะทำเช่นเดียวกันกับในหัวข้อที่ 5.1 โดยติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆดังแสดงในรูปที่ 5.1 แต่เพิ่มจำนวนแผ่นโลหะซิลิกอนทีละแผ่นวางซ้อนติดกัน ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5.2 และสามารถเขียนกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.2 ผลการปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้โลหะซิลิกอนกันเพียงด้านเดียว

จำนวนแผ่นโลหะซิลิกอน	ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านโลหะซิลิกอน (mG)	จำนวนแผ่นโลหะซิลิกอน	ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านโลหะซิลิกอน (mG)
0	159.4	11	52.8
1	74.2	12	51.2
2	68.2	13	50.8
3	67.4	14	50.6
4	66.6	15	50.3
5	62.4	16	50.0
6	60.4	17	49.8
7	58.4	18	49.6
8	56.6	19	49.4
9	56.0	20	49.3
10	54.0		

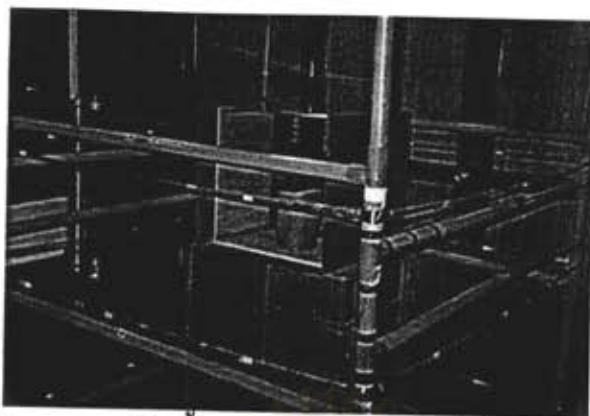


รูปที่ 5.3 ผลการปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้โลหะชิลิกอนกันเพียงด้านเดียว

จากผลการศึกษาการปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้โลหะชิลิกอนกันเพียงด้านเดียวของอุปกรณ์ทดสอบ พบว่าโลหะชิลิกอนแผ่นแรกเพียงแผ่นเดียวสามารถปิดกั้นสนามแม่เหล็กที่มาจากด้านหน้าได้มาก เมื่อเพิ่มจำนวนแผ่นโลหะชิลิกอน ซึ่งก็เปรียบเสมือนการเพิ่มความหนาของโลหะชิลิกอนให้มากขึ้น ก็สามารถปิดกั้นสนามแม่เหล็กได้มากขึ้นด้วย แต่เนื่องจากสนามแม่เหล็กที่มาจากด้านหน้าส่วนใหญ่ถูกปิดกั้นโดยโลหะชิลิกอนแผ่นแรกไว้แล้ว โลหะแผ่นต่อไปจึงสามารถลดทอนสนามแม่เหล็กลงได้อีกเพียงไม่มาก และเมื่อเพิ่มจำนวนชั้นของโลหะชิลิกอนไปเรื่อยๆ ปริมาณสนามแม่เหล็กที่ลดลงเริ่มที่จะคงที่ คือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กมีแนวโน้มว่าจะลดลงจนถึงค่าๆ หนึ่ง ซึ่งจะไม่ลดลงไปมากกว่านั้น ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าสนามแม่เหล็กส่วนที่เหลืออยู่นี้เป็นสนามแม่เหล็กส่วนที่แพร่ข้ามโลหะเข้าหาอุปกรณ์ทดสอบทางด้านบนหรือด้านล่างซึ่งไม่มีการปิดกั้นสนามแม่เหล็กไว้

5.2.2 การปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้กล่องโลหะชิลิกอน

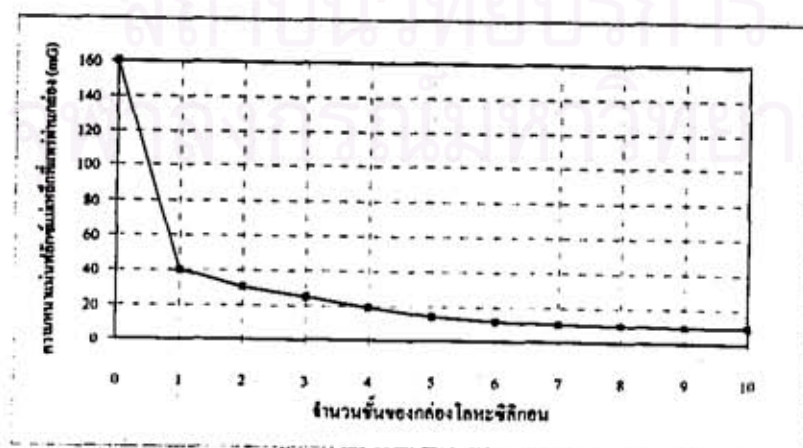
การศึกษาได้นำโลหะชิลิกอนมาพับเป็นกล่องสี่เหลี่ยมดังรูปที่ 5.4 ขนาด 35x35x35 ซม. โดยใช้ขดลวด Helmholtz coil เป็นแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็ก การทดลองได้เริ่มที่การสร้างสนามแม่เหล็กขนาดความหนาแน่น 160 mG และติดตั้งอุปกรณ์ดังในรูปที่ 5.4 ภายในขดลวด Helmholtz coil ตรงตำแหน่งกึ่งกลางขดลวด โดยได้ติดตั้งกล่องโลหะชิลิกอนที่ละชั้นซ้อนติดกัน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.3 และสามารถเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.4 การทดสอบการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของกล่องโลหะชิลิกอนทีละชั้น

ตารางที่ 5.3 ผลการปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้กล่องโลหะชิลิกอน

จำนวนชั้นของกล่องโลหะชิลิกอน	ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านกล่องโลหะชิลิกอน (mG)
0	160.0
1	40.0
2	30.8
3	24.8
4	19.4
5	14.2
6	12.0
7	10.8
8	9.8
9	9.4
10	9.2

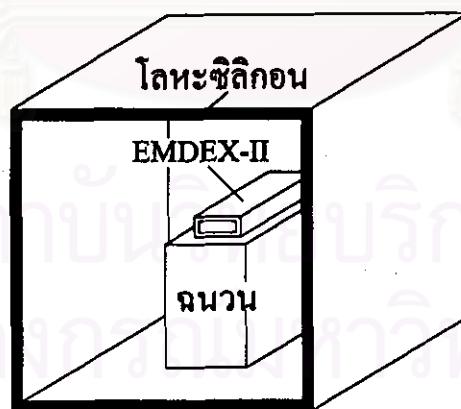


รูปที่ 5.5 ผลการปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้กล่องโลหะชิลิกอน

จากรูปที่ 5.5 ซึ่งแสดงผลการศึกษาการปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้กล่องโลหะชิลิกอน พบว่าได้ผลในลักษณะเดียวกันกับการปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยใช้โลหะชิลิกอนกันเพียงด้านเดียว คือ ชั้นแรกจะสามารถปิดกั้นสนามแม่เหล็กได้มาก เมื่อเพิ่มจำนวนชั้นของกล่องโลหะชิลิกอน ก็สามารถปิดกั้นสนามแม่เหล็กได้มากขึ้น สนามแม่เหล็กที่สามารถแพร่ผ่านไปยังเครื่องวัด EMDEX-II มีปริมาณลดลง แต่เนื่องจากสนามแม่เหล็กส่วนใหญ่ที่เข้ามาทางด้านผนังโลหะถูกปิดกั้นโดยชั้นแรกไว้เกือบหมดแล้ว เมื่อเพิ่มจำนวนชั้นของกล่องโลหะชิลิกอนไปเรื่อยๆ ปริมาณสนามแม่เหล็กที่ลดลงเริ่มที่จะคงที่ ก็เนื่องมาจากสนามแม่เหล็กส่วนที่เหลืออยู่นี้เป็นสนามแม่เหล็กส่วนที่แพร่เข้าหาอุปกรณ์ทดสอบทางด้านช่องที่เปิดอยู่ ซึ่งถึงจะเพิ่มจำนวนชั้นโลหะชิลิกอนมากเท่าใด ปริมาณสนามแม่เหล็กที่เข้ามาทางช่องเปิดก็ยังเท่าเดิม อย่างไรก็ตามการปิดกั้นสนามแม่เหล็กโดยทำเป็นกล่องสามารถปิดกั้นสนามแม่เหล็กได้มากกว่าการใช้โลหะชิลิกอนปิดกั้นเพียงด้านเดียว เมื่อเทียบกันชั้นต่อชั้น

5.3 การหาประสิทธิภาพของการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของกล่องชนิดที่ทำจากโลหะชิลิกอน

การศึกษาคูสมบัติการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของโลหะชิลิกอนในหัวข้อที่ 5.2 กับความสัมพันธ์ในรูปที่ 5.5 พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนชั้นของกล่องชนิดเคิน 8 ชั้น ปริมาณสนามแม่เหล็กที่ลดลงเริ่มที่จะคงที่ และมีประสิทธิภาพการปิดกั้นสนามแม่เหล็กเท่ากับ $20 \log \left[\frac{160}{9.8} \right] = 24.26 \text{ dB}$ ซึ่งใกล้เคียงกับกล่องชนิดของต่างประเทศ ดังนั้นจึงสร้างกล่องชนิด [21] ดังแสดงในรูปที่ 5.6 โดยใช้แผ่นโลหะชิลิกอน 8 ชั้นหนาชั้นละ 0.3 มม.

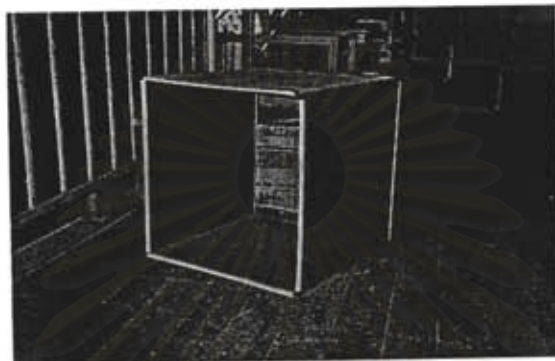


รูปที่ 5.6 ลักษณะของกล่องชนิดที่สร้างขึ้นเอง

เมื่อสร้างกล่องชนิดเสร็จแล้วจำเป็นต้องทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของกล่องชนิด โดยการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กก่อนและหลังการชิลด์

เริ่มแรกใช้ EMDEX-II วัดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่ตำแหน่งกึ่งกลางของขดลวด Helmholtz coil ก่อนการติดตั้งกล่องซีลด์ โดยป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดตั้งแต่ 0.1 ถึง 1 A จากนั้นติดตั้งกล่องซีลด์ภายในขดลวด Helmholtz coil และมี EMDEX-II วัดค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กอยู่ตรงจุดกึ่งกลางภายในกล่องซีลด์ ณ ตำแหน่งเดียวกันกับก่อนการติดตั้งกล่องซีลด์ ดังในรูปที่ 5.6

กล่องซีลด์ที่สร้างขึ้นมีขนาด 60×60×60 ซม. และมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 5.7 ได้สร้างขึ้นมา 2 กล่อง โดยใช้โลหะซีลด์กอนต่างเกรด คือ M-2 (ซีลด์กอน 3.5%) และ M-5 (ซีลด์กอน 3.75%)



รูปที่ 5.7 กล่องซีลด์ที่ทำการสร้าง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการซีลด์แต่ละกล่องได้แสดงในตารางที่ 5.4 และสามารถแสดงผลการลดทอนสนามแม่เหล็กและประสิทธิภาพการซีลด์ได้ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.8 และ 5.9 ตามลำดับ

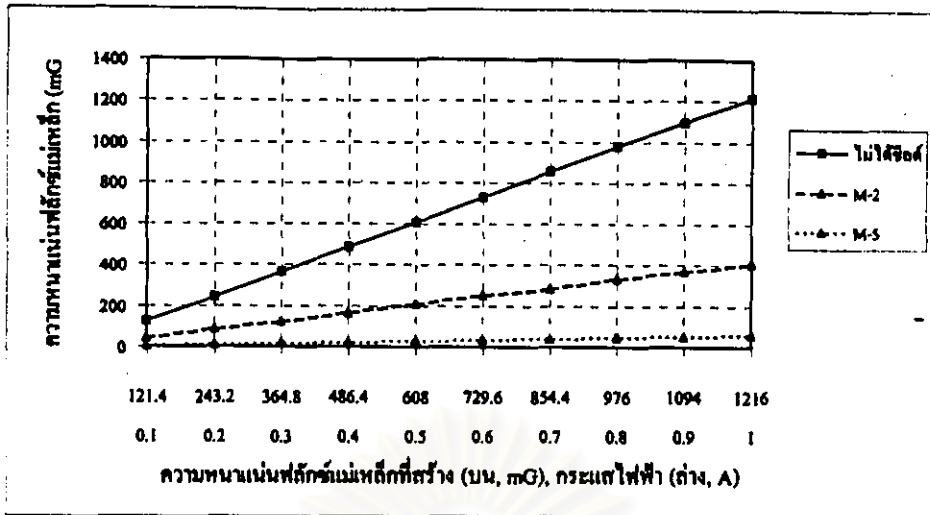
ตารางที่ 5.4 ประสิทธิภาพการซีลด์ของกล่องซีลด์แต่ละกล่อง

I (A)	B (U, mG)	กล่องที่ 1		กล่องที่ 2	
		B (S, mG)	SE	B (S, mG)	SE
0.1	121.4	42.6	9.1	5.9	26.27
0.2	243.2	85.4	9.09	10.0	27.72
0.3	364.8	125.2	9.29	17.4	26.43
0.4	486.4	167.6	9.25	24.4	25.99
0.5	608.0	208.4	9.3	31.4	25.74
0.6	729.6	251.0	9.27	37.8	25.71
0.7	854.4	286.2	9.5	44.4	25.69
0.8	976.0	331.8	9.37	50.6	25.71
0.9	1094.0	373.4	9.34	57.4	25.60
1.0	1216.0	410.6	9.43	63	25.71

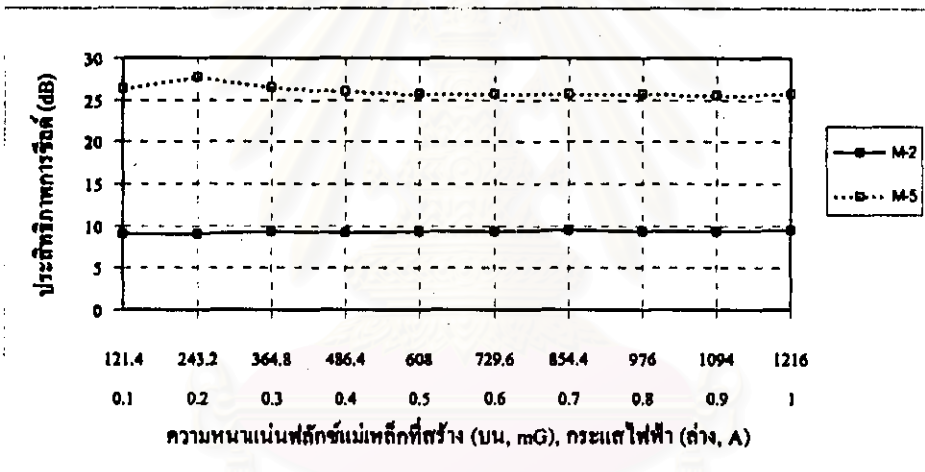
หมายเหตุ U คือ Unshielded

S คือ Shielded

SE คือ Shielding Effectiveness (สมการที่ 2.12)



รูปที่ 5.8 ความสามารถในการลดทอนสนามแม่เหล็กของกล่องชนิดแต่ละกล่อง
 M-2 เป็นกล่องชนิดที่ทำด้วยโลหะชิลิกอน 3.5 %
 M-5 เป็นกล่องชนิดที่ทำด้วยโลหะชิลิกอน 3.75 %



รูปที่ 5.9 ประสิทธิภาพการชิลด์ของกล่องชนิดแต่ละกล่อง

จากรูปที่ 5.8 กล่อง Shield1 ซึ่งทำจากโลหะชิลิกอนเกรด M-2 สามารถลดทอนสนามแม่เหล็กได้ประมาณ 3 เท่า เทียบเป็นประสิทธิภาพการชิลด์ประมาณ 9 dB ดังแสดงในรูปที่ 5.9 ส่วนกล่อง Shield2 ที่ทำจากโลหะชิลิกอนเกรด M-5 สามารถลดทอนสนามแม่เหล็กได้ประมาณ 20 เท่า หรือเทียบเป็นประสิทธิภาพการชิลด์ประมาณ 27 dB

จากผลการทดลองในรูปที่ 5.8 และ 5.9 พบว่ากล่องชนิดที่ได้สร้างขึ้นนี้สามารถลดทอนสนามแม่เหล็กได้ประมาณ 20 เท่า หรือ 27 dB จึงได้ลองนำมาทดสอบเพื่อป้องกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จริงๆ ตามปกติแล้วเมื่อไม่มีกล่องชนิด ตัวเลขและตัวอักษรบนหน้าจอคอมพิวเตอร์จะเริ่มสั่นเมื่ออยู่ในความหนาแน่นพลังจลน์แม่เหล็กประมาณ 10 mG และสั่นมากขึ้นเมื่อความหนาแน่นพลังจลน์แม่เหล็กมีค่ามากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 ตัวเลขและตัวอักษรบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ต้นเมื่อถูกรบกวน โดยสนามแม่เหล็ก

เมื่อติดตั้งกล่องชิลด์ให้กับคอมพิวเตอร์ และติดตั้งในขดลวด Helmholtz coil ดังรูปที่ 5.11 ป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก แล้วดูผลการปิดกั้นสนามแม่เหล็กของกล่องชิลด์



รูปที่ 5.11 การติดตั้งจอคอมพิวเตอร์ในกล่องชิลด์

จากการทดลองปรากฏว่าต้องสร้างสนามแม่เหล็กขนาดความหนาแน่นถึง 125 mG จึงจะทำให้ตัวเลขและตัวอักษรบนหน้าจอคอมพิวเตอร์เริ่มต้น ดังนั้นกล่องชิลด์ที่สร้างขึ้นจึงสามารถปิดกั้นสนามแม่เหล็กได้ในระดับหนึ่ง