

薄膜の最新技術、応用分野の集大成！

2020版
薄膜作製応用ハンドブック

21世紀版薄膜作製応用ハンドブックから17年、技術や応用分野は大きく進展基礎を押さえ、マテリアルズインフォマティクスと機械学習による薄膜装置、量子効果デバイス、ペロブスカイト太陽電池、人工光合成、グラフェンをはじめとする2次元材料の合成法など新規応用分野も充実

監 修 者	権田 俊一 大阪大学名誉教授	編集委員	酒井 忠司 東京工業大学 田畑 仁 東京大学 八瀬 清志 産業技術総合研究所	編集協力 委 員	宮崎 照宣 東北大学名誉教授

【執筆者】(掲載順、敬称略) -----

権田 俊一 大阪大学名誉教授	百瀬 健 東京大学	鳥海 明 東京大学名誉教授	清水 貴央 日本放送協会
近藤 高志 東京大学	矢野 満明 大阪工業大学	高木 信一 東京大学	北川 雅俊 大阪大学
田畑 仁 東京大学	佐々 誠彦 大阪工業大学	樺田 克彦 JSR(株)	高岸 雅幸 (株)東芝
小口 多美夫 大阪大学	小池 一步 大阪工業大学	三谷 祐一郎 キオクシア(株)	前田 知幸 (株)東芝
中村 浩次 三重大学	西 眞一 産業技術総合研究所	山川 晃司 キオクシア(株)	宮川 直康 パナソニック(株)
勝本 信吾 東京大学	幸塚 広光 関西大学	斉藤 好昭 東北大学	立花 淳一 ソニーストレージメディアソリューションズ(株)
大見 俊一郎 東京工業大学	渡邊 充広 関東学院大学	高浦 則克 (株)日立製作所	
工藤 聡也 東京工業大学	本間 英夫 関東学院大学特別名誉教授	秋永 広幸 産業技術総合研究所	野崎 隆行 産業技術総合研究所
神野 伊策 神戸大学	都倉 勇貴 慶應義塾大学	島 久 産業技術総合研究所	奥田 博明 Spin-Orbitronics Technologies, Inc.
喜久田 寿郎 富山大学	世明 慶應義塾大学	内藤 泰久 産業技術総合研究所	大沢 裕一 Spin-Orbitronics Technologies, Inc.
宮崎 照宣 東北大学名誉教授	峯廻 洋美 産業技術総合研究所	小椋 厚志 明治大学	加藤 侑志 Spin-Orbitronics Technologies, Inc.
久保田 均 産業技術総合研究所	靖之 産業技術総合研究所	原 直紀 (株)富士通研究所	下村 尚治 キオクシア(株)
湯浅 新治 産業技術総合研究所	吉本 則之 岩手大学	本城 和彦 電気通信大学名誉教授	深見 俊輔 東北大学
桜庭 裕弥 物質・材料研究機構	久保野 敦史 静岡大学	大村 一郎 九州工業大学	林 将光 東京大学
矢口 裕之 埼玉大学	松原 亮介 静岡大学	木本 恒暢 京都大学	島ノ江 憲剛 九州大学
市野 邦男 鳥取大学	杉村 博之 京都大学	葛原 正明 福井大学	渡邊 昂一 九州大学
山田 実 金沢大学名誉教授	小木曾 真樹 産業技術総合研究所	牧野 俊晴 産業技術総合研究所	末松 洋 九州大学
内田 裕久 豊橋技術科学大学	上野 巧 信州大学	田中 三郎 豊橋技術科学大学	中谷 友也 物質・材料研究機構
井上 光輝 豊橋技術科学大学	下川 房男 香川大学	日高 睦夫 産業技術総合研究所	安藤 康夫 東北大学
金光 義彦 京都大学	篠田 和典 (株)日立製作所	波多野 睦子 東京工業大学	石田 謙司 神戸大学
佐々木 信也 東京理科大学	平井 義彦 大阪府立大学	國分 崇生 (株)ニコン	荒川 貴博 東京医科歯科大学
藤田 大介 物質・材料研究機構	近藤 誠一 日立化成(株)	高橋 浩 上智大学	三林 浩二 東京医科歯科大学
工藤 昭彦 東京理科大学	堀田 将 北陸先端科学技術大学院大学	横山 士吉 九州大学	都甲 潔 九州大学
高井 治 関東学院大学	寒川 誠二 東北大学	堀川 剛 産業技術総合研究所	民谷 栄一 大阪大学
坂入 正敏 北海道大学	沖原 伸一郎 光産業創成大学院大学	志村 大輔 技術研究組合	関谷 毅 大阪大学
有馬 健太 大阪大学	典明 量子科学技術研究開発機構	鄭 錫煥 技術研究組合	吉河 訓太 (株)カネカ
林 和孝 AGC(株)	悠二 量子科学技術研究開発機構	岡山 秀彰 光電子融合基板技術研究所	勝巳 裕則 出光興産(株)
宮澤 信太郎 早稲田大学	黒井 真二 兵庫県立大学名誉教授	池上 和志 光電子融合基板技術研究所	荒川 裕則 東京理科大学名誉教授
望月 圭介 (株)信光社	黒井 隆 日新イオン機器(株)	阿部 電 大陽日酸CSE(株)	池上 和志 桐蔭横浜大学
西 睦夫 東洋紡(株)	深谷 有喜 日本原子力研究開発機構	伴 雄三郎 理化学研究所	桑田 直明 物質・材料研究機構
朝日 一 大阪大学名誉教授	城戸 義明 立命館大学名誉教授	平山 秀樹 東京工業大学	西村 靖雄 産業技術総合研究所
星 陽一 東京工芸大学名誉教授	明良 筑波大学	宮本 智之 (株)QDレーザ	松方 正彦 早稲田大学
白井 博明 東京農工大学	秩父 重英 千葉大学	武政 敬三 (株)QDレーザ	酒井 求 九州大学
松木 伸行 神奈川大学	石谷 善博 東北大学	菅原 充 (株)QDレーザ	安達 千波矢 立命館大学
大久保 勇男 物質・材料研究機構	組頭 広志 Rigaku Americas Corp.	De Yoysa Menaka 京都大学	赤木 和夫 京都工芸繊維大学
室田 淳一 東北大学名誉教授	斎藤 啓介 名古屋大学	吉田 昌宏 京都大学	奥崎 秀典 山梨大学
松永 範昭 アプライドマテリアルズジャパン(株)	大田 晃生 名古屋大学	石崎 賢司 京都大学	岡本 直哉 山梨大学
	菅原 康弘 (株)島津製作所	野山 進 (株)ブラックマンテクノロジー	岡本 敏宏 東京大学
国井 泰夫 (株)KOKUSAI ELECTRIC	中島 秀郎 (株)島津製作所	渡辺 恭志 (株)日立ハイテクサイエンス	尾坂 格 広島大学
由上 二郎 (株)KOKUSAI ELECTRIC	粉川 良平 (株)日立ハイテクノロジーズ	黒田 理人 東北大学	中村 雅一 奈良先端科学技術大学院大学
芦原 洋司 (株)KOKUSAI ELECTRIC	小野田 有吾 (株)日立ハイテクノロジーズ	細野 秀雄 東京工業大学	森川 響二郎 東京大学
大下 祥雄 豊田工業大学	柳 川 香織 (株)島津製作所	井手 啓介 東京工業大学	北森 武彦 東京大学
町田 英明 気相成長(株)	藤井 岳直 大阪大学	片瀬 貴義 東京工業大学	一木 隆範 東京大学
宮崎 誠一 名古屋大学	保田 英洋 産業技術総合研究所	野村 研二 University of California San Diego	竹原 宏明 九州大学
傍島 靖 岐阜大学	東 康史 @ESCA研究所	雲見 日出也 東京工業大学	玉田 薫 大阪大学
伊藤 貴博 岐阜大学	田中 彰博 シエンタ・オミクロン(株)	神谷 利夫 東京工業大学	山下 一郎 九州大学
平松 美根男 名城大学	大川 登志郎 シエンタ・オミクロン(株)	中村 卓 (株)ジャパンディスプレイ	内田 勇気 九州大学
安藤 康高 足利大学	大岩 烈 大阪府立大学	小林 大士 (株)アルバック	吾郷 浩樹 九州大学
白藤 立 大阪市立大学	梅澤 憲一 兵庫県立大学	平松 雅人 (株)JOLED	佐藤 信太郎 (株)富士通研究所
福井 孝志 北海道大学名誉教授	本多 信 東京大学	大観 光徳 鳥取大学	
藤田 静雄 京都大学	吉信 進 大阪大学		
吉田 政次 元・日本電気(株)	吉本 悠一郎 熊本大学		
松本 祐司 東北大学	丸山 伸伍 東北大学		

概要目次

1編 薄膜材料の特性と特徴

- 1章 薄膜の特性と特徴
- 2章 薄膜材料の電気特性
- 3章 薄膜材料の誘電特性
- 4章 薄膜材料の固液界面特性
- 5章 薄膜材料の磁気特性
- 6章 薄膜材料の光学特性
- 7章 薄膜材料の力学特性
- 8章 薄膜材料の化学特性

2編 薄膜の作製と加工

- 1章 基板と表面処理
- 2章 PVD法
- 3章 CVD法
- 4章 液相薄膜堆積法
- 5章 有機・高分子・生体関連薄膜作製法
- 6章 パターン化技術
- 7章 薄膜の加工／改質技術

3編 薄膜・表面・界面の分析・評価

- 1章 薄膜・表面・界面の分析評価法
- 2章 薄膜分析・評価対象各論

4編 薄膜技術の応用と展望

- 1章 電子デバイス
- 2章 光部品
- 3章 ディスプレイ
- 4章 記 録
- 5章 センサ
- 6章 環境・エネルギー
- 7章 有機・バイオデバイス
- 8章 2次元材料・デバイス

巻末付録

- ・キーワード索引
- ・評価方法と評価対象一覧



お申し込み FAX:047-314-0810

『2020版 薄膜作製応用ハンドブック』を()部 申し込みます。

ISBN 978-4-86043-631-5 定価 本体69,000円＋税

年 月 日

お申し込み・お問い合わせ先 (株)エヌ・ティー・エス 営業部



株式会社 エヌ・ティー・エス

【市川AIセンター】

〒272-0023 千葉県市川市南八幡4-3-3 武蔵屋ビル4F
TEL.047-314-0801 FAX.047-314-0810 <http://www.nts-book.co.jp>

購入申込書

団 体 名			TEL:
			FAX:
所 在 地	□□□-□□□□		
購入希望 部 署			氏名
	e-mail		
申込担当 部 署			氏名
	e-mail		
通 信 欄			NTS 担当者

ここにご記入いただいた個人情報、下記目的のために利用されます。
(1)お客様との履行、管理 (2)新規書籍及びセミナーの紹介等、当社の営業内容の紹介 (3)お客様にとり有用と思われる当社提携先の書籍・サービス等の紹介
尚、弊社における『個人情報のお取扱いについて』及び、『個人情報保護方針』については弊社HPをご覧ください。

1編 薄膜材料の特性と特徴

- ◆1章 薄膜の特性と特徴
 - 1節 薄膜とは
 - 2節 薄膜の特徴
 - 3節 薄膜の作製方法
 - 4節 薄膜の特性と評価
 - 5節 第一原理計算と機械学習による薄膜設計（磁性薄膜系を中心に）
- ◆2章 薄膜材料の電気特性
 - 1節 電気伝導
 - 2節 電流磁気効果
 - 3節 熱電効果
 - 4節 ピエゾ抵抗
- ◆3章 薄膜材料の誘電特性
 - 1節 誘電率・分極
 - 2節 圧電効果
 - 3節 強誘電体
- ◆4章 薄膜材料の固液界面特性
- ◆5章 薄膜材料の磁気特性
 - 1節 磁性薄膜の分類
 - 2節 軟磁性薄膜
 - 3節 磁気抵抗効果
 - 4節 ホイスラー合金薄膜
- ◆6章 薄膜材料の光学特性
 - 1節 透過・反射
 - 2節 吸 収
 - 3節 発 光
 - 4節 電気光学効果
 - 5節 磁気光学効果
 - 6節 光伝導・光起電力
- ◆7章 薄膜材料の力学特性
 - 1節 応力・ひずみ
 - 2節 ヤング率と硬さ
 - 3節 密着性
 - 4節 トライボロジー
- ◆8章 薄膜材料の化学特性
 - 1節 表面反応
 - 2節 光触媒
 - 3節 腐食性・耐食性
 - 4節 超はっ水性・超親水性

2編 薄膜の作製と加工

- ◆1章 基板と表面処理
 - 1節 金属基板
 - 2節 半導体基板（Si, Ge, SiC）
 - 3節 絶縁体基板
 - 1項 ガラス基板
 - 2項 酸化物単結晶基板
 - 4節 プラスチック基板
- ◆2章 PVD法
 - 1節 真空蒸着法
 - 2節 分子線エピタキシー法（MBE法）
 - 3節 スパッタ法による薄膜作製技術
 - 4節 イオン化蒸着法
 - 5節 レーザ堆積法（レーザアブレーション法）
- ◆3章 CVD法
 - 1節 熱CVD法

- 1項 熱CVD法の原理
 - 2項 シリコン系半導体膜
 - 3項 金属膜
 - 4項 絶縁膜
 - 5項 ポストスケーリング用材料（有機分子を原料とした熱CVD）
- 2節 プラズマCVD法
 - 1項 総論（原理・特徴、装置）
 - 2項 シリコン系薄膜
 - 3項 カーボン系薄膜・構造体
 - 4項 機能性酸化物薄膜（Ti酸化物系）
 - 5項 有機・バイオ応用膜
- 3節 MOCVD法
 - 1項 MOCVD法の原理
 - 2項 III-V族
 - 3項 II-VI族および酸化物半導体
 - 4項 酸化物（超伝導酸化物・強誘電性酸化物）
- 4節 ALD法

- ◆4章 液相薄膜堆積法
 - 1節 VLS薄膜・結晶成長法
 - 2節 超臨界流体薄膜堆積法
 - 3節 塗布法
 - 4節 インクジェット法
 - 5節 ゴールゲル法による薄膜作製
 - 6節 めっき法

- ◆5章 有機・高分子・生体関連薄膜作製法
 - 1節 ウェット作製プロセス
 - 1項 スピンコート・LB法
 - 2項 インクジェット印刷による薄膜作製
 - 3項 印 刷
 - 2節 ドライ作製プロセス
 - 1項 真空蒸着法
 - 2項 蒸着重合
 - 3節 ソフトマテリアルの自己組織化
 - 1項 自己集積化によるチオール系単分子膜形成
 - 2項 自己組織化ナノ構造体

- ◆6章 パターン化技術
 - 1節 リソグラフィ
 - 2節 レジスト
 - 3節 エッチング
 - 1項 ウェットエッチングとドライエッチング
 - 2項 原子層エッチング
 - 4節 ナノインプリンティング

- ◆7章 薄膜の加工／改質技術
 - 1節 研磨平坦化（CMP）技術
 - 2節 （再）結晶化アニール技術
 - 3節 原子層無損傷プラズマエッチング技術
 - 4節 レーザ加工・改質
 - 5節 電子線・放射線による加工・改質
 - 6節 ビーム加工
 - 7節 イオン注入
 - 8節 SPM加工

3編 薄膜・表面・界面の分析・評価

- ◆1章 薄膜・表面・界面の分析評価法
 - 1節 電子線
 - 2節 イオンビーム
 - 3節 陽電子消滅法
 - 4節 吸収・反射・発光
 - 5節 赤外分光とラマン散乱分光
 - 6節 放射光を用いた薄膜の電子状態評価
 - 7節 薄膜のX線回折
 - 8節 光電子分光（XPS, UPS）
 - 9節 走査プローブ顕微鏡

- ◆2章 薄膜分析・評価対象各論
 - 1節 膜厚分析
 - 1項 原子間力顕微鏡（AFM）
 - 2項 白色干渉法
 - 3項 レーザ走査型顕微鏡
 - 4項 SEM／TEMによる膜厚測定
 - 5項 X線光電子分光法、X線反射率法
 - 2節 組成分析
 - 3節 形態分析（粒子ビームを用いた分析）
 - 4節 結晶性（RHEED法を中心として）
 - 5節 化学結合状態
 - 6節 薄膜の機械的特性評価
 - 7節 薄膜の表面・界面制御と信頼性
 - 8節 電気化学特性
 - 1項 薄膜材料の電気化学測定
 - 2項 単分子膜・薄膜材料の電気化学特性と分子レベル構造解析

4編 薄膜技術の応用と展望

- ◆1章 電子デバイス
 - 1節 LSI
 - 1項 MOSFET用薄膜と展望
 - 2項 ゲート絶縁膜
 - 3項 MOSチャネル用新材料
 - 4項 メモリセル用薄膜：DRAMキャパシタ用薄膜
 - 5項 3次元フラッシュメモリ用薄膜
 - 6項 FeRAM用キャパシタ薄膜：PZT系
 - 7項 MRAM用強磁性トンネル接合薄膜
 - 8項 相変化メモリ
 - 9項 不揮発性メモリおよび人工知能用ReRAM
 - 10項 SOI
 - 2節 化合物電子デバイス
 - 1項 高電子移動度トランジスタ（HEMT）
 - 2項 ヘテロ接合バイポーラトランジスタ（HBT）
 - 3節 パワーデバイス
 - 1項 シリコンパワー素子
 - 2項 炭化ケイ素（SiC）パワーデバイス
 - 3項 ガリウムナイトライド（GaN）
 - 4項 ダイヤモンド
 - 5項 酸化ガリウム
 - 4節 量子効果デバイス
 - 1項 SQUID
 - 2項 超伝導量子集積素子
 - 3項 ダイヤモンド量子センサ
 - 4項 スピントルク発振素子

- ◆2章 光部品
 - 1節 光学多層膜光部品
 - 1項 反射防止膜
 - 2項 ミラーおよびフィルター
 - 3項 光学薄膜の評価方法
 - 2節 光導波路デバイス
 - 1項 石英系光導波路デバイス
 - 2項 有機光導波路デバイス（高速光変調に向けて）
 - 3項 シリコンフォトニクス
 - 3節 発光ダイオード
 - 1項 発光ダイオード
 - 2項 深紫外発光ダイオード
 - 4節 半導体レーザ
 - 1項 ダブルヘテロレーザ
 - 2項 面発光レーザ
 - 3項 量子ドットレーザ
 - 4項 フォトニック結晶レーザ（高ビーム品質・高出力）
 - 5節 半導体受光デバイス
 - 6節 イメージセンサ
 - 7節 透明導電膜
 - 1項 透明導電膜（ITOを中心に）
 - 2項 アモルファス酸化物半導体：a-In-Ga-Zn-O

- ◆3章 ディスプレイ
 - 1節 LCD
 - 1項 センサ内蔵LCD
 - 2項 アモルファスSi TFT
 - 3項 低温多結晶Si TFT
 - 4項 酸化物半導体TFTを用いた平面ディスプレイ
 - 2節 薄膜ELディスプレイ
 - 1項 無機EL
 - 2項 有機EL
 - 3節 PDP
- ◆4章 記 録
 - 1節 HDD
 - 2節 記録型光ディスク
 - 3節 薄膜テープ
 - 4節 磁気抵抗効果メモリ
 - 1項 不揮発性メモリSTT-MRAM
 - 2項 VT（Voltage Torque）-MRAM
 - 3項 SOT-MRAMおよびvoltage-control spintronics memory（面内磁化方式のMTJ素子を用いて）
 - 4項 SOT-MRAM
 - 5項 レーストラックメモリ
- ◆5章 センサ
 - 1節 薄膜ガスセンサ
 - 2節 力学センサ
 - 3節 磁気センサ
 - 1項 磁気記録再生ヘッド
 - 2項 TMR磁気センサ
 - 3項 TMRを用いた心磁、脳磁センサ
 - 4節 赤外線センサ
 - 5節 においセンサ
 - 6節 味覚センサ
 - 7節 バイオセンサ
 - 8節 フレキシブル・ストレッチャブルエレクトロニクス
- ◆6章 環境・エネルギー
 - 1節 シリコン太陽電池
 - 2節 CIS系薄膜太陽電池
 - 3節 色素増感太陽電池
 - 4節 有機無機ペロブスカイト太陽電池
 - 5節 人工光合成（水の分解による水素製造）
 - 6節 二次電池
 - 7節 燃料電池
 - 8節 ゼオライト分離膜
- ◆7章 有機・バイオデバイス
 - 1節 有機発光素子（有機薄膜導波路固体レーザ）
 - 2節 π 共役高分子薄膜
 - 1項 階層制御ポリマー
 - 2項 フォトリフラクティブポリマー
 - 3項 導電性高分子
 - 3節 有機半導体トランジスタ
 - 1項 低分子系半導体
 - 2項 π 共役高分子
 - 3項 デバイス構造とキャリア移動度の支配要因
 - 4節 バイオデバイス
 - 1項 マイクロ・拡張ナノ化学デバイス
 - 2項 次世代診断デバイスの表面処理技術
 - 3項 プラズモンバイオセンサ
 - 4項 バイオナノプロセス：バイオ分子応用ナノ構造作製
- ◆8章 2次元材料・デバイス
 - 1節 グラフェンをはじめとする2次元材料の合成法
 - 2節 グラフェンのデバイス応用