

平成17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)	株式会社 長津製作所 (牧野俊清)	所在地	〒211-0012 神奈川県川崎市中原区中丸子57 (Tel:044-433-8371)		
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	自由曲面レンズ・プリズ ム、回折格子、光学素子、 電子機器部品等の超精 密・複雑構造部品の成形 加工を可能とする金型 技術及び金型加工技術
テーマ名	非軸対称非球面形状光学部品用の超精密金型の加工・計測技術に関する研究開発		研究開発 期間	平成17年4月1日～ 平成18年2月15日	

1. 委託業務の概要

近年の情報機器、ストレージデバイス、ディスプレイデバイス等の高性能化に伴いこれらの技術を支える基幹部品である超精密非球面光学素子、フロントサイド導光板、光ディスク用ピックアップ光学系、マイクロ機構部品等に対する要求は、複雑化、高精度化の一途をたどっている。

いくつかの例をあげれば、白色LEDによる均一照明を可能とする複雑曲線溝を持つバックライト、光学系の部品点数の大幅な削減と高性能化を同時に実現する光ディスクピックアップ用のホログラム光学素子、レーザプリンタ等でスキャン光学系を最小化するための非対称非球面光学素子などがある。また、光学素子等の材料も、プラスチックより優れた耐環境性、温度安定性、光学特性を持つ光学ガラスを使用することが強く求められている。

これまで日本が得意とした技術の1つが、非球面形状のレンズやミラーの超精密加工技術と精密計測技術であった。その結果、各種情報機器、表示デバイス、情報デバイスなどに用いられる非球面光学部品の90%以上が日本で独占製造されていた。しかし、近年の製造のグローバル化は本分野においても例外無く訪れ、単純な軸対称の非球面光学部品においてはプラスチック射出成形工程のみならず、光学部品の量産のキー技術である超精密型の精密加工と精密計測技術も海外移転し始めている。さらに海外の生産技術の向上もめざましく、日本の超精密加工技術力の低下が問題視されている。これらの危機を打破するには、情報機器の高度化進展の中で、高機能・高付加価値化が要求されている光学部品のための、様々な複雑形状を有し付加価値が最も高い、ナノレベルの超精密な非軸対称非球面形状(自由曲面)のガラス製光学部品の量産技術の開発、及び自由曲線溝形状切削/研削技術の開発が必要である。

また、金型製造業においても、量産製造拠点がグロ-バリゼ-ションにより海外シフトされ、韓国・中国・東南アジアの金型製造技術能力が、技術指導、CADデータのソリッド化や製造環境の技能レス化等により、その差が小さくなっており、日本における海外に負けない金型製造技術の再構築が必要とされている。

そのために、中小企業を主体とする金型製造業者が、超精密複雑形状の光学部品のための金型製造を目的として、非軸対称非球面形状光学部品用の超精密金型の加工・計測技術を研究開発する。

2. 技術目標値

- ア. 複雑形状に対応するため6軸制御の超精密加工機を開発する。目標仕様は、リニア駆動・圧電素子駆動による超高精度高速化、制御分解能1nm、真直度100nm以下、回転軸の回転精度50nm以下、また、オンマシン計測ヘッドの測定再現性は50nm以下とする。
- イ. 複雑非軸対称非球面金型の精度は200nm以下、比較的小さく(<10mm)わずかな非軸対称成分を持つ金型の精度は100nm以下を目標とし、Niメッキ等の軟質金属のみならず超硬合金等の硬質材料も加工可能な技術を開発する。
- ウ. 微細溝形状を持つ超精密金型の微細溝のピッチ精度は100nm以下とする

3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法

ア. 超精密6軸加工装置の開発

直進軸(X, Y, Z軸)にはV-Vローラガイド、リニアモータ駆動を採用した。回転軸には超精密多孔質空気軸受けを採用し、高剛性で高精度な回転を達成する。

切削、研削に対応する、圧電アクチュエータを使用した超精密高速ピエゾステージの開発を行った。

また、特殊エアースライドとレーザー干渉式測長器を備えた機上測定用プローブを開発し、高速ピエゾステージに対応可能な分岐回路を設け、オンマシン計測試験を行った。精度の向上を図るため制御回路パラメータの見直しを行い、高剛性ロングストロークなステージの開発を実施した。

イ. 複雑非軸対称非球面の超高精度加工

レーザーダイオードなどから放射される非点収差成分を有するビームを整形しかつ同時に結像させる光学素子を目的とし、わずかな非軸対称成分を持った小型非球面形状の加工を行った。加工手法は、高精度な加工結果が期待できる、Yコラム上に取り付けられた単結晶ダイヤモンド切削工具を用いるXZC軸3軸同時制御方式と、高速加工が期待できる、高速ピエゾステージ上に取り付けられた単結晶ダイヤモンド切削工具を用いる、ピエゾステージの変位で非軸対称成分を制御する方式を用いた。

また、f レンズ金型コアのさらなる高精度化を狙い、形状面を格子状に分割しデータ処理をしたフライカットによる切削加工と、マイクロ非球面金型の超精密研削・研磨加工、マイクロレンズアレイの超精密研削加工を行った。

ウ. 微細溝形状の超高精度加工高精度加工

導光板金型のため、不等ピッチの微細曲線溝を単結晶ダイヤモンド工具によるXYZCの4軸制御による切削加工を行った。また、マイクロフレネルレンズ型のため、円盤状研削ホイールによるYZの2軸制御による研削加工を行った。

4. 当該年度における技術目標値の達成状況と意義

ア. 複雑形状に対応するための6軸制御の超精密加工装置の開発

直進軸には、リニアモータ駆動を採用し、制御分解能1nm、真直度60nm/100mmを達成した。回転軸には2nmを達成した。圧電アクチュエータを使用した超精密高速ピエゾステージの開発を行い、分解能2nm、最大ストローク約100μmを達成した。また、オンマシン計測試験を行い、約20~30nmの測定

再現性を達成した。

超精密 6 軸加工装置の付加軸が整備されたことにより、軸対称非球面形状の切削は勿論であるが、超精密研削加工、斜軸スピンドルによる非常に深い形状を持つ非球面形状の加工、回転軸を用いた曲線溝加工、高速ピエゾステージによる非軸対象形状の高速加工、同時多軸制御によるマイクロレンズアレイの加工、回転工具による自由曲面あるいは大きな非軸対称成分を持つ非球面形状の加工など多様な加工を実施することが可能となり、実用的な超精密金型の形成が可能な条件を整えることができた。

イ． 複雑非軸対称非球面の超高精度加工

小型非球面形状の XZC 軸 3 軸同時制御方式加工では形状誤差 96 nm、高速ピエゾステージによる加工では形状誤差 280nm を達成した。一方、高速ピエゾステージによる加工は約 1.5 倍から 2.5 倍の高速化が実現できており、加工装置からの電磁ノイズの影響の対策を行うことにより同等の精度を実現できると予測される。また、f レンズ金型コアの加工では長辺で形状誤差 186nm を達成した。

マイクロ非球面金型の超精密研削加工では形状精度 117nm P-V を達成し、また、超音波援用研磨により 117nm P-V から 70nm P-V に改善された。マイクロレンズアレイの超精密研削加工ではいずれのレンズも形状精度 0.1 μm P-V 以下、ガラス成形でも多段プレスにより 0.1 μm P-V の形状精度と良好な結果が得られた。

ウ． 微細溝形状の超高精度加工

微細溝の超高精度のピッチ誤差確認は、形状測定装置等では困難であるが、回折格子を用いた精度検証を開発し、さらに超精密加工装置の精度も検証できた。本プロジェクトで開発されたりニアモータ駆動超精密加工装置でのピッチ誤差は検出システムの分解能 80 nm 以下である。マイクロフレネルレンズ型は 0.1 μm の形状精度が得られ、ガラス成形でも多段プレスにより 0.1 μm P-V の形状精度が得られた。

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

光ディスクの大容量化が短波長の青紫色レーザにより進展している。更なる大容量化にはレーザの非円形性に対応するアスレンズの採用が不可欠となる。カメラ付き携帯電話の画素数が向上しているが、小口径のため曲率半径が少なくかつ高精度のレンズが求められている。導光板を初めとした微細溝加工は複雑形状化、高速加工が求められている。自動車事故回避システムのように、光学素子の適用範囲が更に増大している。本研究プロジェクトで開発した 6 軸超精密加工機及びその加工システムは光学素子用金型の開発に極めて有力な手段となった。

開発成果により、精密金型製造企業である(株)長津製作所と(株)モルテックは小径で曲率の大きい光学素子、複雑非球面光学素子、複雑溝形状の光学素子などの金型で、圧電アクチュエータ機器メーカーである(株)ナノコントロールは開発した超精密加工機用ピエゾステージと超精密加工機用の周辺機器で、微細精密工具メーカーのマイクロ・ダイヤモンド(株)は自由曲面ガラスレンズ用金型や微細溝加工用のダイヤモンドおよび CBN マイクロ工具で、工作機械メーカーを含めた超精密加工関係企業の関心を集め、事業化が進展している。

今後は、海外に負けない金型技術の発展のため、ガラス光学素子用金型の耐久性に必要なコーティング技術を初め、本プロジェクトで開発した技術のさらなる深化・展開が望まれる。