

平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「新規ヒートシンクタイプ放熱材の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成25年 3月

委託者 公益財団法人三重県産業支援センター

委託先 オキツモ株式会社

国立大学法人東北大学

目 次

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-2 研究体制

(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

1-3 成果概要

1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

2-1 アルミ薄板上に形成する表面微細加工構造のパラメータ設計と金型の作成

2-2 エンボス加工法による製作と評価

2-3 シート状新規ヒートシンクタイプ放熱材用接着剤と塗布方法の開発

最3章 全体総括

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

(1) 研究開発の背景・研究目的

情報家電市場においては、情報技術の進展や製品の高機能化により電子部品の高集積化・高密度化が進展しており、精密化や微細化された電子部品等の稼働時の発熱等に対応する新材料等成形技術が必要となっている。そこで、本研究開発では、樹脂素材を使用した電子機器部品の発熱問題を解決する新たな放熱手法として期待される「新規ヒートシンクタイプ放熱材」の製造技術を確立することを目的とする。

具体的な開発の内容としては、製品の軽量コンパクト化による筐体の樹脂化及び密閉化による、筐体内部の部品の発熱と筐体自体の加熱によるヒートスポット発生を防止するための新方式として、シート状アルミ素材表面に周期的マイクロキャビティー構造を有し、裏面に熱伝導性接着剤を塗布したシート状赤外線波長選択エミッタ「新規ヒートシンクタイプ放熱材」の開発に取り組むものである。

この放熱材を事業化する上で、市場が求める商品コスト・商品サイズの製造加工法を開発できるかという点が大きな課題であり、今回の研究開発では、シート状新規ヒートシンクタイプ放熱材の表面微細加工のための金型技術とこれらの金型技術を利用した加工技術の確立を行う。

具体的には、アルミ素材に赤外線波長に対応したマイクロキャビティーサイズ（数ミクロンサイズ）の微細加工が必要であり、この加工に必要な微細金型を作成し、この金型を利用した加工技術を開発する。

まず、赤外線放射特性を害することなく、アルミ薄板への加工性を有する金型形状及び寸法を数値解析により決定するとともに、これらの寸法による金型を作成し、アルミ薄板に直接微細加工することを目標として、プレス成形機により加工条件の検討を行う。

さらに、150～200℃程度の耐熱性ととも、高い熱伝導性、塗布適性などが必要となる接着剤樹脂の種類、熱伝導率を高めるフィラーの材質、粒度、混合量、混合方法等の検討を行い、シート状新規ヒートシンクタイプ放熱材に適した接着剤を開発する。加えて、接着剤の塗布条件を検討し、微細構造を損傷せず、均一で安定な塗布ができるような設備と塗布条件の開発を実施する。また、本事業では実使

用環境での性能確認を目的として、ユーザーに試作品のサンプルを提供し、性能評価を依頼する。

(2) 研究の目標

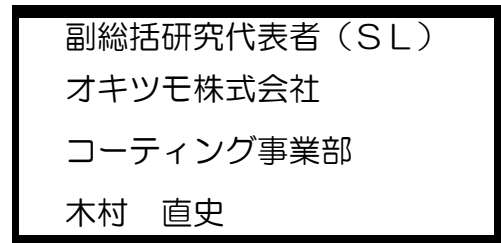
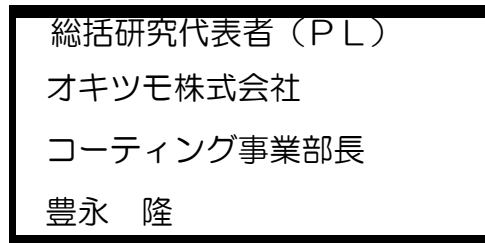
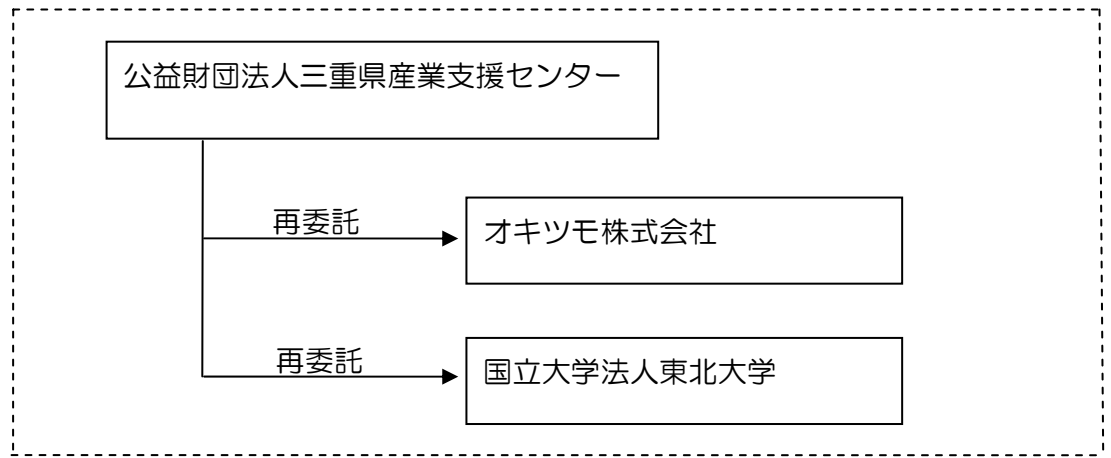
表1. 技術的目標値

| 項目 | 技術的目標値 |
|--|---|
| 1. シート状新規ヒートシンクタイプ放熱材の設計製作 1-1. アルミ薄板上に形成する表面微細加工構造のパラメータ設計と金型の作成 ① 基材上に形成する微細構造パラメータの決定 ② 表面微細加工金型の作成 ③ 波長選択性確認 | ① 数値解析により適正値を決定 ② 前記パラメータ設計に基づく金型の作成 ③ 周期的マイクロキャビティー構造を有するアルミ表面からの赤外線波長域3~6 μm の波長選択性があることを確認。 |
| 1-2. エンボス加工法による製作と評価 ① 加工面のサイズ拡大 (注: 1-1. の加工サイズは10mm角程度) | ① 30mm~50mm巾、長さ100mm以上、厚さ数100 μm |
| 2. シート状新規ヒートシンクタイプ放熱材用接着剤と塗布方法の開発 2-1. 耐熱性熱伝導性接着剤の開発 | 熱伝導率: 0.5~3.0W/m \cdot K 耐熱性: 150~200 $^{\circ}$ C |
| 2-2. 表面微細加工シートへの効率的塗布方法開発 | 商業的可能性の高い(生産性・コスト)塗布方法開発 |
| 3. 実用環境における性能確認(企業のユーザーを中心として検討) 3-1. 試作品によるユーザー評価 | 発熱源温度10%低減、ヒートスポット防止。 |

1-2 研究体制(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

(1)研究組織及び管理体制

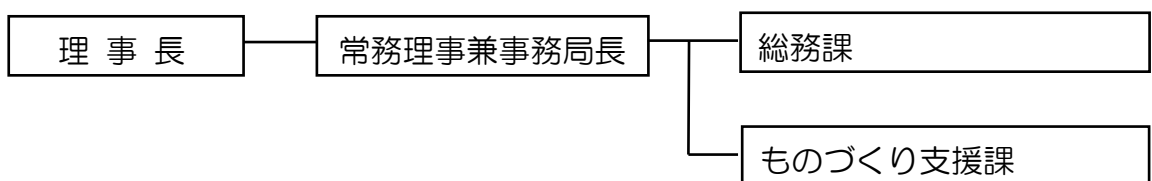
1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

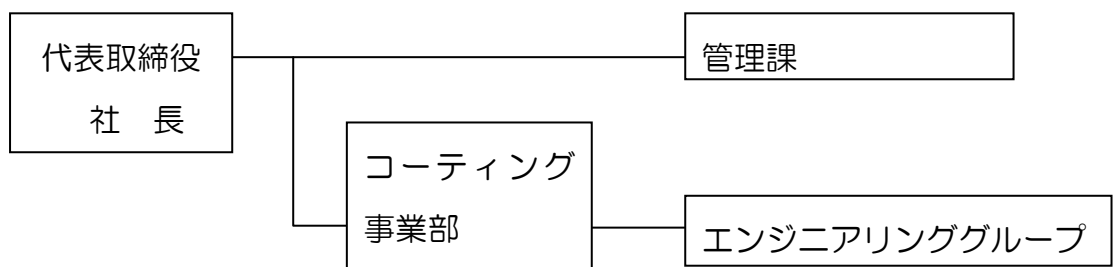
①事業管理機関

公益財団法人三重県産業支援センター

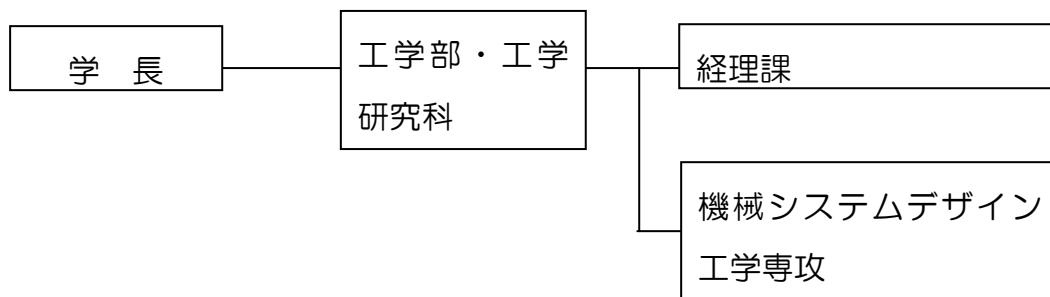


②再委託先

オキツモ株式会社



国立大学法人東北大学



(2)管理員及び研究員

【事業管理機関】公益財団法人三重県産業支援センター

管理員

| 氏 名 | 所属・役職 |
|--------|-----------------|
| 片山 良夫 | 常務理事兼事務局長 |
| 岡本 美千代 | 総務課（財務担当）課長補佐心得 |
| 村上 和美 | ものづくり支援課課長 |
| 中津 平一 | ものづくり支援課課長補佐 |
| 藤原 基芳 | ものづくり支援課 |
| 菊田 繁樹 | ものづくり支援課 |
| 脇 貞彦 | ものづくり支援課 |
| 山本 勇治 | ものづくり支援課 |

【再委託先】

研究員

オキツモ株式会社

| 氏 名 | 所属・役職 |
|-------|-------------------------------------|
| 豊永 隆 | コーティング事業部 事業部長 |
| 木村 直史 | コーティング事業部 エンジニアリンググループ グループ リーダー |
| 吉岡 文孝 | コーティング事業部 エンジニアリンググループ 主席技師 |

国立大学法人東北大学

| 氏 名 | 所属・役職 |
|-------|--------------|
| 湯上 浩雄 | 大学院工学研究科 教授 |
| 井口 史匡 | 大学院工学研究科 准教授 |

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

公益財団法人三重県産業支援センター

(経理担当者) 総務課 (財務担当) 課長補佐心得 岡本 美千代

(業務管理者) 常務理事兼事務局長 片山 良夫

(再委託先)

オキツモ株式会社

(経理担当者) 管理課 課長 上田 昌司

(業務管理者) コーティング事業部 事業部長 豊永 隆

国立大学法人東北大学

(経理担当者) 工学部・工学研究科 経理課外部資金係 佐藤 澄子

(業務管理者) 大学院工学研究科 教授 湯上 浩雄

【協力者】

アドバイザー

KISCO 株式会社 第三営業本部長付・統括部長 長谷川 雄志

株式会社 槌屋 執行役員 松村 覚

株式会社 槌屋 技術開発本部 副部長 大原 鉦也

1-3 成果概要

① アルミ薄板上に形成する表面微細加工構造のパラメータ設計と金型の作成

①-1 基材に形成する微細構造パラメータの決定

微細構造パラメータの決定のために、RCWA法 (Rigorous Coupled Wave Analysis 法、周期構造の厳密な電磁界解法の一つ) を用いた数値解析により、波長選択性赤外線放射特性を有しながら、アルミ薄板への加工性を考慮した微細周期構造の適正形状と寸法を決定した。

①-2 表面微細加工金型の作成

①-1 で決定したパラメーターに基づきエンボス加工法による成形に必要な金型を作成した。

①-3 波長選択性確認

①-2 で作成した金型により、アルミ板へ転写成形を実施し、成形した試作品で赤外線波長域 3~6 μm の波長選択性があることを確認した。

②エンボス加工法による製作と評価

②-1 加工面のサイズ拡大検討

小型金型を使用したステップ&リピート方式による大面積転写成形の検討、および大型金型を利用した一括転写による大面積化検討を実施した。

大面積での成形条件を確立すべく、成形の均一性・再現性、金型の寿命を改善するため、

- ・金型形状（各部寸法変更）の改良による成形性の再現性と均一性の改良
- ・金型剛性等の強度面から金型変形低減による成形性改良と金型長寿命化の為の金型材料変更
- ・金型コスト低減

の観点より進め、転写性・離型性等の改良を図った。

また、金型の加工方法についても、コスト低減に繋がる可能性のある加工方法が開発された。

②-2 波長選択性確認

各試作品の波長選択性評価を中赤外積分球および可視近赤外積分球を使用し測定した結果、小型金型によるステップ&リピート方式及び大型金型による一括転写方式の各方式による転写成形品は共に波長選択性があることを確認できた。

③シート状新規ヒートシンクタイプ放熱材用接着剤と塗布方法の開発

③-1 耐熱性熱伝導性接着剤の開発

微細加工したシート状放熱材裏面に塗布する耐熱性熱伝導性接着剤を開発する。

150～200℃程度の耐熱性ととも、高い熱伝導性、塗布適性などを満足出来るよう接着剤樹脂の種類、熱伝導率を高めるフィラーの材質、粒度、混合量、混合方法等の検討を行い、目標値（熱伝導率：0.5～3.0W/m・K、耐熱性：150～200℃）を満足する配合を決定することができた。

③-2 表面微細加工シートへの効率的塗布方法開発

生産性やコストを考慮した最適な塗布方法を確立するため、③-1で開発した耐熱性熱伝導性接着剤の塗布条件をテストコーターを用いて検討し、微細構造を損傷せず、均一で安定な塗布ができる条件を確立した。

④ 実使用環境における性能確認

④-1 試作品によるユーザー評価

これまでの研究開発により作製した試作品について、電子機器商品への適用評価を実施するユーザー企業を探し、評価を依頼することを目的として平成24年6月と10月の展示会に参考出品するとともに、一部ユーザーへ評価依頼を実施した。

また、本研究開発成果を用いた新規ヒートシンクタイプ放熱材の事業化に向け、実用化に求められる技術的要素やコスト面等に関するユーザー企業のニーズ把握を踏まえ、事業化についての検討も実施した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

研究実施者

| 研究実施者 (機関名) | 代表者 役職氏名 | 連絡先 |
|----------------|---------------------|--|
| オキツモ株式会社 | コーティング事業部長 豊永 隆 | 〒518-0751 三重県名張市蔵持町芝出 1109-7 toyonaga@okitsumo.co.jp TEL 0595-63-9095 FAX 0595-63-9892 |
| 国立大学法人東北大学 | 大学院工学研究科教授 湯上 浩雄 | 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01 h_yugami@energy.mech.tohoku.ac.jp TEL/FAX 022-795-6924 |

アドバイザー

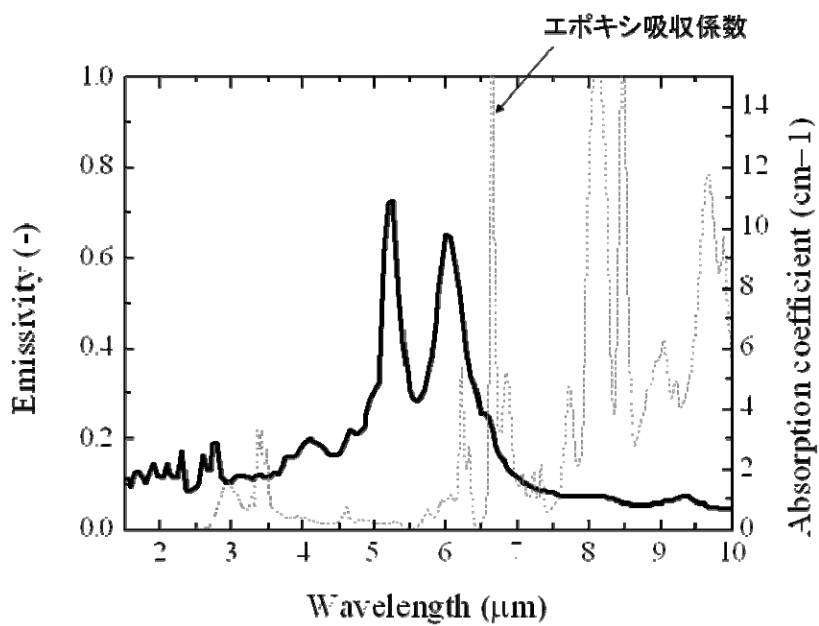
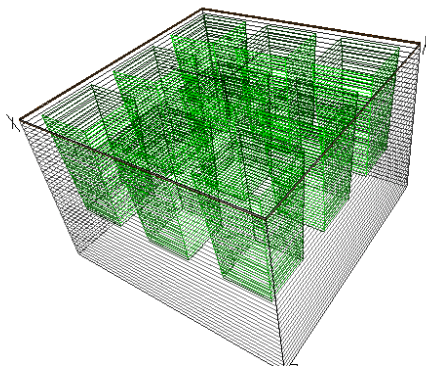
| 機関名及び氏名 | 住所 | 連絡先 |
|---------------------------------------|---|---|
| 株式会社 槌屋 執行役員 松村 覚 | 〒460-8330 名古屋市中区上前津 2 丁目 9 番 29 号 | TEL 052-331-5451 smatsumu@tsuchiya- group.co.jp |
| 株式会社 槌屋 技術開発本部 副部長 大原 鉦也 | 〒472-0006 愛知県知立市山町東並木北 22 番 4 号 | TEL0566-83-2121 KoyaOhara@tsuchiya- group.co.jp |
| KISCO 株式会社 第三営業本部長付・統括部長 長谷川 雄志 | 〒541-8531 大阪市中央区伏見町 3 丁目 3 番 7 号 | TEL 06-6202-2278 yuuji-ha@kisco-net.jp |

第二章 本論

2-1 アルミ薄板上に形成する表面微細加工構造のパラメータ設計と金型の作成

RCWA法（Rigorous Coupled Wave Analysis 法、周期構造の厳密な電磁界解法の一つ）を用いた数値解析により、微細構造パラメータの決定のための検討を実施し、波長選択性赤外線放射特性を有しながら、アルミ薄板への加工性を考慮した微細周期構造の適正形状と寸法を決定した。

図1. にシミュレーションの代表例を示す。図2. には作成した金型表面外観を示す。



- ・放射のピークが2本に分かれたが、どちらも樹脂の低吸収域に存在するため問題はない。
- ・高いピークを持ち、それ以外の領域では非常に低い放射率を持つため高い波長選択性を持ったエミッタとなることが期待される。

図1. 数値シミュレーションに用いた計算モデル（上図）とシミュレーション結果（下図）

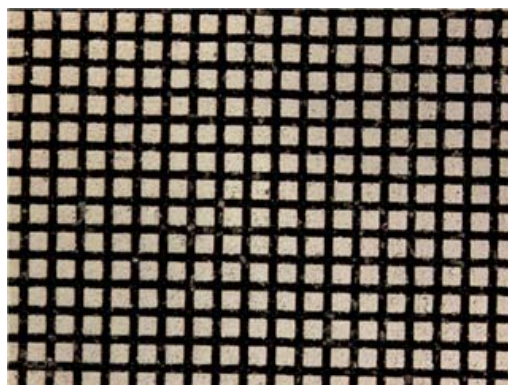


図2. レーザ顕微鏡で観察した作成金型表面（×3000）

2-2エンボス加工法による製作と評価

①加工面のサイズ拡大検討

①-1ステップ&リピート方式による転写面積拡大化

小型精密プレス機を用いた転写面積拡大化検討を図3. に示すプレス機を用い、図4. のように検討を実施した。



試験装置外観 20Tプレス

図3. 1軸プレスによる小型金型でのステップ&リピート方式による転写方法検討

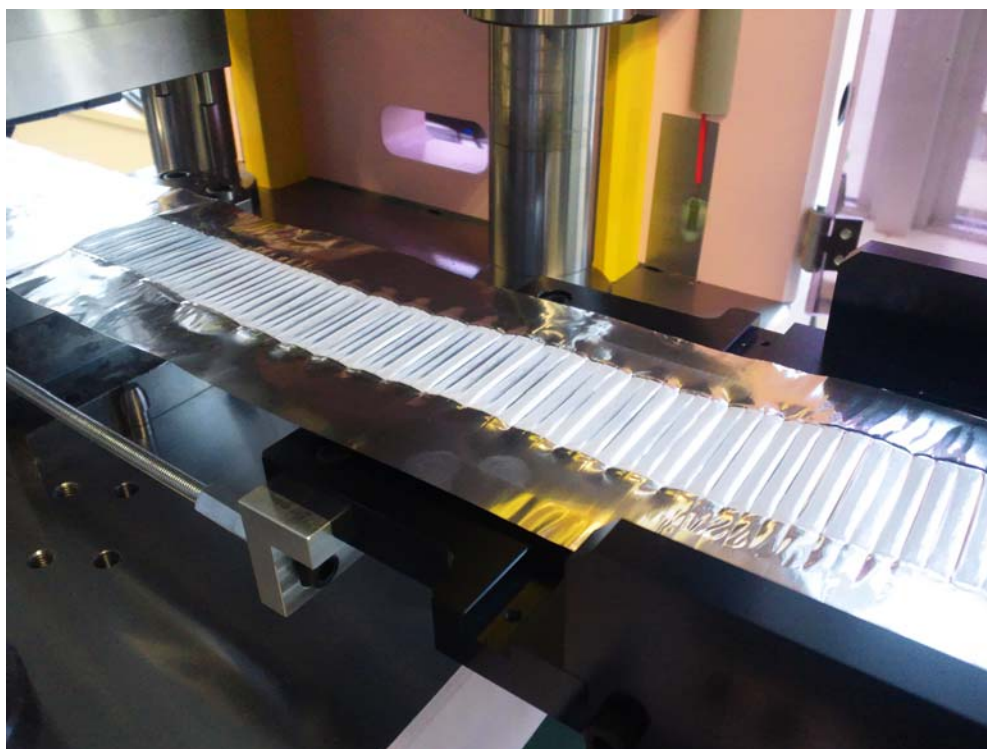
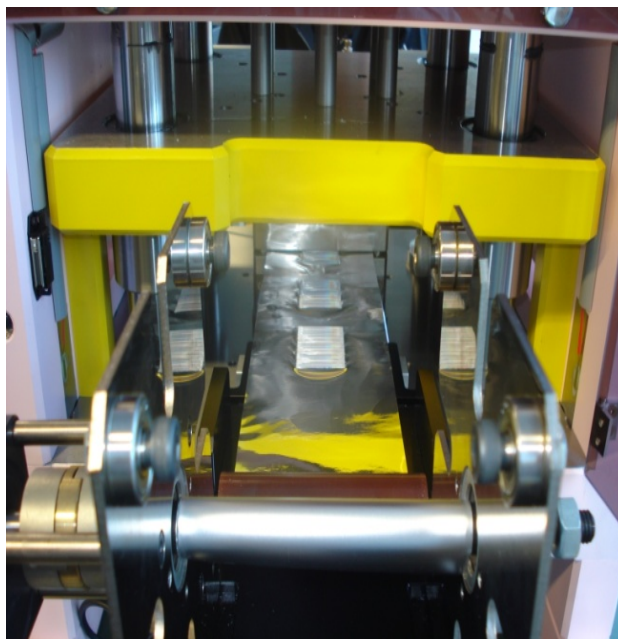
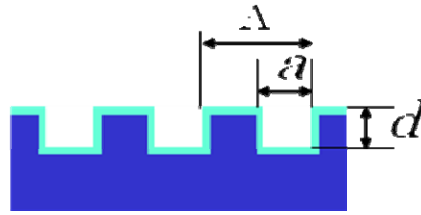
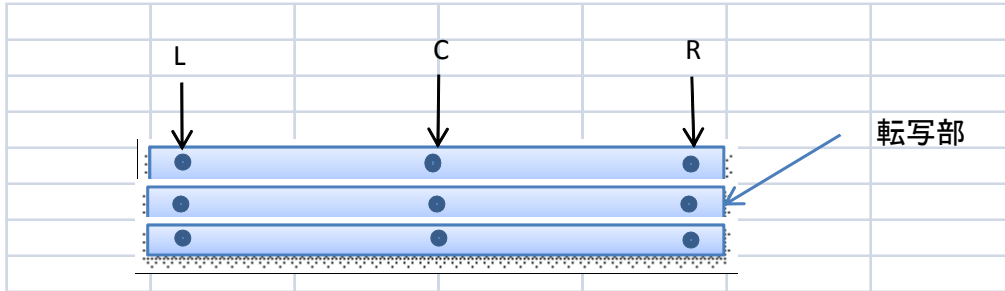


図4. ステップ&リピート方式による連続転写状況

転写寸法の測定は、下図5. に示すマイクロキャビティの各形状寸法を、レーザー顕微鏡を用いて測定した。



測定転写寸法



測定位置

図5. 5mm幅金型での測定転写寸法（上）と測定位置（下）

転写寸法の評価結果を図6. に示す。

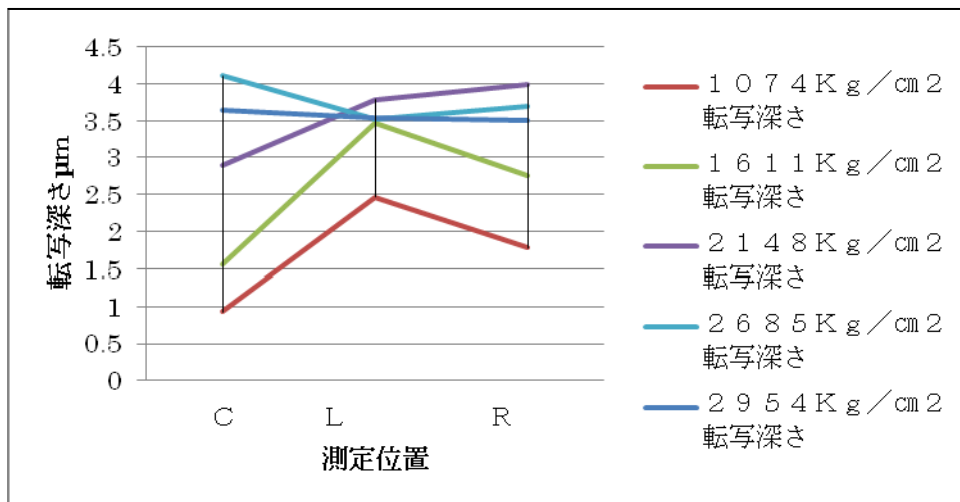


図6. 5mm幅金型での転写深さ

尚、図7. に5mm幅金型によるアルミ板転写表面をレーザー顕微鏡にて観察した例を示す。

ステップ&リピート方式の転写により、ワンステップごとのつなぎ目の部分に問題が

あるものの、ほぼ3 μm 以上の転写深さが得られるものと考えられる。

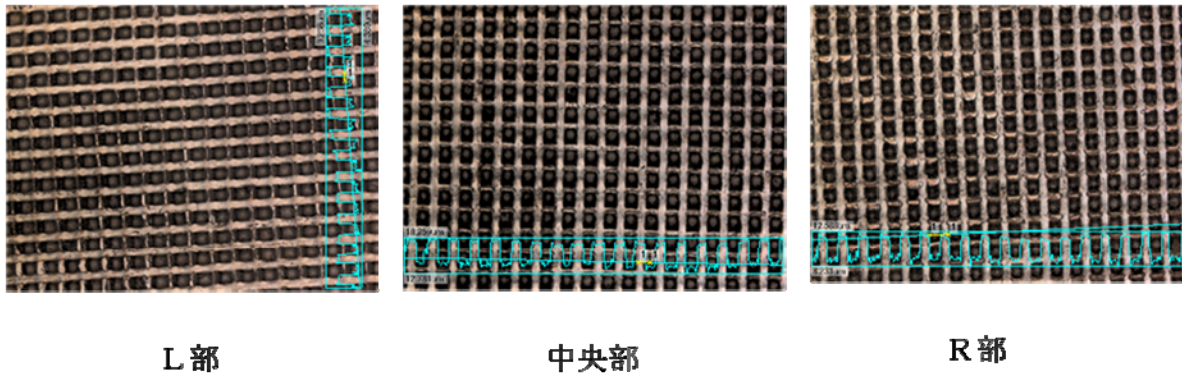


図7. 5mm幅金型によるステップ&リピート方式転写面のレーザー顕微鏡による観察例 (×3000)

①-2 一括転写方式による大面積化検討

大型金型を用い、図8. に示す70Tプレス機を使用し検討を実施した。

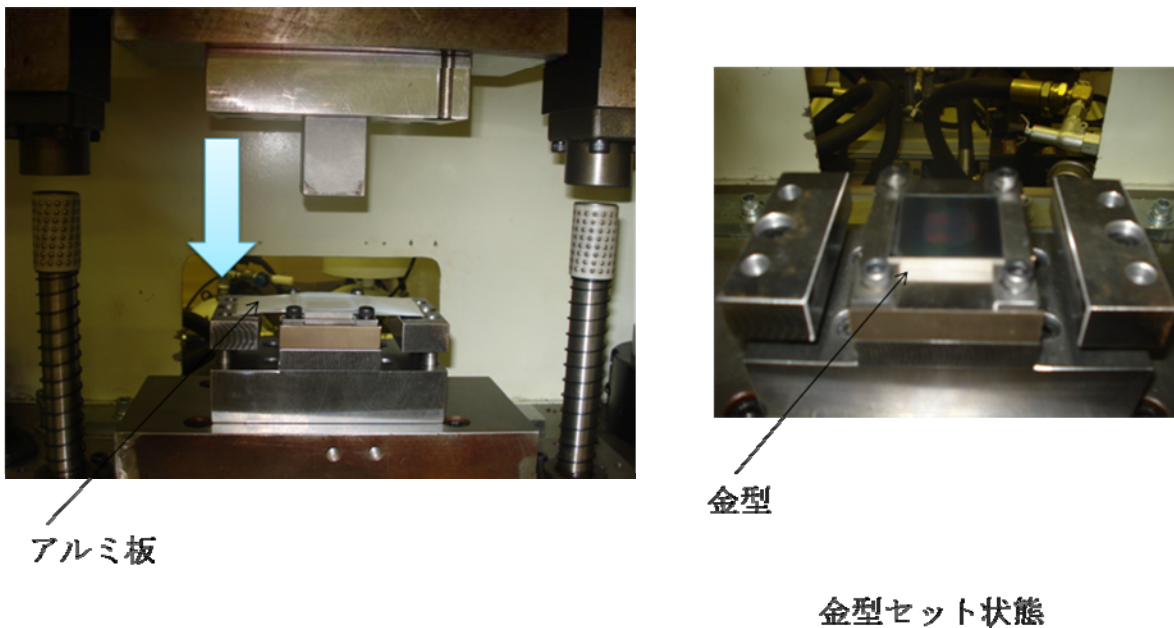


図8. 一括転写方式による大面積化検討に使用したプレス機と金型セット状態

一括転写した試作品の外観写真を図9. に示す。写真に示すごとく製品として問題ない平滑状態を確保できているものと考えられる。



図9. 一括転写品外観

このようにして転写成形した転写品について、レーザー顕微鏡を使用し、図10. に示す測定位置で転写寸法の測定を実施した。
結果を図11. に示す。

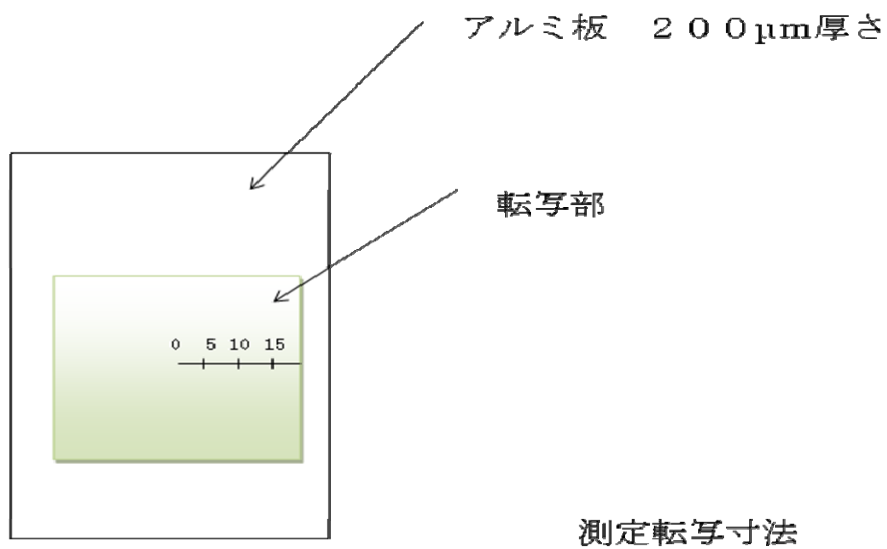


図10. 転写寸法の測定位置

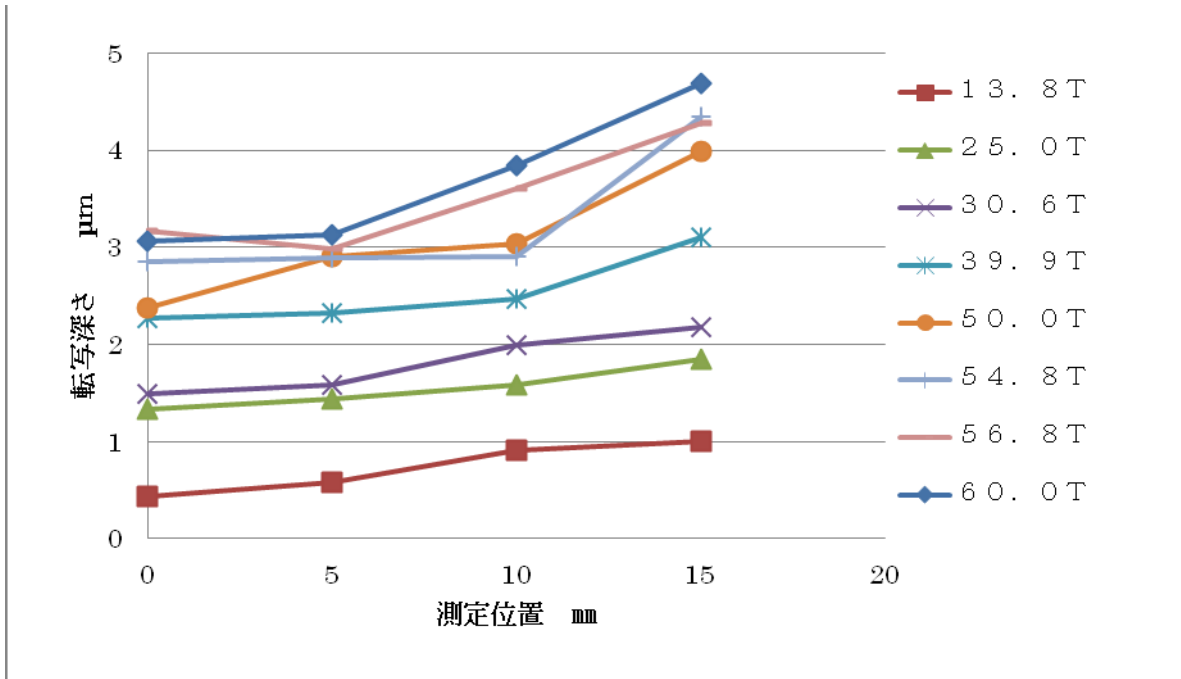
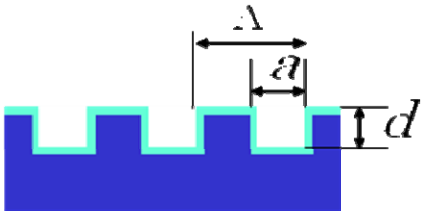


図11. プレス圧と転写深さd

60 Tのプレス圧により、ほぼ転写深さ3 μm 以上が得られた。

転写アルミ板の表面観察結果の例を図12. に示す。

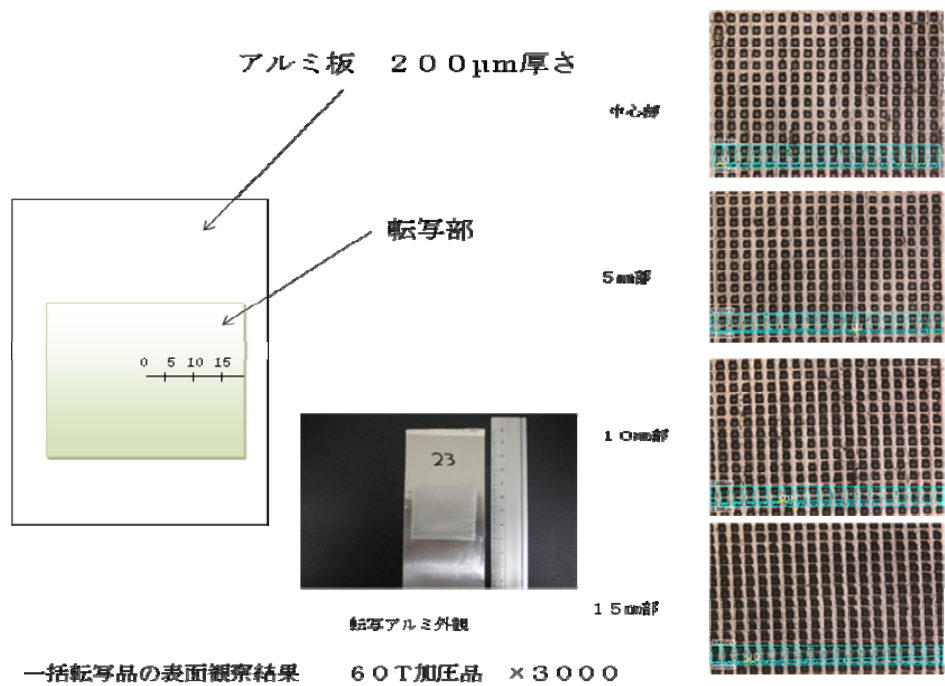


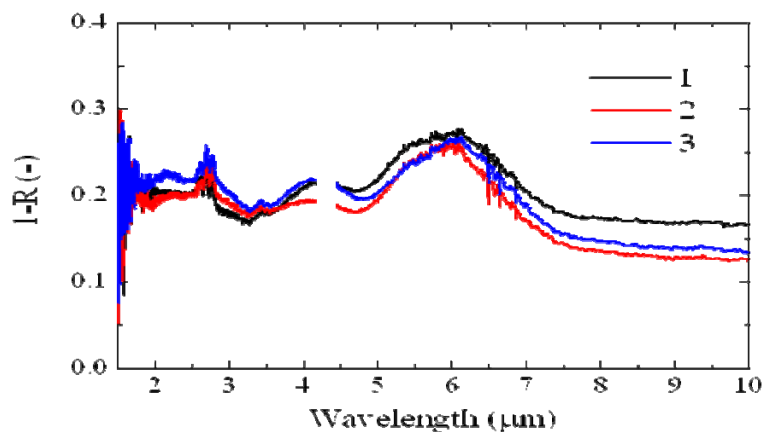
図12 一括転写品の表面観察結果 60T加圧品 ×3000 (3,750Kg/cm²)

②成形サンプルの評価

上記①項の検討により試作したサンプルについて、転写面における赤外線波長選択性の評価を実施した。

②-1ステップ&リピート方式による転写サンプル

5mm幅小型金型により作製したサンプルの積分球を使用した光学特性測定結果を図13に示す。



- ・ピークが6 μm付近に見られる
- ・測定位置による光学特性のばらつきが小さい

図1 3. ステップ&リピート方式による転写サンプルの光学特性測定結果

②-2 一括転写方式による転写サンプル

大型金型による一括転写サンプルについて、光学特性を測定した結果を図1 4. に示す。

サンプルNo.26

金型A

アルミ板厚:200 μm

プレス圧力:59.4t

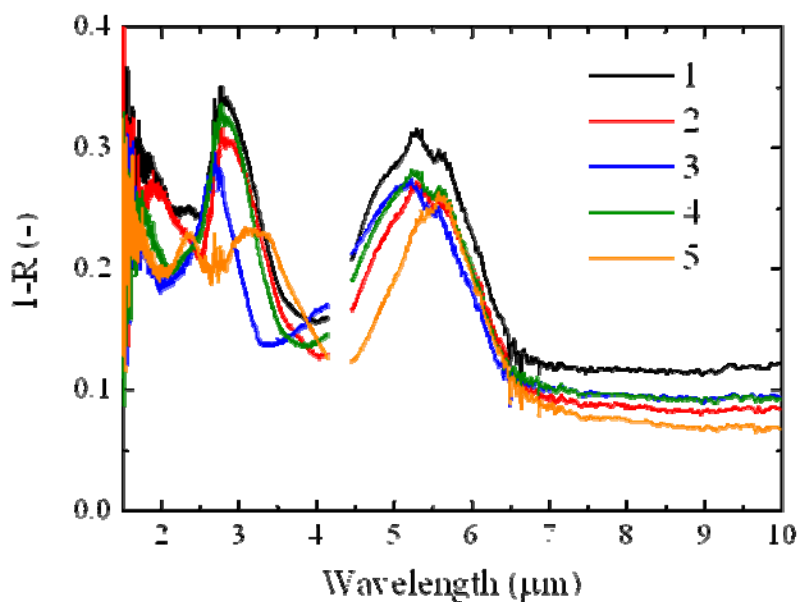
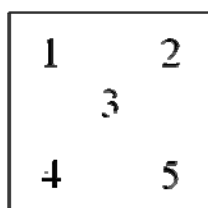


図1 4. 一括転写サンプルの光学特性と位置依存性の測定結果

以上のように、

○ステップ&リピート方式

○一括転写方式

の両成形方式ともに転写された微細構造に起因すると考えられる赤外線放射ピークが5～6 μm付近に認められ、赤外線の選択波長放射特性を示すことが確認された。

なお、放射率の絶対値が全体に低い値を示すことについては、積分球で測定した反射率の絶対値が正反射測定と異なり、サンプルと積分球間で多重反射を起こして、これにより光学特性の角度依存性が平均化されることにより、ピークが小さく表れているものと思われる。

2-3 シート状新規ヒートシンクタイプ放熱材用接着剤と塗布方法の開発

①耐熱性熱伝導性接着剤の開発

微細加工したシート状放熱材裏面に塗布する耐熱性熱伝導性接着剤を開発する。

シート裏面に塗布可能な熱伝導性接着は、本商品の特性上剥離フィルムを剥がすことですぐに必要な場所に貼りつけて使用できなければならない。このため、接着剤というよりも粘着剤としての特性が必要である。

このことより、熱伝導性粘接着剤の開発目標特性を

耐熱性： 150～200℃
熱伝導率： 0.5～3.0W/m.k
剥離強度： 3.0～10.0N/25mm

とした。

熱伝導性と剥離強度は相反する傾向があり、剥離強度を求めると熱伝導性が低下し、熱伝導性を求めすぎると粘接着剤としての剥離強度が低下してしまう。これらの点から、シリコン樹脂及びアクリル樹脂系粘着剤をベースとし、熱伝導性顔料の組み合わせ（絶縁性の顔料を主に）について、目標値を満足する適正範囲を検討により求めた。

今回の検討より得られた熱伝導性粘接着剤の特性を表2. に示す。

表2. 熱伝導性粘接着剤の特性

| 項目 | 接着層部 | | 評価基準 |
|------------------------|----------|------|--|
| | 規格 | 測定値 | |
| 熱伝導率 W/m. K | 0.5~3.0 | 0.53 | ボックス式プローブ法による測定。 |
| 粘着剤層厚さ μm | 50~110 | 100 | |
| 耐熱性 $^{\circ}\text{C}$ | 150~200 | 200 | アルミ150 μm 板に粘着剤をバーコーター№8で塗布乾燥後、JIS Z 0237にのっとり25mm幅の短冊状接着サンプルを作成後、相手剤をアルミ1mm板と貼り合わせ、 150 $^{\circ}\text{C}$ ×20日 200 $^{\circ}\text{C}$ ×20日 250 $^{\circ}\text{C}$ ×20日 の各温度に保持後、室温にてJIS Z 0237 8.3.1 180 $^{\circ}$ ひきはがし法による剥離テストを実施し、室温保持の強度の1/2以下に低下しないこと。 |
| 粘着力 N/25mm | 3.0~10.0 | 5.0 | JIS Z 0237 8.3.1 180 $^{\circ}$ 引きはがし法 相手材:アルミ |
| 難燃性 | V-0 | V-0 | UL94規格に基ずく。 |

②表面微細加工シートへの効率的塗布方法開発

2-2のエンボス加工法により作製したアルミ製微細構造転写品に、①で開発した耐熱性熱伝導性粘接着剤を、テストコーターを用い塗布条件の検討を実施した。

試作アルミ板裏面に熱伝導性粘接着剤を50~100 μm の範囲で塗布可能であることを見出した。

2-4 実使用環境における性能確認

①試作品によるユーザー評価依頼

前記2-3項までの検討により試作した「新規ヒートシンクタイプ放熱材」について、その性能評価を実施した。

評価に使用した試作品を図15.に示す。

①エミッタ部

素材：アルミニウム、

厚さ：200 μm

②熱伝導性粘接着剤層

厚さ：100 μm

熱伝導率：0.53 $\text{w}/\text{m}\cdot\text{k}$

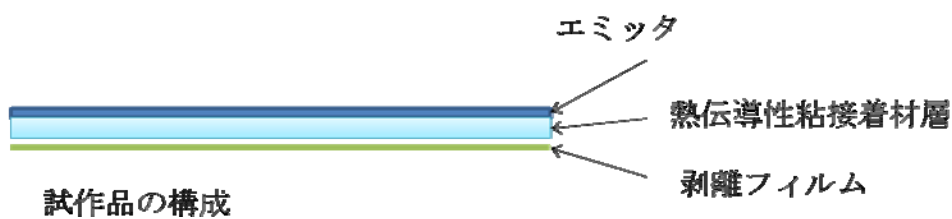
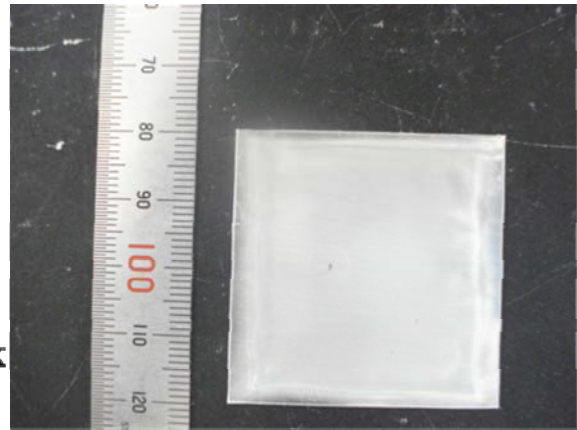


図15. 試作品の形態

性能評価は、本開発商品の開発目的である密閉樹脂筐体の中に配置された電子機器発熱体の放熱性能を評価することを目的とした。発熱体として

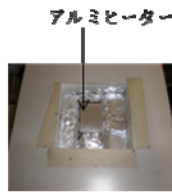
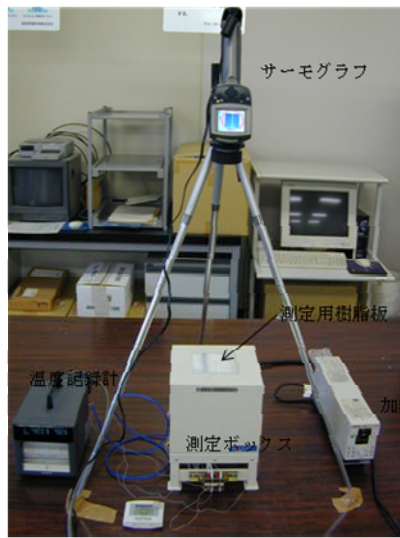
- ・金属製のもの（放射率の低いもの）
- ・樹脂ポッティングやセラミックス製のもの（放射率の高いもの）

があることより、これらの2種類の発熱体に対しての効果を確認するため、

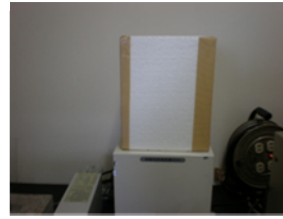
- アルミヒーターを発熱源とした場合
- シリコンゴムヒーターを発熱源とした場合

について実施した。

アルミヒーターの場合については、図16. にシリコンゴムヒーターの場合を図17. に示す。



測定ボックス内部



風の影響防止用フード

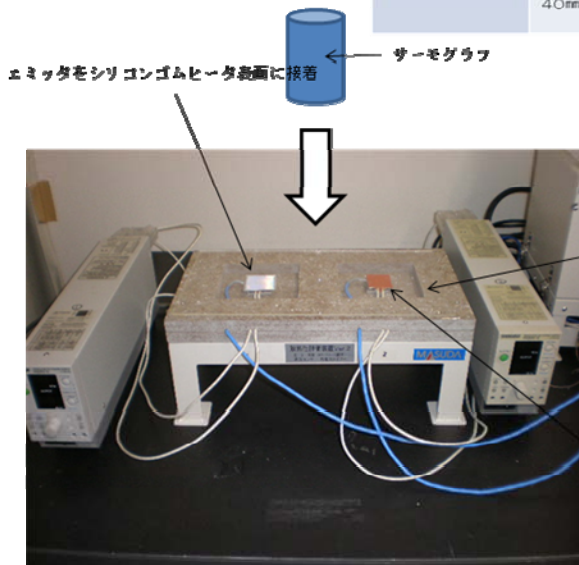
測定の方法：40mm×30mm×20mm厚さのアルミヒーター上面にエミッタを貼りつけて測定評価。
ヒーターは、10V、0.481Aの直流電流を投入。

| 樹脂板とヒーターの間隔 | 加熱条件 | | ヒーター温度℃ | 樹脂上面温度℃ |
|-------------|-----------------|---------------------|---------|---------|
| 5mm | アルミヒーター | 1200mm ² | 140 | 69 |
| | 30mm□エミッタ | 900mm ² | 136 | 68 |
| | 40mm□エミッタ | 1600mm ² | 133 | 67 |
| | 40mm□エミッタ 2枚 | 3200mm ² | 125 | 64 |
| 1mm | アルミヒーター | 1200mm ² | 135 | 93 |
| | 30mm□エミッタ | 900mm ² | 129 | 87 |
| | 40mm□エミッタ | 1600mm ² | 125 | 87 |

新規ヒートシンクタイプ放熱材適用により
 ・加熱源の温度低下
 ・樹脂筐体表面のヒートスポット防止
 効果を確認

図16. 社内での放熱性評価結果1（アルミヒーターの場合）

| 樹脂板との間隔 | 加熱条件 | 表面積mm ² | ヒーター温度℃ | 樹脂上面温度℃ |
|---------|---------------|--------------------|---------|---------|
| 3mm | ヒーターのみ | 900 | 86.9 | 76.0 |
| | 30mm×35mmエミッタ | 1050 | 81.6 | 56.0 |
| | 40mm□エミッタ | 1600 | 75.1 | 52.5 |
| | 40mm□アルミ板 | 1600 | 80.1 | 53.0 |



ヒーター寸法：1.5T×30×30mm
 ヒーターは、19V、0.1Aの直流電圧を投入した。

電子機器内部の発熱源は、樹脂でポッティングされている場合などが多いので、これを想定してシリコンゴムヒーターを発熱源に見立てて、断熱材の10mm深さ15mmの箱型の中央に30mm□のシリコンゴムヒーターを固定し、
 ●発熱源のままのもの
 ●発熱源にエミッタを貼り付けたもの
 について、箱上面をポリカーボネート透明板で蓋をした筐体を想定したものを作製し、ヒーター本体の温度を熱電対で、ヒーターと対面する樹脂外面温度をサーモグラフィで測定評価した。

図17. 社内での放熱性評価結果2（シリコンゴムヒーターの場合）

アルミヒーターの場合は、樹脂製密閉筐体を想定して9cm口深さ25mmの上面を各種の樹脂製蓋、その他の壁を断熱剤で囲まれた空間にアルミヒーター（40mm×30mm×20mm厚さ）をセットしたものを扱い、新規ヒートシンクタイプ放熱材をヒーターに貼りつけない場合と貼りつけた場合の効果について比較した。

効果の確認は、ヒーターの温度測定と樹脂製蓋上面の温度を測定した。

効果は、筐体を構成する樹脂と発熱源の間隔の影響・発熱源表面積と新規ヒートシンクタイプ放熱材（エミッタ）の表面積の関係にもよるが、筐体樹脂と発熱源の距離が5mmの密閉筐体において、発熱源の表面積の2.7倍の新規ヒートシンクタイプ放熱材を貼りつけることで発熱源の温度を10.7%低下させることが可能であり、本研究の目標である発熱源の温度を10%低減するという目標を達成できることを確認した。

また、もうひとつの技術的目標であるヒートスポット防止に関して、アルミヒーターの場合、今回の評価条件では、アルミヒーターそのものの外表面からの放射が少なく、発熱源と対面する樹脂表面の温度が上昇しにくいこともあり、新規ヒートシンクタイプ放熱材の有無による差は小さいが、樹脂上面の温度は新規ヒートシンクタイプ放熱材の適用により低下する傾向が認められることより、ヒートスポットへの効果があるものと考えられる。

次にシリコンゴムヒーターの場合であるが、図17. に示す様に10cm口深さ15mmの断熱材の空間の上面に各種樹脂による蓋を持つ、ボックスの中にシリコンゴムヒーター1.5mmT×30mm口をセットする構成で密閉樹脂筐体中の発熱源を想定し評価を実施した。

今回の評価に用いたシリコンゴムヒーターの場合、発熱源表面積の1.8倍の表面積を持つ新規ヒートシンクタイプ放熱材を適用することで、本研究の目標である発熱源温度10%低減を達成することができた。

また樹脂上面の温度測定の結果、明らかなヒートスポット防止効果が認められた。シリコンゴムヒーターの場合、表面からの放射による放熱が大きいこともあり、新規ヒートシンクタイプ放熱材を適用しない場合、放射による放熱によって発熱源上面の樹脂筐体加熱され、ヒートスポットを形成するが、本新規ヒートシンクタイプ放熱材適用により、これらのヒートスポットは防止できるものとする。

尚、表面微細構造による効果を確認するため、無加工アルミ板（200 μ m t）のデータも図17. に示している。無加工のアルミ板の場合、アルミ表面からの赤外線放射量が少ないことから、ヒートスポット防止効果は表面微細加工を施した新規ヒートシンクタイプ放熱

材に近い効果が得られる。しかしながら、発熱体そのものの温度低下に対してはアルミ板の熱拡散効果により有る程度の低下効果は認められるものの、新規ヒートシンクタイプ放熱材に比べ小さいものとなっており表面微細構造を持つエミッタによる赤外線選択放射効果があると思われる。

また、電子機器商品への適用評価を実施するユーザー企業を探し、評価を依頼することを目的として、平成24年6月の機械要素技術展及び10月の関西機械要素技術展に参考出品し、一部ユーザーへの評価依頼を実施しているところである。

期間：2012年6月20日～22日
場所：東京ビッグサイト



図18. 第16回機械要素技術展に参考出品

期間：2012年10月3日～5日
場所：インテックス大阪



図19. 第15回関西機械要素技術展

表3に技術的目標値と結果の纏めを示す。

表3. 技術的目標値と実施結果

| 項目 | 技術的目標値 | 実施結果 |
|---|---|--|
| <p>1. シート状新規ヒートシンクタイプ放熱材の設計製作</p> <p>1-1. アルミ薄板上に形成する表面微細加工構造のパラメータ設計と金型の作成</p> <p>① 基材上に形成する微細構造パラメータの決定</p> <p>② 表面微細加工金型の作成</p> <p>③ 波長選択性確認</p> | <p>① 数値解析により適正値を決定</p> <p>② 前記パラメータ設計に基づく金型の作成</p> <p>③ 周期的マイクロキャビティ構造を有するアルミ表面からの赤外線波長域3~6μmの波長選択性があることを確認。</p> | <p>①基本的な形状パラメーターを決定し、成形性などの観点より、性能を害することのない範囲で改良修正を実施し決定した。</p> <p>②決定したパラメーターにもとずきエンボス加工法による成形に必要な金型を作製した。</p> <p>③作成した金型により、アルミ板へ転写成形を実施し、成形した試作品で、赤外線波長域3~6μmの波長選択性があることを確認した。</p> |
| <p>1-2. エンボス加工法による製作と評価</p> <p>①加工面のサイズ拡大 (注：1-1. の加工サイズは10mm角程度)</p> | <p>①30mm~50mm巾、長さ100mm以上、厚さ数100μm</p> | <p>①厚さ200μm、40mm口の試作品の作製が可能な条件を決定した。(一括転写方式)</p> <p>また、50mm巾、長さ100mmの成形条件を決定した。(ステップ&リピート方式)</p> |
| <p>2. シート状新規ヒートシンクタイプ放熱材用接着剤と塗布方法の開発</p> <p>2-1. 耐熱性熱伝導性接着剤の開発</p> | <p>熱伝導率：0.5~3.0W/m\cdotK</p> <p>耐熱性：150~200$^{\circ}$C</p> | <p>熱伝導率：0.53W/m. k</p> <p>耐熱性：200$^{\circ}$C</p> <p>の熱伝導性粘接着剤を開発した。</p> |
| <p>2-2. 表面微細加工シートへの効率的塗布方法開発</p> | <p>商業的可能性の高い(生産性・コスト)</p> <p>塗布方法開発</p> | <p>試作品用として、生産性及びコスト対応可能な塗布方法を開発した。</p> |
| <p>3. 実用環境における性能確認(企業のユーザーを中心として検討)</p> <p>3-1. 試作品によるユーザー評価</p> | <p>発熱源温度10%低減、ヒートスポット防止。</p> | <p>発熱源温度10%以上の低減可能であること、樹脂筐体でのヒートスポット防止効果があることを確認した。</p> <p>試作品をユーザーに提供し、評価を依頼。</p> |

最終章 全体総括

表3. に示すごとく、当初の研究目標はほぼ達成できた。

引き続き、今回の研究結果に基づき試作品を作製し、試作品によるユーザー評価を実施して行く予定である。

尚、本研究開発成果を用いた「新規ヒートシンクタイプ放熱材」の事業化について、現時点での問題点としては以下の点がある。

アルミ板への微細構造転写成形について、

- ・一括転写方式では、現在40mm口試作品作製は可能であるが、このサイズをさらに大きくしていく場合サイズ拡大と並行してプレス機の容量を大きくしていく必要があり、プレス機の大きさに制限されることになる。現在のところ、必要な面積に対して、40mm口品を何枚か貼りつけることで対応できないかと考えている。
- ・ステップ&リピート方式は、一括転写成形のプレス機容量の問題を解決すべく小型の金型で転写成形を繰り返すことで大面積化しようとするものであり、本開発においても小型金型での繰り返し転写により50mm幅での大面積化は可能である。ただし、これ以上の幅での大面積化は、やはりプレス機の容量などが問題であると考えられる。
- ・一括転写及びステップ&リピート方式ともに金型の寿命が問題である。

金型の寿命をできるだけ長く、成形ショット数を多くできる条件とし、さらには金型の製造コストを低下させなければ、現行の市販放熱製品とのコスト差が大きくなるので、ユーザー評価用試作品の製造を続けながら

- ・商品の性能見極め
- ・金型の寿命の見極め

を実施し、事業化に結び付けていきたいと考えている。

以上