

「半導体パッケージングと実装技術のすべて」 目次

第I編 半導体製造における後工程・実装・設計の基礎

1. 初めに
2. 半導体パッケージの基礎 ～パッケージの進化・発展経緯～
 - 2.1 始まりはSIPとDIP、プリント基板の技術進化に伴いパッケージ形態が多様化
 - 2.1.1 パッケージ進化の歴史
 - 2.1.1.1 初期の発展
 - 2.1.1.2 技術の進化
 - 2.1.1.3 現代のトレンド
 - 2.1.1.4 未来の展望
 - 2.1.2 単位系の話
 - 2.2 THD（スルーホールデバイス）とSMD（表面実装デバイス）
 - 2.2.1 様々なパッケージ
 - 2.2.2 THD（スルーホールデバイス）
 - 2.2.2.1 SIP (Single Inline Package)とDIP (Dual Inline package)
 - 2.2.2.2 PGA (Pin Grid Array) とLGA (Land Grid Array)
 - 2.2.3 SMD（表面実装デバイス）
 - 2.2.3.1 SOJ (Small Outline J-leaded package)
 - 2.2.3.2 SON (Small Outline Non-leaded) とQFN(Quad Flat Non-leaded)
 - 2.2.3.3 SOP (Small Outline Package)
 - 2.2.3.4 TSOP (Thin Small Outline Package)
 - 2.2.3.5 QFJ (Quad Flat J-leaded)
 - 2.2.3.6 QFP (Quad Flat Package)
 - 2.2.3.7 BGA (Ball Grid Array)
 - 2.2.3.8 WLP (Wafer Level Package)
 - 2.2.3.9 TCP (Tape Carrier Package)
 - 2.2.4 一瞬だったパッケージ（代表的なパッケージ）
 - 2.2.4.1 QIP (Quad Inline Package)
 - 2.2.4.2 LCC (Leadless Chip Carrier)
 - 2.2.4.3 SVP (Small Vertical Package または Surface Vertical Package)
 - 2.2.4.4 BCC (Bump Chip Carrier)
 - 2.2.4.5 CSOP (C-leaded Small Outline Package)
 - 2.3 セラミックスパッケージとプラスチック（リードフレーム）パッケージとプリント基板パッケージ
 - 2.3.1 セラミックスパッケージ
 - 2.3.2 リードフレームパッケージ
 - 2.3.2.1 代表的なリードフレーム製造方法
 - 2.3.2.2 スタンピング（プレス）
 - 2.3.2.3 エッチング
 - 2.3.3 プリント基板パッケージ
3. パッケージングプロセス（代表例）
 - 3.1 セラミックスパッケージのパッケージングプロセス
 - 3.2 プラスチック（リードフレーム）パッケージのパッケージングプロセス
 - 3.3 プリント基板パッケージのパッケージングプロセス
4. 各製造工程（プロセス）の技術とキーポイント
 - 4.1 パッケージング前工程
 - 4.1.1 BG（バックグラインド工程）とダイシング工程
 - 4.1.2 DB（ダイボンド）
 - 4.1.2.1 AuSi 共晶接合
 - 4.1.2.2 接着剤（Agペースト）

- 4.1.2.3 DAF (Die Attach Film)
 - 4.1.3 WB（ワイヤーボンド）
 - 4.1.3.1 ウェッジボンディング
 - 4.1.3.2 ボールボンディング
 - 4.1.3.3 ワイヤ材質
 - 4.2 封止・モールド工程
 - 4.2.1 シームウェルド（封止：セラミックパッケージ）
 - 4.2.2 モールド封止
 - 4.2.2.1 トランスファーモールドディング
 - 4.2.2.2 マルチプランジャモールドディング
 - 4.2.2.3 コンプレッションモールドディング
 - 4.3 組立後工程
 - 4.3.1 外装メッキ
 - 4.3.1.1 Snメッキ、Sn-Biメッキ
 - 4.3.2 切断・整形
 - 4.3.3 ボール付け
 - 4.3.4 シンギュレーション
 - 4.3.5 捺印
 - 4.4 バンプ・FC（フリップチップ）パッケージの組立工程
 - 4.4.1 再配線・ウェーハバンプ
 - 4.4.2 FC（フリップチップ）
 - 4.4.2.1 C4 (Controlled Collapse Chip Connection の略)
 - 4.4.2.2 C2 (Chip Connection の略)
 - 4.4.2.3 ACP/ACF
 - 4.4.2.4 NCP/NCF
 - 4.4.3 UF（アンダーフィル）
 - 4.5 テープキャリアパッケージ（TCP）の組立工程
 - 4.5.1 Bump（メッキバンプ）
 - 4.5.2 インナーリードボンディング（ILB）
5. 試験工程とそのキーポイント
 - 5.1 代表的な試験工程
 - 5.2 BI（バーニン）工程
 - 5.3 外観検査（リードスキャン）工程
 - 5.4 梱包工程とそのキーポイント
 - 5.4.1 ベーキングと吸湿管理
 - 5.4.2 トレイ梱包
 - 5.4.3 テーピング梱包
6. 過去に経験した組立・実装関連不具合の一例
 - 6.1 チップクラック
 - 6.2 ワイヤ断線
 - 6.3 パッケージが膨れる・割れる
 - 6.3.1 ポップコーンクラック
 - 6.3.2 表面膨れ・剥離
 - 6.4 実装後、パッケージが基板から剥がれる
 - 6.5 BGAのボールが取れる（落ちる・破断する）
 - 6.6 パッケージが燃える（焦げる）
7. 試作・開発時の評価、解析手法の例
 - 7.1 破壊試験と強度確認
 - 7.2 MSL（吸湿・リフロー試験）
 - 7.3 機械的試験と温度サイクル試験
 - 7.4 SAT（超音波探傷）、XRAY（CT）、シャドウモアレ
 - 7.5 開封、研磨、そして観察
 - 7.6 ガイドラインはJEITAとJEDEC
8. RoHS、グリーン対応
 - 8.1 鉛フリー対応
 - 8.2 樹脂の難燃剤改良

- 8.3 PFAS/PFOS/PFOA フリー
- 9. 今後の2.5D/3Dパッケージとチップレット技術
 - 9.1 先端パッケージ戦略
 - 9.2 チップレット技術
 - 9.2.1 CoWoS®
 - 9.2.2 裏面電源供給
 - 9.3 ハイブリッドボンディング
 - 9.4 製造のキーはチップとインターポーザー間接合と TSV
 - 9.4.1 3D パッケージングの課題
 - 9.4.2 チップ間の接合方法
 - 9.4.3 インターポーザーの材料
 - 9.4.4 積み上げたチップの信頼性の保証は誰が担う？
 - 9.5 光チップレット実装技術（光電融合デバイス）
 - 9.6 チップレットのデザインルール
 - 9.7 基板とインターポーザーの進化が未来を決める
 - 9.7.1 ガラスコア基板
- 10. 終わりに
- 参照・引用文献一覧

第Ⅱ編 チップレット技術による既存チップの統合：メリット、デメリット、技術的課題

- 1. メリット
 - 1.1 開発期間とコストの削減
 - 1.1.1 設計期間の短縮
 - 1.1.2 開発費の抑制
 - 1.1.3 多品種少量生産への対応
 - 1.1.4 リスクの低減と歩留まり向上
 - 1.1.5 異種統合と最適なプロセスノードの選択
 - 1.1.6 異なる半導体材料の統合
 - 1.1.7 部品調達の柔軟性
- 2. デメリット
 - 2.1 パッケージングコストの増加

- 2.2 性能および電力効率の課題
 - 2.2.1 インターコネクトによる性能劣化
 - 2.2.2 電力効率の低下
 - 2.2.3 熱管理の複雑化
 - 2.2.4 サプライチェーンの複雑化と管理の課題
 - 2.2.5 インターオペラビリティの確保
 - 2.2.6 設計・検証の新たな課題
 - 2.2.7 品質保証
- 2.3 技術的課題
 - 2.3.1 インターコネクト技術の高度化
 - 2.3.2 高密度接続技術
 - 2.3.3 熱管理技術の進化向上
 - 2.3.4 熱応力緩和
 - 2.3.5 パッケージング技術の精密化と歩留まり向上
 - 2.3.6 テスト・検証手法・トレーサビリティの確立
- 2.4 設計エコシステムの整備
 - 2.4.1 チップレットライブラリと設計ツール
- 3. 結論
- 参考文献

第Ⅲ編 半導体後工程での PFAS について

- 1. 半導体産業への影響と代替材料の開発
- 2. 半導体後工程に関して
- 3. もし、抵触するとした場合の規制
 - 3.1 EU REACH 規則（化学物質の登録、評価、認可、制限に関する規則）
 - 3.2 EU POPs 規則（残留性有機汚染物質に関する規則）
 - 3.3 日本の化審法（化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律）
 - 3.4 その他の各国の規制