

สารบัญ

คำนิยม

คำนำ

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1	ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก.....	1
1.1	ความหมายของเทอร์โมอิเล็กทริก.....	1
1.2	ปรากฏการณ์ซีเบก.....	2
1.3	ปรากฏการณ์เพลเทียร์.....	4
1.4	ปรากฏการณ์ทอมสัน.....	6
1.5	ความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก.....	7
1.6	ปรากฏการณ์แม่เหล็กจากความร้อน.....	9
บทที่ 2	วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก.....	13
2.1	ความหมายของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก.....	13
2.2	หลักการและทฤษฎีของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก.....	13
2.3	ชนิดของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก.....	17
2.4	การวิเคราะห์วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกชนิดพีและเอ็น.....	18
2.5	วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกกลุ่มโลหะ กึ่งตัวนำ และฉนวน.....	21
2.6	ตัวอย่างวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกในปัจจุบัน.....	27
บทที่ 3	การสังเคราะห์วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก.....	39
3.1	วิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง.....	39
3.2	วิธีพอลิเมอร์เชิงซ้อน.....	43
3.3	วิธีซอลเจล.....	48
3.4	วิธีตกตะกอนร่วม.....	53
3.5	วิธีตกเคลือบด้วยไอเคมี.....	55
3.6	วิธีเผาผนึกแบบสปาร์กพลาสมา.....	56

	หน้า
3.7 วิธีโซนรีฟนิ่งและวิธีบริดจ์แมน	60
3.8 วิธีโซคลาสกี	65
3.9 วิธีไฮโดรเทอร์มัล	68
3.10 วิธีซิงโครตรอนคอมเพล็กซ์	72
3.11 วิธีตกเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	74
3.12 วิธีการอัดร้อน	76
3.13 วิธีการอัดรีดร้อน	77
บทที่ 4 การวัดสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก	81
4.1 สมบัติวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก	81
4.2 การวัดสภาพนำไฟฟ้าและสภาพต้านทานไฟฟ้า	84
4.3 การวัดสัมประสิทธิ์ซีเบก	89
4.4 การวัดสภาพนำความร้อน	94
4.5 เครื่องมือวัดสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกของพอลล์	101
4.6 การวิเคราะห์สมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก	104
บทที่ 5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก	123
5.1 เทอร์โมอิเล็กทริกเซลล์	123
5.2 เทอร์โมอิเล็กทริกมอดูล	124
5.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก	125
5.4 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก	128
5.5 การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก	133
5.6 ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกและการประยุกต์ใช้งาน	139
บทที่ 6 เครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก	149
6.1 หลักการทำความเย็นและปั๊มความร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก	150
6.2 สมรรถนะการทำความเย็น	152
6.3 การจำลองเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	161

6.4 การทำความเย็นตามปรากฏการณ์เพลเทียร์และความเย็นชั่วขณะ.....168

6.5 การวิเคราะห์เครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก.....172

6.6 ตัวอย่างเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกและการประยุกต์ใช้งาน.....176

ตัวอย่างปฏิบัติการ..... 187

ปฏิบัติการที่ 1 การสังเคราะห์วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก.....189

ปฏิบัติการที่ 2 การวัดสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก.....199

ปฏิบัติการที่ 3 การประดิษฐ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก.....209

ปฏิบัติการที่ 4 การประดิษฐ์เครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก.....217

บรรณานุกรม 221

ดัชนี..... 233

๖.1 ความหมายของเทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริก (TE) เป็นปรากฏการณ์ที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสามารถแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าได้โดยตรง โดยไม่ต้องใช้ชิ้นส่วนเคลื่อนที่หรือสารทำความเย็น

ปรากฏการณ์นี้ถูกค้นพบโดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ เซอร์ เจมส์คลาร์ก แมกซ์เวลล์ ในปี ค.ศ. 1834 เขาได้สังเกตเห็นว่าเมื่อให้ความร้อนแก่สายกึ่งตัวนำที่เชื่อมต่อกัน จะเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้น

ในปัจจุบัน เทอร์โมอิเล็กทริกถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายๆด้าน เช่น การผลิตพลังงานในอวกาศ การทำความเย็นในทางการแพทย์ และการใช้เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ

การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ โดยวัสดุที่ดีควรมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคสูง ค่าการนำไฟฟ้าต่ำ และค่าการนำความร้อนต่ำ

วัสดุที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ Bi₂Te₃ และ PbTe ซึ่งสามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง

อย่างไรก็ตาม เทอร์โมอิเล็กทริกยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น ประสิทธิภาพที่ต่ำเมื่อเทียบกับเครื่องทำความเย็นแบบอัดแก๊ส และต้นทุนการผลิตที่สูง

แม้กระนั้น การวิจัยและพัฒนาในด้านนี้ยังคงดำเนินต่อไป เพื่อค้นหาวัสดุใหม่ๆ และปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกให้ดียิ่งขึ้น

ดัชนี

A		Broad band semiconductor	
Absorbed heat		สารกึ่งตัวนำประเภทแถบกว้าง	25
การดูดกลืนความร้อน	123	Boltzmann's constant	
Aerogel แอโรเจล	49	ค่าคงตัวของโบลต์ซมันน์	82
Acrylic glass แก้วอะคริลิก	99	Bose-Einstein โบส-ไอน์สไตน์	117
Ag-foil แผ่นบางโลหะเงิน	141	Boundary condition เงื่อนไขขอบเขต	163
$Ag_{0.86}Pb_{18}SbTe_{20}$		Bridgman บริดจ์แมน	39
ซิลเวอร์เลดแอนติโมนีเทลลูไรด์	29		
$AgPb_{18}SbTe_{20}$		C	
ซิลเวอร์เลดแอนติโมนีเทลลูเรียม	71	$Ca_3Co_4O_9$ (Ca-349), $Ca_9Co_{12}O_{27}$,	
Al_2O_3 อะลูมิเนียมออกไซด์	30	$CaCoO$, $P-Ca_3Co_4O_9$,	
		แคลเซียมโคบอลต์ออกไซด์	20, 27,
			35, 48
B		Calorimetric หน่วยวัดปริมาณ	
Back electromotive force		ความร้อน	30
แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ	3	$CaCuO_2$ แคลเซียมคอปเปอร์	
$Ba_8Ga_{16}Ge_{30}$		ออกไซด์	37
แบเรียมแกดเลียมเจอร์เมเนียม	66	$CaMnO_3$ แคลเซียมแมงกานีส	
Ball milling การบดผสมแบบลูกบอล	39	ออกไซด์	20, 35
$BaSrPbO_3$ แบเรียม		$Ca_{1-x}Sm_xMnO_3$, $Ca_{0.96}Sm_{0.04}MnO_3$	
สตรอนเทียมเลดออกไซด์	27	แคลเซียมซาแมเรียม	
$Bi_2Ca_{2.4}Co_2O_y$ บิสมัทแคลเซียม		แมงกานีสออกไซด์	55
โคบอลต์ออกไซด์	53	Cd_3TeO_6 แคดเมียมเทลลูเรียม	
$Bi_2(Te, Se)_3$ บิสมัทแอนติโมนี		ออกไซด์	27
เทลลูเรียมซีลีเนียม	12, 25	Chemical vapor deposition, CVD	
Bi_2Se_3 บิสมัทซีลีไนด์	25	การตกเคลือบด้วยไอเคมี	39
Bi_2Te_3 บิสมัทเทลลูไรด์	25		

Citric acid complex, CAC		Density of state	
ซิตริกเอซิดคอมเพล็กซ์	39	ความหนาแน่นสถานะ	19
Coefficient of performance, COP		Differential scanning calorimeter,	
สัมประสิทธิ์สมรรถนะ	134, 152, 153,	DSC การส่องกราดผลต่างปริมาณ	
	155, 156, 157, 158, 160, 164,	ความร้อน	35
	165, 175	Dimensionless figure of merit	
Cold end ปลายด้านเย็น	3	โดเมนชั้นเลสพิเกอร์	
Compressor คอมเพรสเซอร์	168, 178, 179	ออฟเมอริท	16, 26, 28, 33, 53,
Conduction band แถบนำ	107, 108		74, 81, 82
Continuity of electric charge		Dispersed phase เฟสที่กระจาย	49
การไหลของประจุไฟฟ้า	161	Dispersion medium	
Conversion efficiency		ตัวกลางทำกระจาย	49
ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า	127, 128,	Displace atom อะตอมอยู่ผิดที่	29
	139, 132	Distribution function	
Co ₂ O ₃ , Co ₃ CO ₄ โคบอลต์ออกไซด์	40	ฟังก์ชันการกระจาย	108
Copper-constantan thermocouple		Donor ผู้ให้	29
คอปเปอร์คอนสแตนแทน		d orbital ออร์บิทัลดี	30
เทอร์มोकัปเปิล	90, 91	Drift velocity ความเร็วลอยเลื่อน	110
Co-precipitation		Dulong and Petit law	
การตกตะกอนร่วม	39	กฎดูลองและเปอตี	30
CoO โคบอลต์ออกไซด์	30		
Correction factors ปัจจัยการตัดสรร	86	E	
Coulomb interaction energy, U		Efficiency quotient of a perfect	
พลังงานอันตรกิริยาคูลอมบ์	31	Carnot engine ประสิทธิภาพผลหาร	
Czochralski โชคลาสกี	39	ของเครื่องกลคาร์โนต์สมบูรณ์	16
		Electrical conductivity	
D		สภาพนำไฟฟ้า	84
Debye's theory ทฤษฎีของเดบาย	117	Electric discharge spark	
		การสปาร์กดีสชาร์จของประจุ	58

Electrochemical deposition		G	
ตกเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี	39	Gamma function ฟังก์ชันแกมมา	113
Electron อิเล็กตรอน	2	Generalized gradient approximation, GGA	
Electro plastic effect		การประมาณเกรเดียนต์ทั่วไป	31
ปรากฏการณ์อิเล็กโทรพลาสติก	58	Glyceride กลีเซอไรด์	99
Energy gap ช่องว่างพลังงาน	23	Glycerin กลีเซอริน	61
Entropy เอนโทรปี	15	Gradient temperature	
Etting-Shausen coefficient		อุณหภูมิเกรเดียนต์	3
สัมประสิทธิ์เอทิง-ชาร์ยูเซน	10	Grease ไขมันสัตว์	99
Etting-Shausen effect			
ปรากฏการณ์เอทิง-ชาร์ยูเซน	9	H	
Extra atom อะตอมแปลกปลอม	29	Hall effect ปรากฏการณ์ฮอลล์	9
Extrinsic semiconductor		Heat flow equation	
สารกึ่งตัวนำนอกตัว	65	สมการการไหลของความร้อน	161
		Heisenberg model	
F		แบบจำลองของไฮเซนเบิร์ก	30
FeO ไอรอนออกไซด์	31	High temperature thermoelectric material วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก	
Fermi-Dirac integral		ที่อุณหภูมิสูง	27
แฟร์มี-ดิแรกอินทิกรัล	111	Hole โฮล	12
Fermi distribution function		Hot end ปลายด้านร้อน	3
ฟังก์ชันการแจกแจงของแฟร์มี	105	Hot extrusion การอัดรีดร้อน	39
Fermi level ระดับแฟร์มี	82	Hot press อัดร้อน	39
Figure of merit ฟิเจอร์ออฟเมอริท	13	Hydrothermal ไฮโดรเทอร์มัล	39
Forbidden gap ช่องว่างหวงห้าม	23	Hydrothermal hot press, HHP	
Fourier's law กฎฟูรีเยร์	138	อัดร้อนไฮโดรเทอร์มัล	43
Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR ฟูเรียร์ทรานส- ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	35		
Four-point probes ขั้วไฟฟ้าสี่จุด	84		

I		$Mg_2Si_{1-x}Sn_x$ แมกนีเซียมซิลิโคน	
Ideal crystal	ผลึกในอุดมคติ	29	ไซยาไนด์ 77
Ionic bond	พันธะไอออนิก	29	Mg_2Sn แมกนีเซียมสแทนไนต์ 61
Isochoric system	ระบบที่ปริมาตรคงตัว	30	Missing atom อะตอมขาดหายไป 29
J			MnO แมงกานีสออกไซด์ 31
Joule heat	ความร้อนของจุล	138	Mobility สภาพเคลื่อนที่ได้ 24
Joule-Lenz	จูล-เลนซ์	14	MoO_3 โมลิบดีนัมไตรออกไซด์ 34
Junction	รอยต่อ	14	Multi couple หลายคู่ 150
L			N
Lattice parameter	ตัวประกอบแลตทิซ	30	NaCl โซเดียมคลอไรด์ 30
Localized high temperature	ความร้อนสูงเฉพาะจุด	58	$Na_xCo_2O_4$ โซเดียมโคบอลออกไซด์ 27, 69, 72, 73, 74
Lorenz number	เลขโลเรนตซ์	17	(Na, Li)NiO โซเดียม, ลิเทียมนิกเกิลออกไซด์ 27
M			$Na_xNi_{x/2}Ti_{1-x/2}O_2$ โซเดียมนิกเกิลไทเทเนียมออกไซด์ 27
Mechanical alloying	การผสมโลหะเชิงกล	40	Nanocomposite
Mechanical pressure	การให้แรงอัดเชิงกล	58	สารประกอบเชิงซ้อนระดับนาโน 27
Metal oxide semiconductor	สารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์	27	-Nanostructure โครงสร้างระดับนาโน 27
$MgAl_2O_4$	แมกนีเซียมอะลูมิเนียมออกไซด์	30	Nanowire เส้นใยระดับนาโน 27
MgO	แมกนีเซียมออกไซด์	30	$Na_{0.95}Pb_{20}SbTe_{22}$ โซเดียมเลดแอนติโมนีเทลลูไรด์ 29
			Nb_2O_5 ไทโนโอเปียมเพนตะออกไซด์ 34
			Nernst coefficient สัมประสิทธิ์เนินสท์ 9
			Nernst effect ปฏิกิริยาการเนินสท์ 9
			NiO นิกเกิลออกไซด์ 30
			$Na_xCa_{1-y}Ni_yO_2$ โซเดียมแคลเซียม
			นิกเกิลออกไซด์ 74

n-type ชนิดเอ็น	3	Puling method วิธีการดึง	65
n-type impurity สารเจือชนิดเอ็น	65	Pulse current กระแสไฟฟ้าแบบ เปิดปิดเป็นจังหวะ	58
O		Q	
Octahedral รูปทรงแปดเหลี่ยม	37	Quantum dot ควอนตัมดอต	27
P		R	
p-type ชนิดพี	3	Rate of reversible heat absorption อัตราของการดูดซับความร้อน	
p-type impurity สารเจือชนิดพี	65	แบบกลับได้	4
p-n junction รอยต่อพี-เอ็น	123	Relaxation time เวลาผ่อนคลาย	114
PbTe เลดเทลลูไรด์	12, 25, 35, 36	Released heat ระบายความร้อน	123
Peltier coefficient สัมประสิทธิ์เพลเทียร์	4	Reversing switch การสับสวิตช์	94
Peltier effect ปรากฏการณ์เพลเทียร์	4	RF induction heating coil ขดลวดเหนี่ยวนำความร้อน ด้วยคลื่นวิทยุ	65
Perovskite เพอโรฟสไกท์	45	RF Plasma อาร์เอฟพลาสมา	35
Phonon โฟนอน	2	Righi-Leduc coefficient สัมประสิทธิ์ริกไฮ-ลีดัก	10
Phonon drag effect ปรากฏการณ์ ดึงโฟนอน	119	Righi-Leduc effect ปรากฏการณ์ริกไฮ-ลีดัก	10
Plasma generation การเกิดพลาสมา	58	S	
Point defect ความไม่สมบูรณ์เป็นจุด	30	Saturation effect ปรากฏการณ์อิ่มตัว	120
Polyacrylamide gel พอลิอะคริลาไมด์เจล	47	Sb ₂ Se ₃ แอนติโมนีเซลีไนด์	25
Polyaniline พอลิอะนิไลน์	74, 75	Sb ₂ Te ₃ แอนติโมนีเทลลูไรด์	25
Polymerized complex, PC พอลิเมอร์เชิงซ้อน	39		
Power factor ตัวประกอบกำลัง	25		
Preform พรีฟอร์ม	55		
Positive hole หลุมบวก	107		

Seebeck coefficient		Superconductor ตัวนำยวดยิ่ง	8
สัมประสิทธิ์ซีเบก	3, 7, 8, 14, 22, 23,	Substrate ซับสเตรต	130, 142, 143, 144,
	24, 25, 32, 43, 46, 58, 52, 55, 59, 64,		145, 146
	67, 71, 73, 75, 77, 82, 83, 84, 89, 90,	Superlattice ซูเปอร์แลตทิซ	37
	91, 92, 93, 94, 102, 111, 112, 120		
Seebeck effect		T	
ปรากฏการณ์ซีเบก	1	Thermal conductance	
Seebeck voltage		ความนำความร้อน	132
ความต่างศักย์ไฟฟ้าซีเบก	3	Thermal conductivity	
SeGe ซีลีเนียมเจอร์เมเนียม	12	สภาพนำความร้อน	94, 95, 96, 98,
Si-Ge ซิลิคอน-เจอร์เมเนียม	25		99, 100
Si ₃ N ₄ ซิลิคอนไนไตรด์	55	Therm diffusivity	
Single couple คู่เดี่ยว	150	การกระจายความร้อน	97, 98
Sintering การเผาผนึก	40, 41, 42	Thermo-gravimetric analysis,	
Si(OC ₂ H ₅) ₄ เทตระเอทิลโทซิลิเกต	49	TGA วิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากความร้อน	35
SiO ₂ ซิลิคอนไดออกไซด์	49	Thermoelectric เทอร์โมอิเล็กทริก	1
Semi-rigid-solid ของเหลวแข็ง		Thermoelectric cell	
กึ่งเหลว	49	เทอร์โมอิเล็กทริกเซลล์	123
Sol-gel ซอลเจล	39, 48	Thermoelectric module	
Solid state reaction, SSR		เทอร์โมอิเล็กทริกมอดูล	124
ปฏิกิริยาสถานะของแข็ง	39, 42	Thermoelectric materials	
Solvothermal โซลโวเทอร์มัล	39, 68	วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก	1, 13
Spacing factor, g		Thermoelectric refrigeration	
ปริภูมิตัวประกอบ	136	การทำความเย็นแบบ	
Spark plasma sintering, SPS		เทอร์โมอิเล็กทริก	4
เผาผนึกสปาร์กพลาสมา	39, 56	Thermogalvanomagnetic effect	
SrTiO ₃ สตรอนเทียมไทเทเนต	45	ปรากฏการณ์การผันแม่เหล็ก	
Summerfield's theory		จากความร้อน	9
ทฤษฎีซัมเมอร์ฟิลด์	105		

Thermopower กำลังความร้อน	7	Vapor phase axial deposition	
Thomson coefficient		การใช้แก๊สสองชนิดพ่นเข้าไปใน	
สัมประสิทธิ์ทอมสัน	7	แนวแกนที่ต่างกัน	55
Thomson effect		Vienna ab initio simulation	
ปรากฏการณ์ทอมสัน	1, 6	package เวียนนา แอป อินิทิโอ	31
TiO ₂ ไทเทเนียมออกไซด์	34		
Transmission electron microscopy,		W	
TEM กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน		Wiedemann-Franz law	
แบบส่องผ่าน	35	กฎของไวเดอแมนน์-ฟรานซ์	112
Transport coefficient			
สัมประสิทธิ์การขนส่ง	111	X	
Transport integral ผลรวมการขนส่ง	111	Xerogel ซีโรเจล	49
		X-ray diffraction	
U		การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์	30
Ultra rapid quenching			
การทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว	40	Z	
Umkehr effect		Zeta potential ศักย์ซีตา	35
ปรากฏการณ์อัมเคอร์	9	Zn _{1-x} Bi _x O ชิงก์บิสมัทออกไซด์	35
		Zn _{1-x} Al _x O ₂ ชิงก์อะลูมิเนียมออกไซด์	27
V		ZnO ชิงก์ออกไซด์	32, 33, 34
Vacancy defect ทำให้เกิดช่องว่าง	30	(ZnO) ₅ In ₂ O ₃ ชิงก์อินเดียมออกไซด์	27
Valence band แถบเวเลนซ์	107	Zone refining โซนรีไฟนิง	39
Van der Waals แวนเดอร์วาลส์	88, 89		

ซื้อ
11 ก.อ. 58

BSTI DEPT. OF SCIENCE SERVICE
สำนักหอสมุดฯ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



1110015822

ทศวรรษ สีตะวัน

เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ / ทศวรรษ สีตะวัน

1. เทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์

537.65

ISBN 978-974-03-3338-8

สพจ. 1914



สรรคุดเกล้าวิชาการ ผู้สังคม
www.ChulaPress.com
Knowledge to All

เลขหมู่ 537.65
ท 239
2558
เลขทะเบียน 20150
วันที่ 11 ก.ย. 2558

116052

ลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 1,000 เล่ม พ.ศ. 2558

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น

ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้จัดจำหน่าย ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สาขา

ศาลาพระเกี้ยว โทร. 0-2218-7000-3 โทรสาร 0-2255-4441

สยามสแควร์ โทร. 0-2218-9881-2 โทรสาร 0-2254-9495

ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-4 โทรสาร 0-5526-0165

ม.เทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา โทร. 0-4421-6131-4 โทรสาร 0-4421-6135

ม.บูรพา จ.ชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9 โทรสาร 0-3839-3239

โรงเรียนนายร้อย จปร. จ.นครนายก โทร. 0-3739-3023 โทรสาร 0-3739-3023

ม.พะเยา จ.พะเยา โทร. 0-5446-6799-800 โทรสาร 0-5446-6798

จัตุรัสจามจุรี (CHAMCHURI SQUARE) ชั้น 4 โทร. 0-2160-5301-2 โทรสาร 0-2160-5304

รัตนานิเบศร์ (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9 โทรสาร 0-2950-5405

Call Center (จัดส่งทั่วประเทศ) โทร. 0-2255-4433 <http://www.chulabook.com>

และเครือข่าย

ร้านค้า, หนังสือเข้าชั้นเรียน ติดต่อแผนกขายส่ง สาขารัตนานิเบศร์ (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9

โทรสาร 0-2950-5405

กองบรรณาธิการ : จุฑามาศ ตั้งจิตพิชัย

พิสูจน์อักษร : ปุณณิสา บุญเปี่ยม

ออกแบบปกและรูปเล่ม : ชวินทร์ นามมุงคุณ

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [5806-125] โทร. 0 2218 3549-50 โทรสาร 0 2218 3551

<http://www.cuprint.chula.ac.th>

✓ 1 2

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี