

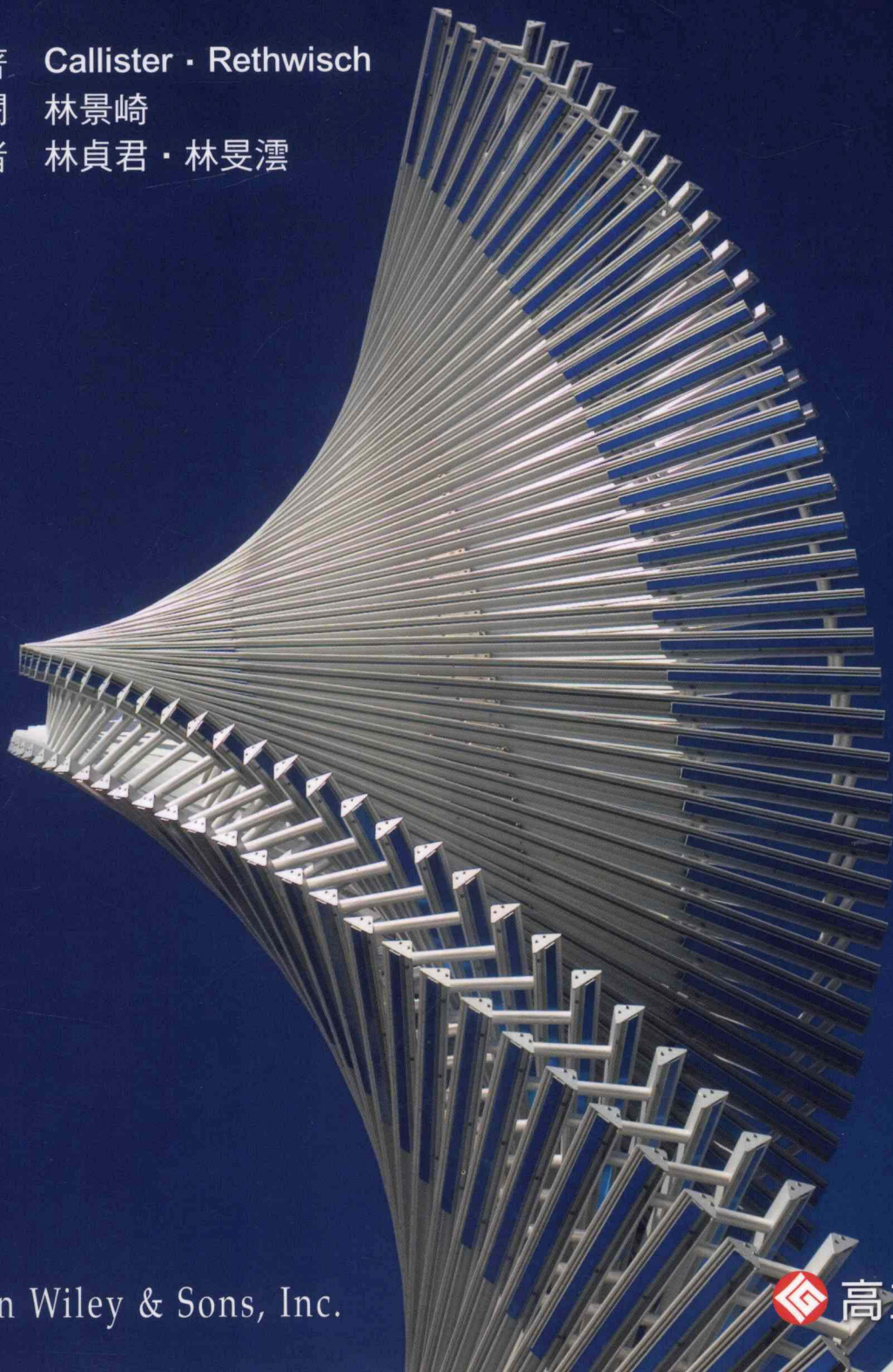
第八版


SI制

Materials Science and Engineering, 8/e

材料科學與工程導論

原著 Callister · Rethwisch
審閱 林景崎
譯者 林貞君 · 林旻灃



 John Wiley & Sons, Inc.

 高立圖書

SI制

材料科學與工程導論

Materials Science and Engineering, 8th ed.

第八版

原著 Callister · Rethwisch

審閱 林景崎

譯者 林貞君 · 林旻灃

 John Wiley & Sons

 高立圖書

材料科學與工程導論 / William D. Callister, David G. Rethwisch 原著, 林貞君、林旻灃譯, -- 初版.
新北市: 高立, 2012.09
面; 公分

譯自: Materials science and engineering, 8th ed.

ISBN 978-986-412-887-7 (平裝)

1. 材料科學 2. 工程材料

440.2

101010420

材料科學與工程導論

Materials Science and Engineering, 8th ed.

原 著 / William D. Callister • David G. Rethwisch

審 閱 / 林景崎

譯 者 / 林貞君 林旻灃

出版經理 / 陳 靖

企劃編輯 / 林士凱 林汎祺 高焜鐘 葉韋志

產品編輯 / 范僑芯 賴韋中 蘇暉婷

原出版者 / John Wiley & Sons, Inc.

出 版 者 / 高立圖書有限公司

地址: 248 新北市新北產業園區五工三路 116 巷 3 號

電話: (02)2290-0318

傳真: (02)8990-4925

網址: www.gau-lih.com.tw

郵撥帳號: 01056147

總 經 銷 高立圖書有限公司

出版日期 2012 年 9 月初版

I S B N 978-986-412-887-7

書 號 1015A42

版權所有 · 翻印必究

Copyright © 2011 John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd. All rights reserved.

AUTHORIZED TRANSLATION OF THE EDITION PUBLISHED BY JOHN WILEY & SONS, New York, Chichester, Brisbane, Singapore AND Toronto. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of John Wiley & Sons Inc. Orthodox Chinese copyright © 2012 by Gau Lih Book Co. Ltd 高立圖書有限公司 and John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd. 新加坡商約翰威立股份有限公司.

選擇性元素之特性

元素	符號	原子序	原子量 (amu)	固體密度 20°C (g/cm ³)	結晶 結構 20°C	原子 半徑 (nm)	離子 半徑 (nm)	最常見 價電子	熔點 (°C)
鋁	Al	13	26.98	2.71	FCC	0.143	0.053	3+	660.4
氬	Ar	18	39.95	—	—	—	—	惰性	-189.2
鋇	Ba	56	137.33	3.5	BCC	0.217	0.136	2+	725
鈹	Be	4	9.012	1.85	HCP	0.114	0.035	2+	1278
硼	B	5	10.81	2.34	菱方	—	0.023	3+	2300
溴	Br	35	79.90	—	—	—	0.196	1-	-7.2
鎘	Cd	48	112.41	8.65	HCP	0.149	0.095	2+	321
鈣	Ca	20	40.08	1.55	FCC	0.197	0.100	2+	839
碳	C	6	12.011	2.25	六方	0.071	~0.016	4+	(在 3367 昇華)
銫	Cs	55	132.91	1.87	BCC	0.265	0.170	1+	28.4
氯	Cl	17	35.45	—	—	—	0.181	1-	-101
鉻	Cr	24	52.00	7.19	BCC	0.125	0.063	3+	1875
鈷	Co	27	58.93	8.9	HCP	0.125	0.072	2+	1495
銅	Cu	29	63.55	8.94	FCC	0.128	0.096	1+	1085
氟	F	9	19.00	—	—	—	0.133	1-	-220
鎵	Ga	31	69.72	5.90	斜方體	0.122	0.062	3+	29.8
鍮	Ge	32	72.59	5.32	鑽石立方	0.122	0.053	4+	937
金	Au	79	196.97	19.32	FCC	0.144	0.137	1+	1064
氦	He	2	4.003	—	—	—	—	惰性	-272(在 26 大氣壓)
氫	H	1	1.008	—	—	—	0.154	1+	-259
碘	I	53	126.91	4.93	斜方體	0.136	0.220	1-	114
鐵	Fe	26	55.85	7.87	BCC	0.124	0.077	2+	1538
鉛	Pb	82	207.2	11.35	FCC	0.175	0.120	2+	327
鋰	Li	3	6.94	0.534	BCC	0.152	0.068	1+	181
鎂	Mg	12	24.31	1.74	HCP	0.160	0.072	2+	649
錳	Mn	25	54.94	7.44	立方體	0.112	0.067	2+	1244
汞	Hg	80	200.59	—	—	—	0.110	2+	-38.8
鉬	Mo	42	95.94	10.22	BCC	0.136	0.070	4+	2617
氖	Ne	10	20.18	—	—	—	—	惰性	-248.7
鎳	Ni	28	58.69	8.90	FCC	0.125	0.069	2+	1455
鈮	Nb	41	92.91	8.57	BCC	0.143	0.069	5+	2468
氮	N	7	14.007	—	—	—	0.01~0.02	5+	-209.9
氧	O	8	16.00	—	—	—	0.140	2-	-218.4
磷	P	15	30.97	1.82	斜方體	0.109	0.035	5+	44.1
鉑	Pt	78	195.08	21.45	FCC	0.139	0.080	2+	1772
鉀	K	19	39.10	0.862	BCC	0.231	0.138	1+	63
矽	Si	14	28.09	2.33	鑽石立方	0.118	0.040	4+	1410
銀	Ag	47	107.87	10.49	FCC	0.144	0.126	1+	962
鈉	Na	11	22.99	0.971	BCC	0.186	0.102	1+	98
硫	S	16	32.06	2.07	斜方體	0.106	0.184	2-	113
錫	Sn	50	118.69	7.17	正方	0.151	0.071	4+	232
鈦	Ti	22	47.88	4.51	HCP	0.145	0.068	4+	1668
鎢	W	74	183.85	19.3	BCC	0.137	0.070	4+	3410
釩	V	23	50.94	6.1	BCC	0.132	0.059	5+	1890
鋅	Zn	30	65.39	7.13	HCP	0.133	0.074	2+	420
鈳	Zr	40	91.22	6.51	HCP	0.159	0.079	4+	1852

物理常數之值

量	符號	SI 單位	cgs 單位
亞佛加厥數	N_A	6.022×10^{23} 分子/莫耳	6.022×10^{23} 分子/莫耳
波茲曼常數	k	1.38×10^{-23} J/atom · K	1.38×10^{-16} erg/atom · K 8.62×10^{-5} eV/atom · K
波爾磁子	μ_B	9.27×10^{-24} A · m ²	9.27×10^{-21} erg / gauss ^a
電荷	e	1.602×10^{-19} C	4.8×10^{-10} 靜庫侖 ^b
電子質量	—	9.11×10^{-31} kg	9.11×10^{-28} g
氣體常數	R	8.31 J/mol · K	1.987 cal/mol · K
真空磁導率	μ_0	1.257×10^{-6} henry/m	1 單位 ^a
真空介電率	ϵ_0	8.85×10^{-12} farad/m	1 單位 ^b
普朗克常數	h	6.63×10^{-34} J · s	6.63×10^{-27} erg · s 4.13×10^{-15} eV · s
在真空中之光速	c	3×10^8 m/s	9.8×10^8 ft/s

^a在 cgs-emu 單位；

^b在 cgs-esu 單位。

單位之縮寫

A = 安培	in. = 英寸	N = 牛頓
Å = 埃	J = 焦耳	mm = 十億分之一公尺
Btu = 英熱單位	K = 凱氏 (絕對) 溫度	P = 泊 (黏度單位)
C = 庫倫	kg = 公斤	Pa = 帕斯卡
°C = 攝氏溫度	lb _f = 磅 (力)	s = 秒
cal = 卡路里 (公克)	lb _m = 磅 (質量)	T = 溫度
cm = 公分	m = 公尺	μm = 百萬分之一公尺 (微米)
eV = 電子伏特	Mg = 百萬公克	W = 瓦特
°F = 華氏溫度	mm = 毫米	psi = 每平方英寸承受之一磅重
ft = 英尺	mol = 莫耳	
g = 公克	MPa = 百萬帕斯卡	

SI 倍數和次倍數之字首字

倍數之因子	字首	符號
10^9	十億	G
10^6	百萬	M
10^3	千	k
10^{-2}	百分之一 ^a	c
10^{-3}	千分之一	m
10^{-6}	百萬分之一	μ
10^{-9}	十億分之一	n
10^{-12}	兆分之一	p

^a儘可能避免。

P 譯者序

REFACE

科技的發展日新月異，近年來材料科技之長足進步更是有目共睹，因而材料科學已經成為一門顯學。工程上為了符合新產品在設計、功能與效能上之需求，經由各種嶄新製程技術發展出來的工程材料種類繁多，已經由傳統的金屬延伸至聚合物、陶瓷及複合材料，以及具有特殊功能的新材料。由於材料發展的推陳出新，大幅改善工業產品之品質與效能，因此材料科學與工程已經成為人類科技工程發展的重要基石。基於近代工程科技所使用之材料已經包羅萬象，作為現代化的專業工程師們，在開發、設計與製造新產品時，面對琳瑯滿目的各種材料，應當如何正確、有效地選用適當材料，才能達到理想產品設計之效能，已經不是輕而易舉的事了。因而，要成為一名成功的近代工程師，惟有具備材料科學與工程的基本素養，對各種材料的結構、性質、製程、性能、價格、耐用性、環保特性等有相當之瞭解，才能圓滿達成工程上的任務。

本書主旨在說明材料科學與工程的基本原理，相當於材料領域中之「材料導論」，是一本適合作為培養近代工程師所需材料專業基礎素養之教材。經過調查發現：目前國際上材料導論之基礎課程教材雖然很多，其中尤以 William D. Callister, Jr. 所著的 *Materials Science and Engineering* 屬於最暢銷的「材料導論」教材之一。此書自從出版以來，目前已更新到第 8 版，足以證明其受歡迎之程度。譯者根據原著之內容，盡量依照作者之原意，翻譯編著成一本讓台灣學生容易瞭解與閱讀的教科書，盡量使國內初學材料科學的讀者跳過語言的障礙，快速、精準地理解到材料科學與工程的基本知識，掌握材料之結構、性質、製程與效能之關係，培養出具備

適當選用材料之能力，以達成工程上之專業任務。

本書共分為 22 章，內容包含材料科學與工程的簡介（第 1 章）、原子結構與鍵結（第 2 章）、材料結構（第 3 章）、材料缺陷（第 4 章）、擴散之應用（第 5 章）、金屬機械性質（第 6 章）、性質強化機制（第 7 章）、材料之破損（第 8 章）、相圖（第 9 章）、相變化之結構與性質改變（第 10 章）、金屬合金的應用與加工（第 11 章）、陶瓷的結構與性質（第 12 章）、陶瓷的應用與加工（第 13 章）、聚合物結構（第 14 章）、聚合物的特性、應用與加工（第 15 章）、複合物（第 16 章）、材料之腐蝕與劣化（第 17 章）、電性質（第 18 章）、熱性質（第 19 章）、磁性質（第 20 章）、光學性質（第 21 章）、在材料科學與工程中的經濟、環境和社會問題（第 22 章）。綜合而言，前面第 1~11 章在奠定材料科學之基礎，後面第 12~22 章則在擴展讀者對材料種類之認識，並對各種材料所具有之特性與功能作更深入之瞭解，才能得心應手的應用該種材料。

研讀本書時，建議讀者先閱讀本書原文，遇有不懂之處再查閱本書，對照比較兩本書的內容，仔細思考，一方面將可透徹瞭解書中原意；一方面也可增進自己閱讀原文書之能力。若能常常對照閱讀思考，並好好練習書中習題，將可培養出對材料科學工程基礎領域的濃厚興趣，進而鑽研更高深的材料專業，成為新一代材料專業人才，此為譯者完成本書之最大心願。

本書由林貞君博士與林旻澧碩士共同翻譯，並經國立中央大學材料科學與工程研究所教授林景崎博士審閱完成。然而材料領域浩瀚無窮，譯者學識難免不足，書中若有疏漏與謬誤之處，敬請讀者不吝指正。

林貞君、林旻澧
謹序於 2012.09

符 號 表

List of Symbols

介紹或說明符號的節數位於小括號內。

- A = 面積
- \AA = 埃單位
- A_i = 元素 i 的原子量 (2.2)
- APF = 原子堆積因子 (3.4)
- a = 晶格常數：單位晶胞中 x 軸的長度 (3.4)
- a = 表面裂紋的裂紋長度 (8.5)
- at% = 原子百分比 (4.4)
- B = 磁通密度 (感應) (20.2)
- B_r = 殘磁 (20.7)
- BCC = 體心立方晶體結構 (3.4)
- b = 晶格常數：單位晶胞中 y 軸的長度 (3.7)
- \mathbf{b} = 布格向量 (4.5)
- C = 電容 (18.18)
- C_i = 成分 i 的濃度 (成分) 以 wt% 表示 (4.4)
- C'_i = 成分 i 的濃度 (成分) 以 at% 表示 (4.4)
- C_v, C_p = 定容、定壓之熱容量 (19.2)
- CPR = 腐蝕穿透速率 (17.3)
- CVN = 恰比 V 形凹痕 (8.6)
- %CW = 冷加工之百分比 (7.10)
- c = 晶格參數：單位晶胞中 z 軸的長度 (3.7)
- c = 真空中電磁輻射的速度 (21.2)
- D = 擴散係數 (5.3)
- D = 介電位移 (18.19)
- DP = 聚合作用角度 (14.5)
- d = 直徑
- d = 平均晶粒直徑 (7.8)
- d_{hkl} = 米勒指標為 h, k, l 平面的平面間距離 (3.16)
- E = 能量 (2.5)
- E = 彈性模數或楊氏模數 (6.3)
- \mathcal{E} = 電場強度 (18.3)
- E_f = 費米能量 (18.5)
- E_g = 帶隙能量 (18.6)
- $E_r(t)$ = 鬆弛模數 (15.4)
- %EL = 延性，以伸長百分比表示 (6.6)
- e = 每一電子的電荷 (18.7)
- e^- = 電子 (17.2)
- erf = 高斯誤差函數 (5.4)
- exp = e ，自然對數的底
- F = 力、原子間或機械力 (2.5, 6.3)
- \mathcal{F} = 法拉第常數 (17.2)

- FCC = 面心立方晶體結構 (3.4)
- G = 剪力模數 (6.3)
- H = 磁場強度 (20.2)
- H_c = 磁矯頑力 (20.7)
- HB = 勃氏硬度 (6.10)
- HCP = 六方緊密堆積晶體結構 (3.4)
- HK = 努氏硬度 (6.10)
- HRB, HRF = 洛氏硬度：B 和 F 尺度 (6.10)
- HR15N, HR45W = 表面洛氏硬度：15N 和 45W 尺度 (6.10)
- HV = 維克氏硬度 (6.10)
- h = 普朗克常數 (21.2)
- (hkl) = 一結晶學平面的米勒指標 (3.10)
- I = 電流 (18.2)
- I = 電磁輻射的強度 (21.3)
- i = 電流密度 (17.3)
- i_c = 腐蝕電流密度 (17.4)
- J = 擴散通量 (5.3)
- J = 電流密度 (18.3)
- K_c = 破裂韌性 (8.5)
- K_{Ic} = 模式 I 裂紋表面位移的平面應變破裂韌性 (8.5)
- k = 波茲曼常數 (4.2)
- k = 熱傳導率 (19.4)
- l = 長度
- l_c = 臨界纖維長度 (16.4)
- ln = 自然對數
- log = 以 10 為底的對數
- M = 磁化 (20.2)
- \overline{M}_n = 高分子數量平均分子量 (14.5)
- \overline{M}_w = 高分子之重量平均分子量 (14.5)
- mol% = 莫耳百分比
- N = 疲勞循環的數目 (8.8)
- N_A = 亞佛加厥數 (3.5)
- N_f = 疲勞壽命 (8.8)
- n = 主量子數 (2.3)
- n = 每一單位晶胞中的原子數 (3.5)
- n = 應變硬化指數 (6.7)
- n = 電化學反應中電子的數目 (17.2)
- n = 每立方米中導電子的數目 (18.7)
- n = 折射率 (21.5)
- n' = 對陶瓷而言，每一單位晶胞中分子式單位的數目 (12.2)
- n_i = 本質載體（電子與電洞）濃度 (18.10)
- P = 介電極化 (18.19)
- P-B 比 = Pilling-Bedworth 比 (17.10)
- p = 每立方米方電洞數目 (18.10)
- Q = 活化能
- Q = 儲存電荷的大小 (18.18)
- R = 原子半徑 (3.4)
- R = 氣體常數
- %RA = 延性，面積收縮百分比 (6.6)
- r = 原子間距離 (2.5)
- r = 反應速率 (17.3)
- r_A, r_C = 陰離子和陽離子的離子半徑 (12.2)
- S = 疲勞應力振幅 (8.8)
- SEM = 掃描式電子顯微鏡
- T = 溫度
- T_c = 居里溫度 (20.6)

- T_c = 超導體之臨界溫度 (20.12)
 T_g = 玻璃轉化溫度 (13.8, 15.12)
 T_m = 熔融溫度
 TEM = 穿透式電子顯微鏡
 TS = 拉伸 (抗拉) 強度 (6.6)
 t = 時間
 t_r = 斷裂壽命 (8.12)
 U_r = 彈性能模數 (6.6)
 $[uvw]$ = 結晶學方向的指標 (3.9)
 V = 電位差 (伏特) (17.2, 18.2)
 V_C = 單位晶胞之體積 (3.4)
 V_C = 腐蝕電位 (17.4)
 V_H = 霍爾電位 (18.14)
 V_i = 相 i 的體積分率 (9.8)
 v = 速度
 vol% = 體積百分比
 W_i = i 相的質量分率 (9.8)
 wt% = 重量百分比 (4.4)
 x = 長度
 x = 空間座標
 Y = 在破裂韌性表示中的無因次數或函數 (8.5)
 y = 空間座標
 z = 空間座標
 α = 晶格參數：單位晶胞 y - z 軸的夾角 (3.7)
 α, β, γ = 相的名稱
 α_l = 線性熱膨脹係數 (19.3)
 β = 晶格參數：單位晶胞 x - z 軸夾角 (3.7)
 γ = 晶格參數：單位晶胞 x - y 軸夾角 (3.7)
 γ = 剪應變 (6.2)
- Δ = 在參數有限變化之前的符號
 ϵ = 工程應變 (6.2)
 ϵ = 介電係數 (18.18)
 ϵ_r = 介電常數或相對介電係數 (18.18)
 $\dot{\epsilon}_s$ = 穩態的潛變率 (8.12)
 ϵ_T = 真實應變 (6.7)
 η = 黏度 (12.10)
 η = 過電壓 (17.4)
 θ = 布拉格繞射角 (3.16)
 θ_D = 德拜溫度 (19.2)
 λ = 電磁輻射的波長 (3.16)
 μ = 磁導率 (20.2)
 μ_B = 波爾磁子 (20.2)
 μ_r = 相對磁導率 (20.2)
 μ_e = 電子遷移率 (18.7)
 μ_h = 電洞遷移率 (18.10)
 ν = 蒲松比 (6.5)
 ν = 電磁輻射的頻率 (21.2)
 ρ = 密度 (3.5)
 ρ = 電阻率 (18.2)
 ρ_l = 裂紋尖端的曲率半徑 (8.5)
 σ = 工程應力、拉伸或壓縮 (6.2)
 σ = 導電度 (電導率) (18.3)
 σ^* = 縱向長度 (複合物) (16.5)
 σ_c = 裂紋擴展的臨界應力 (8.5)
 σ_{β} = 彎曲強度 (12.9)
 σ_m = 最大應力 (8.5)
 σ_m = 平均應力 (8.7)
 σ'_m = 複合物失效時基材的應力 (16.5)
 σ_T = 真實應力 (6.7)
 σ_w = 安全或工作應力 (6.12)
 σ_y = 降伏應力 (6.6)
 τ = 剪應力 (6.2)

τ_c = 纖維 - 基地鍵結強度 (16.4)

χ_m = 磁化率 (20.2)

τ_{crss} = 臨界分解剪應力 (7.5)

下 標

c = 複合物

i = 瞬間

cd = 不連續纖維複合物

m = 基地

cl = 縱向 (對齊的纖維複合物)

m, \max = 極大值

ct = 橫向 (對齊的纖維複合物)

\min = 極小值

f = 最後的

0 = 原有的

f = 在斷裂

0 = 在平衡時

f = 纖維

0 = 在真空中

單位轉換因子

長度

$1 \text{ m} = 10^{10} \text{ \AA}$	$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
$1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$	$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$
$1 \text{ m} = 10^6 \text{ \mu m}$	$1 \text{ \mu m} = 10^{-6} \text{ m}$
$1 \text{ m} = 10^3 \text{ mm}$	$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$
$1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm}$	$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$
$1 \text{ mm} = 0.0394 \text{ in.}$	$1 \text{ in.} = 25.4 \text{ mm}$
$1 \text{ cm} = 0.394 \text{ in.}$	$1 \text{ in.} = 2.54 \text{ cm}$
$1 \text{ m} = 3.28 \text{ ft}$	$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$

面積

$1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$	$1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$
$1 \text{ mm}^2 = 10^{-2} \text{ cm}^2$	$1 \text{ cm}^2 = 10^2 \text{ mm}^2$
$1 \text{ m}^2 = 10.76 \text{ ft}^2$	$1 \text{ ft}^2 = 0.093 \text{ m}^2$
$1 \text{ cm}^2 = 0.1550 \text{ in.}^2$	$1 \text{ in.}^2 = 6.452 \text{ cm}^2$

體積

$1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$	$1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$
$1 \text{ mm}^3 = 10^{-3} \text{ cm}^3$	$1 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ mm}^3$
$1 \text{ m}^3 = 35.32 \text{ ft}^3$	$1 \text{ ft}^3 = 0.0283 \text{ m}^3$
$1 \text{ cm}^3 = 0.0610 \text{ in.}^3$	$1 \text{ in.}^3 = 16.39 \text{ cm}^3$

質量

$1 \text{ Mg} = 10^3 \text{ kg}$	$1 \text{ kg} = 10^{-3} \text{ Mg}$
$1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$	$1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$
$1 \text{ kg} = 2.205 \text{ lb}_m$	$1 \text{ lb}_m = 0.4536 \text{ kg}$
$1 \text{ g} = 2.205 \times 10^{-3} \text{ lb}_m$	$1 \text{ lb}_m = 453.6 \text{ g}$

密度

$1 \text{ kg/m}^3 = 10^{-3} \text{ g/cm}^3$	$1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$
$1 \text{ Mg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$	$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ Mg/m}^3$
$1 \text{ kg/m}^3 = 0.0624 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$	$1 \text{ lb}_m/\text{ft}^3 = 16.02 \text{ kg/m}^3$
$1 \text{ g/cm}^3 = 62.4 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$	$1 \text{ lb}_m/\text{ft}^3 = 1.602 \times 10^{-2} \text{ g/cm}^3$
$1 \text{ g/cm}^3 = 0.0361 \text{ lb}_m/\text{in.}^3$	$1 \text{ lb}_m/\text{in.}^3 = 27.7 \text{ g/cm}^3$

力量

$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dynes}$	$1 \text{ dynes} = 10^{-5} \text{ N}$
$1 \text{ N} = 0.2248 \text{ lb}_f$	$1 \text{ lb}_f = 4.448 \text{ N}$

應力

$1 \text{ MPa} = 145 \text{ psi}$	$1 \text{ psi} = 6.90 \times 10^{-3} \text{ MPa}$
$1 \text{ MPa} = 0.102 \text{ kg/mm}^2$	$1 \text{ kg/mm}^2 = 9.806 \text{ MPa}$
$1 \text{ Pa} = 10 \text{ dynes/cm}^2$	$1 \text{ dynes/cm}^2 = 0.10 \text{ Pa}$
$1 \text{ kg/mm}^2 = 1422 \text{ psi}$	$1 \text{ psi} = 7.03 \times 10^{-4} \text{ kg/mm}^2$

破裂韌性

$1 \text{ psi}\sqrt{\text{in.}} = 1.099 \times 10^{-3} \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$	$1 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}} = 910 \text{ psi}\sqrt{\text{in.}}$
--	---

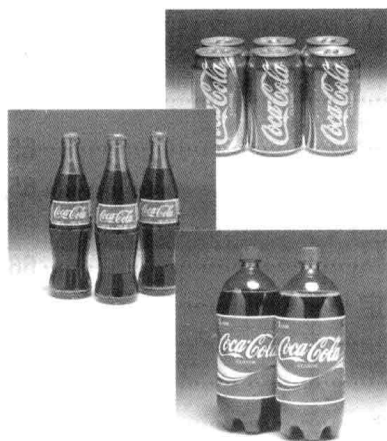
能量

$1 \text{ J} = 10^7 \text{ ergs}$	$1 \text{ ergs} = 10^{-7} \text{ J}$
$1 \text{ J} = 6.24 \times 10^{18} \text{ eV}$	$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$
$1 \text{ J} = 0.239 \text{ cal}$	$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$
$1 \text{ J} = 9.48 \times 10^{-4} \text{ Btu}$	$1 \text{ Btu} = 1054 \text{ J}$
$1 \text{ J} = 0.738 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f$	$1 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f = 1.356 \text{ J}$
$1 \text{ eV} = 3.83 \times 10^{-20} \text{ cal}$	$1 \text{ cal} = 2.61 \times 10^{19} \text{ eV}$
$1 \text{ cal} = 3.97 \times 10^{-3} \text{ Btu}$	$1 \text{ Btu} = 252.0 \text{ cal}$

目錄

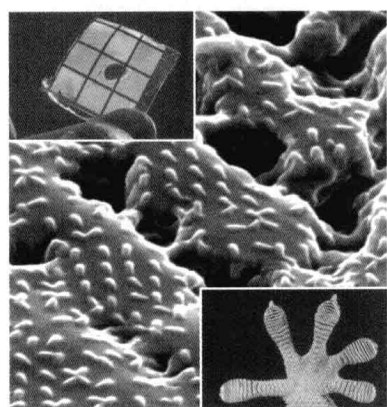
CONTENTS

第1章 簡介



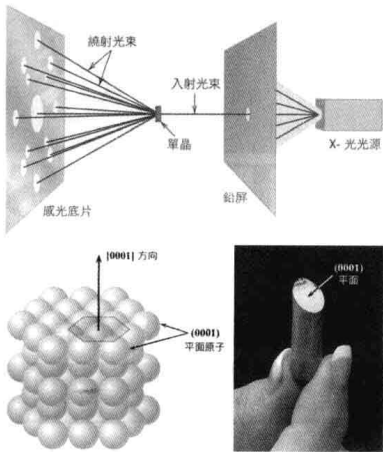
1.1 歷史觀點	2
1.2 材料科學與工程	3
1.3 為何要研讀材料科學與工程？	4
1.4 材料的分類	5
1.5 先進材料	10
1.6 現代材料的需求	13
總 結	14
本章習題	14

第2章 原子結構與原子間的鍵結



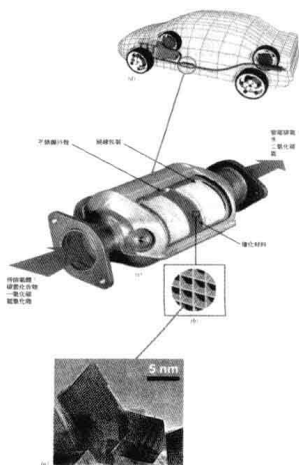
2.1 簡 介	16
原子結構	16
2.2 基本概念	16
2.3 原子中的電子	18
2.4 週期表	24
固體中的原子鍵結	26
2.5 鍵結力與鍵結能	26
2.6 主要的原子間鍵結	28
2.7 次要鍵結或凡得瓦鍵	32
2.8 分 子	33
總 結	34
方程式摘要	34
本章習題	35

第 3 章 結晶固體的結構



3.1 簡介	38
晶體結構	39
3.2 基本概念	39
3.3 單位晶胞	39
3.4 金屬的晶體結構	40
3.5 密度計算	45
3.6 多形體和同素異形體	46
3.7 晶體系統	46
晶體學的点、方向和平面	48
3.8 點座標	48
3.9 結晶方向	50
3.10 結晶平面	57
3.11 線和平面密度	62
3.12 緊密堆積的晶體結構	63
結晶與非晶材料	65
3.13 單晶	65
3.14 多晶材料	66
3.15 異向性	66
3.16 X光繞射：晶體結構的測定	68
3.17 非結晶固體	73
總結	74
方程式摘要	75
本章習題	76

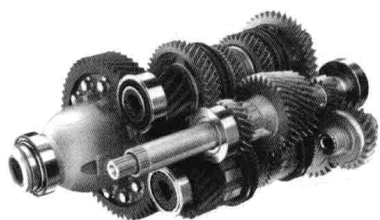
第 4 章 固體中之缺陷



4.1 簡介	82
點缺陷	83
4.2 空位和自填隙	83
4.3 固體中的雜質	84
4.4 組成之規格	86
各種缺陷	90
4.5 差排 - 線缺陷	90
4.6 界面缺陷	94
4.7 體缺陷	97
4.8 原子的振動	97
微觀的檢視	98
4.9 微鏡學的基本概念	98
4.10 顯微技術	99
4.11 晶粒大小之測定	102

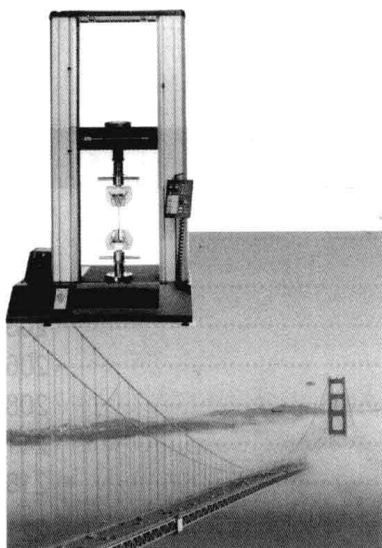
總 結	105
方程式摘要	106
本章習題	107

第 5 章 擴 散



5.1 簡 介	110
5.2 擴散機制	111
5.3 穩態擴散	113
5.4 非穩態擴散	115
5.5 影響擴散的因素	119
5.6 半導體材料中的擴散	123
5.7 其他擴散路徑	126
總 結	126
方程式摘要	127
本章習題	127

第 6 章 金屬的機械性質



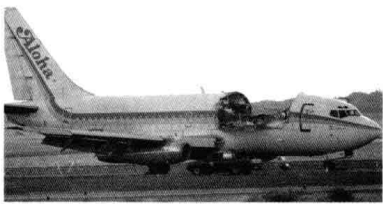
6.1 簡 介	132
6.2 應力和應變的觀念	133
彈性變形	137
6.3 應力 - 應變行為	137
6.4 滯彈性	140
6.5 材料的彈性	140
塑性變形	143
6.6 拉伸性質	144
6.7 真實應力和應變	150
6.8 塑性變形後的彈性回復	153
6.9 壓縮、剪力和扭轉變形	153
6.10 硬 度	154
性質變異和設計 / 安全因子	160
6.11 材料性質的變異	160
6.12 設計 / 安全因子	162
總 結	163
方程式摘要	165
本章習題	165

第 7 章 差排與強化機制



7.1 簡 介	172
差排與塑性變形	173
7.2 基本概念	173
7.3 差排之特性	175
7.4 滑移系統	177
7.5 單晶中的滑移	178
7.6 多晶材料之塑性變形	181
7.7 雙晶變形	183
金屬之強化機制	185
7.8 藉由晶粒尺寸減小之強化 (細晶強化)	185
7.9 固溶強化	187
7.10 應變硬化	188
回復、再結晶與晶粒成長	191
7.11 回 復	192
7.12 再結晶	192
7.13 晶粒成長	196
總 結	197
方程式摘要	198
本章習題	199

第 8 章 破 損



8.1 簡 介	204
破 裂	205
8.2 破裂的基本原理	205
8.3 延性破裂	206
8.4 脆性破裂	208
8.5 破裂力學原理	211
8.6 破裂韌性試驗	216
疲 勞	221
8.7 循環應力	222
8.8 S-N 曲線	223
8.9 裂縫起始和擴展	226
8.10 影響疲勞壽命的因素	228
8.11 環境效應	230
潛 變	231
8.12 綜合潛變行為	231
8.13 應力和溫度的影響	233
8.14 數據外插法	235
8.15 高溫用之合金	236