

平成 2 4 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「長寿命・高効率照明用 LED モジュール基板の開発」

## 研究開発成果等報告書

平成 2 5 年 3 月

委託者 中 国 経 済 産 業 局  
委託先 公益財団法人鳥取県産業振興機構

## < 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
1-2	研究体制	4
1-3	成果概要	8
1-4	当該研究開発の連絡窓口	11
第2章	本論	
2-1	絶縁層剥離・穴加工課題への対応	
2-1-1	開発した技術の統合	12
2-2	エッチング課題への対応	
2-2-1	エッチングスピードの向上	16
2-2-2	表面金属処理課題への対応	18
2-2-3	量産化への対応	20
2-3	ホーロー多層基板の開発	
2-3-1	材料変更にともなう高耐圧ホーロー基板の再開発	22
2-3-2	高熱伝導率ホーローの開発	24
2-4	照明用モジュールとしての課題への対応	
2-4-1	長寿命封止樹脂の開発と適用	26
2-4-2	証明モジュールの試作と評価	32
2-5	プロジェクトの運営管理	34
第3章	総括	
3-1	まとめ	35
3-2	今後の課題	36

## 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) 研究の背景と目的

エネルギーの効率化というテーマは、継続可能な社会の確立のため、重要課題となっている。昨年の東北大震災とそれに続く原発事故により、日本全国が、電力不足の状況を呈している。このため、創エネルギー・省エネルギーが、喫緊の課題として大きくクローズアップしてきている。

エネルギー消費量のうち16%程度は、照明用途で使われている。照明器具のLED化により、格段にエネルギー効率が改善されると予測されている(2倍から4倍、ものによっては、10倍のエネルギー効率となると予測されている。)一方で、自動車用動力の電化もエネルギー効率の点から、重要なテーマであり、ここでも照明のLED化による効率改善が求められている。

自動車用のハロゲンランプのエネルギー効率は、341m/W<sup>(注)</sup>程度、高効率のHID電球において、741m/W程度である。(総合効率)ヘッドランプに消費する電力は、1台あたり、120W程度である。我々が目標としている、総合効率1201m/WのLEDヘッドランプに交換すると、約40%エネルギー効率を改善できる。(HIDランプ比。ハロゲンランプ比では、3倍のエネルギー効率となる。)ガソリンで走る自動車においては、エンジン制御や、内装品の電子化・高機能化により、電力消費量は増加をしてきている。一方、電気自動車においては、バッテリー容量をいかにふやし、走行距離を伸ばすかが、開発の主たるテーマとなっている。また、原油の高騰・枯渇の恐れから、より燃費のよい(電力消費量の少ない)車が求められている。このため、より高性能・省エネルギーの光源、すなわちLED光源とそれを使ったヘッドランプが求められている。

自動車用ヘッドランプに要求される光源の寿命は3000時間である。しかしながら、一般照明については電源の公称寿命である、4万時間に光源寿命が近くなるか、あるいは超えることで、ランプ交換の必要ないメンテナンスフリーの照明器具が求められている。一般照明用LED光源と、自動車用LED光源の要求寿命時間が、4万時間と3千時間で整合していないようにみえるが、自動車用光源は一般照明用光源より高輝度・光の集中が必要となるため、一般照明用LED光源よりも動作温度を上げた設計とする。いわば、寿命を犠牲にしながら、高輝度化をねらうことになる。光源としての開発・設計の基本線は同じとし、動作モードを変えることで二つの用途に向けた光源を製造することが可能となる。一般照明用LED光源と自動車用LED光源を同じ工場生産することができ、量産規模の拡大が見込め、結果としてコスト低減を実現することができる。

現在のLEDは常温動作(LEDの動作時の温度が25℃以上に上昇しない場合)であれば、4万時間程度のものもあるが、ランプ等の形に組み立てると、LEDの動作時の温度は、70℃以上になるものが多い。このため、4万時間

の寿命に達していないランプがほとんどである。（初期照度に対し、70%の照度となるまでの積算動作時間を寿命と定義する）。

LEDの主たる問題は、①エネルギー効率をいかに良くするか、②長寿命をいかに実現するか、③コストをどこまで下げることができるのか、である。この3つの問題点を、いかにバランスよく解決し、しかもそれぞれの項目でトップクラスの特性を獲得するかを検討してきた。エネルギー効率の改善には、LEDから発生した熱をいかにすばやくロスなしに放熱するかが重要であるかが、これまでの研究によりわかっていた。従来からのCOB (Chip\_on\_Board) 技術をさらに改善するため、基板の放熱構造を改良してきた。しかしながら、絶縁層に合成樹脂をつかうため、長寿命が実現できていなかった。

これを、打破するため、ホーロー材の活用を検討してきた。薄く塗布することで、熱伝導性を向上することが可能であり、無機材であるので熱と光による劣化は無視できる。つぎに、低コスト化の課題を検討した。ここは、いかに歩留まりを向上させるかが鍵となる。歩留まり低下の要因は、蛍光体の分散技術にあることをつきとめた。ホーロー材をつかった絶縁層、それをつかった基板の薄型化による、熱抵抗の低減、蛍光体分散技術の向上による、歩留まり向上と低コスト化をすすめる必要がある。本研究をすすめることで、エネルギー効率の改善と長寿命とコストのバランスの取れた、LED光源を製造することができる。そして、これを自動車用ヘッドライトに応用することで、自動車の低燃費化に貢献することができる。

注) lm/W：発光効率の単位。発光効率はある照明機器が一定のエネルギーでどれだけ明るくできるかを表す指標である。単位電力あたりの全光束 lm/W

## (2) 研究の目標

<最終的に達成すべき目標>

研究項目	目標	目標値
【1】絶縁層剥離・穴加工課題への対応	LED用薄型パッケージ加工技術の確立(絶縁層剥離・穴加工技術)	実装基板厚 0.2mm
【2】エッチング課題への対応	エッチングスピードの向上	従来比 1.5倍
【3】ホーロー多層基板の開発	高熱伝導性絶縁層の開発 低価格化	熱伝導率 5W/mK 従来製造コスト 30%抑制
【4】照明用モジュールとしての課題への対応	蛍光体分散技術の確立 長寿命封止材料の開発と適用	従来技術に対し、 ばらつき 1/2 以下 推定寿命 5万時間以上

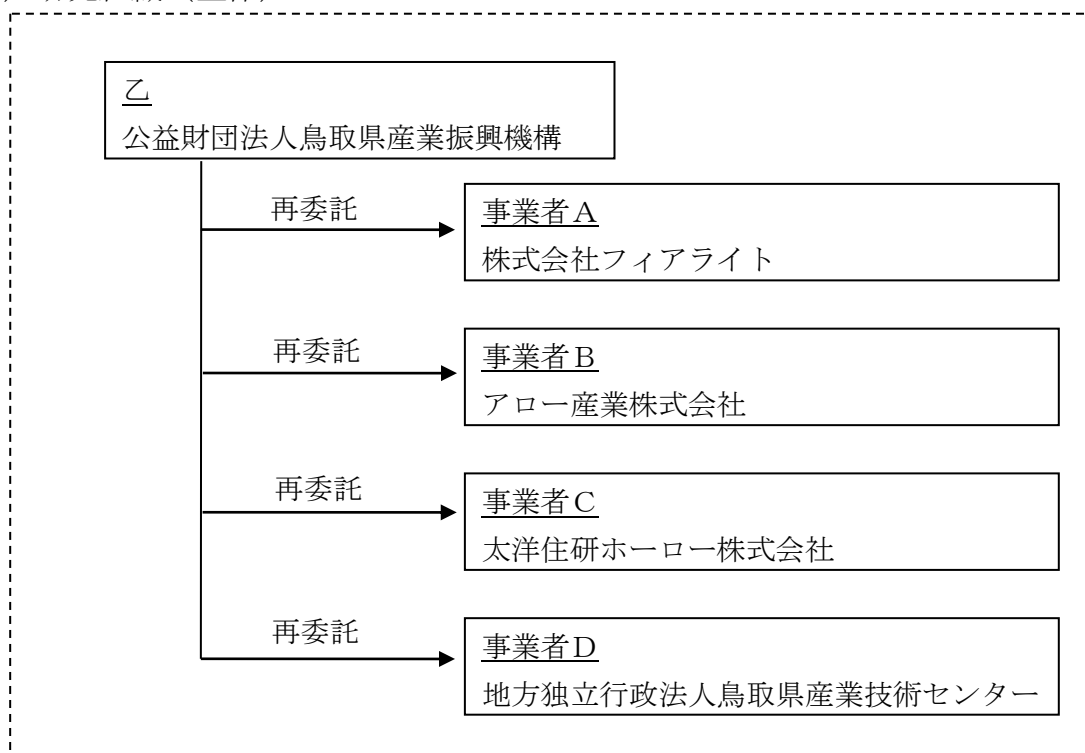
<平成24年度に達成すべき目標>

研究項目	実施内容	目標値
<b>【1】絶縁層剥離・穴加工課題への対応</b>		
<b>【1-3】</b> 開発した技術の統合 (継続)	量産性改善のため、工程の見直し・改良を実施	・薄型 LED 実装基板の製作。目標 0.2mm 厚
<b>【2】エッチング課題への対応</b>		
<b>【2-1】</b> エッチングスピードの改善 (継続)	液比重の安定化	・エッチング量 0.04mm より 0.06mm の歩留まり向上。(目標値：1シート内 95%)
<b>【2-2】</b> 表面金属層処理課題への対応 (本年度新規)	ホール層表面の電極用金属薄膜の形成における量産化技術開発	・銅箔引きはがし強度 (JIS C 6481 5-7) 試験で、0.6KN/m を達成する金属層形成方式の開発
<b>【3】ホール多層基板の開発</b>		
<b>【3-2】</b> 高熱伝導ホール材料の開発 (継続)	高熱伝導ホール材料の開発とそれのホール基板への適用	・現在の一般的なホール材に比べ 50% 以上高熱伝導となること。 →熱伝導率 5W/mK の達成。
<b>【4】照明用モジュールとしての課題への対応</b>		
<b>【4-2】</b> 長寿命封止樹脂の開発と適用 (本年度新規)	長寿命 LED 封止シリコン材料の開発と製品への適用	・最終年度の目標 (70℃連続通電試験にて、3000時間での推定値で、減光率 70% 値が、4万時間以上) に向け、70℃連続通電試験に着手すること。 →・推定寿命 4万時間をクリアすること。
<b>【4-3】</b> 照明モジュール評価 (本年度新規)	照明モジュールの試作と評価	・照明器具用光源モジュールの試作と評価作業着手。 →・照明器具 (ヘッドライト) の試作とその評価を実施すること。

## 1-2 研究体制

### (1) 研究組織及び管理体制

#### 1) 研究組織 (全体)



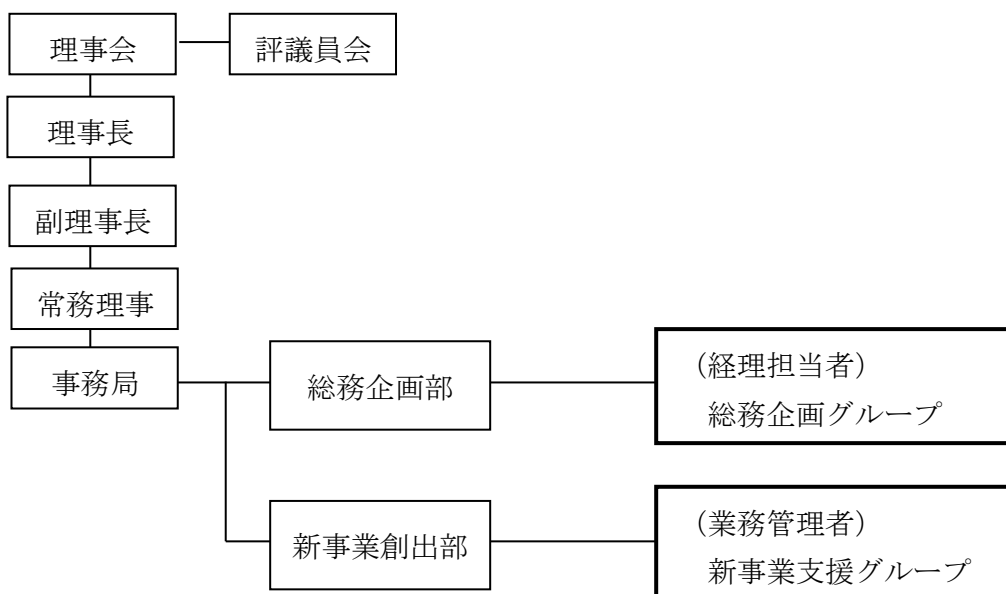
総括研究代表者 (PL)  
氏名： 田中 章人  
組織名： 株式会社フィアライト  
役職： 代表取締役

副総括研究代表者 (SL)  
氏名： 矢谷 博志  
組織名： アロー産業株式会社  
役職： 代表取締役

#### 2) 管理体制

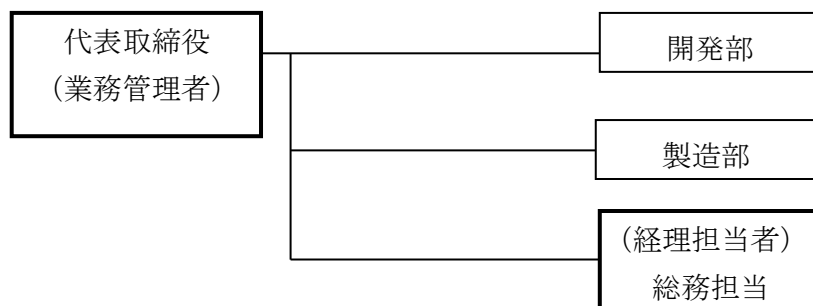
##### ①事業管理者

[公益財団法人鳥取県産業振興機構]

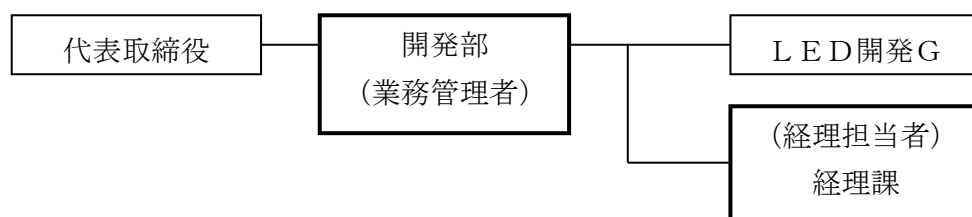


② (再委託先)

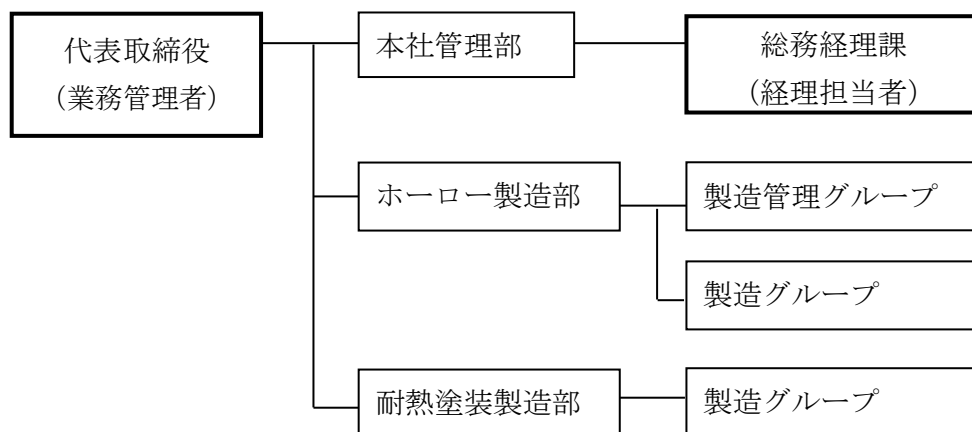
株式会社フィアライト



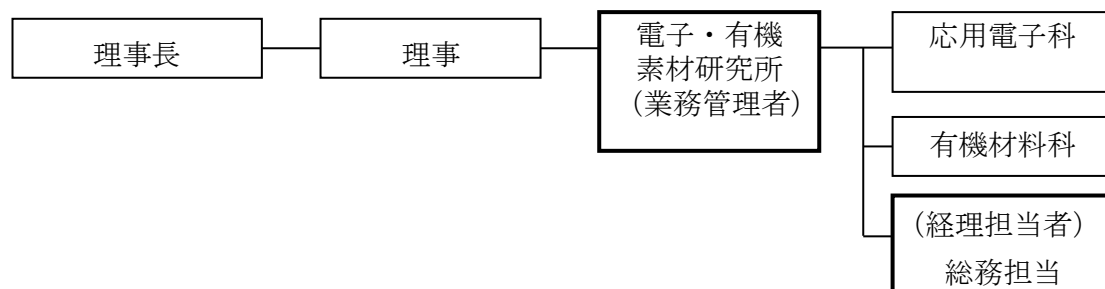
アロー産業株式会社



太洋住研ホーロー株式会社



地方独立行政法人鳥取県産業技術センター



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】 財団法人鳥取県産業振興機構

【事業管理機関】 公益財団法人鳥取県産業振興機構

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
高野 博司	新事業創出部長	⑤
岡島 加奈	新事業創出部新事業支援副グループ長	⑤
田中 幸一朗	総務企画部総務企画副グループ長	⑤
小坪 一之	新事業創出部新事業支援グループコーディネーター	⑤
前田 千恵	新事業創出部新事業支援グループ事務員	⑤

【再委託先】 ※研究員のみ

株式会社フィアライト

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
田中 章人	代表取締役	①-3、④-2、④-3
山田 善一	開発部長	④-2、④-3
平尾 英紀	製造部長	④-2、④-3
桑田 武美	開発部設計課長	④-2、④-3

アロー産業株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
矢谷 博志	代表取締役	①-3 ②-1、②-2、②-3
岡本 照男	開発部 部長	①-3 ②-1、②-2、②-3
砂田 浩一	開発部 LED開発G	①-3 ②-1、②-2、②-3
植田 嘉人	開発部 LED開発G	①-3 ②-1、②-2、②-3

太洋住研ホーロー株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
吉澤 浩	製造部 製造管理課長	③-2
原田 暁利	製造部 製造管理課員	③-2
川口 孝司	製造部 耐熱塗装課員	③-2
山下 道正	製造部 耐熱塗装課員	③-2
多内 亮	製造部 製造課員	③-2
三木 康裕	製造部 製造課員	③-2



地方独立行政法人鳥取県産業技術センター

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
小谷 章二	電子・有機素材研究所長	③-2、④-2、④-3
高橋 智一	電子・有機素材研究所応用電子科長	③-2、④-2、④-3
福留 祐太	電子・有機素材研究所応用電子科 研究員	③-2、④-2、④-3

### 1-3 成果概要

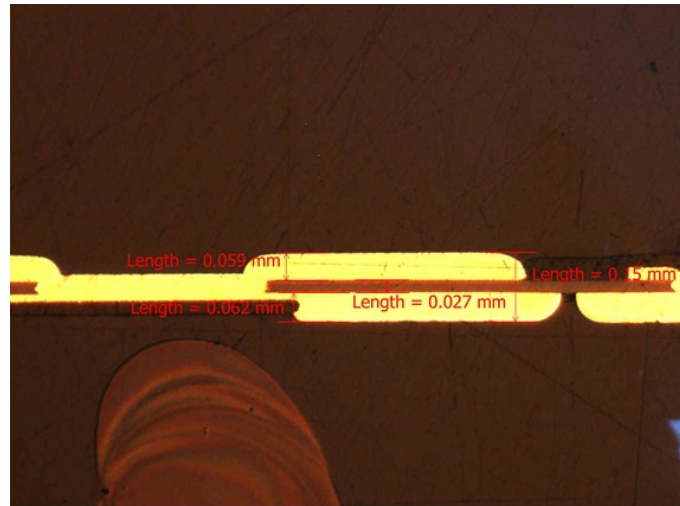
平成24年度の成果についてまとめると、以下となる。

#### (1) 絶縁層剥離・穴加工課題への対応

##### 1-3) 開発した技術の統合

今年度目標値である、0.2mm厚の実装基板の製作は達成できた。

昨年度までの技術水準、0.23mm~0.25mmに対し、今年度は、0.2mm厚の作成に成功した。



(図 1-1)

#### (2) エッチング課題への対応

##### 2-1) エッチングスピードの改善

エッチング量を0.04mmとしたとき、どれくらいの割合が、0.04mmに到達しているのか、または、エッチング量を0.06mmとしたとき、どれくらい割合で0.06mmの深さに到達しているのかを、歩留まりとして評価した。試験サンプル内で、測定をしたところ、95%以上の確率で、0.06mm以上のエッチング深さとなっていた。

##### 2-2) 金属表面層処理課題への対応

今年度の評価方法は、

- ・ピーリングテスト
- ・切断試験による密着テスト
- ・ピール強度テスト

以上、3項目について実施をした。このうち、ピーリングテスト、切断試験による密着テストについては、合格した。ピール強度試験については、0.6KN/mの目標値にたいし、0.4~0.6KN/mとなり、中央値0.5KN/mで、目標値に未達となったが、実用上は問題なくつかえると考えている。

### (3) ホーロー多層基板の開発

#### 3-1) ホーロー多層基板の開発

過年度達成済のテーマであるが、この実験で使っていたホーロー材料が、生産中止となり、急ぎよ、代替えメーカーを探した。合わせて、代替えメーカー品での絶縁耐圧試験を行った。しかし、非常に低い耐圧しかだせず、直ちに改良作業に着手した。塗料に雲母を添加、塗膜を積層方式により形成する改良を加えた。結果として、絶縁体圧 4KV を得た。

#### 3-2) 高熱伝導ホーロー材の開発

ゾルゲル塗料に熱伝導性改善フィラーを添加して熱伝導度をあげるといふ手法はそのままで、さらに熱伝導率の高いフィラーを加え、添加率をあげる実験をおこなっている。

塗膜の形成は成功しており、熱伝導度の測定作業にはいつている。

(測定ばらつきを抑えるため、再度資料作成をおこなっている。)

予測では、5.0W/mK を達成できると、考えている。

### (4) 照明用モジュールとしての課題への対応

#### 4-2) 長寿命封止樹脂の開発と適用

評価実験は完了し、結果として、70℃連続通電で、4万時間以上の寿命となる封止樹脂の開発は達成した。

#### 4-3) 照明モジュール評価

照明器具（ヘッドライト）の試作とその評価は、遅延している。

原因は、ヘッドライトモジュールは入手できたが、これの分解サンプルの入手に手間取っている。（自動車メーカー等の知財権により、うまく動いていない）

別の形の照明器具を製作した。

今年度の成果について、以下の表 1 - 3 にまとめた。

(表 1 - 3)

研究項目	実施内容	目標値	実施結果
<b>【 1 】 絶縁層剥離・穴加工課題への対応</b>			
<b>【 1 - 3 】</b> 開発した技術の統合 (継続)	量産性改善のため、工程の見直し・改良を実施	・ 薄型LED実装基板の製作。目標 0.2mm 厚	・ 達成。
<b>【 2 】 エッチング課題への対応</b>			
<b>【 2 - 1 】</b> エッチングスピードの改善 (継続)	液比重の安定化	・ エッチング量 0.04mm から 0.06mm の歩留まり向上 (目標値 : 1 シート内 95%) 。	・ 達成
<b>【 2 - 2 】</b> 表面金属層処理課題への対応 (継続)	ホーロー層表面の電極用金属薄膜の形成における量産化技術開発	・ 銅箔引き剥がし強度 (JIS C6481 5-7) 試験で、0.6KN/m を達成する金属層形成方式の開発。	・ 未達成
<b>【 3 】 ホーロー多層基板の開発</b>			
<b>【 3 - 2 】</b> 高熱伝導ホーロー材料の開発 (継続)	高熱伝導ホーロー材料の開発とそれのホーロー基板への適用	・ 現在の一般的なホーロー材に比べ 50% 以上高熱伝導となること。→	・ 達成
<b>【 4 】 照明用モジュールとしての課題への対応</b>			
<b>【 4 - 2 】</b> 長寿命封止樹脂の開発と適用 (本年度新規)	長寿命 LED 封止シリコン材料の開発と製品への適用	・ 最終年度の目標 (70℃連続通電試験にて、3000 時間での推定値で、減光率 70% 値が、4 万時間以上) に向け、70℃連続通電試験に着手すること。	・ 達成
<b>【 4 - 3 】</b> 照明モジュール評価 (継続)	照明モジュールの試作と評価	・ 照明器具用光源モジュールの試作と評価作業着手。	・ 達成

1 - 4 当該研究開発の連絡窓口

事業管理機関法人名：公益財団法人鳥取県産業振興機構  
代表者役職・氏名：代表理事理事長 金田 昭  
住所：〒689-1112鳥取県鳥取市若葉台南7丁目5番1号

連絡担当者名：小坪・岡島（新事業創出部）

Tel:0857-52-6704 Fax:0857-52-6673

E-mail:kkotsubo@toriton.or.jp、 kokazima@toriton.or.jp

## 2-1 絶縁層剥離・穴加工課題への対応

### 2-1-1 開発した技術の統合

目標：LED用薄型パッケージ加工技術の確立（絶縁層剥離・穴加工技術）

目標値：実装基板厚 0.2mm

実施内容：穴加工部絶縁層の完全なる除去技術並びに確認方法を用いて

総厚 0.2mm 実現に向けて可能性ある材料への剥離技術確立を目指した。

平成23年度までの研究成果では1ワーク内不良率2%目標は達成できている。前年度に引き続き、デスマア工程後の穴底部樹脂残りについて繰り返し観察を行い（平成22年度導入のデータアナライザーを使用）、1ワーク内100%の剥離技術確立を研究した。

以下、表2-1-1、2-1-2に本年度研究内容を示す。

表 2-1-1

使用材料	板厚	穴径／ライン幅
LCP 基材	0.025mm	Φ0.1mm／0.15mm

デスマア工程は作業日・工程順・液濃度・液温・作業時間は共通条件にて実施した。

表 2-1-2

1	膨潤	7min
2	水洗	30sec
3	デスマア	7min
4	水洗	30sec
5	中和	7min
6	水洗	30sec
7	乾燥	10min (90°C)

### 1 1ワーク内の歩留まり向上

不良内容を確認できるように昨年度より穴底部の観察を行い、前処理の出来映え確認を行った。

以下の図2-1-1は実施状況を示す1例である。レーザー加工デスマア処理後観察写真

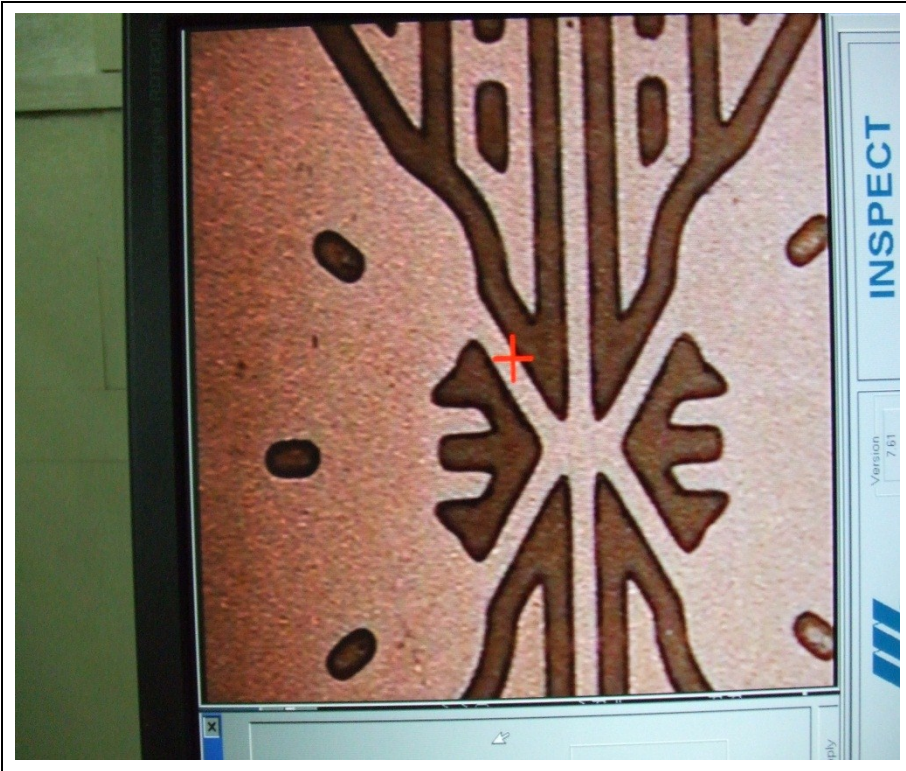


図 2-1-1

穴底部の確認を行い樹脂残りの有無確認を行っている状況である。  
写真を見る限り樹脂残り無し状態である。

量産化に向けての課題としてはロット間バラツキが未検証である事、生産数に応じた液補充のタイミングである。

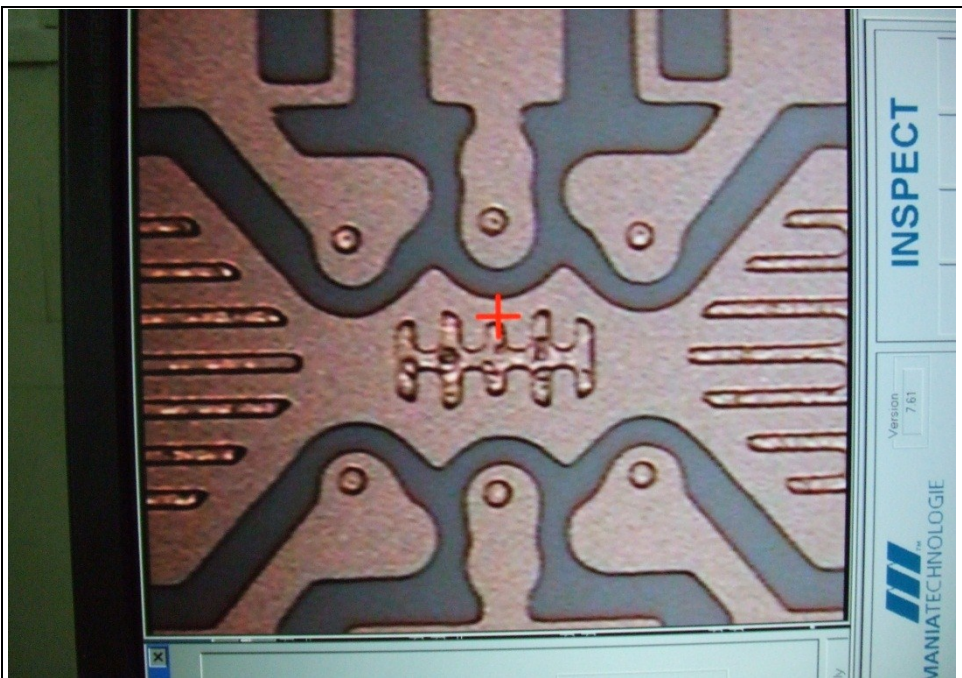


図 2-1-2

図 2-1-2 に銅メッキ状態の観察状況を示した。

膜厚測定はクロスセクションで行い、表面状態はデータアナライザーを使用することで穴底部を観察できる事が検証できた。

平成 22 年度・23 年度で検証できた技術を用いて今年度は 0.2mm 厚基板の作製・検証を試みた。

0.2mm 厚実現に向けて作製を試みた工程順を以下、表 2-1-3 に示す。

表 2-1-3

工程順	使用装置・備考
材料カット	カッティングマシン
NC 穴加工	NC 穴明けマシン
ラミネート	ラミネーター
露光	露光機
現像	現像機
エッチング	エッチングマシン
剥離	剥離機
レーザー加工	CO2 レーザーマシン
デスマリア	膨潤、デスマリアエッチング、中和
銅メッキ	無電解、電解銅メッキ装置
ラミネート	ラミネーター
露光	露光機
現像	現像機
エッチング	エッチングマシン
剥離	剥離機
液状レジスト塗布	カーテンコーター
液状レジスト仮硬化	乾燥炉 3 号機
露光	露光機 (レジスト用)
レジスト本硬化	乾燥炉 1 号機
表面処理 (銀メッキ・金メッキ)	外注対応
二次 NC 穴加工	NC 穴明けマシン
外形加工 (NC ルーター加工)	NC ルーターマシン
外観検査	拡大鏡、目視

平成 23 年度作製の FR-4 品完成品板厚は 0.23mm～0.25mm で仕上がっていた。

本年度は昨年度予測した板厚 (0.2mm) を検証した。

以下の図 2-1-3 は本年度製作品のクロスセクション写真である。



板厚構成写真

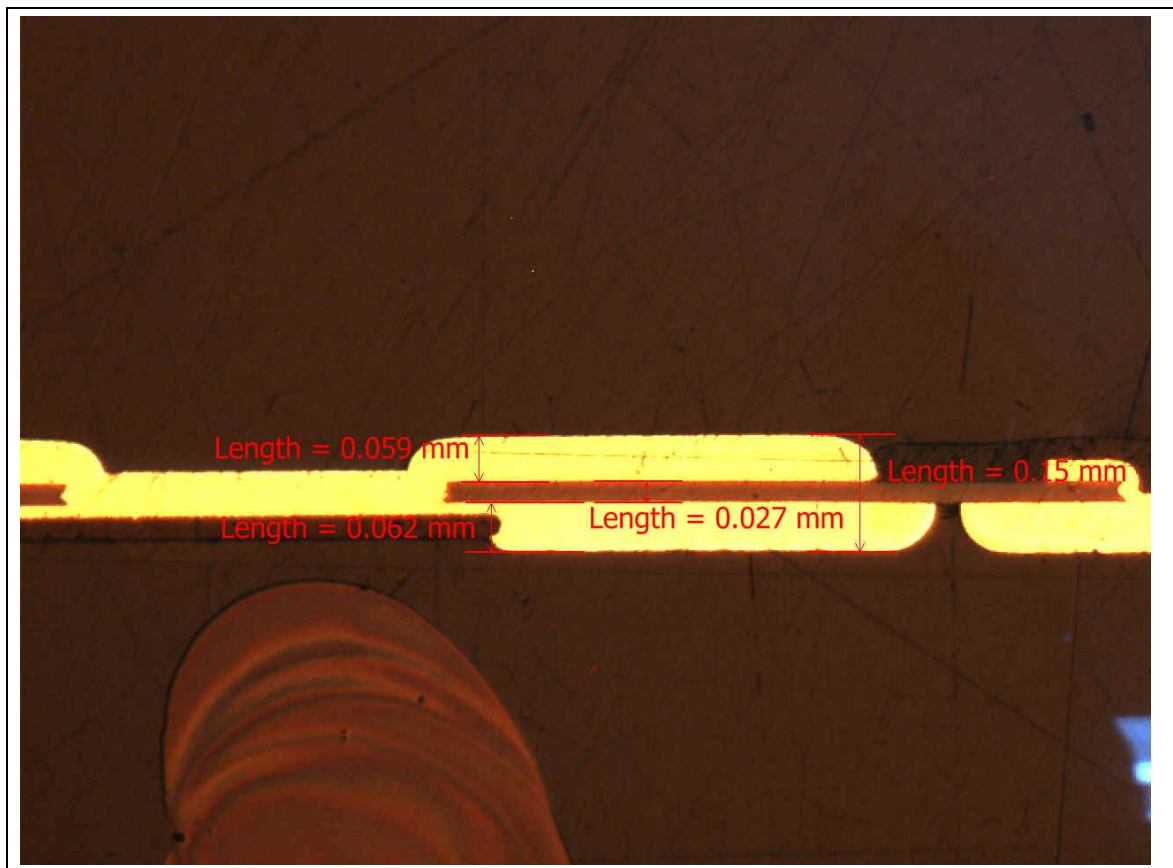


図 2-1-3

今後の目標としては量産に向けて繰り返し精度を追及し、歩留まり向上及びコスト削減に向けて更なる検証を深め、薄型基板、薄型基板応用品への展開を図る。

## 2-2 エッチング課題への対応

### 2-2-1 エッチングスピードの向上

目 標：エッチングスピードの向上

目 標 値：従来比 1.5 倍 (0.04mm 深さより 0.06mm 深さ歩留まり向上  
銅板表面層エッチング 2 ワーク内 95%確保)

検証方法：38° Be・39° Be・40° Be の FeCl<sub>3</sub> H<sub>2</sub>O と関連条件の変化によるエッチングの出来映え(深さ・形状)を断面観察した。

平成 22 年度まとめ

深さ 38° Be < 39° Be < 40° Be という結果であった。

平成 23 年度はこれらの課題を研究していく事になった。

平成 23 年度まとめ

(NaClO<sub>3</sub>)を添加したエッチング液 3 タイプにて最適エッチング液を求めた。

結果はエッチング量 40° Be > 39° Be > 38° Be であった。

平成 23 年度の課題として下記 3 点が残っていた。

- ① 40° Be 品に対して深さをそのまま、エッチング形状を最適にする条件を探す。
- ② 38° Be 品に対して形状をそのまま深堀りエッチングできる条件を探す。
- ③ 39° Be 品に対して形状をそのまま更なる深堀りエッチングできる条件を探す。

今年度は引き続き 1 回当たりのエッチング量(深さ)を比較し、最適なエッチング液条件を研究した。

しかしながら 38° Be に関しては 39° Be、40° Be に比較してエッチング量がないため研究を中断し、39° , 40° Be の 2 液に絞り研究を進めた。

エッチング条件

基板銅箔 35 μm 品をエッチングするスピード条件で 1 回投入した。

それによるエッチング深さとエッチング形状にて最適エッチング液及び条件を開発検証した。

## 平成 24 年度まとめ

従来のエッチング深さ 0.04mm に対して目標値（エッチング比 1.5 倍）の 0.06mm は 39° Be、40° Be とともに達成出来ている。

銅板表面層に関しては 1 ワーク内 100%、0.06mm 以上は確保出来た。（目標値達成）

（テストボード 400×340×1.0t エッチング後 10ヶ所測定 0.061mm～0.069mm）  
裏面（下面）に関しては 0.06mm 達成は出来なかった。

40° Be FeCl<sub>3</sub> H<sub>2</sub>O にエッチング関連条件変化による出来映えを更に検証していくことにする。

現段階ではエッチング面の荒れ、形状で判断すると 39° Be FeCl<sub>3</sub> H<sub>2</sub>O 薬液の方が生産に適していると言える。

金属基板の要求がある中、今後も金属エッチングに対する研究を進めコスト競争力を上げていく必要がある。

## 2-2-2 表面金属処理課題への対応

ホーロー基板上への金属電極層の確立へ向け今年度も研究を実施した。今年度目標は昨年度のピール強度を上まわる銅箔引き剥がし強度試験(JISC64815-7)を実施し0.6KN/m達成出来得る金属電極層の確立を研究した。

先ず昨年度までの研究を以下に示す。

平成22年度にホーロー層金属皮膜形成の研究に使用した材料は高温ホーロー層である。以下、図2-2-8、2-2-9にブラスト処理後のホーロー層の断面観察写真を示す。

高温ホーロー 500倍にて観察

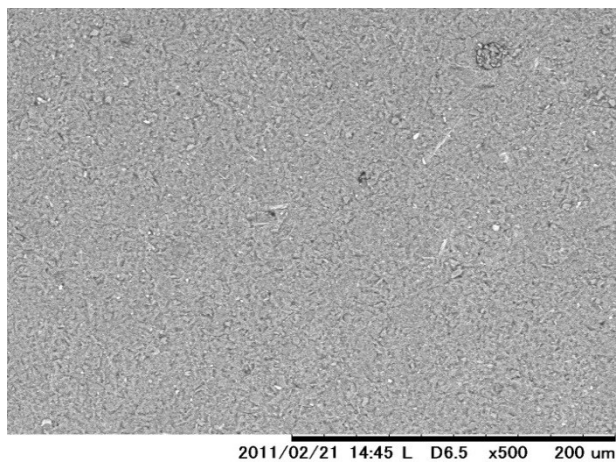


図2-2-8

2000倍にて観察

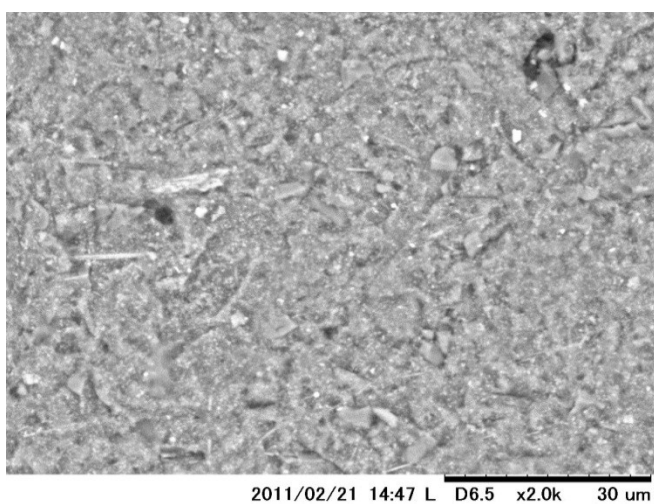


図2-2-9

ブラスト処理後ホーロー層をエッチングし銅メッキを行なったものをピールテスト後、強引に銅皮膜を剥がし検証した。

この工法はホーロー層のエッチング技術が改良途中である為試験毎のエッチング層にバラツキがあり金属電極層の密着強度に影響が大である。しかしながら、被覆された銅金属層は密着力があり、切断応力に耐えうる被覆が完成されている。

高温ホーロー層を1層目に選定できる結果となった。

この表面層に2層目を積み上げようと同じ高温ホーロー層を試みたが1層目の銅皮膜が高温下でしわになってしまい多層形成が出来なかった。

そこで、2層目には高温を加えないで形成できる低温ホーロー材が必要となってきた。平成22年度、23年度はゾルゲルを用いて研究を進めていた。

ホーロー層焼成時にエッチング粗化状態と同じ形状を作る事によりバラツキを抑える事が出来るとのことでこれを検証し、より確立された金属層の形成を研究した。

この表面層に無電解銅メッキを試みた。

結果はテープ試験による剥がれ・箔の浮きは見られなかった。

切断試験を試みたが剥れも無く良好な状態であった。

観察結果を以下の表2-2-2にまとめる。

表2-2-2

項目	方法(目標値)	判定
ピーリングテスト	JIS C5012 8-5 NITTO o29 剥れ・浮きなき事	○
切断試験による密着テスト	金型切断 剥れなき事	○
ピール強度テスト	JIS C6481 5-7 0.6KN/m	△ 0.4~0.6KN/m

密着強度に関しては24年度目標(目標値:0.6KN/m)を完全には達成できなかった。

ホーロー層の安定化とメッキ方法の工程順の見直し等課題が残った。

密着強度の高いメッキ方式を追求していく事とする。

### 2-2-3 量産化への対応

ピール強度は目標値には達していないが、実用上どのようになるのか検証も含めて製品化レベルまで試作した。

ホーロー基板から Ni-Ag メッキ完成までを以下、図 2-2-16、2-2-17、2-2-18、2-2-19 に示す。

ホーロー基板

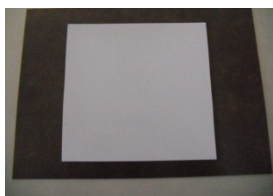


図 2-2-16

ホーロー基板に銅メッキ皮膜形成

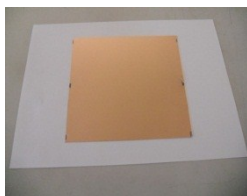


図 2-2-17

銅メッキ品パターン完成写真を以下、図 2-2-18 に示す。



図 2-2-18

パターン完成品後裏面銅板をエッチング 0.5mm 厚の銅版を 0.1mm 厚までエッチングを施した。

2-2 エッチング課題への対応で検証してきたエッチング薬液及び温度、濃度条件を応用し総板厚 0.2mm を作製する事が出来た。

パターン作成後表面処理 (Ni-Ag メッキ) を施した。

以下、図 2-2-19 に示す。

Ni-Ag メッキ品写真

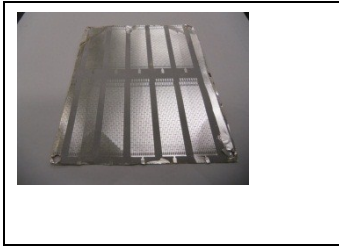


図 2 - 2 - 1 9

シート周囲にメッキ作業時の取り扱いによる変形が見られる。  
板厚が薄くメッキ作業時の取り扱い等今後の課題が多く残っている。  
今後の課題として

- 1) エッチング工程順の見直し検討
- 2) メッキ作業のラック取り付け方法の検討
- 3) ワークシート周囲のパターンレイアウトの検討
- 4) エッチングスピードの向上
- 5) 低温ホーロー層のピンホール低減
- 6) 銅メッキ皮膜形成工程のスピード向上
- 7) ホーロー層の耐電圧向上
- 8) ホーロー層の高熱伝導化

が残っている。

量産化に向けては多くの課題を解決しなくてはならない。

前述した通り、多くの課題が残っておりそれぞれを克服していかなければ量産化は出来ない。

## 2-3 ホーロー多層基板の開発

### 2-3-1 高耐圧ホーロー基板の開発

初年度より開発を進めて昨年達成した絶縁耐電圧 1KV は、本年度もさらに開発を継続して絶縁耐電圧 4KV を達成した。

これは新たに無機塗料に絶縁物を加えた塗料を、積層塗装方式を採用することにより、昨年耐電圧を上げるための障害を回避することが出来た結果だと考える。

又、初年度より無機塗膜のメッキ前工程として塗装面のサンドブラスト処理をやっていたが、メッキ層の十分な剥離強度が得られなかった。

本年度当初、薬品により塗膜を粗化することで一時的に剥離強度を得ることができたが、この粗化により絶縁耐電圧が低下することが判明した。そこで、粗化処理なしで耐電圧を落とさずにメッキの剥離強度が得る方法がないのか検討した結果、粗化された状態を塗料で作成することに成功し、メッキの剥離強度を得ることが出来た。しかし、剥離強度を高めていくと耐電圧が低下するという結果と、メッキ後にパターンニングのために、銅のエッチングをしてもメッキの一部が粗化部の奥に残るという結果になっている。

今後は耐電圧を高めながらメッキ強度を出し、銅のエッチング性を損なわない塗膜を模索していかなくてはならない。

昨年度より開始した熱伝導率の改善について、昨年は塗料に熱伝導フィラーを添加することで 3.3W/mK を達成した。

本年はさらに熱伝導率の高いフィラーを加え、添加率をあげることで 5.0W/mK を達成すべく試験を進めている。

来年度以降はいままで達成した絶縁耐電圧とメッキ剥離強度を維持しつつ、熱伝導率を改善し、最終目標の多層基板の作成を達成すべく進める。

### 耐電圧向上の取り組み-継続

低温ホーローの開発のネックとなっていた耐電圧を向上させるための昨年までの取り組みに加えて塗料にフィラーを加える方法と塗膜の積層による効果を検証した。耐電圧向上のためには膜厚をあげることと多層構造にすることに効果があるということがわかった。その結果、メッキ前の耐電圧は 4.0KV まで到達した。

### 銅メッキの剥離強度改善への取り組み-継続

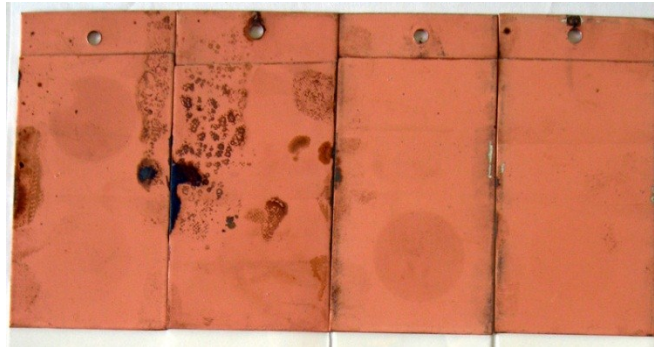
低温ホーロー上へ無電解銅メッキを行い、メッキ層の剥離強度を上げる取り組みも昨年に引き続き継続して開発を行った。

薬品による表面粗化を加えて検証した結果、最終的にメッキ強度を得ることが出来、テープ試験および切断試験もクリアしたが、メッキ後の耐電圧が 300V 以下に低下する問題が発生した。



薬品による粗化処理の為に塗膜がダメージを受けて耐電圧が低下したことが原因。そこで薬品による粗化処理をしないで、低温ホーローの表面に粗化状態を作れないか検討した結果、粗化された状態を塗料で作り返すことに成功し、メッキの剥離強度を得ることが出来た。

しかし、剥離強度を高めていくと耐電圧が低下するという結果と、メッキ後にパターンニングのために、銅のエッチングをしてもメッキの一部が粗化部の奥に残るといいう結果になっている。



メッキ済みのホーロー基板写真  
(銅メッキの剥離強度は切断試験をクリアしている)

## 2-3-2 高熱伝導率ホーローの開発

### 昨年度の試験結果

熱伝導性を改善する為に塗料に添加するフィラーは入手可能で熱伝導率の高いと思われる3種類（SIC・BN・AL2O3）を採用。

これらを用いてサンプルを作成し検証した結果、3.3W/mKを達成した。

### 本年度の試験計画

- ① 昨年度効果が薄かったアルミナ添加は中止。
- ② アルミナの代わりに熱伝導率が高いALN(300W/mK)を採用する。
- ③ 昨年の結果より、熱伝導率が5.0W/mKを超えるように添加率を上げる。

SIC・BN・ALNを添加した測定用サンプルを作成し、熱伝導率の測定をしたが(10mm×10mm)サイズが小さく測定誤差により優位性が見えないため、再度大きなサイズでただいま作成中。

### <まとめと今後への課題>

塗料へ絶縁材を加える改良と塗膜の積層方式を採用したことにより、念願の耐電圧4KVを得ることが出来た。

また初年度より進めていた銅メッキの剥離強度改善について、剥離強度を得るためのサンドブラスト・エッチングによる粗化处理は、塗膜の組織の破壊によって耐電圧低下を引き起こすため、慎重に検討をする必要があることがわかった。

薬品により塗膜を粗化することで一時的に剥離強度を得ることができたが、この粗化により絶縁耐電圧が低下することも判明した。

さらに検討した結果、最終的に塗料によって塗膜表面に粗化状態を作り出すことに成功し、ピール試験はもとより切断試験もクリアする強度を得ることが出来たが、逆に耐電圧低下とメッキ後にパターンニングのために銅のエッチングをしてもメッキの一部が粗化部の奥に残るといった結果を招いた。

当年度が2年目の高熱伝導ホーロー材料の開発では無機塗料に熱伝導性改善フィラーを添加して熱伝導度をあげるといった手法はそのまま、さらに熱伝導率の高いフィラーを加え、添加率をあげることで5.0W/mKを達成すべく試験を進め測定用のサンプルも完成した。

### 今後の計画

開発当初の目的であった耐電圧・メッキの剥離強度・熱伝導性・反射率のうち、メッキの剥離強度を有する基板の耐電圧については本年度最終1KV程度と低いので、さらなる耐電圧向上に向けた開発は継続していく必要がある。

同時に4KVの耐電圧を記録した試験片を粗化处理することなく、プライマー処理

等の処理をすることによってメッキができれば高い耐電圧を維持したまま製品化できるので、メッキプロセスの見直しも検討する必要がある。

熱伝導性については H23 年度の結果をみれば、熱伝導性改善フィラーを添加することで改善されることは実証済みなので、他の特性への影響をみながら添加することになる。

反射率については今後、検討・開発することになる。基板の多層化についてはまだ達成されていないが、まず高温ホーローと低温ホーローの両方を組み合わせることで達成し、つづいて低温ホーローのみでの多層化をはかりたい。

## 2-4 照明用モジュールとしての課題への対応

### 2-4-1 長寿命封止樹脂の開発と適用

LED光源の寿命の決定要因は、組立方式により異なる。表面実装型のチップLEDで、プラスチックのリフレクターを使用したもの（これが最もポピュラー）では、このリフレクターが最初に黄変し、輝度が下がる。つぎに、透明の封止樹脂が同じく、黄変し、さらに輝度が下がる。リフレクターを金属やセラミックスに変えたものは、封止樹脂の黄変から輝度が下がり始める。チップオンボードと呼ばれる組立方法を技術の柱においてある我々にとって、寿命を決定する材料は、透明樹脂ということになる。

今回、種々の透明樹脂について、寿命特性を調べ、どの樹脂を使うのが最も効果的かを調べた。

行った試験項目は次のようになる。

- ・高温通電試験

環境温度 55℃

通電電流値 20mA

連続試験時間 3000 時間

- ・熱衝撃試験

-30℃から 100℃までの熱衝撃を加える

サイクル数 100回

- ・高温放置試験

環境温度 150℃

180℃

の2条件

放置時間 125 時間

これらの結果を総合的に判断して、最適な封止樹脂を選別し、必要に応じて、さらに改善を行うための添加物を検討する。

・高温通電試験

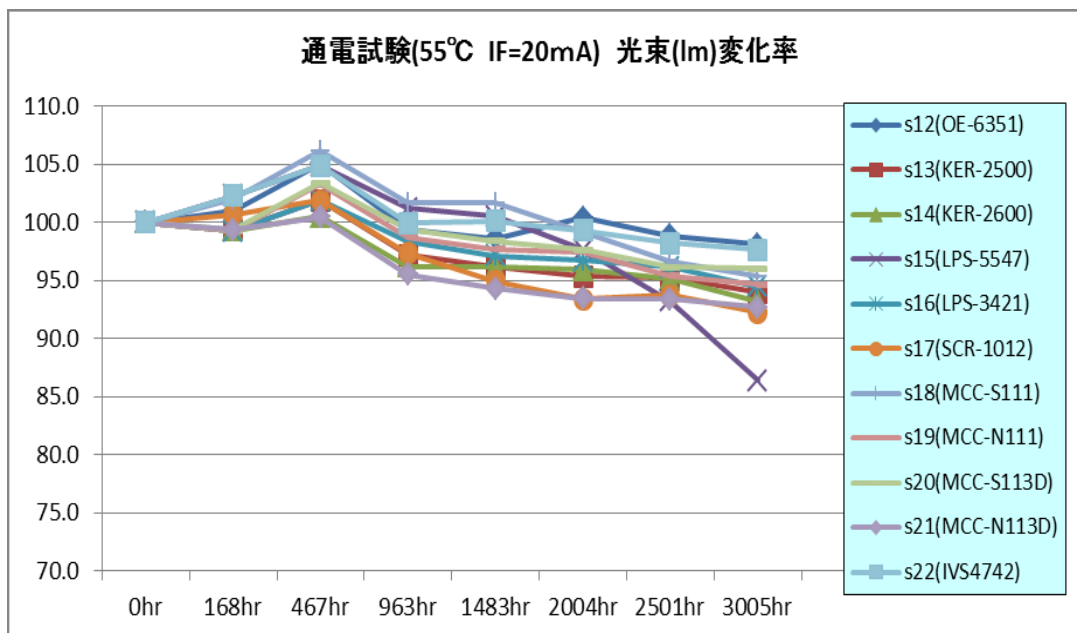


図 2-4-1

この結果から、OE-6351, IVS4742 の 2 機種は少なくとも 4 万時間以上の寿命を持つことがわかる。また、LPS5547 が、もっとも寿命が短いことがわかる。

・熱衝撃試験

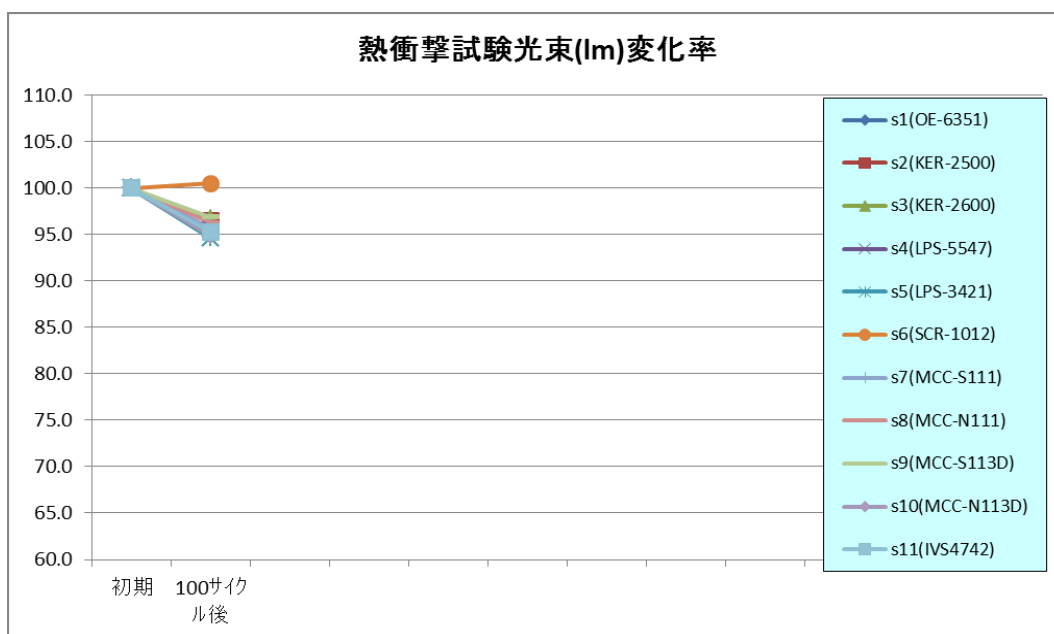


図 2-4-2

これについては、有意な差はなく、どの機種であっても、LED 用封止樹脂として使える可能性をもつ。

・高温放置試験（150℃）

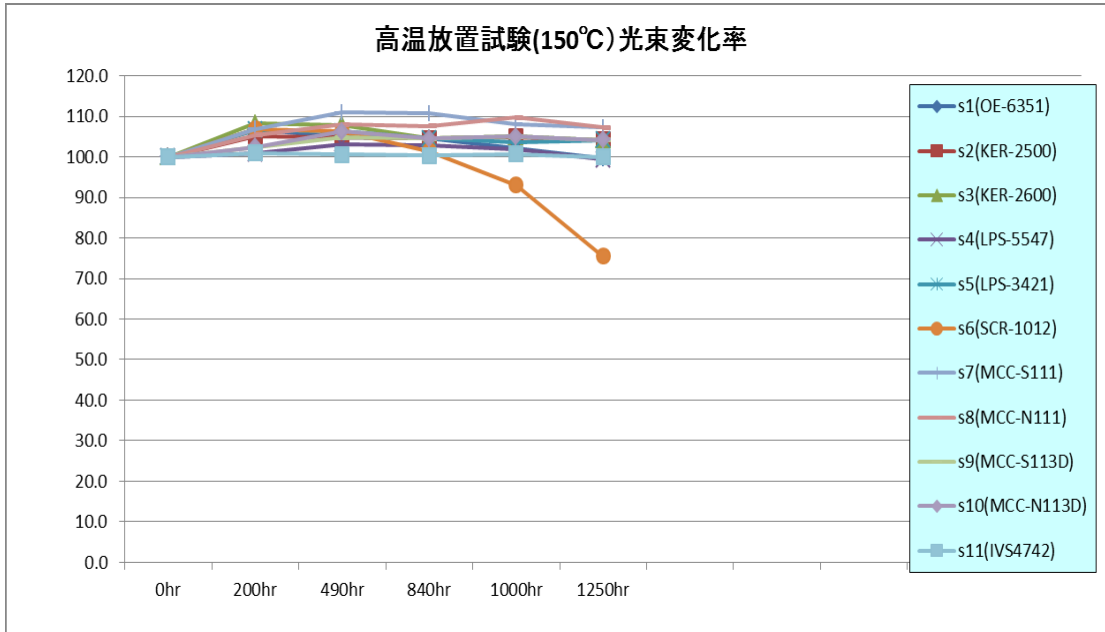


図 2-4-3

この結果は、SCR-1012 は LED の封止材料として適さないことがわかる。

・高温放置試験（180℃）

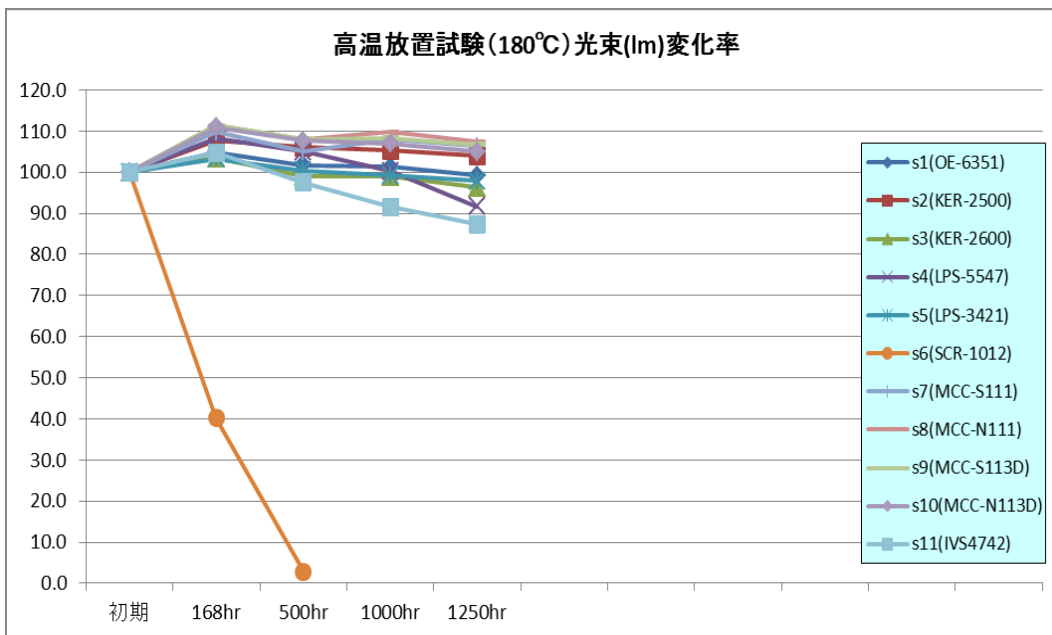


図 2-4-4

この結果は、SCR-1012 の劣化が非常に早く進むことがわかる。  
ほかの材料では、特に大きな問題点はないようである。  
高温放置試験の劣化の様子の写真を示す。

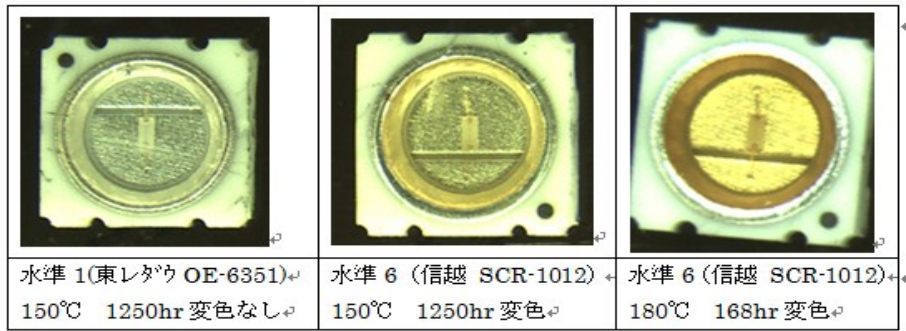


図 2-4-5

以上の結果をまとめると以下表 2-4-1 のようになる

表 2-4-1

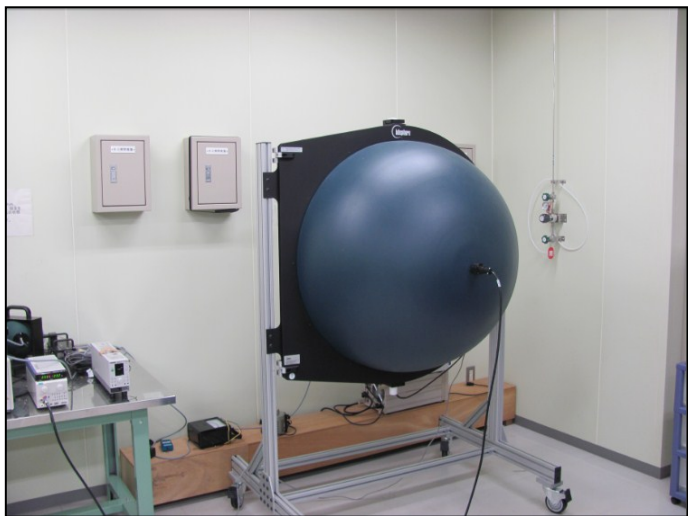

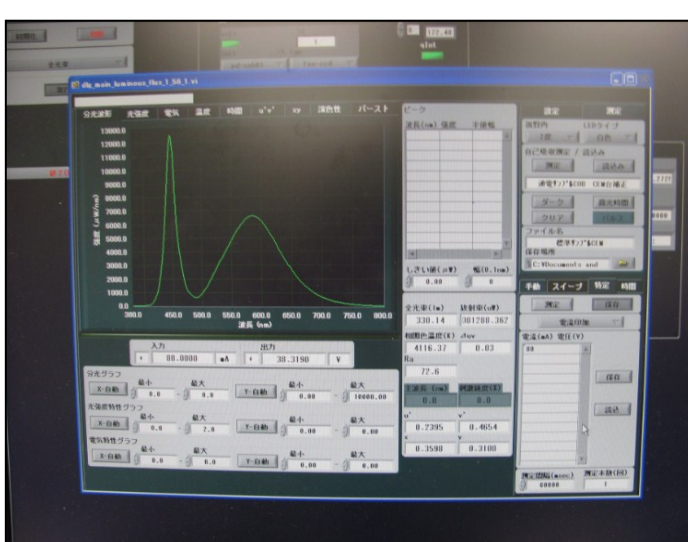
水準 メーカー名	水準1 東レ・ダウ	水準2 信越化学	水準3 信越化学	水準4 信越化学	水準5 信越化学	水準6 信越化学	水準7 三菱化学	水準8 三菱化学	水準9 三菱化学	水準10 三菱化学	水準11 モメンティブ	
樹脂名	OE-6351	KER-2500	KER-2600	LPS-5547	LPS-3421	SCR-1012	MCC-S111	MCC-NI11	MCC-S113D	MCC-NI13D	IVS4742	
組成	アクリル系	アクリル系	アクリル系	フェニル系		変性アクリル	アクリル系	アクリル系	アクリル系	アクリル系	アクリル系	
光透過率	99	90	92			88					99	
特性		高耐熱	中硬度	低ガス透過性	高粘性	低ガス透過性						
屈折率	1.41	1.41	1.41	1.54	1.45	1.54	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	
硬化物 樹脂硬度	軟	やや硬	やや軟	やや硬	やや硬	硬	軟	軟	軟	軟	硬め	
150°C 高温放置 試験	外観	-	-	-	樹脂微黄変	-	樹脂黄変	樹脂剥離	樹脂剥離	樹脂剥離	樹脂剥離	-
	放射束維持率 (150°C 1250hr)	100.8	104.2	103.1	99.4	101.3	50.1	101.8	103.6	103.9	103.8	100.2
180°C 高温放置 試験	外観	-	樹脂割れ	-	樹脂微黄変	-	樹脂黄変	樹脂剥離	樹脂剥離	-	樹脂剥離	樹脂剥離 樹脂微黄変
	放射束維持率 (180°C 1250hr)	99.8	105.8	98.6	89.0	99.0	0.0	107.9	107.5	108.3	105.6	89.7
-30°C~-100°C 熱衝撃 試験	外観	-	-	-	-	-	樹脂剥離	-	-	-	-	-
	放射束維持率 (100サイクル)	95.8	97.4	97.2	94.8	95.7	101.1	96.8	96.6	97.6	96.0	96.4
高温通電 試験	放射束維持率 55°C IF=20mA (3000hr 継続中)	98.9	93.9	93.5	85.1	94.7	92.4	95.4	96.4	97.1	94.3	97.5
判定	◎	×	○	×	○	××	×	×	×	×	×	△

総合的に判断すると

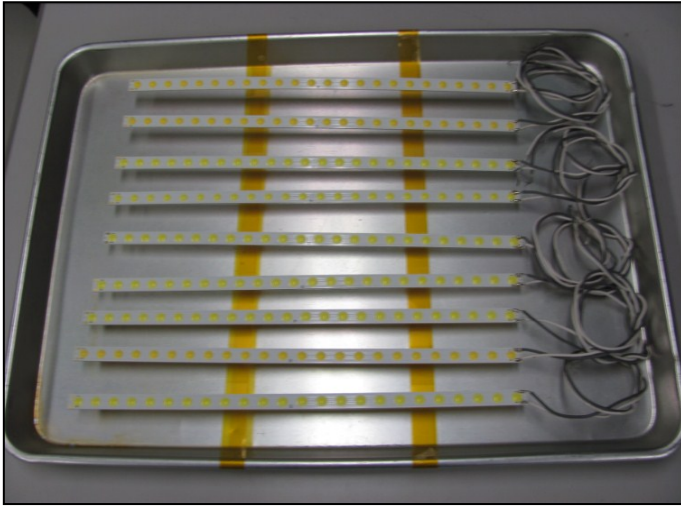
OE-6351 が最も LED 用に適した材料であるということがわかる。

以下が今夏に評価に使った測定装置である。

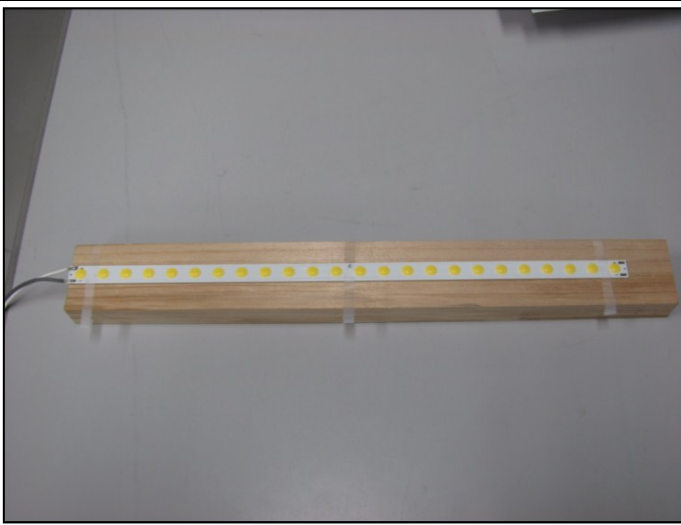
### 測定装置&試料 (参考写真)

	<p>高分解能マルチ分光装置 40インチ積分球 色彩照度計 CL-200</p>
	<p>高分解能マルチ分光装置 40インチ積分球</p>
	<p>高分解能マルチ分光装置 計測ディスプレイ</p>





通電試験試料



測定準備



積分球への試料セット

#### 2-4-2 照明モジュールの試作と評価

このプロジェクトによる試作LEDを使ったLEDモジュールを作成し、照明器具として点灯させた。



図 2-4-5

おおむね80W程度の照明器具を製作した。

12000lm程度の全光束値をもち、1000時間程度点灯してみたが、異常等は見られなかった。



図 2-4-6

これをもとに、ヘッドライトへの組み立てに取り掛かった。

車名	マークXジオ
型式	DBA-ANA10-AWXQK



図 2-4-7



図 2-4-8

現在これに組み込むLED光源の加工にとりかかっているところである。

このユニットをフロントのブロックと後ろのブロックとに分解するか、熱融着する前のユニットを入手し加工するか、この中にLEDを組み込む方法はない。現在、組み立てメーカーと打ち合わせはしているが、エンドユーザーの意向等から、交渉がうまく進んでいない。

別の方法として、この中のランプと置き換える形での試作にとりかかっている。

## 2-5 プロジェクトの運営管理

本研究開発の円滑な運営と推進を図るために、全体会議(プロジェクト推進会議)を定期的開催し、各研究機関相互の連絡体制を密にするとともに、各研究開発実施項目の課題抽出、検討、研究推進を行なった。

プロジェクト推進会議開催実績は次のとおりである。

### 第1回プロジェクト推進会議

開催日時平成24年7月23日(月)午後3:00~5:00

開催場所:ホテルモナーク鳥取 会議室(4F 砂丘の間)

(〒680-0834 鳥取市永楽温泉町403番地)

### 第2回プロジェクト推進会議

開催日時平成25年2月8日(金)午後3:00~5:00

開催場所:ホテルモナーク鳥取 会議室(4F 砂丘の間)

(〒680-0834 鳥取市永楽温泉町403番地)

### 第3章 総括

今回、このような形で共同研究を始めるのは、初めての経験であった。各社のバックグラウンドが大きくことなり、言葉の定義のすりあわせから行う必要があった。

各社の努力のおかげで、無事研究を完遂することができた。

以下、本研究のまとめをのべる。

#### 3-1 まとめ

1. 絶縁層に無機材料を用いる道がみえてきた。

LEDの寿命は、その構造内に使用する有機物の劣化との戦いである。

当然ながら、コストはかけられない。

このなかで、ホーローという、従来技術を活用し、絶縁層を形成できることを、実証した。

これにより、COB (Chip on Board) 構造のLED光源の更なる応用範囲拡大の道をつけた。

2. ホーローを使った無機絶縁層上への銅めっきが可能であり、十分にプリント基板やリードフレームとして使用可能なことを明らかにした。

LEDを実装する場合、絶縁層上への電極層の形成が必須となる。ホーロー層上に銅めっきを形成でき、かつ実用上十分な絶縁体圧を持つことを示した。

3. 1, 2を組み合わせて、200ミクロン厚のLED実装基板の形成に成功した。

このことは、コスト的にも、放熱設計的にも、大きな意味をもつ。

高価な銅の使用量を、ぎりぎりまで抑え、しかも、薄くすることで、熱抵抗を削減することができる。LEDの発光性能をぎりぎりまでひきだすことが可能となる。

4. 透明封止樹脂の性能比較および、更なる性能向上のための方向性が見えた。

今回の開発で唯一残った有機物は、封止樹脂となる。

ここの性能向上が、最終的にLEDの寿命を決定する。

この樹脂特性が判明し、十分な性能の封止樹脂をメーカーと開発できた。

5. これらを統合し、LEDの発光源を試作した。

また、これを用いた照明器具を試作した。

### 3-2 今後の課題（補完研究内容）

#### 1. 量産仕様の基板材料の製作

今回は、試作として製造した基板材料を、更なる改良を加え、量産仕様の基板材料として仕上げる必要がある。

このためには、さらに量産性を高め、品質のばらつきを抑える必要がある。同時に、更なる、コスト削減が必要である。

#### 2. 高放熱ホーロー材の開発完了

材料系の選定と添加方法については、ほぼできあがっている。

現在、熱抵抗の測定において、測定精度を高める方法を検討している。

これができれば、当初目標の結果が出るものと考えている。

#### 3. 最終目標であった、ヘッドライトの組み立てが完了していない。

これを何としてでも、補完研究期間中には完了させたい。

あわせて、配光特性等の評価も完了させる。

#### 4. 今回の技術を用いた、より高性能で、長寿命の LED 光源の開発。

研究室レベルでは、230lm/W を超えた報告がなされている。

我々の実力としては、190lm/W である。

放熱特性が、今回の基板では今以上によくなるので、更なる発光効率の改善が可能である。早急に、200lm.W を超える白色 LED の開発を完了させる。

#### 5. 試作と評価を繰り返し、この技術を用いた基板の生産技術を完成させる。