รายการอ้างอิง

1. Ashar, K.G. , Magnetic Disk Drive Technology . The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, New York, 1997.

2. Mallinson, J.C. Magneto-Resistive Heads . Academic Press, Inc., New York, 1996.

3. d'Heurle, F.M., and Ho, P.S. Thin Films; Interactions and Reactions. In J.M. Poate; K.N. Tu; and J.W. Mayer (eds.), Electromigration in Thin Flims, pp. 243-304. Wiley Interscience, 1978.

4. Tang, P.F. Electromigration and Electronic Device Degradation. In A. Cristou (ed.), Simulation and Computer Models for Electromigration, pp. 27-72. John Wiley & Sons, Inc., 1994.

5. Ghate, P.B. Electromigration Induced Failures in VLSI Interconections. 6 th International Symposium on the Physical & Failure Analysis of Intergrated Circuit (1997): 1-37.

6. Tobias, P., and Tridade, D. Applied Reliability. Van Nostrand Reinhold , 2nd Edition , 1995.

7. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และจันทนาจันทโร. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

8. Graham, J., and Yang, J. Hard Disk Drive Reliability. A Quantum Coporation white paper, March 1996.

9. Venables, J.D., and Lye, R.G. A Statistical Model for EM Induced Failure in Thin Film conductors. 10th IRPS Symp. Proceedings (1972) : 159.

10. Gangulee, A., and d'Heurle, F.M. Electromigration and diffusion in Ni - Fe thin films. Japan J. Appl. Phys. Suppl 2 (1974) : 625-627.

11. Song, S. Electro-Migration test for Design A. Read-Rite Coporation Internal Report. (Mimeographed)

12. อาริต ธรรมโน และ ชีรัช ทองจิตติ. การตรวจสอบการผลิตแผงวงจรรวม. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ. 12 (กรกฎาคม-กันยายน 2541) : 64-68.

13. ประสงค์ ศรีเจริญชัย. Energy Dispersive Spectrometer [EDS]. วารสารโลหะ วัสดุ และแร่ . : 13-34 (อัดสำเนา).

14. Guo, Y., and Ju, K. An Analytical Thermal Model For MR Heads. IEEE Transactions on Magnetics. 33 (September 1997) : 2914-2916.

15. Jander, A.; Brug, J.; Nickel J.; and Indeck, R. A Model for Predicting Heating of Magnetoresistive Heads. IEEE Transactions on Magnetics. 32 (September 1996) : 3392-3394.

16. Giusti, F.H.; Fernadez-de-Castro, J.; and Mowry, G.S. Design of High Density Dual Stripe MR Heads Using a Thermal Tranmission Line Model. IEEE Transactions on Magnetics.33, (September 1997):2914-2916.

17. Zolla, H.G. Thermal and Electrical Reliability of Dual-Stripe MR Heads. IEEE Transactions on Magnetics. 33 (September 1997): 2914-2916.

18. สมชาย ทองเต็ม. วัสดุศาสตร์ 301 . เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2536.

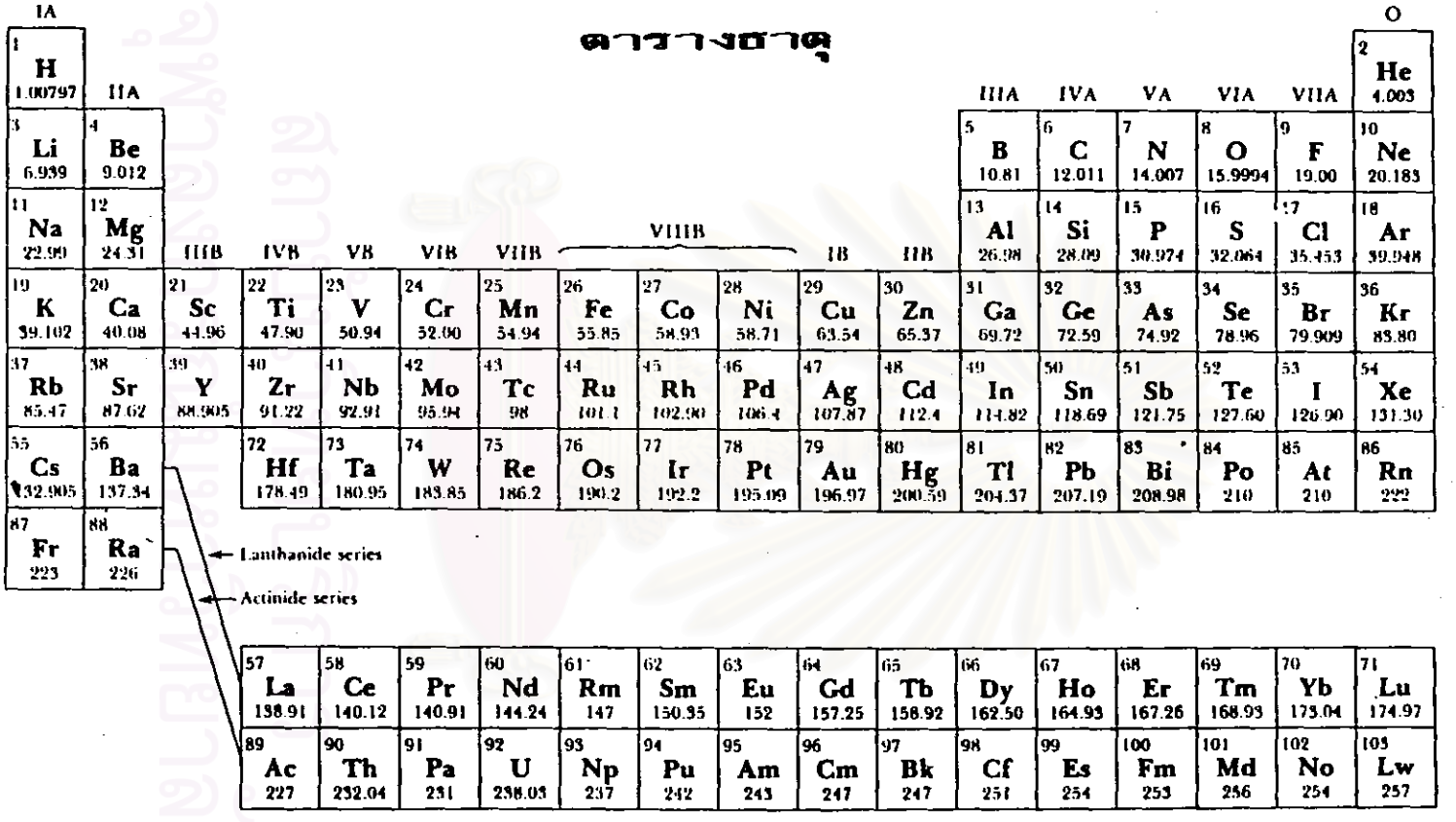
19. Supsermpol, K.; Jantapatad, C.; Chuchut, V.; and Thompson, J. Electron Microscopy Study of Magneto-Resistive Recording Heads. The Sixteenth Annual Conferrence of the Electron Microscopy Society of Thailand, pp. 22-23. December 17-18, 1998. Kasetsart University, Bangkok.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางธาตุ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ก. แสดงตาร

ภาคผนวก ข

ค่าต่าง ๆ ทางเคมีและฟิสิกส์ของธาตุบางชนิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Element	Symbol	Atomic number	Atomic weight	Orbitals			Melting point, °C	Density (solid), g/cm³	Crystal structure, 20°C	Approx. atomic radius, Å †	Valence (most common)	Approx. ionic radius Å ‡
				1*s*								
Hydrogen	H	1	1.0078	1			−259.14	—	—	0.46	1+	Very small
Helium	He	2	4.003	2			−272.2	—	—	1.76	Inert	—
				2*s*	2*p*							
Lithium	Li	3	6.94	He +	1		180	0.534	bcc	1.519	1+	0.68
Beryllium	Be	4	9.01	He +	2		1289	1.85	hcp	1.14	2+	0.35
Boron	B	5	10.81	He +	2	1	2103	2.34	—	0.46	3+	~0.25
Carbon	C	6	12.011	He +	2	2	> 3500	2.25	hex	0.71	—	—
Nitrogen	N	7	14.007	He +	2	3	−210	—	—	0.71	3−	—
Oxygen	O	8	15.999	He +	2	4	−218.4	—	—	0.60	2−	1.40
Fluorine	F	9	19.00	He +	2	5	−220	—	—	0.6	1−	1.33
Neon	Ne	10	20.18	He +	2	6	−248.7	—	fcc	1.60	Inert	—
				3*s*	3*p*							
Sodium	Na	11	22.99	Ne +	1		97.8	0.97	bcc	1.857	1+	0.97
Magnesium	Mg	12	24.31	Ne +	2		649	1.74	hcp	1.61	2+	0.66
Aluminum	Al	13	26.98	Ne +	2	1	660.4	2.70	fcc	1.4315	3+	0.51
Silicon	Si	14	28.09	Ne +	2	2	1414	2.33	•	1.176	4+	0.42
Phosphorus	P	15	30.97	Ne +	2	3	44	1.8	—	1.1	5+	~0.35
Sulfur	S	16	32.06	Ne +	2	4	112.8	2.07	—	1.06	2−	1.84
Chlorine	Cl	17	35.45	Ne +	2	5	−101	—	—	0.905	1−	1.81
Argon	Ar	18	39.95	Ne +	2	6	−189.2	—	fcc	1.92	Inert	—

ตารางที่ ช. แสดงค่าต่าง ๆ ทางเคมีและฟิสิกส์ของธาตุบางชนิด [18]

Element	Symbol	Atomic number	Atomic weight	Orbitals				Melting point, °C	Density (solid), g/cm³	Crystal structure, 20°C	Approx. atomic radius, Å †	Valence (most common)	Approx. ionic radius Å ‡
					3d	*4s*	*4p*						
Potassium	K	19	39.10	Ar +		1		63	0.86	bcc	2.312	1+	1.33
Calcium	Ca	20	40.08	Ar +		2		840	1.54	fcc	1.969	2+	0.99
Titanium	Ti	22	47.90	Ar +	2	2		1672	4.51	hcp	1.46	4+	0.68
Chromium	Cr	24	52.00	Ar +	5	1		1863	7.20	bcc	1.249	3+	0.63
Manganese	Mn	25	54.94	Ar +	5	2		1246	7.2	—	1.12	2+	0.80
Iron	Fe	26	55.85	Ar +	6	2		1538	7.86	bcc	1.241	2+	0.74
										fcc	1.269	3+	0.64
Cobalt	Co	27	58.93	Ar +	7	2		1494	8.9	hcp	1.25	2+	0.72
Nickel	Ni	28	58.71	Ar +	8	2		1455	8.90	fcc	1.246	2+	0.69
Copper	Cu	29	63.54	Ar +	10	1		1084.5	8.92	fcc	1.278	1+	0.96
Zinc	Zn	30	65.37	Ar +	10	2		419.6	7.14	hcp	1.39	2+	0.74
Germanium	Ge	32	72.59	Ar +	10	2	2	937	5.35	*	1.224	4+	—
Arsenic	As	33	74.92	Ar +	10	2	3	~809	5.73	—	1.25	3+	—
Krypton	Kr	36	83.80	Ar +	10	2	6	−157	—	fcc	2.01	Inert	—
					4d	*5s*	*5p*						
Silver	Ag	47	107.87	Kr +	10	1		961.9	10.5	fcc	1.444	1+	1.26
Tin	Sn	50	118.69	Kr +	10	2	2	232	7.3	bct	1.509	4+	0.71
Antimony	Sb	51	121.75	Kr +	10	2	3	630.7	6.7	—	1.452	5+	—
Iodine	I	53	126.9	Kr +	10	2	5	114	4.93	ortho	1.35	1−	2.20
Xenon	Xe	54	131.3	Kr +	10	2	6	−112	2.7	fcc	2.21	Inert	—
					4f	*5d*	*6s*						
Cesium	Cs	55	132.9	Xe +			1	28.4	1.9	bcc	2.62	1+	1.67
Tungsten	W	74	183.9	Xe +	14	4	2	3387	19.4	bcc	1.367	4+	0.70
Gold	Au	79	197.0	Xe +	14	10	1	1064.4	19.32	fcc	1.441	1+	1.37
Mercury	Hg	80	200.6	Xe +	14	10	2	−38.86	—	—	1.55	2+	1.10
Lead	Pb	82	207.2	Hg +	$6p^2$			327.5	11.34	fcc	1.750	2+	1.20
Uranium	U	92	238.0	Rn +	$5f^3$	*6d*	$7s^2$	1133	19	—	1.38	4+	0.97

* Diamond cubic

† One-half of closest approach of two atoms in the elemental solid. For noncubic structures, the average interatomic distance is given; e.g., in hcp, the atom is slightly ellipsoidal.

‡ Radii for CN = 6. ($0.97\ R_{CN=8} \approx R_{CN=6} \approx 1.1\ R_{CN=4}$.) Patterned after Ahrens.

ตารางที่ ข. แสดงค่าต่าง ๆ ทางเคมีและฟิสิกส์ของธาตุบางชนิด (ต่อ)

ภาคผนวก ค

ค่าคงที่ทางฟิสิกส์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Quantity	*Symbol*	*SI Units*	*cgs Units*
Avogadro's number	N_O	6.023×10^{23} molecules/mole	6.023×10^{23} molecules/mole
Boltzmann's constant	k	1.38×10^{-23} J/atom• K	1.38×10^{-16} erg/atom• K 8.62×10^{-5} eV/atom• K
Bohr magneton	β	9.27×10^{-24} A•m^2	9.27×10^{-21} erg/gauss[a]
Electron charge	e	1.602×10^{-19} C	4.8×10^{-10} statcoulomb[b]
Electron mass	—	9.11×10^{-31} kg	9.11×10^{-28} g
Gas constant	R	8.31 J/mole• K	1.987 cal/mole•°K
Permeability of a vacuum	μ_0	1.257×10^{-6} henry/m	unity[a]
Permittivity of a vacuum	ϵ_0	8.85×10^{-12} farad/m	unity[b]
Planck's constant	h	6.63×10^{-34} J•s	6.63×10^{-27} erg•s 4.13×10^{-15} eV•s
Velocity of light in a vacuum	c	3×10^8 m/s	3×10^{10} cm/s

[a]In cgs-emu units.
[b]In cgs-esu units.

ตารางที่ ค. แสดงค่าคงที่ทางฟิสิกส์ [18]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

แสดงค่าที่ใช้แปลงหน่วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1 ampere	= 1 C/s
1 angstrom	= 10^{-8} cm
	= 3.937... × 10^{-9} inch
	= 10^{-10} m
1 amu	= 1.66... × 10^{-24} g
1 Btu	= 1.055... × 10^{3} J
1 Btu/°F	= 1.899... × 10^{3} J/°C
1 Btu·inch /ft^2·s·°F	= 0.519... × 10^{3} J·m/(m^2·s·°C)
1 Btu/ft^2	= 11.3... × 10^{3} J/m^2
1 calorie	= 4.18... J
1 centimeter	= 10^{-2} m
	= 0.3937... inch
1 coulomb	= 1 A·s
1 cubic centimeter	= 0.0610... inch^3
1 cubic inch	= 16.3... × 10^{-6} m^3
1°C difference	= 1.8 °F
1 electron volt	= 0.160... × 10^{-18} J
1°F difference	= 0.555... °C
1 foot	= 0 3048... m
1 foot·pound	= 1.355... J
1 gallon	= 3.78... × 10^{-3} m^3
1 gram	= 0.602... × 10^{24} amu
	= 2.20... × 10^{-3} lb
1 gram/cm^3	= 62.4... lb/ft^3
1 inch	= 0.0254... m
1 joule	= 0.947... × 10^{-3} Btu
	= 0.239... cal
	= 6.24... × 10^{18} eV
	= 0.737... ft·lb
1 joule/meter^2	= 8.80... × 10^{-5} Btu/ft^2
1 joule·m/(m^2·s·°C)	= 1.92... × 10^{-3} Btu·inch /(ft^2·s·°F)
1 kilogram	= 2.20... lb
1 meter	= 10^{10} Å
	= 3.28... ft
	= 39.37... inch
1 ohm·meter	= 39.37... Ω·inch
1 newton	= 0.224... lb
1 ohm·inch	= 0.0254... Ω·m
1 pascal	= 0.145... × 10^{-3} lb/inch^2
1 pound (force)	= 4.44... newtons
1 pound (mass)	= 0.453... kg
1 pound/foot^3	= 16.0... kg/m^3
1 pound/inch^2	= 6.89... × 10^{-3} MPa
1 watt	= 1 J/s

ตารางที่ ง. แสดงค่าที่ใช้แปลงหน่วย [18]

ประวัติผู้เขียน

นายกันตินันท์ ทรัพย์เสริมผล เกิดวันที่ 2 ตุลาคม 2508 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2532 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2539 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่บริษัทรีท-ไรท์ (ประเทศไทย) นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย