

(四) 電子部品・デバイスの実装に係る技術に関する事項

1 電子部品・デバイスの実装に係る技術において達成すべき高度化目標

(1) 当該技術の現状

電子部品・デバイスの実装に係る技術（以下「電子実装技術」という。）は、プリント配線板等の基板へ半導体デバイス、電子部品等をはんだ等を用いて取り付ける技術である。現在では電子機器の小型化、高性能化に伴う電気特性や強度、信頼度等の要求性能の向上に伴い、3次元実装や複合実装が推進されている。

電子実装技術の適用分野は、情報家電のほか、自動車では、省エネルギー化のための電子制御、安全性・快適性を向上させる駆動制御、さらには電気自動車等へと急速に拡大している。他にも太陽電池等の自然エネルギー発電プロセスやスマートグリッド等の制御、介護ロボットやヘルスケア用電子機器等、その適用分野は広がり続けている。一方、安い労働力を求め、部品及び電子実装の生産拠点の海外進出が進んでおり、国内電子実装分野の中小企業が生き延びていくためには新たな経営・技術戦略が必要である。

このような経営環境の変化に対応するため、S o C (System on a Chip) との補完関係を維持しつつ周辺のデバイスをマルチチップで実装するS i P (System in a Package)やプリント配線板と電子部品を高密度に実装する部品内蔵基板技術が進展し、電子実装の設計強化のため、構造設計、機能設計、パワー・冷却設計等の高度化・統合化・迅速性が一段と進んでいる。

(2) 当該技術の将来の展望

前記の状況下にあるため、中小企業に対しては、達成すべき高度化目標を戦略的に立てて、電子実装技術の育成を図っていくばかりでなく、優秀な人材を育成し保護していく政策が必要である。

先ず川下の電子機器製造業者のニーズにあった製品・技術を提供することが重要であり、特に電子実装技術が要となっている情報通信機器、自動車、ロボット、医療・ヘルスケア、エネルギー関連の事業分野にターゲットを絞り、個々産業分野の要求条件に対応して、具体的な高度化目標を定め研究開発の支援・育成を図っていく必要がある。

技術開発の方向については、海外製品では達成できない機能を有する付加価値性の高い製品を開発・製造することに重点を置きつつも、迅速に多品種少量製品を低コストで生産できる技術開発が求められている。

製品設計においては、実装部分をモジュール単位で組み合わせ、カスタム化することで製品の差異化を図っており、全体最適化によって性能とコストのバランスを取ることも可能となる。既存の水平統合的な取組みに加え、垂直統合的な仕掛けを効果的に組み合わせることにより、新しい電子実装技術として構築し、戦略的に活用することで製品の競争力を高めることができると考えられている。

今後の電子実装技術は、単に回路を構成する部品類の接続技術にとどまらず、設計と一体となった最適化技術として位置付け、大企業とそれを支える中小企業及び大学等との共同研究の中で開発を進めていく必要がある。

(3) 川下分野横断的な共通の事項

当該技術の川下製造業者等の抱える共通課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高効率化

情報通信機器、自動車、ロボット、医療・ヘルスケア、さらにはエネルギー分野において、省エネルギー化、製造プロセスの省工程化、省スペース化が求められている。

イ. 安全性・信頼性

各分野において、安全性・信頼性が求められている。特に、医療・ヘルスケア等の人体との関わりが深い川下製造業者等では、より高い水準の安全性・信頼性が求められている。

ウ. 環境対応

国際的に環境負荷低減が求められる方向にあり、環境配慮についても電子実装事業者が取り組んでいかなければならない重要な課題となっている。

エ. 低コスト化

情報通信機器では新興国等との競争が激化しており、競争力強化のために更なる低コスト化が求められている。

②高度化目標

ア. 小型・高密度集積化

複数LSIチップのワンパッケージ化に伴う半導体パッケージ基板の高機能化（3次元実装技術、部品内蔵基板技術（エンベッ

ディド実装技術)) 等、小型・高密度積化に対応した技術の向上が求められている。

イ. 耐環境性

使用される環境に適した耐侯性、耐熱性、耐振動性、さらには抗菌性等を保証する電子実装技術の開発が求められている。

ウ. 省エネルギー化・環境対策

放熱・冷却構造、低抵抗配線化、高電圧化対応技術、低温はんだ接合技術等の実現による省エネルギー化技術、さらにはリペア実装技術、材料リサイクル、鉛フリー実装等の環境負荷物質低減化技術の開発が求められている。

エ. 低コスト化

大量生産はもとより、多品種少量生産に対応した低コスト電子実装技術の開発が求められている。

オ. 設計技術

構造、性能（電気特性）、電磁ノイズ、冷却等に関する個々の設計技術の高度化及びこれらを総合的にみて要求条件を満たす統合設計技術の開発が求められている。

(4) 川下分野特有の事項

当該技術の川下製造業者等が抱える特有の課題及びニーズ並びにそれらを踏まえた高度化目標を以下に示す。

1) 情報通信機器に関する事項

情報通信機器は、スーパーコンピュータやルータ・サーバ等の大型情報機器とパーソナルコンピュータ、ゲーム機、スマートフォン等の情報家電によって、課題・ニーズに異なる部分がある。

大型情報機器では、並列処理化の傾向が一段と強く、1台の処理能力を高めるほかに多くの機器相互間を効率良く高速で接続することによる大容量高速情報処理化への要求が大きい。一方、情報家電においては、個々の使い易さ、多機能化の要求のほかに、情報家電同士の相互接続及び情報家電と冷蔵庫、エアコン、セキュリティ機器等とを相互接続してシステム化を容易に可能とする技術が求められている。

大型情報機器と情報家電に共通している課題・ニーズとしては、高機能化、多機能化による製品の高付加価値化が挙げられる。

①川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

ア. 高機能化・多機能化・大容量高速情報処理化

- イ. 情報機器間インタラクティブの高度化
- ウ. 機器ネットワーク構成の容易化・高度化

②高度化目標

- ア. 光インターコネクション等の高速大容量情報通信機器実装技術の向上
- イ. 大電力・高発熱装置の冷却技術及び電力供給構成技術の高度化
- ウ. ウェアラブル・エルゴノミクス対応実装技術の確立
- エ. 端末機器間相互接続のための無線接続、赤外線接続に適した実装技術の確立
- オ. 多種多様な電子機器共存環境でのEMC (Electro Magnetic Compatibility : 電磁環境適合性) 技術の高度化

2) 自動車に関する事項

自動車分野については、安全性能向上・快適性向上、省エネルギー・耐環境性・地球環境対策が求められている。特に人命に直接関係することから極めて高い信頼性が求められる。また、自動車に搭載する電子機器は、 -30°C 程度から 80°C 程度に至る環境下での動作保証に加えて、エンジンや走行の振動のために平常時の4倍もの力に耐えなければならず、非常に厳しい環境において安定確実に動作することが求められている。

さらに快適な運転環境を提供するため、ITS、車々間通信、衝突防止システムにおいても電子実装技術が広く活用されており、多機能、高速処理とともに劣悪環境下での安定な動作が課題である。

電気自動車等の電動機の電力供給や制御については、劣悪環境下での安定な動作に加え、大電流供給、高発熱対策等、パワーデバイスに適した構造が要求される。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 劣悪環境化での高信頼度動作
- イ. 衝突防止システム等安全な運転環境
- ウ. ITS、車々間通信等の快適な運転環境
- エ. 大電流供給、高発熱対策等パワーデバイスに適した構造

②高度化目標

- ア. 部品内蔵化基板等耐振動性に優れた実装技術の実現
- イ. 高放熱金属樹脂複合基板、高耐熱基板材料を用いた配線板、部品類技術の確立
- ウ. 低温対応の配線板、部品類技術の高度化

- エ. 電動機用パワーエレクトロニクス実装技術の高度化
- オ. ショット雑音環境下での電磁環境適合性（EMC）実装技術の高度化
- カ. センサ機器・認識制御デバイス・アクチュエータ間ネットワークの実装構成技術の高度化

3) ロボットに関する事項

ロボットは主として産業用ロボットとサービスロボットに大別される。産業用ロボットでは工場の製造現場において周辺に多くの製造機器が存在する環境で使用されるため電磁ノイズに強いことが求められている。また、生産性を上げるための高速性及び長期安定な動作が要求される。さらにパーツ交換等によりフレキシブルに多品種少量生産に対応できる構成が求められている。

一方、家庭用及び看護用等のサービスロボットでは、人間の生活、生命に深く関わるため、高い安全性、信頼性、長寿命が重要な課題である。また、様々なセンシングデバイスから得られる多量の情報を高速で処理及び判断し、自律的かつスムーズに複雑な動作を行うことが要求される。さらに人体との接触や人間との会話等のインタラティブな作業に対しては、エルゴノミクス等を考慮した構成が求められる。

最近では大規模災害時等、人の立入が難しい環境で作業する「作業ロボット」の開発が進んでおり、極限環境下での安定な動作の保証へのニーズも高まっている。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 様々な作業動作に対しバリエーションがとれる構成
- イ. センシングデバイス等の多量情報を高速で処理し自律的に複雑な動作が可能な構成
- ウ. エルゴノミクス等を考慮した人に優しい構成
- エ. 極限環境でも安定な動作が可能な構成

②高度化目標

- ア. パーツ交換が容易なモジュール実装構造の実現
- イ. センサ・アクチュエータ・MEMS及び半導体デバイスを3次元実装構成の実現
- ウ. エルゴノミクスと整合した実装構造の実現
- エ. 極限環境に耐えられる実装構造の実現

4) 医療・ヘルスケアに関する事項

医療機器のX線関連装置、核磁気共鳴画像診断装置（MRI）、内視鏡等では、生命を左右する環境下での使用が主体となることから、極めて高い安全性・動作の確実性及びフェイルセーフに対応した機器の構成が求められる。さらに人体に直接接触することから細菌感染及びこれを防ぐための消毒・洗浄等に耐える素材を使った構造及びパーツ交換に適した構成が必要である。

医療・ヘルスケア関連機器・装置では最近の健康志向の影響を受け、新規開発が急速に進んでおり、生体親和性に優れたセンシングデバイスにより人体の細胞レベルから微弱な生体情報を感知して、確実に素早く分析・処理することが課題となっている。

また、遠隔医療では、医療機器と情報通信装置とをネットワーク構成して、大量の医療データの高速通信が課題となっており、さらにはこのネットワークに医療ロボットを組み合わせることも始められている。

血圧計、体組成計を始めとするヘルスケア機器においては、小型・軽量・低コスト等が課題となっている。また、これらの機器で測定された健康情報を主治医が情報ネットワークを通して収集・蓄積・統計処理を行い、患者の健康を遠隔管理する技術の実用化が進んでいる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

ア. 生体環境に適した安全性・動作の確実性及びフェイルセーフへの対応

イ. 細菌感染の防止、消毒・洗浄の容易性

ウ. 生体親和性及び適合性に優れたセンシングと生体情報の高速処理

エ. 遠隔医療構成の容易性

②高度化目標

ア. 防水及び耐薬品処理に適した電子実装の実現

イ. 滅菌処理対応・生体親和性等に優れた材料の利用

ウ. プリントブル実装技術等によるフレキシブルな基板や不定形な部品への回路形成や電子部品実装の実現

エ. 胃カメラカプセル等に適用可能な超小型モジュール実装・医療用MEMSの確立

オ. 医療機器のネットワーク化・遠隔医療のシステム化の実現

5) エネルギーに関する事項

環境調和型エネルギーである再生可能エネルギー等に対する関心

の高まりから、エネルギー関連の分野においても電子実装技術の重要性が認識されている。

インバータやコンバータにおいては、変換効率の向上、大電力処理化、冷却のための負荷軽減、突入電流対策等が課題である。

太陽電池システムについても発電効率化、大電力化が求められ、発電セルの高密度実装及び低抵抗配線による接続、屋外環境での塵埃付着の抑制による発電効率の維持、厳しい環境下での長寿命化が要求されている。

従来の発電（火力・水力・原子力）と自然エネルギー発電（太陽電池、風力・地熱）を協調させて電力供給をするスマートグリッド（次世代送電網）においては、発電及び蓄電状況を適切に把握し、需要見込みも想定した効率的かつ安定な電力供給をするため、情報通信処理技術を用いた大電力制御が求められる。さらに送電については、損失軽減の観点から高電圧使用が求められており、制御情報通信装置の低電圧使用の場合とは異なる実装技術が必要となる。

①川下製造業者等の特有の課題及びニーズ

- ア. 大電流に対応した低損失化対策、突入電流対策、冷却対策
- イ. 太陽電池の発電効率化、大電力化、長寿命化
- ウ. スマートグリッド等の電力協調

②高度化目標

- ア. 大電流に対応した低損失給電、突入電流回路構成及び冷却構造を含むパワーモジュール実装の実現
- イ. 太陽電池システムの高効率化のための高密度実装、低抵抗配線の確立・高度化
- ウ. 太陽電池システムの発電セルのリペア構造、塵埃・耐候性対策構造の実現
- エ. スマートグリッド等の制御装置の高電圧部と低電圧部の分離構成並びに電力情報ネットワークに関する実装の高度化

2 電子実装技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

電子実装技術に対する川下製造業者等の課題及びニーズに対応するための技術開発の方向性を11点に集約し、以下に示す。

(1) 実装設計・シミュレーション技術の研究開発の方向性

①パッケージ・ボード特性を考慮した半導体

デバイス設計、高速・高周波回路設計、給電モデリング・シミュレーション、パッケージ基板の伝送線路モデリング・シミュレーション、EMC/EMIモデリング・シミュレーション、デジタル/アナログ混在回路設計

- ②実装構造設計・応力シミュレーション
- ③熱設計・シミュレーション
- ④3次元実装パッケージ/モジュール/サブラック/筐体の各実装階層のシステム回路設計・シミュレーション
- ⑤実装構造・電気伝送・EMC・冷却の各特性を統合した設計・シミュレーション
- ⑥センサ、MEMS、光部品及びLSIの機能を連結する統合設計・シミュレーション
- ⑦光伝送、無線伝送の設計・シミュレーション

(2) 高密度実装技術に対応した研究開発の方向性

- ①MCM (Multi Chip Module)、COB (Chip on Board)、SiP
- ②一括積層や逐次積層等の高密度多層プリント配線板製造プロセス、高密度フレキシブル配線板製造プロセス、低熱膨張率・高熱伝導性基板材料、マイクロビア加工、ビアフィリングめっき、直接描画・分割露光、平滑表面の金属/樹脂密着、細線パターン検査
- ③高精度位置合わせ及びファインピッチ接続 (ワイヤボンディング、バンプ接続、TAB接続、はんだ接続等)
- ④金属ナノ粒子ペースト材料を用いた実装 (微細印刷、インクジェット、インプリント、オフセット等)
- ⑤パワーエレクトロニクス対応実装 (大電流、高発熱対応)
- ⑥WLP (Wafer Level Package) とその実装

(3) 3次元実装技術に対応した研究開発の方向性

- ①COC (Chip on Chip)、POP (Package on Package)、MID (Molded Interconnect Device: 3次元的形状、3次元的回路・パターンから成る樹脂成形品)、3次元フレキシブル実装等
- ②貫通孔・貫通電極形成、インタポーザ接続、微細バンプ接続、狭ピッチ・低ループワイヤ接続等
- ③高精度ダイシング、ウエハー薄板化研磨、薄片チップの高精度積層、異種材料積層、接続歪緩和構造・樹脂材料、低応力モールディング等

④ベアチップ検査、組立て・テスト装置

(4) ファインピッチ接続に対応した研究開発の方向性

- ①バンプ接続のための高精度メタルマスク、狭ピッチはんだペースト印刷、微小はんだボール作成・配列、めっきバンプ形成、スタッドバンプ形成等のバンプ形成及びバンプ形状検査装置
- ②ワイヤボンディングのための高密度細線ボンディング、低ループワイヤ接続、高精度・高速ボンディング装置
- ③超多端子一括接続、常温／低温接続

(5) 部品内蔵実装技術（エンベッディド実装）に対応した研究開発の方向性

- ①能動・受動デバイス埋め込み（熱対策、低 ESR 対策を含む）ベアチップ検査、フリップチップ実装、導電性接着剤実装、薄型チップ部品、薄膜受動素子形成、機能性めっき、銅めっき接続
- ②プリンタブル（プリンテッド）実装
- ③銅電極部品

(6) MEMS 実装技術に対応した研究開発の方向性

- ①インプリント加工、スタンパ型電鍍、ナノ光造形加工、ガラス微細加工、貫通電極形成、常温／低温接続
- ②精密洗浄、洗浄度検査
- ③気密封止パッケージング、高精度ハンドリング

(7) 光電気実装技術に対応した研究開発の方向性

- ①光導波路・光ファイバの低損失・高度化
- ②光コネクタの低損失・多芯化
- ③光導波路・光路変換ミラー・グレーティング等の光配線板及びシリコンプラットフォーム
- ④光ファイバ・導波路の端面精密加工
- ⑤パッシブアライメント等の光結合
- ⑥光電気混載実装モジュール

(8) 検査技術に対応した研究開発の方向性

- ①3次元実装対応外観検査・非破壊検査、多端子電極ベアボード電気検査、部品内蔵基板検査

- ②高精度マイクロマニピレータとプローブ、微小プローブピン作成
- ③マイグレーション・ウイスカ評価
- ④3次元可視化及び治具・装置

(9) 冷却技術に対応した研究開発の方向性

- ①放熱・伝熱導電材料、高熱伝導絶縁材料
- ②冷却部品（放熱フィン、ヒートパイプ、冷却ファン、水冷部品、ペルチェ素子）
- ③冷却構造
- ④冷却評価

(10) 生体親和・適合技術に対応した研究開発の方向性

- ①滅菌材料、生体親和材料
- ②エルゴノミクスに整合するフォルム・デザイン等

(11) 環境対応技術に対応した研究開発の方向性

- ①高融点鉛フリーはんだ材料
- ②ハロゲンフリー化
- ③低温実装（低融点鉛フリーはんだ、導電性接着剤等）
- ④解体容易化、リサイクル
- ⑤二酸化炭素削減電子実装プロセス

3 電子実装技術において特定研究開発等を実施するに当たって配慮すべき事項

厳しい内外環境を勝ち抜く高い企業力を有する自律型中小企業へと進化するためには、中小企業者は、以下の点に配慮しながら、研究開発に積極的に取り組み、中核技術の強化を図ることが望ましい。

(1) 今後の実装技術の発展に向けて配慮すべき事項

①産学官の連携に関する事項

川下企業、関連産業、公設試験研究機関、大学等と積極的に連携し、事業化に向けたニーズを把握しつつ、独創的な研究・技術開発を行うことが重要である。その際、自らが有する技術についての情報発信を適切に行い、円滑に研究開発が進むよう努めるべきである。

②人材確保・育成及び技術・技能の継承に関する事項

技術力の維持・向上に必要な人材の確保・育成のために、若手人材

のリーダーへの育成に努めるとともに、ベテラン技術者とのペアリングによる研究管理等により、技術・ノウハウを若年世代へ円滑に継承していく必要がある。

③生産プロセスの革新に関する事項

製品開発過程においても、常に自動化、省エネルギー、省スペースといったプロセスイノベーションを意識する必要がある。また、自由度の高い製造工程と生産性の向上を目指し、研究開発段階においても、積極的にIT活用を図ることが望ましい。

④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明に関する事項

公的機関が提供する標準物質・計量標準等の知的基盤を有効に活用しつつ、計測技術及びシミュレーション技術を用いて、自らの技術や技能の科学的な解明に努めるとともに、技術や技能のデータベース化を図りながら技術体系を構築していくことが重要である。

⑤知的財産に関する事項

自社が有する知的資産を正しく認識するとともに、公開することによって独自の技術が流出するおそれがある場合を除き、適切に権利化を図る必要がある。

川下製造業者等は、中小企業者と共同で研究開発等を行う場合には、事前に知的財産権の帰属、使用範囲等について明確に取決めを行うとともに、中小企業者が有する知的資産を尊重すべきである。

(2) 今後の実装業界の発展に向けて配慮すべき事項

①グローバル展開に関する事項

積極的に海外市場の開拓を図るために、ターゲットとなる市場のニーズに応じた製品開発を進める必要がある。海外展開を進める際には、競争力の源泉となる技術の流出防止を徹底することが重要であり、流出の懸念がある技術についてはブラックボックス化を進める等の対策を講じるべきである。

②取引慣行に関する事項

中小企業者及び川下製造業者等は、受発注時における諸条件やトラブル発生時の対処事項等について契約書等で明確化することが望ましい。また、下請代金の支払遅延や減額等の禁止行為を定めた下請代金支払遅延等防止法や、取引対価の決定や下請代金の支払い方法等について、親事業者と下請事業者のよるべき基準を示した、下請中小企業振興法に定める「振興基準」を遵守し取引を行わなければならない。

③サービスと一体となった新たな事業展開に関する事項

単なる製品の提供に留まらず、ユーザーや市場ニーズを満足させるサービス・機能・ソリューションの提供を目指した研究開発を進めることが重要である。

④事業の継続に関する事項

自社の人材、インフラ、取引構造等について日頃から正確に把握し、災害等が発生した場合の早期復旧とサプライチェーンの分断防止のため、危機対処方策を明記した事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）を予め策定しておくことが重要である。

⑤計算書類等の信頼性確保、財務経営力の強化に関する事項

取引先の拡大、資金調達先の多様化、資金調達の円滑化等のため、中小企業者は、「中小企業の会計に関する基本要領」又は「中小企業の会計に関する指針」に拠った信頼性のある計算書類等の作成及び活用に努め、財務経営力の強化を図ることが重要である。