

The background of the cover features a complex molecular model with various colored spheres (blue, green, yellow, red, black) connected by white rods, set against a warm, golden-yellow gradient. A faint grid pattern is visible at the bottom.

奈米技術手冊

ナノテクノロジー・ハンドブック

産業技術総合研究所ナノテクノロジー 知識研究会 原著

王建義 編譯

精華版



全華科技圖書股份有限公司 印行

奈米技術手冊(精華版) ナノテクノロジー・ハンドブック

産業技術総合研究所 ナノテクノロジー知識研究会 原著
王建義 編譯

奈米技術手冊(精華版) ナノテクノロジー・ハンドブック

原出版社 日經 BP 社
原 著 産業技術総合研究所 ナノテクノロジー
知識研究会
編 譯 王建義
執行編輯 宋怡萱
封面設計 張瑞玲
發行人 陳本源
出版者 全華科技圖書股份有限公司
地 址 104 台北市龍江路 76 巷 20 號 2 樓
電 話 (02) 2507-1300 (總機)
傳 真 (02) 2506-2993
郵政帳號 0100836-1 號
印 刷 者 宏懋打字印刷股份有限公司
登 記 證 局版北市業第〇七〇一號
圖書編號 05665
初版一刷 2005 年 2 月
定 價 新台幣 350 元
I S B N 957-21-4833-8 (平裝)

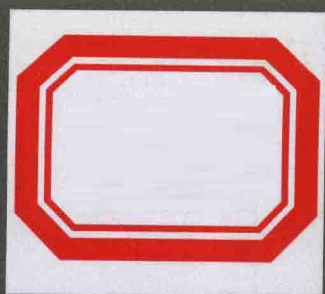
有著作權・侵害必究

版權聲明

NANOTECHNOLOGY HANDBOOK by
Nanotechnology Knowledge Working Group,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Copyright © 2003 by Open Knowledge Corp.
All rights reserved.
Originally published in Japan by Nikkei Business Publications, Inc.
Traditional Chinese edition published by Chuan Hwa Science & Technology Book Co., Ltd.
Copyright © 2005.
All rights reserved.

全華科技圖書
www.chwa.com.tw
book@ms1.chwa.com.tw

全華科技網 OpenTech
www.opentech.com.tw



提供技術新知・促進工業升級 為台灣競爭力再創新猷

資訊蓬勃發展的今日，全華本著「全是精華」的出版理念，
以專業化精神，提供優良科技圖書，滿足您求知的權利；
更期以精益求精的完美品質，為科技領域更奉獻一份心力。

序

奈米技術被視為是 21 世紀之關鍵技術，期待在電子、資訊通信、生物、能源等廣泛領域中之發展。奈米技術之應用中，諸如 1 個方糖可以記錄國會圖書館所有資料，超級電腦可將耗費數年之計算在短時間內完成，或微小分子機械進入體內治療罹患癌細胞等病變部位等，將帶給我們生活上重大變化。

美國在 2000 年釐訂「國家奈米技術戰略(NNI)」，投入較前一年成長一倍之預算(約 5 億美元)開始研究開發。其背景，正如美國之世界技術評價中心(WTEC)在「奈米結構與技術相關報告書」(1998 年)中所提，察覺到日本的奈米材料與奈米元件已領先美國之危機感。因此在 2002 年 9 月，為強化國際技術力，向眾議院提出「21 世紀奈米技術研究開發法案」。此法案中，大幅增加奈米技術研究開發預算，在公聽會中也論及與日本競爭激烈化的種種發言。

相對地，日本經團連(經濟團體連合會)也提出國家型研究戰略建構之必要性，綜合學術會議自 2001 年度將「奈米技術、材料」設定為科學技術政策四大重點領域之一。目前，由政府或民間企業主導許許多多基礎至應用、實用化等各式各樣之計畫。

「奈米技術知識研究會」在奈米技術之基礎技術與應用領域中，主要職責在於收集相關知識資訊(知識之結構化)，依研究主題分類、加工(知識之再建構)，以及知識資訊之廣泛開放(知識之流通)。本書則是綜合各領域之技術，形成一本專業之技術手冊。讀者可以依各別之興趣領域，從任何一章開始切入均可。期待對讀者之知識了解(知識之活化)有所幫助。

為能更容易理解奈米技術，以下幾點請特別留意。

一 依關鍵詞別之圖解，說明概念、研究開發狀況

易閱讀、易理解。

一 同義詞、類似詞之整理

使用相同、類似意義，可知漢字、英語之專業用語。

—提供相關關鍵詞、相關研究群之資訊

超越片斷知識，可習得廣泛知識。

—提供「Who's Who」資訊

依關鍵詞別列出相關研究群之網址(Web Address)，可以更了解現有相關研究群、研究者之資訊。

本書由各領域學者專家之指導與協力才得以完成。在此感謝各位學者專家。此外，也請各位讀者能夠不吝指教。

2003 年 1 月

產業技術綜合研究所 奈米技術知識研究會

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書收集奈米科技之基礎技術與應用領域的相關資訊，依研究主題分類、加工、整理。綜合各領域之研究成果，構成一本專業之工具書，讀者可依各別興趣領域，從任何一章切入研讀均可。

同時，爲了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函詢問，我們將竭誠爲您服務。

相關叢書介紹

書號：0539901

書名：奈米工程概論(修訂版)

編著：馮榮豐,陳錫添

20K/232 頁/250 元

書號：10302

書名：奈米科技與檢測技術

日譯：工研院量測中心

16K /232 頁/600 元

書號：05353

書名：奈米技術入門

日譯：林振華

20K/140 頁/180 元

書號：05465

書名：奈米材料科技原理與應用

編著：馬振基

16K/456 頁/450 元

書號：05446

書名：奈米科技導論

編著：羅吉宗,戴明鳳,林鴻明

鄭振宗,蘇程裕

16K/280 頁/300 元

書號：05474

書名：奈米結構材料科學

編著：郭正次,朝春光

16K/336 頁/350 元

書號：05309

書名：圖解奈米技術

日譯：王建義

20K/152 頁/200 元

書號：18002

書名：圖解奈米科技

日譯：工研院

16K /296 頁/600 元

書號：18005

書名：台灣奈米科技－從 2004 到嚮往的大未來

編著：工研院

16K/392 頁/600 元

◎上列書價若有變動，請
以最新定價為準。

譯序

奈米技術涵蓋範圍極廣，包括電子、資訊通信、生物、能源等，為創造未來社會不可或缺之關鍵技術，自 2000 年美國，以「國家奈米技術戰略(NNI)」率先開始奈米技術之研究以來，世界各國政府，無不相繼投入大筆資金進行基礎或應用之研究。四年來在各領域均有相當的進展及成果。

奈米技術知識研究會，係由日本產業技術綜合研究所有志之士與國內外研究人員組織而成。藉由網路自世界各地收集、整理相關之資訊，提供有興趣從事於奈米技術研究者參考。

本書共分六章，包括奈米技術基礎，奈米物質、材料篇、奈米結構技術篇，奈米技術應用篇、彙整篇及奈米技術相關資訊。物質、材料篇涵蓋已實用化之碳奈米管及各種有潛力之奈米材料，而應用篇更是包涵奈米電子元件、雷射、能源及觸媒等廣泛內容，幾乎所有奈米技術之相關研究及應用均無遺漏。

本書的主要的特色為在各章節一併刊載相關研究之網址，讀者不僅可由書中獲得知識，而且也可以由附記之 URL 追溯到奈米技術研發之現況，可以直接確認或連繫研究之 who、where、what、why，獲得更進一步之資訊。

期望本書所提供的資訊能對讀者的研究有所助益，也期盼各界的不吝指正。

2004 年 11 月

中山科學研究院技監研究員

日本國立東京大學工學博士

王建義

奈米技術
「新物質、材料技術」

- 碳奈米管
- 富勒烯
- 沸石
- 樹枝狀高分子
- 奈米乳劑
- 奈米玻璃
- 奈米團簇
- 奈米結晶
- 奈米複合材
- 奈米陶瓷
- 奈米鑽石
- 奈米多孔質
- 奈米金屬
- 奈米線
- 奈米空間材料
- 奈米結晶矽
- 奈米結晶合金
- 奈米光觸媒
- 奈米高分子
- 奈米磁性材料
- 奈米觸媒
- 奈米振動子
- 奈米粒子
- 光子結晶
- 介相材料
- 光交換材料
- 光元件材料
- 高功能感測器材料
- 自組織化材料
- 生物材料
- 超高密度記憶體
- 非線性光學材料
- 智慧型材料
- 能源貯藏、變換材料
- 生物激發性材料

奈米技術應用之
「奈米基礎技術」

- 「可自由地觀察個別原子、分子」
- 「可自由地測試個別原子、分子的物性」
- 「可自由地操縱個別原子、分子的物性」
- 「可由個別原子、分子自由地創造物質或元

「奈米構造技術」
「奈米加工」
「奈米測試」
「奈米評估」
「奈米操作」

觀察

測試

操控

創造

- 奈米微影術
- 奈米壓印術
- 軟性微影術
- 掃描探針顯微鏡
- 近場光
- 薄膜成長法
- 分子束磊晶術
- CVD 法(化學蒸鍍法)
- 自組裝化
- 微機械(MEMS)
- 奈米機械(NEMS)
- 奈米操縱
- 奈米模擬

應用

應用領域

· 高感度有害物質感測器
· 奈米材料膜 環境修復奈米材料
· 其他

高功能、高感度感測器
清淨能源化

· 超高強度，超輕量材料，高功能材料
(奈米管，奈米粒子，磁性半導體，其他)

航空、太空等
交通相關產業

· 生物分子分析晶片
· 奈米過濾器、奈米條碼
· 藥物輸送系統
· 奈米構造阱，其他

基因治療藥物
投與之最佳化

小型化，高功能
化，低能源

· 分子/量子電腦
· 量子點元件，量子細線
· 量子/分子元件
· 單電子電晶體
· 奈米管、有機分子元件，其他

超高密度記憶體

· 兆位元記憶體
· 奈米機械技術，近場光技術
· 自旋電子器，其他

超高速、大容量
通信，省能源

· 大容量通信半導體雷射
· 光電光開關
· 量子暗號通信元件，量子通信
· 光元件，其他

大畫面、超高
精細，省能源

· 場發射顯示器
· 可撓性顯示器，其他

清淨能源
替代能源

· 高性能離子電池
· 高功能太陽電池，觸媒
· 奈米氫儲藏材料，其他

機械高性能化、
自動化、超小型化

· 分子齒輪，儲氫系統
· 分子機械，其他

環境

構造、功能材料

生物、醫療

半導體元件

記憶元件

光通信

顯示器

能源、資源

機電學

物質之尺度

螺絲等零件

微生物，碳纖維

顯微感測器、厚膜

髮，肌，毛細血管

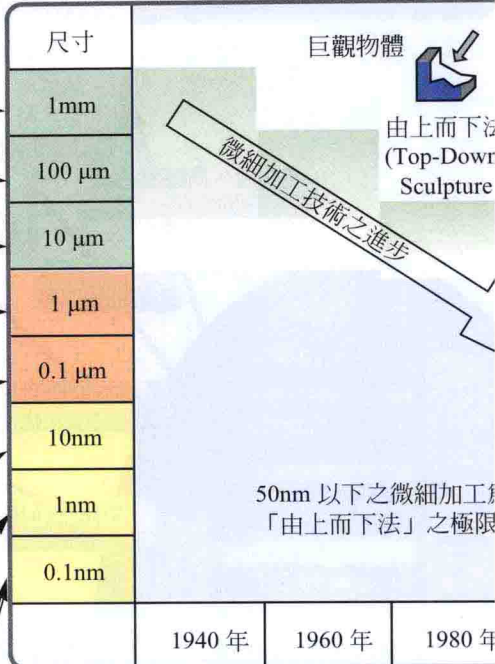
電晶體
細菌
記憶體晶片
微機械

十億位元晶片
量子點
超微細粒子

蛋白質
DNA 尺寸
奈米微粒子
奈米管
樹枝狀高分子
超分子，奈米線
奈米複合材
凝聚、自組裝化
表面、界面效果
量子尺寸效果
奈米機械

原子尺度
分子尺度
奈米多孔體
富勒烯
團簇
奈米空間
奈米管(直徑)
量子尺寸效果

巨觀區域
介觀區域
奈米區域



1959 年，奈米技術理論化
美國，Richard P. Feynman

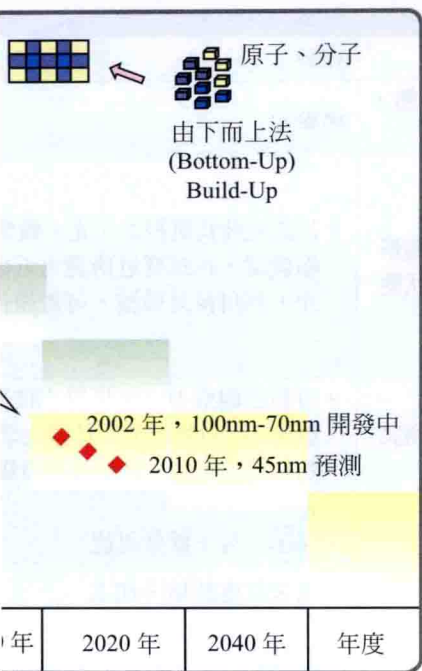
1982 年「掃描隧道顯微鏡 (STM)」
開發。⇒ 原子、分子之操作
瑞士，IBM 研究所 Gerd Binnig

1986 年「創造機械奈米技術」
著書發表。美國，K.Eric Drexler

1991 年「碳奈米管 (CNT)」發現：
單層 CNT (single-walled, SWCNT)。
日本，NEC 飯島澄男

1993 年「多層 CNT (multi-walled CNT)」發現

奈米製造技術



「由上而下」區域

「由下而上」區域

「由上而下(Top-Down 法)」
: 由圖樣微細化形成之方法

- 微影術(Lithography)
- 電子、離子束微影術
- SPM 微影術

可達 1nm 範圍之超極細線

- 蝕刻(Etching)
- 乾式濕刻
- 濕式濕刻

「由下而上(Bottom-Up 法)」
: 原子、分子之奈米構造堆積方法

- 掃描探針顯微鏡(SPM)
- 掃描隧道顯微鏡(STM)
- 近場光學顯微鏡(SNOM)
- 原子力顯微鏡(AFM)
- 自組裝化(Self-Assembly) : 0.1nm-數十 nm
- 薄膜成長法
- 分子束磊晶法(MBE)
- 雷射蒸鍍法
- CVD 法(化學氣相沉積法)
- 熱製程
- 微機械(MEMS)
- 奈米機械(NEMS)
- 奈米壓印微影術 (nanoimprint lithography)

2002 年, 日本, 文部科學省
「奈米技術綜合支援計劃
中心」設立

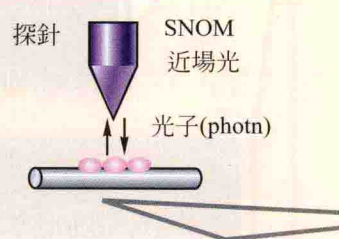
2001 年, 日本, 經團連
「奈米技術創造未來社會
<n-Plan21>」策定

2000 年, 美國, 克林頓前總統
「國家奈米技術戰略(NNI)」策定
(National Nanotechnology Initiative)

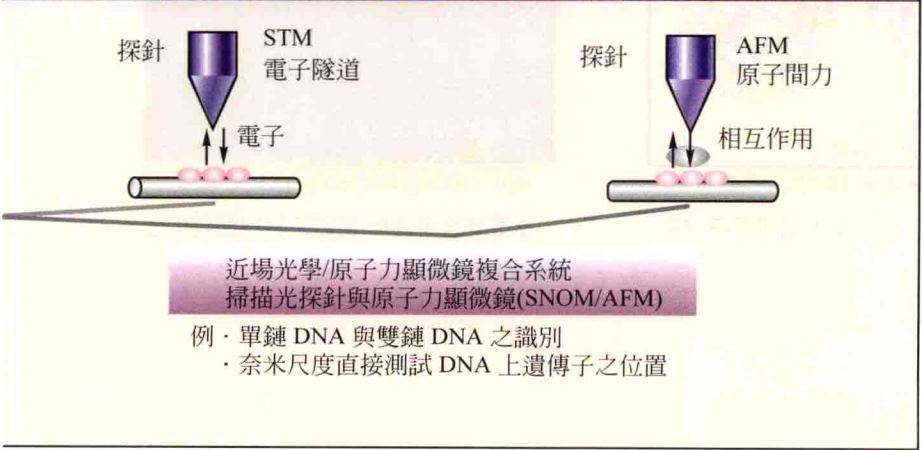
「奈米技術領域」重點化宣言

奈米技術之背景

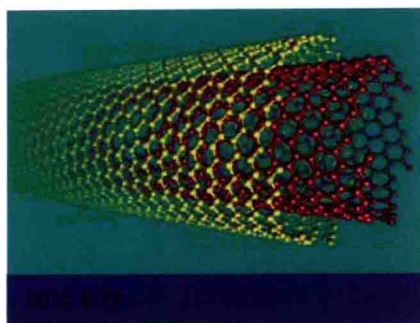
掃描探針顯微鏡

名稱	掃描探針顯微鏡 (Scanning Probe Microscopy, SPM)	近場光學顯微鏡(Scanning Near-field Optical Microscopy, SNOM)
入射介質	探針	探針
檢測介質 (物理量)	電子，漸逝光，磁氣，摩擦，熱， 離子傳導度，電容，其它	漸逝光
原理	以尖銳探針接近試樣表面，觀察各別原子之表面形狀或電子狀態	以比光波長更短之「光」觀察顯微鏡，在試樣近傍發生近場光，利用探針掃描，可畫像化
特徵	- 原子尺度之各式各樣物性之測試及沿面分析 - 原子排列或台階均可觀測	- 可彩色觀察 10 nm 世界之技術 - 數十 nm 的解析度，試樣光學物性評估可能之新掃描探針顯微鏡 - 原子，分子操作可能
利用・應用	- 原子・分子尺度之評估 - 原子・分子之操作 - 奈米尺度之微細加工 - 奈米尺度高密度記錄之應用	- 奈米尺度評估、加工 - 單一分子光偵測 - 半導體分光研究 - 超高密度記憶體
背景	「SPM」種類 - 近場光學顯微鏡 (Scanning Near-field Optical Microscopy, SNOM) - 掃描隧道電子顯微鏡 (Scanning Tunneling Microscopy, STM) - 原子力顯微鏡 (Atomic Force Microscopy, AFM) - 摩擦力顯微鏡 (Friction Force Microscopy, FFM) - 磁力顯微鏡 (Magnetic Force Microscopy, MFM) - 表面電位顯微鏡 (Scanning Maxwell Stress Microscopy, SMM) - Kelvin 探針力顯微鏡 (Kelvin Probe Force Microscopy, KPFM)	1984 年，瑞士，IBM 研究所 SNOM 開發 1984 年，美國康乃爾大學：NSOM 開發
複合應用		 近場光學/掃描顯微鏡複合系統 (Hybrid SNOM/STM) 例：半導體奈米粒子之發光測

掃描隧道顯微鏡 (Scanning Tunneling Microscopy, STM)	原子力顯微鏡 (Atomic Force Microscopy, AFM)
金屬探針	探針
隧道電流	探針—表面間之原子力
使用尖銳的導電性探針，利用偵測探針與試樣表面之「隧道電流」，可觀測表面之電子狀態或凹凸 可觀測原子排列或台階	- 使用探針先端原子與表面原子間之原子力、因此試樣導電性無關，絕緣體表面也可測定 - 利用絕緣性探針之懸臂樑之變形或探針與試樣表面之作用力，可觀測表面形狀
可測試達原子尺度 原子、分子操作可能 可在各種環下測試 絕緣體觀測相當困難 局部電氣特性之測試可能	- 具有原子解析度，物質表面之凹凸資訊、摩擦、黏彈性、磁氣、表面電位等各樣資訊畫像化可能 - 導電體、絕緣體、半導體等樣物質之表面形狀觀測可能
原子、分子尺度觀察 評估、原子、分子之操作 奈米尺度評估、加工	- 吸附分子之原子解析度測試，觸媒領域應用 - 原子、分子尺度之物質表面形狀觀測
1982年，瑞士，IBM研究所、Binnig與Rohrer所開發	1986年，Binnig, Quate and Gerber所開發



奈米尺度的世界



碳奈米管(參考第 18 頁)

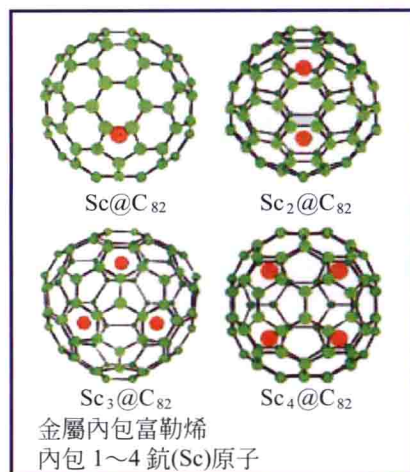
NEC 基礎研究所



碳奈米錐

碳奈米管(參考第 18 頁)

NEC 基礎研究所



碳奈米管(參考第 18 頁)

名古屋大學篠原研究室



金屬富勒烯分子排列於奈米管內

奈米空間(參考第 56 頁)

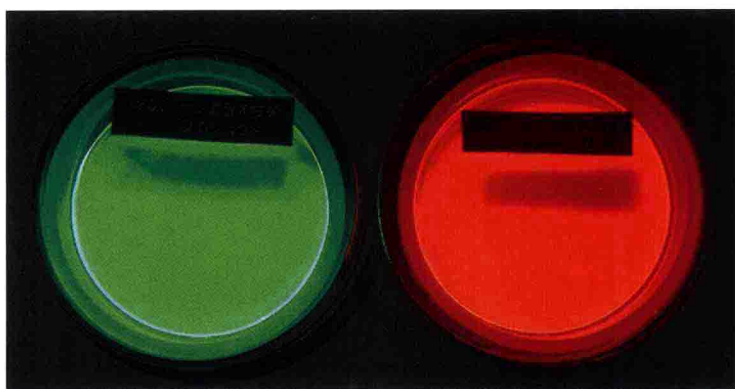
產業綜合研究所 新碳系材料開發中心



奈米粒子之發光：水溶液中的半導體超微粒子之紫外線照射而發光。
→粒徑愈大愈呈紅色。室內燈(左)，紫外線照射(右)



封入固體內



玻璃奈米複合材之紫外線照射發光：紫外線照射
→粒徑愈大，愈呈紅色。

奈米玻璃(參考第 60 頁)

產業綜合研究所 光技術部門