

平成 16 年度戦略的基盤技術力強化事業
研究開発成果報告概要

事業管理法人名 (代表者氏名)	学校法人立命館 (理事長 川本八郎)	所在地	〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 (Tel:077-561-2802)		
技術分野	金型分野	技術区分	超微細・精密・複雑構造部品成形加工金型技術 / 金型加工技術	研究開発課題	超微細構造部品成形加工技術
テーマ名	先端光学デバイス創製用 SR 光ナノフォーミング金型の開発		研究開発期間		

1. 委託業務の概要

高度情報社会への急速な移行に伴い、光学素子、光通信部品および光情報デバイスの高精度、高機能化が求められている。製品に求められる特性としては寸法精度、面粗度が挙げられる。

これらの要求を満たす製品を量産するための金型は、NC による精密機械加工法を中心として加工限界への挑戦がなされている。しかしながら、この加工法では最終製品で要求される寸法精度、面粗度に限界が見えつつある。一方、光リソグラフィーを応用して精密加工する方法も開発が進められ、要求される寸法精度、面粗度が向上しつつあり、精密機械加工法での精度の限界を凌駕する次世代加工方法として注目されつつある。この中でも、SR (シンクロトロン放射) 光リソグラフィーはナノメートル領域の寸法精度、面粗度が得られることから期待されている。この光リソグラフィーより得られた型材料は樹脂であるため、製品の量産化を実現するためには耐久性の高い金型の作製が必要となる。現在、ニッケル電鍍金型が利用されているが、硬度・引張強度などの機械的特性が低いため耐久性に問題があることから、新たな電鍍金型材料が望まれている。機械的特性を向上させるために、ニッケル系合金の電鍍技術への応用が検討されているが、特に、ニッケル - 鉄系合金は残留応力が大きい等の理由から電鍍金型への実施例は見当たらない。

本委託事業は、SR 光リソグラフィーによる高精度の母型作製技術の開発および高転写性を有する低残留応力のニッケル - 鉄系合金電鍍技術により高精度・高強度電鍍金型の作製技術の研究開発を実施し、光学素子、光通信部品および光情報デバイスの高精度、高機能化を実現する。

2. 技術目標値

平成 15 年度 (実績)	平成 16 年度 (実施計画)	平成 17 年度 (最終目標)
SR 光 X 線リソグラフィーによる超精密母型 パターン寸法 : 1 μm 面粗度 : 50nm アスペクト比 : 10 超精密電鍍金型の機械的特性 硬度 HV: 400 ~ 500 引張強度 : 700 ~ 950MPa	SR 光 X 線リソグラフィーによる超精密母型 パターン寸法 : 0.8 ~ 1 μm 面粗度 : 30 ~ 50nm アスペクト比 : 10 ~ 11 超精密電鍍金型の機械的特性 硬度 HV: 500 以上 引張強度 : 1,000MPa 以上	SR 光 X 線リソグラフィーによる超精密母型 パターン寸法 : 1 μm 以下 面粗度 : 50nm 以下 アスペクト比 : 10 以上 超精密電鍍金型の機械的特性 硬度 HV: 400 ~ 550 引張強度 : 700 ~ 1,500MPa

3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法

光学素子、光通信部品および光情報デバイスの製造に用いられる金型に関しては、NC による機械加工技術やレーザー加工技術が用いられているが、これらの技術により得られる精度は $1\mu\text{m}$ 以上、面粗度に関しては数百 nm と大きく、光学部品の高精度化を図る上で課題となっている。

この根拠としては、特許（特開 2001-018108、特開 2000-326101、特開 2000-263310）からも見られるように NC 多軸加工機を用いる機械加工が行われているが、形状や加工精度の面より生産効率が向上せず、製造コストが高止まりし、今後急激に拡大するニーズに容易に対応できない。特開 07-104106 では非球面レンズの製造方法として光リソグラフィーを用いて母型の製造を図っているが、金型までの精度を言及するには至っていない。また、特開 2000-317948 では光ファイバーコネクタ用金型を SR 光を利用した LIGA プロセスで製造することが記載されているが、金型には LIGA プロセスで得られた樹脂成形体をそのまま用いるため耐久性が低く、実際の量産に対応できる金型とは言えない。

本委託事業においては、高精度を有する母型を製作するために SR 光 X 線リソグラフィーを用い、量産に対応できるべく高強度化を図るためにニッケル - 鉄系合金電鍍技術を用いることで前段の課題に対し解決を図る。

この解決方法の根拠として、立命館大学が保有する技術シーズの「SR 光 X 線リソグラフィーによる微細パターン作製技術」を応用し、ナノ精度を有する微細パターン・高アスペクト比の超精密母型の作製プロセスを高度化できると考えた。さらにニッケル - 鉄系合金電鍍膜は従来のニッケル電鍍膜に比べ硬度が 2 倍、引張強度が 1.7 ~ 3.2 倍と機械的特性が優れていることから、これを上述の超精密母型へ電鍍する技術を開発すれば高い耐久性を有する金型が開発できるという基礎的検討の結果による。

4. 当該年度における技術目標値の達成状況と意義

当該年度の研究開発は、平成 15 年度において得られた成果を複合し、安定的に再現できる技術を確立するとともに、各要素技術の向上を目指した。SR 光 X 線リソグラフィーの露光・現像等の加工条件の検討を行い応用試作用母型の製作を行った。また、電鍍膜の高強度化および母型前処理技術の高度化を図り、高強度応用試作電鍍金型の作製を行った。さらに、応用試作電鍍金型を用いて射出成形品の作成を実施した。その手法として下記 5 実施項目を実施した。

【実施項目】SR 光による母型の作製・評価

(多波長対応型回折光学素子、光通信用合分波器)

応用試作用 X 線マスクを用いて、SR 光 X 線リソグラフィーの露光・現像等の加工条件の検討を行い最適条件で作製した。応用試作母型の形状および光学特性の評価を実施した。また、応用超精密母型を作製するための高コントラスト X 線マスクの設計・製作を実施した。

(PIM 光情報デバイス部品)

製品の市場性を考慮し、近接した 3 円(クローバー形状)から成る孔形状の多芯フェルール用母型を作製し、上面および断面観察等を行い、3 円の円中心間距離や円半径等の形状評価を行った。露光・現像等の加工条件の検討を行うことにより、3 円の孔形状では 864 μm、単円の孔形状では約 1500 μm の加工深さを実現した。

【実施項目】超精密電鍍金型の試作・評価

電鍍膜の高強度化を目的とし電鍍浴および皮膜組成管理技術の最適化を図り、母型前処理技術の高度化を図り、応用試作電鍍金型を作製し機械的特性および形状評価を実施した。

【実施項目】PIM による成形技術の高度化

成形材料および成形助剤の開発を行い、射出圧力や型温度、離型方法等の最適条件の検討を行った。

【実施項目】回折格子の応用試作・特性評価

回折格子の実用化に必要な電鍍金型の仕様の検討を行うとともに、応用試作電鍍金型による射出成形品の形状評価を実施し、成形条件の確立のための基礎的データを得ることが出来た。

【実施項目】PIM 製光情報部品の応用試作・特性評価

パイロット試作用コアピンを用いフェルール形状を有した製品の試作を行い、成形品の形状評価を行うとともに、基礎的な PIM 成形条件の収集を行った。

技術目標値及び達成状況

SR 光による露光・現像等の加工条件の検討を行い最適条件で作製した応用試作母型の形状評価実施した結果、超精密母型の技術目標値を達成することができた。また、超精密電鍍金型の機械的特性は、電鍍浴および皮膜組成管理技術の最適化を図ることにより、超精密電鍍金型の最終年度技術目標値を達成した。さらに、応用試作電鍍金型・射出成形品の形状評価の結果、母型の形状を忠実に転写していることが判明した。現在、深孔への電鍍を行うため条件および射出成形条件確立のための検討を実施中であり、研究契約期間内に基礎的データを取得する予定である。

SR 光 X 線リソグラフィーによる超精密母型(実績)

パターン寸法：0.8 μm ， 面粗度：10nm ， アスペクト比：20

超精密電鍍金型の機械的特性(実績)

硬度 HV：500～570 ， 引張強度：1,500～2,000MPa

5. 事業化の目標と当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

本委託事業では事業化対象製品として「多波長対応型回折格子」「光通信用合分波器」「狭ピッチ多芯フェルール」の3種を想定している。

(1) 多波長対応型回折格子および光通信用合分波器

事業提案段階よりインターネットのブロードバンド化は順調に推移し、光ファイバを用いた大容量回線の需用の高まりを受け、光通信用デバイス部品の市場は拡大すると予想されていたが、現状は加入者数の伸び率が低下している。このような状況のため、今回のプロジェクトで開発中の光合分波器についても当初提出した予想を大きく下方修正しなければならない。また加工組立産業においても、VTR から DVD へのシフトにより、多波長対応型回折格子を用いた回折格子の市場が拡大しており、成長から成熟への過渡期で、以降は低成長率が長期化すると予想される。しかしながら、新光学素子の競合品に対する優位性（性能、コスト）を早期に実現することが出来れば、光学部品市場でのビジネス展望は開けると予想している。

(2) PIM 光情報デバイス部品

光通信関連市場の中でもフェルール分野においては、世界的な光通信市場の収縮に伴い、減産傾向になっているが、日本、韓国を中心としたアジア圏において FTTH が ADSL に取って代わり市場の拡大が進んでいる。このような状況下において、市場規模は2005年以降拡大するものと思われる。特に FTTH に使用される DWDM において多芯フェルールが採用されるものと期待されている。また、従来の 100 メガビットから 1G ビットへの移行が進むものと見られ、新規部品としての多芯フェルールの採用の期待は大きくなっている。しかしながら、FTTH 市場は製品単価の低下もあり、価格面においては流動的な状況が続くと予想される。