

平成20年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「次世代薄型LED用微細転写金型製造技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成21年 3月

委託者 九州経済産業局

委託先 財団法人福岡県産業・科学技術振興財団

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	2
1－2 研究体制	6
1－3 成果概要	11

第2章 本論

① 薄型LED用マスター型の試作	12
② 微細半球形状転写金型入れ子の製作	13
③ 解析を用いた転写金型高精度化のためのポケット形状の検討	14
④ 薄型LED用転写金型製作手法及び材料の検討	15
⑤ 転写金型連続製造システムの試作	16
⑥ 試作したLED用微細半球形状金型を用いたLED成形試験及び評価	18

最終章 全体総括	19
----------	----

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

現在、高輝度LED等の開発により、情報家電を始めとする多くの分野において蛍光灯や白熱灯に変わりLEDが利用されるようになってきた。特にLEDが多用されている情報家電分野では、小型化、軽量化、高機能化の開発競争が益々激化している。特に高機能化が進む携帯電話は、機能付加のため機器内部の電子部品が増大傾向にあり、自然、限られた容積における照明用の表面実装用LEDの小型・薄型化が各メーカーにとって喫緊の課題となっている。一方、中国等の有線電話未設置地域では携帯電話の爆発的な普及が見込まれ、小型・薄型LEDの需要の増大は避けられない状況である。

LEDを製造販売する川下製造業者である東芝セミコンダクター社も、この状況をLED市場からの要求と捉え、小型化、薄型化に対応し、品質の安定したLEDを従来より安価で市場に供給するための対策を検討している。

表面実装用LEDは図1-1に示す様に、リードフレームの上に固定されたLED素子に透明樹脂のレンズが取り付けられた状態である。このため、LEDの小型化、薄型化及び品質の安定には、この樹脂製レンズの設計、製造技術が一つのカギとなる。

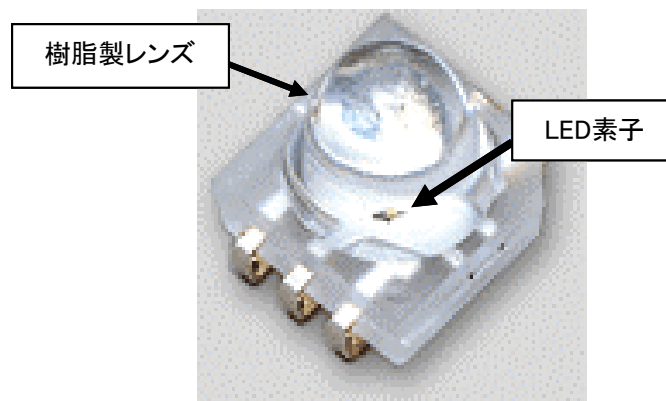


図1-1 表面実装LED

この樹脂製レンズの製造には金型が用いられる。つまり、LEDの小型化、薄型化、品質の安定及び低コスト、短納期化を実現するには、これらの要求を満たせる金型を製造する必要がある。

現在当社でのLED用レンズ金型の製造方法は、図1-2に示すように、マシニングセンターでレンズ形状を加工後、手磨きにより金型を仕上げる。LEDの様な微細形状製品を製作するための金型は、多数個取りと言われ、一つの金型内に数個から百数十個の製品形状を有するため、マシニングセンターでの形状加工及び手磨き共に、数個から百数十個の製品に対し行う必要がある。このため図1-2に示す様な問題が生じてしまい、今後前述の川下製造業者の高まる要求を満足できる金型製造が厳しいものになると思われる。

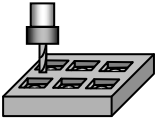
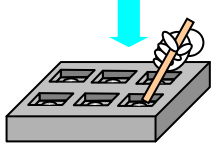
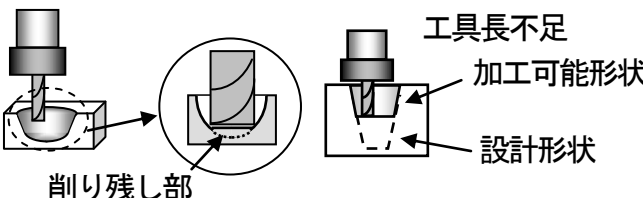
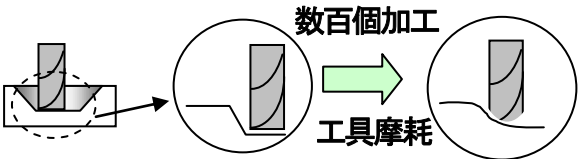
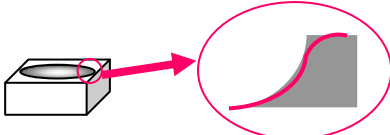
従来技術	問題点
 工作機械で同一の高精度金型形状を数百個加工  数百個の金型形状の手磨きによる仕上げ	①微小径工具による微細凹形状加工の限界  ②同一精度で数百個の凹形状加工は困難  ③手磨きによる形状のダレ有り 

図 1－2 LED金型従来製造技術と問題点

このため本プロジェクトでは、次世代薄型 LED 製作に対応した同一精度の LED 金型を短納期、低コストで量産するための、転写技術を利用した新規な金型製造技術（微細転写金型製造技術）の開発を目的に研究開発を行う。開発する金型製造技術は、図 1－3 に示すように、セラミックスに LED 形状の加工を施し、マスター型を製作する第 1 工程と、マスター型形状を金属材料に転写し金型入れ子を製作する第 2 工程とから成る。

マスター型材質は、第 2 工程を考慮し、耐熱性の高いセラミックスを使用する。マスター型形状は三次元レンズ形状であるため、その加工にはマシニングセンターを使用する。

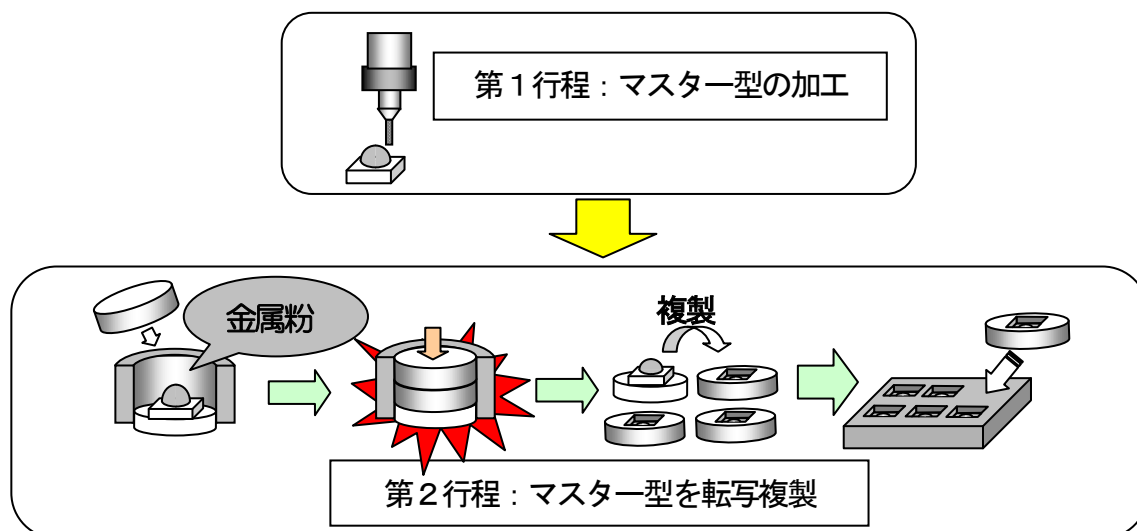


図1－3 新規LED用金型製造技術概要

しかし、セラミックスは脆性材料であるため、一般の金型加工に使用するエンドミルを用いた切削加工では、マスター型表面に、欠けや割れが生じ高精度な微細加工はできない。高精度なLED形状のマスター型を製作するには脆性材料の微細加工技術の確立が必要である。このため一つ目の研究テーマとして、機械電子研究所が開発した脆性材料微細加工用工具と、(株)メイホーが有する微細金型製造技術を組み合わせ、「脆性材料微細加工技術に関する研究」を実施する。

第2工程は、第1工程で製作したLEDマスター型形状を高精度で金属材料へ転写する行程であり、この行程が二つ目の研究テーマ「微細転写金型製造技術の開発」である。

平成18年度の研究で、高精度に加工されたマスター型形状を正確に転写する方法として、機械電子研究所で開発した迅速溶融加圧成形法と近年微細加工分野で研究が進むホットエンボス成形法の2種類について検討した。その結果微細半球形状転写金型の作製にはホットエンボス成形法が適していることが分かった。このホットエンボス成形法では転写材料を真空中で短時間に1000℃まで加熱後加圧する必要があるが、このような作業を行う為の装置は現在市販されていない。このため、県内で特殊用途の真空炉等の開発を手掛けるヒートシステム(株)の技術を活用し、微細転写金型製造装置の開発を行った。

平成19年度の研究で、耐熱鋼にセットした薄板状の金型材を1000℃に加熱した状態でマスター型を押し込むことで微細半球形状の転写が可能であることが確認できた。また、この手法を用いて作製した金型入れ子を使いLED用金型を試作した。その結果本開発技術を使いLED用金型の製作が可能であることが確認できた。しかし、高価な耐熱鋼を使用や金型材を薄板状に加工する工程等を考えると本プロジェクトの目標である金型加工時間30%減、コスト30%減を達成することは困難であると思われる。このため平成20年度にコスト低減のため、転写手法の改良を行った。更に実用化を考慮し、効率的に転写金型を製作するために、現場でマスター型及び転写金型の良否判定が可能な干渉計測法を利用した測定装置の開発及び設計段階で転写条件等を決定するための解析技術を導入した研究を実施した。また、19年度試作した微細半球形状LEDより取り数が多い薄型LEDのマスター型加工技術の確立に取り組むとともに、連続で転写金型を製造するための連続転写金型製造装置の開発に取り

組んだ。

本プロジェクトにおける研究開発構成と実施テーマ及び最終年度目標を表 1－1 に示す。

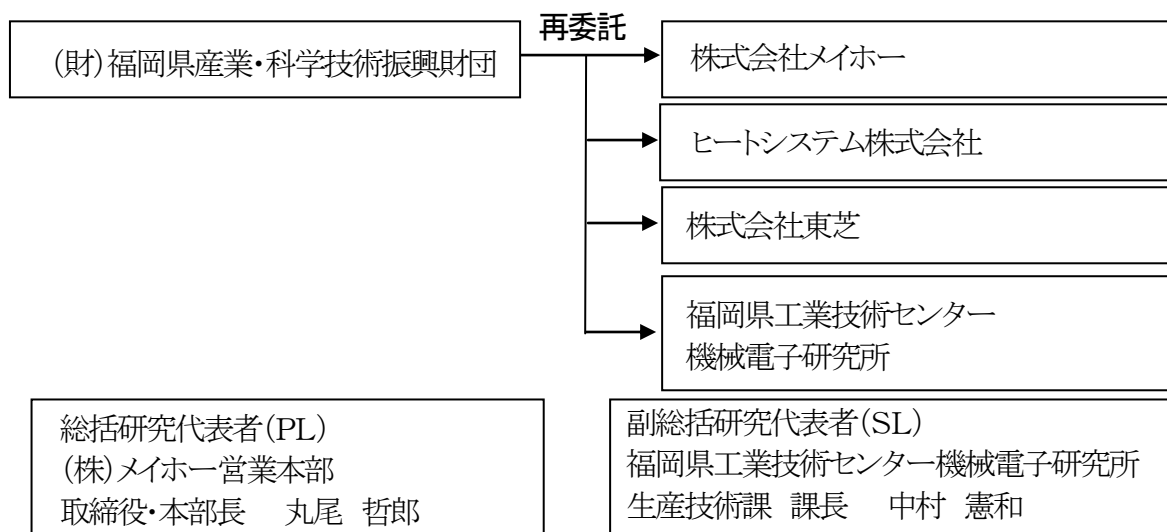
以上のような研究を行い次世代薄型 LED 用微細転写金型製造技術を開発することで、従来金型の製造技術に対し、金型加工時間 30%減、コスト 30%減を目指す。また、小型・薄型 LED 用金型として、厚さ 26%減、体積 51%減となる LED を製造する為の金型加工技術を確立する。

表 1－1 実施テーマと最終年度目標

第 1 行程 脆性材料微細加工技術の開発	目 標
実施テーマ：薄型 LED 用マスター型の試作	Rz1.0 μ m
第 2 行程 微細転写金型製造技術の開発	
開発項目 1：微細転写金型製造手法の検討	
実施テーマ：微細半球形状転写金型入れ子の製作	$\pm 1\%$
解析を用いた転写金型高精度化のためのポケット形状の検討	有用性の検証
薄型 LED 用転写金型製造手法及び材料の検討	手法の検討
開発項目 2：転写金型製造装置の開発	
実施テーマ：転写金型連続製造システムの試作	装置の試作
開発項目 3：転写金型の製作及び評価	
実施テーマ：試作した LED 用微細半球形状金型を用いた LED 成形試験及び評価	金型の試作及び評価

1-2 研究体制

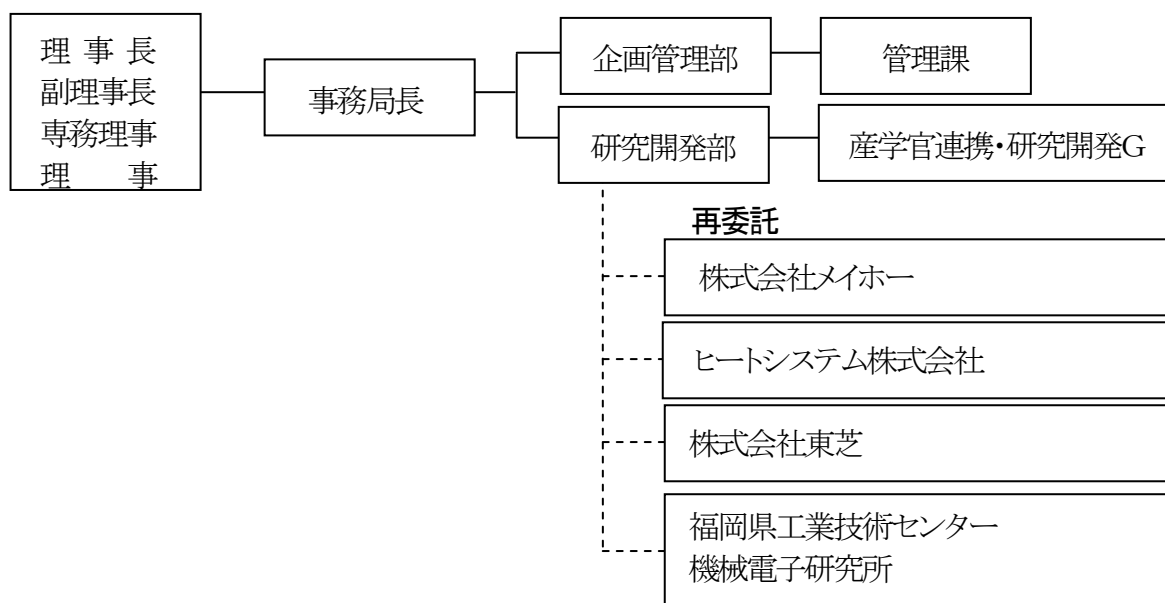
1) 研究組織



2) 管理体制

①事業管理者

[財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団]

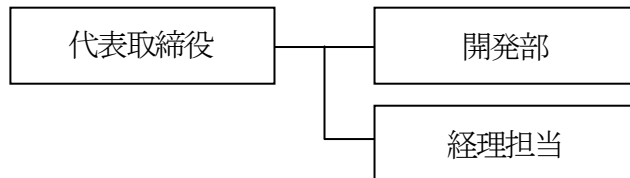


②(再委託先)

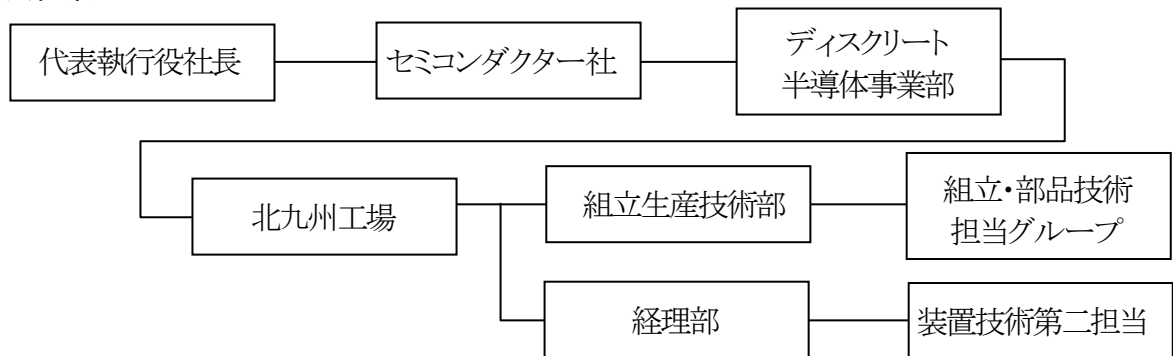
株式会社メイホー



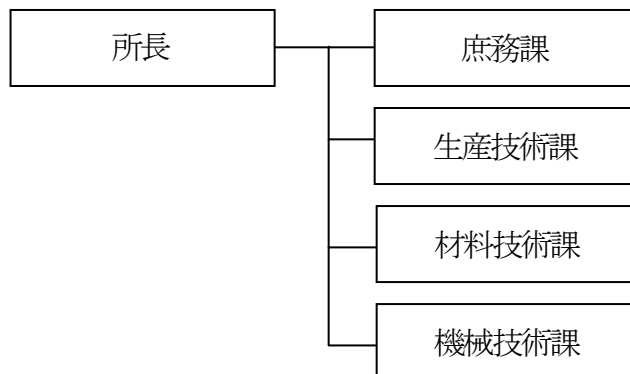
ヒートシステム株式会社



株式会社東芝



福岡県工業技術センター機械電子研究所



3) 管理員及び研究員

【事業管理者】(財)福岡県産業・科学技術振興財団

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
武藤 行弘	研究開発部 部長	⑦
吉海 和正	研究開発部 主幹	⑦
吉村 賢二	研究開発部 副主幹	⑦
川西 義人	研究開発部 サブマネージャー	⑦
森部 広道	企画管理部 管理課長	⑦
井上 雅之	企画管理部 主任主事	⑦
大川内 洋介	企画管理部 主任主事	⑦

【再委託先】

株式会社メイホー

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
丸尾 哲郎	営業本部 取締役・本部長	①、②、④、⑤、⑥
芳賀 善九	R&Dセンター 課長代理	①、②、④、⑤、⑥
藤井 誠	R&Dセンター 研究員	①、②、④、⑤、⑥

ヒートシステム株式会社

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
勇 浩二	代表取締役	②、⑤
沼 浩司	開発部 部長	②、⑤
日野 崇	開発部 主任	②、⑤

株式会社東芝セミコンダクター社北九州工場

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
岩下 和久	組立生産技術部 組立・部品技術担当 グループ長兼経営変革エキスパート	⑥
安達 正樹	組立生産技術部 組立・部品技術担当 参事兼経営変革エキスパート	⑥
岡崎 治彦	組立生産技術部 組立・部品技術担当参事	⑥

福岡県工業技術センター機械電子研究所

氏名	所属・役職	実施内容(番号)

中村 憲和	生産技術課 課長	①、②、③、④、⑥
谷川 義博	生産技術課 専門研究員	①、②、③、④、⑥
竹下 朋春	生産技術課 研究員	①、②、④
安部 年史	生産技術課 主任技能員	①、②、④
内野 正和	機械技術課 専門研究員	①、③、④、⑥
杉本 昌也	機械技術課 主任技師	②、③、④
中村 裕章	福岡県工業技術センター企画管理部 情報交流課 課長	⑤

4) 他からの指導・協力者名

【推進委員会委員】

外部推進委員

氏名	所属・役職	備考
仙波 卓弥 高橋 正春	福岡工業大学 工学部知能機械工学科 教授 産業技術総合研究所 先進製造プロセス部門 インプリント製造技術研究グループ グループ長	アドバイザー アドバイザー

内部推進委員

氏名	所属・役職	備考
丸尾 哲郎 芳賀 善九 藤井 誠	【(株)メイホー】 営業本部 取締役・本部長 R&Dセンター 課長代理 R&Dセンター 研究員	PL
中村 憲和 谷川 義博 竹下 朋春 安部 年史 内野 正和 杉本 昌也 中村 裕章	【福岡県工業技術センター機械電子研究所】 生産技術課 課長 生産技術課 専門研究員 生産技術課 研究員 生産技術課 主任技能員 機械技術課 専門研究員 機械技術課 主任技師 福岡県工業技術センター企画管理部 情報交流課 課長	SL
勇 浩二 沼 浩司 日野 崇	【ヒートシステム(株)】 代表取締役 開発部 部長 開発部 主任	
岩下 和久	【(株)東芝】 組立生産技術部 組立・部品技術担当 グループ長兼経営変革エキスパート	
安達 正樹	組立生産技術部 組立・部品技術担当 参事兼経営変革エキスパート	
岡崎 治彦	組立生産技術部 組立・部品技術担当参事	

武藤 行弘 中川 祥次	【(財)福岡県産業・科学技術振興財団】 研究開発部 部長 産学コーディネータ	
----------------	---	--

1-3 成果概要

① 薄型LED用マスターの試作

NCプログラムの生成に市販のCAMを使わず、自らプログラムを作成して座標計算を行うことで、半球部分からテーパ部分への繋がり箇所に生じる段差を、5ミクロン未満に低減することが可能となった。

② 微細半球形状転写金型入れ子の製作

微細半球形状LEDの転写金型入れ子の製作に関し、ブロック押し込み法を用いることで、形状転写率誤差0.5%以下、転写面粗度 $Rz=0.19\mu m$ 以下の金型を15分以内で転写可能な技術を開発することができた。また、この手法によりプロジェクト目標の一つである金型製作時間30%減、コスト30%減が達成可能であることも確認できた。

③ 解析を用いた転写金型高精度化のためのポケット形状の検討

転写金型製造過程において、高精度な転写を可能にする最適なポケット形状および転写方法・条件に関してコンピュータシミュレーションを用いた検討を行った。使用材料の高温に及ぶ機械的材料定数を取得しシミュレーションに反映させることで実際の試作との良い一致を得ることが出来、実用的な転写解析技術を確立した。

④ 薄型LED用転写金型製作手法及び材料の検討

薄型LED用転写金型の製造に関して、微細半球形状LED同様ブロック押し込み法を使いマスター型形状の転写実験を実施した。その結果、薄型LEDのマスター型形状を形状転写率誤差0.5%以下で転写可能な技術を開発することができた。

レーザ干渉法を利用した転写金型形状測定装置を試作し、実際に転写した金型形状評価を行った。その結果、マスター型の形状が金型に精度良く転写され、磨き行程がほとんど無い状態で鏡面が得られ、型崩れしていない表面状態が観察できた。

⑤ 転写金型連続製造システムの試作

レンズ形状が数十～数百個単位の多数個取り金型を製造する際に用いる、ワークの交換機能を備えた全自動の転写金型連続製造システムを試作した。テストの結果、レンズの形状1個当たり約5.6分で形状創成が可能であることが確認できた。

⑥ 試作したLED用微細半球形状金型を用いたLED成形試験及び評価

平成19年度に製作した16個取り評価用金型を用い、転写技術を用いて製作した金型による成形テストを行った。成形品の測定結果より、高い精度で成形品が得られる事が解った。また、成形品の形状は、マスターの作りこみによって制御が可能であることも証明された。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団 研究開発部

tel 092-725-2781 fax 092-725-2786

E-mail; ken@ist.or.jp

第2章 本論

① 薄型LED用マスター型の試作〔(株)メイホー、機械電子研究所〕

(研究内容)

半球形状マスター型の試作及び薄型LED用マスター型加工方法について検討し、その過程で得られた知見を基に薄型LED用マスター型の試作を行う。

(研究結果)

試作においては、半球部分からテーパ部分へ繋がる箇所に微細な段差が生じた。この段差は、NCプログラム上の問題であると考えられる。H20年度においては、NCプログラムの作成方法に改良を加え、この段差を解消する。後で工具パスを取り除くためのマスター型の磨きの工程を入れることを考慮すれば、この段差は5ミクロン以内であることが望ましい。よって段差を5ミクロン以内にすることを目標に研究を進めた。また、マスター型形状評価を目的に干渉計測装置の製作を行った。

座標計算用のプログラムを作成することによって、開発目標である半球部分からテーパ部分へ繋がる箇所の段差を5ミクロン未満にすることが出来た。新しいプログラムを用いて行った加工後の外観写真を図2-1へ、また、測定評価結果を図2-2へ示す。

また、カップ型砥石を用いることによって、加工時間を23時間へと短縮することが可能になった。

今後は、事業化へ向けて、作業手順の見える化や、自動プログラムの作り込みなどの標準化を推進する。

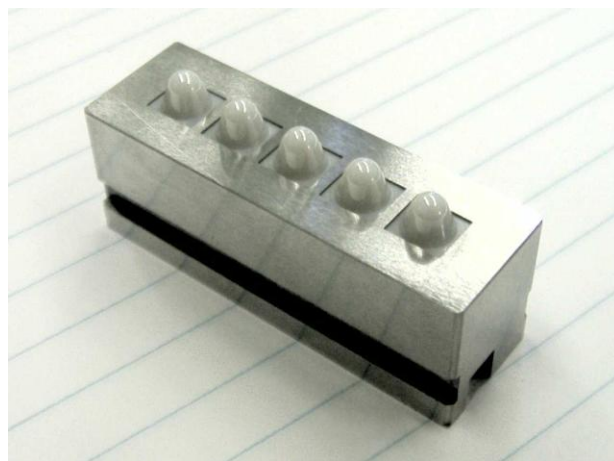


図2-1 加工後の外観写真

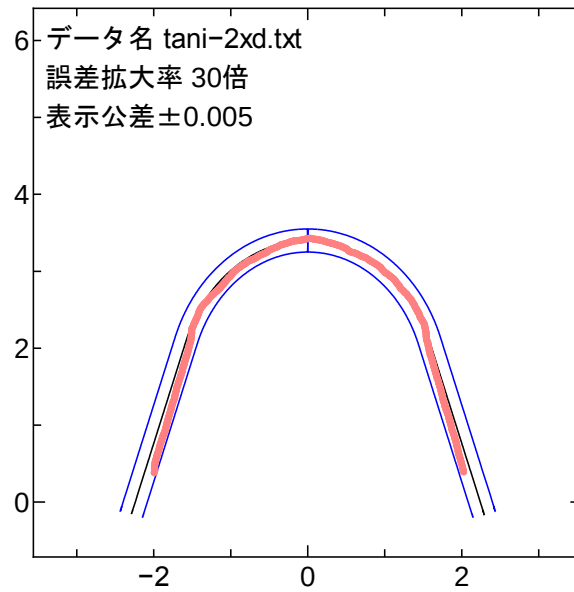


図2-2 測定評価結果

② 微細半球形状転写金型入れ子の製作〔機械電子研究所、(株)メイホー、ヒートシステム(株)〕

(研究内容)

品質の安定した転写金型入れ子を得るため、「③解析を用いた転写金型高精度化のためのポケット形状の検討」と連携し、板厚及びポケット形状を変化させて転写条件を求めるための実験を行う。一つの課題として、レンズ部中心と外周角形状部の中心軸のズレがある。この軸ズレが生じ LED として使用した際、光軸にズレが生じ設計値の配光特性が得られなくなる。このため、この中心軸のズレ量を(株)東芝社内基準以内であることを検討する。また、従来のLED用金型製造方法と製造時間、コストの面で比較検討を行う。

(研究結果)

プロジェクト目標値であるコスト30%減、納期30%減を実現するため、ブロック材押し込み法を開発した。その結果、形状転写率誤差0.5%、転写面粗度 $Rz0.186\mu\text{m}$ 、転写時間15分と転写精度等で目標値達成可能な転写金型製造技術を開発することができた。転写精度のに関して本技術はプロジェクト目標を十分達成することができた。製作した金型入れ子を図2-3に示す。しかし、本技術の利用範囲の拡大を考えると $10\mu\text{m}$ のバラツキをなくす必要がある。今後はこのバラツキの原因を究明し転写金型の更なる向上を図ってきたい。

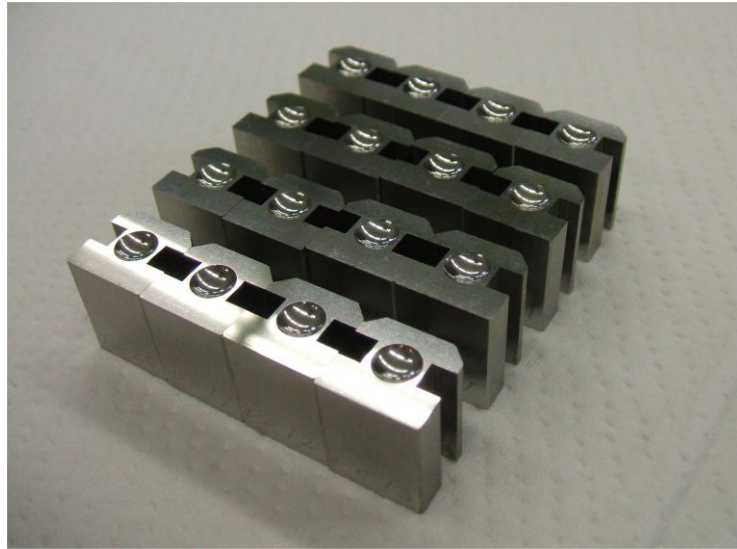


図 2－3 製作した転写金型入れ子

③ 解析を用いた転写金型高精度化のためのポケット形状の検討〔機械電子研究所〕
(研究内容)

モリブデンポケット形状が転写精度に大きく影響を与えることが予想されるため、転写精度を向上するためにコンピュータシミュレーションを用いたポケット形状の検討を行う。このことにより、多くの形状がある実際の LED 用転写金型製造工程におけるポケット形状決定のための時間短縮を図る。なお、転写時は高温であるため、材料の降伏強度および線膨張係数などの熱的性質変化をシミュレーションに考慮することで予測精度を高め転写に最適なポケット形状を検討する。

(研究結果)

転写金型製造過程において、高精度な転写を可能にする最適なポケット形状および転写方法・条件に関してコンピュータシミュレーションを用いた検討を行った。使用材料の高温に及ぶ機械的材料定数を取得しシミュレーションに反映させることで実際の試作との良い一致を得ることが出来、実用的な転写解析技術を確立した。楕円形状マスターにおける実際の試作品測定結果と解析結果の比較を図 2－4 に示す(マスター形状に関する数値は公表しない)。

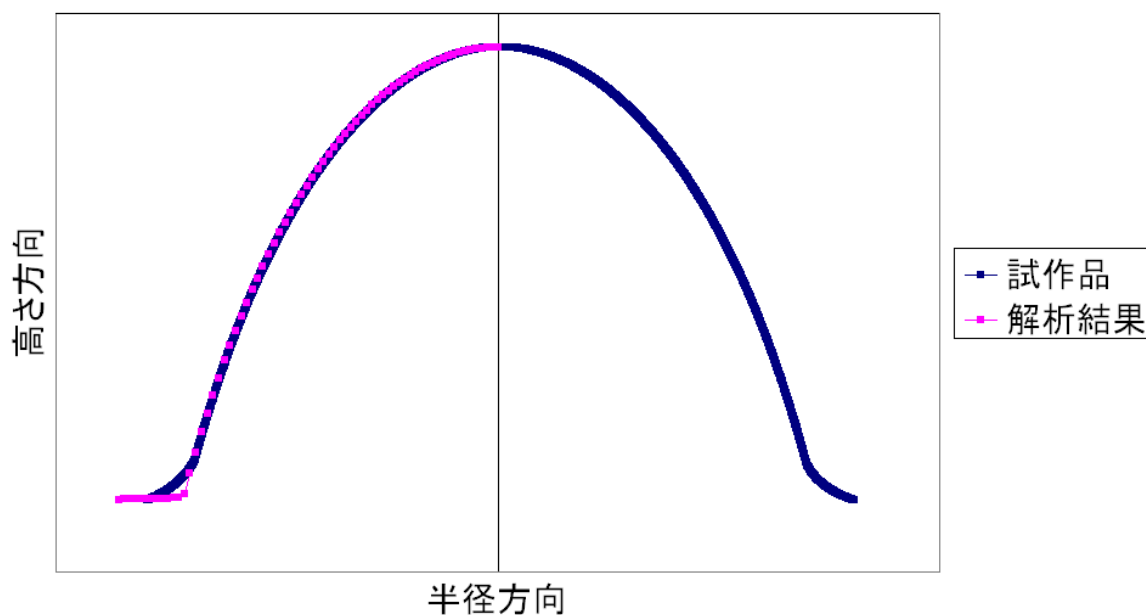


図 2－4 試作品計測結果-解析結果（楕円形状マスター）

④ 薄型 LED 用転写金型製作手法及び材料の検討〔機械電子研究所、(株)メイホー〕
(研究内容)

半球形状転写金型より更に小型の薄型 LED 転写金型製作手法について検討する。この薄型 LED は 60 個取りである。このため、マスター型の耐久性確認と総転写時間の短縮が課題となる。耐久性の目標値は 60 個であるため、転写方法に関しても新規な手法も考慮に入れて検討する。その他の加工面粗度、転写精度の目標値は、半球形状 LED と同様、 $Rz1.0\mu m$ 、形状転写率誤差 1%以内とし、その測定に H19 年度に開発した干渉計測法を用いた形状測定値を使用しその実用性についても検討する。

(研究結果)

薄型 LED 用転写金型の製作に、微細半球形状 LED 同様のブロック材押し込み法が適用可能であることが確認できた。今後は、この技術を 5 個取りに展開し本技術による薄型 LED 用転写金型の実用化を図っていきたいと考えている。

また、転写金型及びマスター型の評価に干渉計測法を利用した計測装置は十分使用可能であることが確認できた。今年度の研究により現場レベルで使用可能な小型装置を試作することができた。試作した装置を図 2－5 に示す。

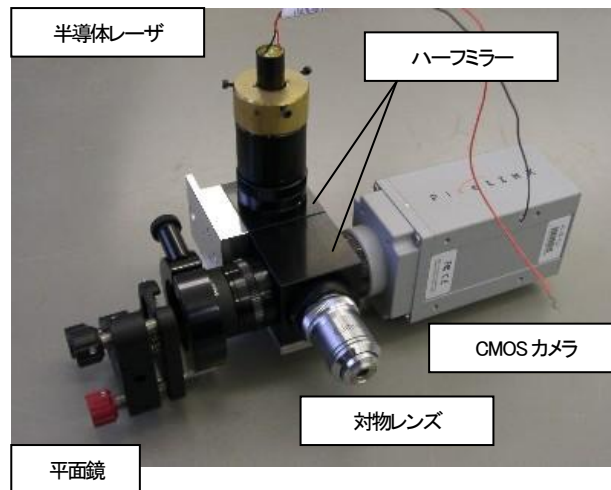


図2-5 装置の写真

⑤ 転写金型連続製造システムの試作〔ヒートシステム（株）、（株）メイホー〕
（研究内容）

金型製造コスト及び製造時間の研究開発目標（コスト 30%減、製作時間 30%減）を達成するために、数十～数百個単位の転写金型を自動で連続製造するためのシステムを試作する。

現在レンズ部の加工には仕上げ磨きを含め、1 個当たり 50 分程度の加工時間が掛かっている。50 分の内、45 分は人手によるミガキ作業であり、多大な労力が掛かっている。人手によるミガキ作業を転写の自動運転に置き換えることで、単純に計算して 7 日以上必要であったミガキ工程を、1 日に短縮することを目標にする。すなわち、連続動作を行った上で、一個当たりの転写時間を 16 分以内にすることを目標とする。

（研究結果）

図2-6へ試作した連続転写装置の外観を示す。また、パレットと搬送ロボットを備えており、複数のワークを一度セットすれば、人手を掛ける事無く連続して生産することが可能である。

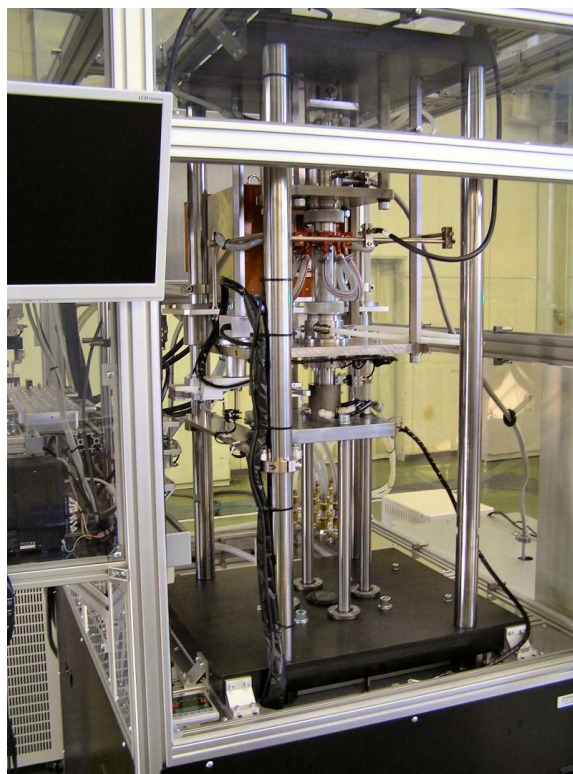


図2－6 連続転写装置

図2－7へ連続転写装置による転写実験の例を示す。転写実験は5個の形状を1回の転写で同時に成形することを試みた。いくつかの発見や改善点があるものの、基本的には問題なく形状を転写することが可能である。1回の転写テストに要した時間は、真空引きや冷却操作の時間を含めて約28分であった。5個の形状を同時に1回で転写したので、1個当たりになると約5.6分である。したがって、1個当たりの転写時間を16分以内とした目標を達成することができた。

今後の課題としては、高真空時のガスリークを低減する機構の見直しや、ワークおよびマスターの形状の見直し、マスターの位置決め方法の見直し、少ないガスで効率よく冷却するための機構の見直し、動作プログラムの見直しといった改良が上げられる。これらの課題解決は、ノウハウ的なものにあたり、確立すればすなわち競争力として役に立つため、積極的に取り組みたい。



図 2－7 連続転写装置による転写例

⑥ 試作したLED用微細半球形状金型を用いたLED成形試験及び評価〔(株) 東芝セミコンダクター社、機械電子研究所、(株) メイホー〕

(研究内容)

16 個取り LED 用微細半球形状金型を試作し、LED の成形試験を行い、従来金型で成形した LED との比較を行う。主な比較項目は配光特性比較と寸法測定比較である。

(研究結果)

測定結果より、高い精度で成形品が得られる事が分かった。また、成形品の形状は、マスターの作りこみによって制御が可能であることも証明された。今後の量産に際しては、成形品の収縮や光学特性上の微妙な修正を加えた上で、マスターの形状を設計・製作することになる。このような修正値を、マスターの製作過程で加えることに対して、問題は無い。

最終章 全体総括

(1) 全体総括

次世代薄型LED用微細転写金型製造技術を開発するにあたり、川下企業のニーズを満足する為、メンバーの一員が保有するシーズを活用し製造技術への応用を図るべく進めてきた。開発品の対象形状としては、微細半球形状と薄型LED形状の2種類の形状で進めた。

コストダウンのため当初選定していた材料の変更を余儀なくされたり、数種類の工法での試行錯誤を重ねてきた。試行錯誤の頻度を低減させ開発スピードを上げるため、開発期間の途中から簡易的な形状測定取り組み、塑性変形解析の投入などを行ない効率的な開発を行なってきた。

その結果、微細半球形状については試作転写金型を完成させ、実際に成形し出来上がった製品の光学特性を測定する事ができた。光学特性は現行品と比較しほぼ同等の特性を示し、本転写金型製造技法の正当性を確実にする事ができた。薄型LED形状についてはマスター型、転写型の試作まで行なった。その他、量産を見越した効率的な生産のために、転写金型連続製造システムを試作した。従来は1個ずつ製造していたものを多数個取りで連続製造する機能を持つ。

これらのことから、従来工法と異なる画期的な技術開発ができたと自負している。

(2) 今後の予定

上記に述べたように、量産を念頭において開発を進めてきたので、継続して量産実現に向け進めて行く。川下企業の期待も大きいため実現を早めるよう検討を進めたい。ただ、新しい製造工法であるため、材料の量産における適合性、現状の工程とのミスマッチを如何になくせるか、特殊な技能者でなくても製造に関与できるかなど、転写金型の量産工程の確立を目指して問題は山積みである。しかし、メンバー間での開発推進意欲は強く実量産に向け励みたい。

(3) 目標に対する成果

① 金型製作時間 30%減 コスト30%減

16個取り微細半球形状で金型を試作した際にコスト試算を行なった。従来工法の16個取りキャビティと比べ30%以上のコストダウンが達成できた。金型製造においては、コストは製作時間に比例する為、時間、コストとも30%ダウンを達成できる目処が立った。今後、量産用金型を試作し、上記で述べた転写金型量産工程を確立させた上で確認して行きたい。

② 薄型LED厚さ 26%減 体積51%減

薄型LED形状は試作検討まで行なった。その結果、転写金型による製作が可能である事が確認できた。このことより従来型と比べての小型化(厚さ26%減 体積51%減)が達成できる。上記同様、量産用金型試作により確認できると判断する。