

『変貌する実装材料・積層技術』 —高周波、高密度、低温焼結、環境への対応—

増補改訂版

2005年9月 発行

B5版 約500頁

定価 27,300円(税込・送料別)

現在のエレクトロニクス産業の根幹をなすハードウェア技術の主役は半導体技術であると思えることができますが、この発達と歩調を併せて、名脇役としての実装技術が果たしてきた役割は大きいと考えられます。実装技術は、基板材料技術、素子接合技術などから成り立っていますが、電子機器の高周波化、小型化に従い超多層化技術、超微細化技術、材料の開発に加え、低コスト化、環境問題への対応と時代の要求とともに大きく変貌してきました。

本書は、『エレクトロニクス産業を支える実装材料・積層技術の新展開』以降これまでに月刊「マテリアルインテグレーション」で紹介された実装技術に関する記事を中心に新しく加え、再編集し、今後の技術方向を明確にし応えられる内容に致しました。

■第I部 基板材料の新展開■

第1章 基板材料の新展開

第1節 基板材料の新展開

- 1 はじめに (富士通研究所 丹羽 紘一氏)
- 2 回路実装用基板
- 3 基板技術と素子接合技術
- 4 おわりに
- 第2節 次世代実装基板はどう変っていくの?
- 1 はじめに (早稲田大 二瓶 公志氏)
- 2 最近の日本の電子産業競争力の低下とその対応策
- 3 電子実装技術の位置付けと問題点
- 4 電子実装技術と半導体電子設計技術との壁は低く
- 5 最近の電子機器、高周波化の動きとプリント板・インターポーザー、材料、プロセスに要求される技術的課題
- 6 将来のプリント基板・インターポーザーの姿は?
- 7 まとめ

第3節 高温耐環境エレクトロニクス

- 1 はじめに(産業技術総合研究所 村山 宣光氏)
- 2 高温エレクトロニクスの期待される応用
 - 2.1 航空機エンジン制御用モジュール
 - 2.2 自動車用高温エレクトロニクス
 - 2.3 パワーモジュール
 - 2.4 コンピュータ用高温エレクトロニクス
- 3 高温半導体の現状
- 4 高温実装技術とセラミックスの役割
- 5 高温実装技術に関する欧米の主な研究機関
- 6 おわりに

第4節 最新のセラミックス・パッケージ

- 1 はじめに (京セラ 石田 政信氏ほか)
- 2 LTCC
 - 2.1 LTCCとは
 - 2.2 高周波デバイス用LTCC
 - 2.3 高熱膨張LTCC
- 3 低抵抗導体アルミナ
- 4 おわりに

第5節 超大型高速コンピュータ(メインフレーム/コンピュータ)の実装技術

- 1 はじめに (NEC 生稲 一洋氏)
- 2 超大型高速コンピュータとは
- 3 大型コンピュータの実装技術
- 4 今後の大型コンピュータの実装技術について

第6節 車載用セラミック基板およびベアチップ実装技術

- 1 はじめに (デンソー 長坂 崇氏)
- 2 カーエレクトロニクスのニーズ
- 3 ハイブリッドECU用基板の種類
- 4 HTCC基板とLTCC基板の特性比較
 - 4.1 製法方法から決定される特性
 - 4.2 材料から決定される特性
- 5 HTCC基板を用いたベアチップ実装技術
 - 5.1 ランドオンスルーホール技術
 - 5.2 W導体へのはんだ付技術
 - 5.3 基板の平滑化技術
 - 5.4 パワー素子実装技術
- 6 結言

第2章 高密度配線技術

第1節 ビルドアップ配線板の現状と将来

- 1 はじめに (日本IBM 塚田 裕氏)
- 2 半導体チップの動向
- 3 樹脂封止フリップチップ実装
- 4 ビルドアップ配線板
 - 4.1 ビルドアップ配線板の分類
 - 4.2 光硬化性樹脂によるビルドアップ配線板
- 5 今後の動向

第2節 次世代ALIVH

- 1 はじめに (松下電器産業 富田 佳宏氏)
- 2 ALIVHの概要
- 3 次世代ALIVH
 - 3.1 ALIVH G-type
 - 3.2 ALIVH-FB
- 4 おわりに

第3節 全層IVH構造樹脂多層プリント配線板

- 1 はじめに (松下電子部品 白石 和明氏)
- 2 ALIVH
 - 2.1 従来多層構造との比較
 - 2.2 構成材料
 - 2.3 基本仕様、基本特性
 - 2.4 信頼性

- 2.5 設計仕様の特長
- 2.6 展開
- 3 ALIVH-B
 - 3.1 開発技術
 - 3.2 信頼性
 - 3.3 応用事例と実装方法
 - 3.4 展開

- 4 ALIVH-FB
 - 4.1 開発コンセプト
 - 4.2 開発技術内容
 - 4.3 製造プロセス
 - 4.4 特性及び信頼性
 - 4.5 応用事例
 - 4.6 まとめ
- 5 おわりに

第4節 マルチチップモジュール用超高密度実装基板

- 1 はじめに (富士通研究所 横内 喜志男氏ほか)
- 2 MCM 基板への要求
- 3 ハイエンドサーバのMCM 実装
- 4 高密度MCM 基板の微細配線形成技術
- 5 より高速な信号伝搬のための材料開発

第3章 高周波回路用実装基板

第1節 マイクロ波・ミリ波HICにおける実装技術

- 1 はじめに (松下電器産業 小倉 洋氏)
- 2 マイクロ波・ミリ波HICの開発事例
- 3 HICの実装技術
 - 3.1 有機低損失誘電体膜を用いた多層構造線路
 - 3.2 GaAs能動素子のフリップチップ実装
 - 3.3 空気を誘電体とした低損失フィルタ
- 4 25GHz帯受信フロントエンドHICの高周波特性
- 5 まとめ

第2節 樹脂埋込み型GHz帯ファイブアップ高周波MCM

- 1 緒言 (日立製作所 山下 喜市氏ほか)
- 2 樹脂埋込み型高周波MCMの基本コンセプト
- 3 およびプロセス
- 4 高周波MCMの試作および結果
- 4 結論

第3節 高周波モジュール用LTCC

- 1 緒言 (京セラ 小田 勉氏ほか)
- 2 情報通信機器とLTCCへのニーズ
- 3 高周波モジュール用LTCCの材料
- 4 高周波モジュール応用例
- 5 今後の展開

第4節 高周波用LTCC材料技術

- 1 はじめに (富士通研究所 今中 佳彦氏)
- 2 LTCCに対する要求
 - (1) 導体材料
 - (2) 誘電体材料
- 3 材料技術
 - (1) 導体材料
 - (2) 誘電体材料
- 4 おわりに

第4章 光実装技術

第1節 光実装技術の将来動向

- (NTT通信エネルギー研究所 小池 真司氏ほか)
- 1 はじめに
- 2 通信装置光実装技術
 - 2.1 ファイバ布線ボード化技術
 - 2.2 光実装ユニット構成技術
- 3 ボード光実装技術
- 4 チップ間光インターコネクション技術
- 5 むすび

第2節 光実装基板の材料技術動向

- 1 はじめに (富士通研究所 青木 重憲氏)
- 2 ポリマ導波路材料
 - 2.1 セラミック基材料
 - 2.2 樹脂基材料
 - 2.3 フィルム導波路材料
- 3 導波路作製プロセス
 - 3.1 ドライエッチング
 - 3.2 露光法
 - 3.3 モノマ拡散法
 - 3.4 加圧モールド法
- 4 デバイス接続
- 5 まとめ

第3節 並列計算機システムにおける光実装技術

- 1 はじめに (日立製作所 西村 真治氏ほか)
- 2 RHiNET-2の光インターコネクション
- 3 スイッチLSIの構造
- 4 高速デバイス実装上の課題と解決
 - 4.1 スキュー
 - 4.2 伝搬損失・信号反射
 - 4.3 クロストーク
- 5 RHiNET-2/SWのポードレイアウト
- 6 RHiNET-2/SWシステムの評価結果
- 7 まとめ

第5章 回路実装用基板の構成材料

第1節 システムを改革する電磁特性その現状と夢

- 1 はじめに (明星大 大塚 寛治氏)
- 2 高速信号を通せる基板上の配線とは
- 3 材料内部への改善要求
- 4 戦う姿勢を要求する

第2節 LFC^o低温焼成セラミック

- 1 はじめに (SMI-ED大垣セラミックス 仲 勝彦氏)
- 2 低温焼成セラミックス概要
- 3 要求される低温焼成基板特性
- 4 LFC^oシステムの特徴
- 5 LFC^oシステムと製品技術
 - 5.1 グリーンシートと主な製品技術
 - 5.2 加圧Z焼成法
 - 5.3 無電解めっき
 - 5.4 抵抗システム
 - 5.5 微細高密度配線

6 抵抗システム

- 6.1 高周波モジュール
- 6.2 車載用モジュール
- 7 おわりに

第3節 低温焼成多層セラミック(LTCC)と厚膜

- 1 はじめに (デュボン中央研究所 小城 宏樹氏)
- 2 LTCC基板と無収縮プロセス
 - 2.1 PLASプロセス
 - 2.2 PASプロセス
- 3 LTCC基板の周辺技術
 - 3.1 微細配線
 - 3.2 内蔵受動素子
 - 3.3 高周波特性
 - 3.4 熱特性
 - 3.5 低温接続技術
- 4 まとめ

第4節 窒化アルミニウムの物性と応用

- 1 はじめに (東芝 高橋 孝氏)
- 2 セラミック材料の熱伝導率
- 3 AlNセラミックの高熱伝導率化
- 4 応用
 - 4.1 回路基板
 - 4.2 パッケージ
 - 4.3 半導体製造装置
 - 4.4 GaAs高周波デバイス用部品
- 5 まとめ

第5節 アルミナ系多層セラミック基板の作製技術

- 1 緒言 (三菱マテリアル 上山 守氏)
- 2 アルミナ系基板が抱えている主な問題点
- 3 製造プロセスの概略
- 4 結論

第6節 傾斜機能を備えた高周波伝送用の電子基板

- 1 はじめに (京都市織大 西田 俊彦氏)
- 2 高周波用絶縁材料としての誘電体
- 3 誘電率傾斜型基板の調製
- 4 傾斜機能誘電体基板の新しいプロセス
- 5 むすび

第6章 半導体応用基板

第1節 SiC基板を用いたInGaNレーザーダイオード

- 1 はじめに (富士通研究所 倉又 朗人氏)
- 2 GaN系レーザー向け基板としてのSiC
- 3 素子構造
- 4 素子特性
- 5 まとめ

第2節 InGaAs三元混晶基板を用いた

- 1.3μm帯高性能半導体レーザー (富士通研究所 石川 浩氏)
- 1 序
- 2 三元基板上のレーザーの提案
- 3 InGaAs三元バルク結晶の成長

- 4 三元基板上のレーザの特性
- 第3節 III-V族多元混晶半導体のバルク単結晶成長技術
 - 1 はじめに (静岡大 早川 泰弘氏)
 - 2 溶質供給回転ブリッジマン法の特長と方法
 - 3 InGaAs三元混晶半導体バルク成長
 - 3.1 InxGal-xAs直接成長
 - 3.2 InxGal-xAs段階成長
 - 4 GaInAsSb四元混晶半導体バルク成長
 - 5 まとめ

■第II部 積層技術とデバイス■

第1章 積層の新しいデバイス

- 第1節 多様化する積層セラミックス
 - 1 小型軽量化の主役 (防衛大 五十嵐 秀二氏)
 - 2 積層セラミックコンデンサ
 - 3 積層圧電セラミックス
 - 4 積層セラミックスの多様化
- 第2節 多層セラミックデバイス
 - 1 まえがき (村田製作所 中島 規臣氏)
 - 2 技術の推移
 - 3 材料・プロセス
 - 4 応用
 - 5 今後の展開
 - 6 まとめ
- 第3節 LCR集積化と積層技術
 - 1 はじめに (TDK 安田 克治氏)
 - 2 LCR集積化技術
 - 3 技術動向
 - 4 まとめ

第2章 多層デバイス

- 第1節 MOCVD法によるBST薄膜積層コンデンサ
 - 1 はじめに (村田製作所 竹島 裕氏ほか)
 - 2 成膜及び評価方法
 - 3 結果及び考察
 - 4 まとめ
- 第2節 薄膜大容量積層セラミックコンデンサ
 - 1 はじめに (松下電子部品 長井 淳夫氏)
 - 2 積層セラミックコンデンサ
 - 3 小型大容量化への取り組み
 - 4 薄膜用誘電体材料について
 - 5 おわりに
- 第3節 レーザ加工長小型積層チップインダクタにおける高精度印刷技術
 - 1 はじめに (太陽誘電 井上 泰史氏ほか)
 - 2 レーザ加工法
 - 3 高精度印刷
 - 4 積層チップインダクタへの応用
 - 5 おわりに
- 第4節 低温焼結セラミック材料を用いたマイクロ波フィルタ
 - 1 はじめに (福井村田製作所 大久保 真一氏)
 - 2 試料の作製
 - 3 セラミック特性
 - 4 チップ積層マイクロフィルタへの応用
 - 5 まとめ
- 第5節 0402形状層チップNTCサーミスタの開発
 - 1 はじめに (TDK(株) 林 寛和)
 - 2 NTCサーミスタの基本特性
 - 3 積層チップNTCサーミスタについて
 - 4 0402チップNTCサーミスタの開発
 - 5 0402形状開発における素材技術

第3章 積層モジュール、パッケージ

- 第1節 積層モジュール DC-DCコンバータ
 - 1 はじめに (太陽誘電 鈴木 一高氏)
 - 2 要求性能
 - 3 回路構成
 - 4 製造・製法
 - 5 技術説明
 - 6 特性
- 第2節 携帯電話用高周波パワーアンプモジュール
 - 1 はじめに (太陽誘電 海老原 均氏)
 - 2 モジュールの構造
 - 3 パターンレイアウトの小型化
 - 4 高効率・低歪み設計
 - 5 電気的特性
 - 6 今後の展開
- 第3節 パッケージ
 - 1 まえがき (富士通研究所 丹羽 紘一氏)
 - 2 積層パッケージ
 - 3 最近の開発事例
 - 3.1 銅導体のガラスセラミックMCM
 - 3.2 銀導体ガラスセラミックMCM
 - 3.3 メタルコアMCM
 - 4 今後の展開
 - 5 おわりに

■第III部 要素技術、材料■

第1章 製造プロセスの新展開

- 第1節 ドクターブレード法
 - 1 はじめに (TDK 野村 武史ほか氏)

- 2 積層形電子セラミック部品
- 3 シート成形技術
 - 3.1 セラミックコンデンサの製造方法プロセス
 - 3.2 厚膜成形技術の分類
 - 3.3 ドクターブレードを用いたシート成形機の構造
 - 3.4 ドクターブレードの構造
 - 3.5 積層セラミックコンデンサに要求されるシート性状
- 4 シート成膜状態に影響を及ぼす因子
 - 4.1 塗料粘度の影響
 - 4.2 塗料とシートの性状の関係
 - 4.3 キャスト条件の影響
- 5 おわりに
- 第2節 厚膜法による電極の形成とその評価
 - 1 はじめに (住友金属鉱山 車 声雷氏ほか)
 - 2 導電ペーストの構成と種類
 - 3 厚膜法による電極の形成方法
 - 4 電極の特性評価
 - 5 積層セラミックコンデンサの電極形成
 - 6 まとめ
- 第3節 AlNセラミックスにおける液相生成と焼結機構 (東工大 篠崎 和夫氏)
 - 1 AlNセラミックスと液相の役割
 - 2 高温DTAを用いたAlN-Y2O3-Al2O3系における液相生成温度の測定
 - 3 Y-Al-O系化合物とAlNの反応と液相生成
 - 4 AlNの液相焼結のメカニズム
 - 5 今後の研究課題
- 第4節 機能性セラミックスのマイクロ波焼結
 - 1 はじめに (豊田中研 福島 英冲氏)
 - 2 マイクロ波加熱の原理、特徴
 - 3 マイクロ波加熱制御装置
 - 4 ZnO/バリスタの焼結
 - 5 PZTセラミックスの焼結
 - 6 多層基板の同時焼成
 - 7 おわりに
- 第5節 電気泳動法によるセラミックス複合膜の製造プロセス
 - 1 はじめに (東京都立大 山下 仁大氏ほか)
 - 2 電気泳動プロセスの原理
 - 3 電気泳動により複合化
 - 4 セラミックスへの適用例
 - 5 おわりに

第2章 エアロゾルでポジション法

- 第1節 エアロゾルデポジション法による常温衝撃固化現象と集積化技術への展開
 - 1 はじめに (産業技術総合研究所 明渡 純)
 - 2 エアロゾルデポジション法
 - 3 常温衝撃固化現象
 - 4 成膜条件の特徴
 - 5 固体微粒子の衝突付着を利用した各種コーティング技術とその違い
 - 6 セラミックス微粒子の常温衝撃固化現象と成膜メカニズムに関する考察
 - 7 高硬度、高絶縁アルミナ膜と実用化への試み
 - 8 膜の電気特性と熱処理による特性回復
 - 9 集積化技術としての展望と国家プロジェクトでの取り組み
 - 10 今後の技術展望
- 第2節 エアロゾルデポジションを用いたエンベッディドキャパシタ樹脂基板
 - 1 はじめに (富士通研究所 今中 佳彦)
 - 2 エンベッディドキャパシタ基板の現状と要求
 - 3 キーテクノロジーとしてのエアロゾルデポジション
 - 4 ADによるキャパシタエンベッディド化技術開発状況
 - 5 まとめ
- 第3節 エアロゾルデポジション法を用いた高周波モジュールの開発
 - 1 はじめに
 - 2 実験方法
 - 3 結果および考察
 - 4 結論

第3章 はんだと接合

- 第1節 界面工学に基づく環境に優しい電子実装材料開発への取り組み (阪大 菅沼 克昭氏ほか)
 - 1 電子実装への取り組みとキーワード「環境」
 - 2 鉛フリーはんだの抱える課題と金属工学からのアプローチ
 - 2.1 標準鉛フリーはんだSn-Ag-Cuのベスト組成は?
 - 2.2 Sn-Ag-Cuの溶解-凝固現象と金属間化合物初晶形成
 - 2.3 導電性接着剤の開く新しい実装
 - 3 激化する国際競争と今後へ向けて
- 第2節 高信頼性接続を目指す鉛フリーはんだ開発 (阪大 菅沼 克昭氏)
 - 1 鉛フリーはんだに取り込む日米欧の違い
 - 2 鉛フリーはんだの種類と特徴
 - 3 Sn-Ag系はんだ
 - 4 Sn合金へのBi添加
 - 5 Sn-Zn系
 - 6 鉛フリーはんだ実用化の時代へ
- 第3節 チップ部品のはんだ付け部の熱疲労特性

- 1 はじめに (アンリツ 国井 敏弘氏ほか)
- 2 各種クリームはんだの接合強さと広がり性
- 3 チップ部品はんだ付け部の熱疲労特性
 - 3.1 試料
 - 3.2 試験方法
- 4 試験結果及び考察
 - 4.1 フィレット部のクラック発生状態
 - 4.2 接合強さ
- 5 まとめ
- 第4節 反応系におけるセラミックスと熔融金属の濡れ
 - 1 はじめに (Cambridge Univ. 藤井 英俊氏)
 - 2 濡れの尺度
 - 3 物理的濡れと界面反応による濡れ
 - 4 濡れの4つの過程 (反応系, 非反応系)
 - 4.1 過程1 (物理的濡れ速度氏)
 - 4.2 過程2 (原系の濡れ性氏)
 - 4.3 過程3 (界面反応濡れ速度氏)
 - 4.4 過程4 (平衡系の濡れ性氏)
 - 5 酸化皮膜の影響
 - 6 濡れの視点からの応用
 - 7 まとめ
- 第5節 AlNセラミック基板と金属薄膜との界面現象とその解析 (東芝 安本 恭章氏)
 - 1 はじめに
 - 2 金属薄膜形成におけるポイント
 - 3 AlN基板へのメタライズに伴う界面の状態
 - 3.1 金属薄膜の種類とAlN基板との反応と密着強度
 - 3.2 AlNと金属薄膜界面の反応可能性
 - 3.3 エピタキヤル反応層の生成
 - 4 回路パターン形成にともなう界面の状態変化
 - 4.1 スパッタ温度とAlN表面の電気抵抗の関係
 - 4.2 スパッタ基板温度とTi除去後のAlN基板表面の組成との関係
 - 4.3 AlN基板表面の残留Tiの存在形態
 - 4.4 AlN基板表面のTi残留モデル
 - 4.5 AlN基板表面の残留Ti膜厚の推定
 - 5 おわりに
- 第6節 シリコン半導体の直接接合と接着機構
 - 1 はじめに (東芝セラミックス 新保 優氏)
 - 2 直接接合技術の概要
 - 3 接着機構の考察
 - 4 接合界面の特性
 - 5 おわりに

第4章 導電材料

- 第1節 セラミック基板用感光性銅ペーストの開発
 - 1 はじめに (東レ 芳村 亜紀子氏ほか)
 - 2 実験方法
 - 2.1 感光性銅ペーストの作製方法
 - 2.2 感光性銅ペーストによるパターン形成方法
 - 2.3 測定・評価方法
 - 3 結果と考察
 - 3.1 パターン解像度
 - 3.2 接着強度および比抵抗値
 - 3.3 エージング試験
 - 3.4 メッキ試験
 - 3.5 チップ・サイズ・パッケージ基板の試作
 - 4 まとめ
- 第2節 厚膜Cu電極を用いた低温焼成セラミック回路基板
 - 1 はじめに (昭栄化学工業 秋本 祐二氏)
 - 2 LTCCと厚膜電極のマッチング
 - 2.1 同時焼成
 - 2.2 電極材料とのマッチング
 - 3 おわりに
- 第3節 鉛フリー厚膜ペースト材料
 - 1 はじめに (田中貴金属工業 瀬古 靖氏)
 - 2 導体材料
 - 3 抵抗体・誘電体材料
 - 4 タイポント用Ag接着剤
 - 5 おわりに
- 第4節 貴金属被覆セラミック粉末
 - 1 はじめに (川角技術研究所 川角 眞六氏)
 - 2 被覆方法の概要
 - 3 積層セラミックコンデンサへの応用
 - 4 最近の被覆粉末の紹介

第5章 その他の材料

- 第1節 高周波実装用低誘電損失樹脂材料
 - 1 緒言 (日立製作所 天羽 悟氏ほか)
 - 2 絶縁材料の低誘電正接合
 - 3 多官能ステレン化合物の基本特性
 - 4 多官能ステレン化合物の応用
 - 5 緒言