特定ものづくり基盤技術「５．接合・実装技術」

１．デザイン開発技術
２．情報処理技術
３．精密加工技術
４．製造環境技術
５．接合・実装技術
６．立体造形技術
７．表面処理技術
８．機械制御技術
９．複合・新機能材料技術
１０．材料製造プロセス技術
１１．バイオ技術
１２．測定計測技術

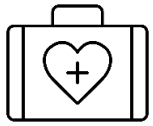
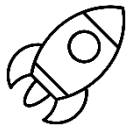
接合・実装技術とは・・・

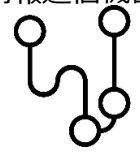
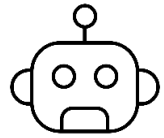
○相変化、化学変化、塑性・弾性変形等により多様な素材・部品を接合・実装することで、力学特性、電気特性、光学特性、熱伝達特性、耐環境特性等の機能を顕現する接合・実装技術

○具体的には、
・接合部の高強度化、信頼性の向上や軽量化、接合・実装の位置精度の向上
・接合部の機能の高付加価値化、信頼性の付与等に応える研究開発
・劣悪な極限環境でも強靭かつ安定な機能を維持
・接合・実装作業における生産性の向上
・製品の製造、修理、再利用、廃棄までを考えたライフサイクルコストやこれらの過程でのエネルギー使用の最小化

など

特定ものづくり基盤技術「５．接合・実装技術」川下製造業者等が抱える課題及びニーズ

川下分野	課題及びニーズ
共通	ア．高強度・高機能化 イ．軽量化 ウ．難接合素材の部材接合 エ．製品の信頼性 オ．環境負荷の低減 カ．生産性の向上 キ．低コスト化
医療・健康・介護 	ア．安全性、信頼性（動作の確実性、信頼設計） イ．細菌感染の防止、消毒・洗浄の容易性 ウ．生体親和性・生体内分解性・生体情報の高速処理 エ．インプラント等における患者の負担軽減 オ．接着性、耐久性、速硬化性 カ．遠隔医療構成の容易性 キ．臨床データの収集及び医療器具の許認可の促進
環境・エネルギー	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
航空宇宙 	ア．機体の高強度性・耐衝撃性 イ．機内圧力を一定に保つ堅牢な密閉性 ウ．機体・電子機器の軽量性 エ．広い温度範囲での耐環境性 オ．放射線を含む宇宙環境での接合部・電子機器の長寿命・耐久性

川下分野	課題及びニーズ
自動車等 輸送機械	ア．劣悪環境化での高信頼性 イ．衝突防止システム等の安全性及びメンテナンス技術 ウ．ＩＴＳ、車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 オ．高強度、超高強度部材における接合時の遅れ破壊の防止 カ．燃費向上及び省資源化のための軽量化
住宅・建築物・構造物	ア．環境負荷低減、耐環境性 イ．高機能化、多機能化、長寿命化 ウ．免震性、耐震性、制震性 エ．防錆性、耐食性
情報通信機器 	ア．高機能化・多機能化・大容量高速情報処理化 イ．情報通信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 エ．薄板厚部材の安定した接合 オ．微小部品の接合
ロボット・産業機械 	ア．作業動作の適用範囲の拡大 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化 オ．人間工学等を考慮したデザイン設計 カ．極限環境でも安定した動作が可能な構成 キ．遅れ破壊の心配のない高強度化 ク．耐熱性、耐寒性の高い接合用部品及び技術の開発

特定ものづくり基盤技術「５．接合・実装技術」高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施方法

技術開発の方向性	
（１）技術要素の高度化に対応した技術開発の方向性	①接合部品の高強度化 ②新素材部品による接合 ③安定した軸力を導入する潤滑剤 ④非鉄金属部材、異種金属部材、樹脂構造部材等の物理的・化学的接合
（２）接合機能の向上に対応した技術開発の方向性	①組立及び施工の作業効率性向上 ②緩み防止 ③接合用部品の情報化 ④耐食性、耐候性、耐油性等の耐久性、接着性の向上 ⑤樹脂部材締結・接合 ⑥特殊形状接合部品及び材料等による機能性向上
（３）環境配慮に対応した技術開発の方向性	①有害化学物質の不使用 ②製品のリサイクル性向上 ③物理的・化学的接合部品及び材料の製造過程における省エネルギー化
（４）管理技術に対応した技術開発の方向性	①部品製造工程の低コスト化 ②接合用部品及び材料の品質管理 ③耐経年変化への対応 ④高温部、厚板、複雑形状部等の検査 ⑤作業者保護のための安全確保 ⑥ロボットによる高精度化、高速化、操作性向上 ⑦基本データベース構築・確立、シミュレーション技術との連携条件・施工方法データベースの共通化
（５）高密度先端実装技術に対応した技術開発の方向性	①実装設計、シミュレーションへの対応（熱、応力、電気統合設計） ②三次元実装を考慮した電子システム集積化 ③部品内蔵基板実装への対応 ④光・電気混載実装のための対応 ⑤生体親和、環境対応技術に対する高性能化 ⑥モジュール化、微細接続、パワーエレクトロニクス等に対する高密実装
（６）ＩｏＴ、ＡＩ等を活用した技術開発の方向性	①センサ技術等を活用した信頼性の高いデータの取得・蓄積 ②ＩｏＴ、ＡＩ等の活用による設備等の予知保全・遠隔保守、運用最適化、匠の技のデジタル化等を通じた接合・実装に係る技術開発の効率化・生産性向上 ③ＩｏＴ、ＡＩ等の活用による新たなサービス創出

特定ものづくり基盤技術「５．接合・実装技術」研究開発事例

サポイン採択年度	プロジェクト名	研究開発体制
平成26年度	両面放熱機能を有する薄型SiC大電流パワーモジュールの製品および製造技術の開発	シーマ電子(株)、横浜国立大学、(公財)横浜企業経営支援財団
平成25年度	高出力深紫外レーザー加工装置を実現するスーパーCLBO（$CsLiB_6O_{10}$）波長変換素子の開発	特定非営利活動法人産学金連携センター、(株)創晶、大阪大学、(株)光学技研、スペクトロニクス(株)

接合・実装

空冷方式に対応可能で放熱特性に優れた両面放熱薄型SiC大電流パワーモジュール

■プロジェクト名：両面放熱機能を有する薄型SiC大電流パワーモジュールの製品および製造技術の開発
■対象となる川下産業：自動車電装メーカ・デバイス製造メーカ・電源メーカ
■研究開発体制：シーマ電子(株)、横浜国立大学、(公財)横浜企業経営支援財団

プロジェクトの概要

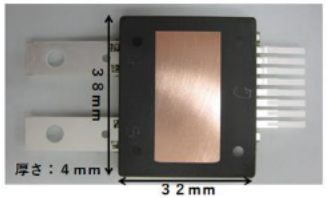
＜背景・目的＞
- Siパワー半導体はエアコン、冷蔵庫等の家電でのインバーター用途で電力削減に寄与してきたが、近年SiCパワー半導体を用いたモジュールの早期実用化による更なる削減に期待が高まっている
- SiCパワー半導体はモジュールの構成材料の耐熱性が不足しているため、本来のSiCの特性が発揮できない150℃前後の温度で作動させているのが実情である
- 両面放熱構造による小型空冷の大電流パワーモジュールの期待は大きい

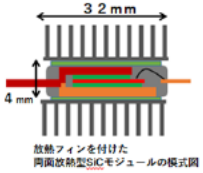
＜実施項目＞
- コレクター電極とエミッター電極を両表面に配置させ、放熱特性を向上させたモジュール構造を特徴とし、空冷化方式にも対応可能な技術の開発
- 作動温度250℃に耐える構成材料（モールド樹脂）の新規開発
- リードフレームとSiCチップの接続において、非鉛系高耐熱・高熱伝導材料と高信頼性の接続技術の開発

プロジェクトの成果を活用できる製品・サービス

●両面放熱機能を有する薄型SiCパワーモジュール製品

＜開発したモジュール＞





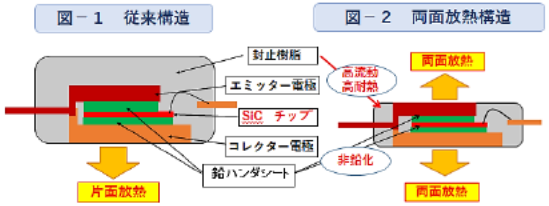
放熱フィンを付けた
両面放熱型SiCモジュールの模式図

製品・サービスのPRポイント

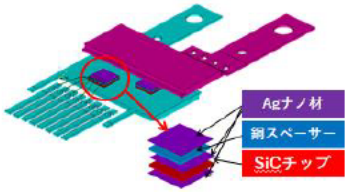
●両面放熱構造のため、放熱に優れる
- 構成材料の耐熱性が250℃以上ある
- SiCパワー半導体のもつ大電流、高電圧の特徴を有する

●環境に安全な接続材（シンター材）の採用
●SiCパワーモジュールの小型化が可能

＜両面放熱構造と従来構造の比較＞



＜モジュール構造＞



プロジェクトで実施した内容

＜研究開発の目標＞

空冷方式でも作動する両面放熱機能を有した薄型SiC大電流パワーモジュールの製品化と製造技術の開発

従来技術	新技術	新技術のポイント
・SiCパワー半導体のモジュール製品は、構成材料であるモールド樹脂や接続材（鉛半田）の耐熱性が不足している	・コレクター電極とエミッター電極をモジュールの両表面に配置 ・リードフレームとSiCチップの接続材にAgナノ材を使用	・放熱特性が向上し、空冷式にも対応可能 ・高耐熱・高熱伝導材料であり、接続の信頼性が高い

＜直面した課題と課題解決＞

直面した課題	問題解決のための手段	手段による効果
・Agナノ材はSiCチップを搭載すると、ペースト状のAgナノ材がチップ側面にはい上がり、電気的不良が発生する懸念がある	・メーカと共同でAgナノ材の改良を進めているが、当面は非鉛化の接合材として、錫アンチモン系ハンダシートを使用	・耐熱性は240℃まで向上

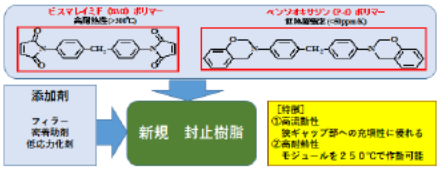
研究開発の結果

●両面放熱機能を有する薄型SiCパワーモジュールの構造設計
- 作動温度200℃のモジュール組立技術を確立し、第一ステップとしてSiCチップ（ダイオード機能内蔵MOS-FET）を1個搭載した100A対応のSiC大電流パワーモジュールを製作した
- 非鉛接合材である錫アンチモン系ハンダシートを用いて、温度サイクル試験による応力負荷に耐える信頼性の高い製品特性を確認した

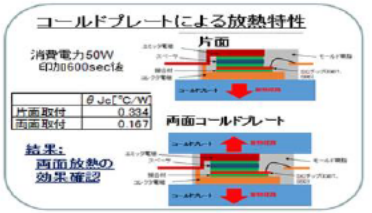
●気泡混入のない成型方法と製造技術の確立
- 金型温度200℃、成型圧85Kgf、成型時間120秒、PMC（後硬化）250℃で4時間の成型条件で、超音波探傷観察により内部に気泡がないことを確認した
- ベンゾオキサジン-ビスマレイミド（BMI）系をベースに、高流動性で高耐熱性（300℃）の封止樹脂を開発した

●耐熱性を有する非鉛化接合材の開発
- 錫アンチモン系ハンダシート（耐熱性240℃）を用いて、温度サイクル試験に耐える両面放熱構造モジュール組立技術を完成した

＜新規高流動性・耐熱性モールド樹脂＞



＜両面放熱構造モジュールの熱抵抗の測定結果＞



実用化・事業化の状況

＜プロジェクト終了時の状況＞
- 実用化に向けた開発段階

＜実用化・事業化の見通し＞
- 今後はSiCチップを複数個搭載した500Aのモジュール製品を開発して市場展開を図る

企業情報：シーマ電子株式会社
事業内容：電子絶縁材料の販売ICパッケージの試作、解析、評価
所在地：〒231-0063　横浜市中区花咲町二丁目82番地貞華ビル
URL：http://www.shima.co.jp/

本製品・サービスに関する問い合わせ先
連絡先：吉田克己
TEL：045-260-1511
E-mail：yoshida@shima.co.jp

接合・実装

孔径10μmΦのマイクロビア径を高効率加工できる深紫外レーザー加工機を実現するCLBO波長変換素子

■プロジェクト名：高出力深紫外レーザー加工装置を実現するスーパーCLBO（$CsLiB_6O_{10}$）波長変換素子の開発
■対象となる川下産業：情報通信・情報家電・事務機器、半導体・液晶製造装置、電子機器・光学機器
■研究開発体制：特定非営利活動法人産学金連携センター、(株)創晶、大阪大学、(株)光学技研、スペクトロニクス(株)

プロジェクトの概要

●次世代の孔径10μmΦの微細マイクロビア径を高効率加工できる、Nd:YAGレーザーの第４高調波（波長266nm）を用いた深紫外レーザー加工機を実現するために、高品質CLBO波長変換素子を開発・実用化する

プロジェクトの実施項目

●CLBOのレーザー損傷耐性向上技術
●溶液攪拌による結晶大型化・均質化技術
●素子加工・長寿命化技術
●評価及びフィードバック

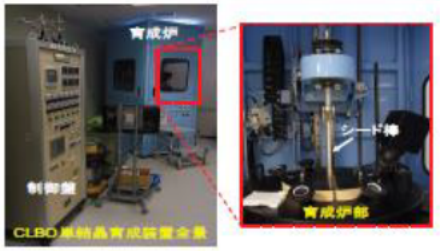
サポイン事業の成果を活用して提供が可能な製品・サービス

●深紫外レーザー加工機を実現する紫外光発生用スーパーCLBO波長変換素子
●レーザー装置

製品・サービスのPRポイント（顧客への提供価値）

●実装分野で必要とされる孔径10μmΦの微細マイクロビア加工、難加工性のガラス複合基板の微細加工を高効率で実施可能な、波長266nm、出力10W対応の深紫外光発生用スーパーCLBO波長変換素子を実用化

＜大型CLBO単結晶育成装置＞



＜大型CLBO結晶＞

今後の実用化、事業化の見通し

●開発目標はすべて達成されたが、レーザー技術の発展も想定以上に早く進行しているため、最新鋭のレーザー機器に搭載し、性能を発揮するようにCLBO結晶の高度化が必要で、補完研究を行い、完成度を高めていく必要がある
●事業化については、新たに「株式会社創晶超光」を設立し、これまでの開発に携わってきた開発要員も投入し効率的に対応し、ユーザーの要望にもきめ細かく対応していく
●設置後のメンテナンス、アフターサービスも重要な要素であるため、営業、開発、技術サービスの各部門が密接な連携をとり、事業化を展開していく
●すでに米国等の海外企業からも受注を得たこともあり、海外営業も積極的に展開していく

研究開発の背景

・孔径10μmΦの微細マイクロビア径の高効率加工には、Nd:YAGレーザーの高出力第４高調波(266nm)が最も優れている。ビア形成以外にも、Low-kウエハや3次元実装用ダイシング、タッチスクリーン用透明導電酸化物(ITO)層のパターニング等、最先端エレクトロニクス製造工程で深紫外レーザー加工装置の導入が切望されている
・$CsLiB_6O_{10}$（CLBO）は複屈折がLBOよりも大きく、Nd:YAGレーザーの第４高調波（266nm）、及び200nm前後の紫外レーザー光を高効率で発生できる
・大阪大学での結晶高品質化の研究により、現在、CLBO結晶は出力数百mW程度の紫外レーザー光を利用する半導体マスク検査装置に搭載されているが、マイクロビア加工に必要な出力10W以上の高出力深紫外光を安定に長時間発生（製造現場では1万時間が要求される）はまだ困難である

サポイン事業で実施した研究開発の内容

＜研究開発の目標＞

大阪大学で開発した最新の結晶化技術を具現化し、高出力深紫外光を発生できる超高品質CLBO結晶を実現する

従来技術	新技術	新技術のポイント
・Nd:YAGレーザーの第４高調波(波長266nm)発生用$CsLiB_6O_{10}$結晶（低品質結晶）	・Nd:YAGレーザーの第４高調波(波長266nm)を安定に長時間発生できる$CsLiB_6O_{10}$結晶	・次世代の孔径10μmΦの微細マイクロビア径を高効率加工できる深紫外レーザー加工機を実現する

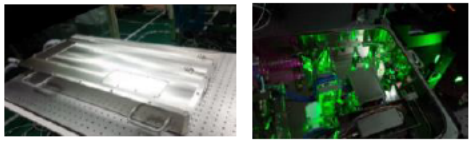
＜直面した課題と課題解決＞

直面した課題	問題解決のための手段	手段による影響
・大型化と高品質化の両立に対する技術的ハードルが高いこと	・新型攪拌技術の高度化による効率的な結晶大型化	・課題解決の方向性が明らかとなり、結晶化技術が確立できた

研究開発の成果

●散乱源低減を行い、当初目標値の1.3倍を上回る約1.8倍の損傷耐性を得て、アルミニウム添加結晶育成技術の開発により、約1.3倍の高レーザー損傷耐性を示した
●フッ化リチウムの効果にて成長界面近傍でのAl分布の偏りを解消し、Al濃度の均質化と結晶の大型化の両立を達成
●CLBO結晶成長時に残存する微量水分子が結晶内に欠陥として取り込まれ、品質低下を招いているため、不純物制御の条件を明確化した
●新型攪拌翼の設計・試作を行い、大型で高均質なスーパーCLBO結晶（350g）の育成技術が構築できた
●研磨加工面の表面粗さ(rms) 6Å以下、透過波面収差20nm以下、結晶をウエハ状に切断する際の角度は目標結晶方位に対して±0.1度以下の精度を達成
●レーザースポットの移動スピードの最適化による結晶シフト技術による長寿命化としては従来品質で5.1倍（実質倍率1.7倍）、高品質結晶で6.3倍（実質倍率2.1倍）となることが分かった

＜新開発したレーザー発振器筐体(左)とレーザー発振実験の様子(右)＞



実用化・事業化の状況

・サポイン終了時の段階：実用化に向けた基礎研究の開始/実施段階
・現在（2018年2月時点）：株式会社創晶超光で事業化

企業情報：株式会社創晶
事業内容：Osaka-CLBO™結晶製造、有機低分子やタンパク質の結晶化受託、X線結晶構造解析受託、理化学機器の開発、製造及び販売
住所：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1大阪大学工学P3棟313号
URL：http://www.so-sho.jp/

本製品・サービスに関する問い合わせ先
連絡先：代表取締役社長　安達宏昭
TEL：06-6877-5659
E-mail：info@so-sho.jp