

[別紙2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名

佐久田 茂

提出された論文の題目は「DVD原盤露光装置用ステージ位置制御に関する研究－粗微動による超精密軌跡制御と次世代姿勢センシング要素技術－」である。

本論文は、DVD原盤露光装置用ステージに摩擦駆動による粗動と圧電素子による微動を連動させた高精度のPTP制御およびCP制御法を確立するとともに次世代の超精密位置決め要素技術としてSTMを応用した姿勢センサの開発に関する研究をまとめたものである。

第1章「序論」においては、まず情報機器における記憶装置の技術動向、社会的ニーズ、などにに基づき要素技術の課題について概観し、特に超精密軌跡制御の概要を述べ、さらにDVD原盤露光装置の位置付けおよび装置概要を解説し、本研究の目的を述べている。

第2章「DVD原盤露光装置と超精密位置制御の現状」においては光ディスク原盤露光装置の位置制御について、精度、速度、ストローク、剛性、耐久性・信頼性・環境対応性、コスト、について既存の装置の仕様を比較して目標仕様を設定し、技術的課題を明確にしている。

第3章「DVD原盤露光装置の概要」においてはDVD原盤露光装置について、機構の構成と各部の機械的仕様、さらに要求される位置決め精度、軌跡精度、安定性などについて詳細な解説を行い、本研究の目的を明確に設定している。

第4章「摩擦駆動の設計と要素試験」においては本研究の主要な研究成果である摩擦駆動による大ストローク駆動機構について述べている。駆動軸と駆動ロッドの接触状態を大ストロークにわたって一定状態に確保できるように、駆動ロッドを左右対称に配置し、サポートローラと予圧ローラによって三点支持する機構を設計し、位置決め分解能5nmを実現している。これは超精密位置決め技術における大きな成果であり、本論文の重要な成果の一つである。

第5章「粗動・微動による超精密軌跡制御設計論」においては粗動アクチュエータと微動アクチュエータを組み合わせた粗動・微動連動制御について粗動機構と微動機構の質量比、固有振動数比の観点から論じ、粗動・微動連動制御による超精密位置決めに関する設計論としてまとめている。さらに、新しい制御手法として尺取り虫方式粗微動連動制御方式を提案している。この制御方式は、微動が粗動と同期をとりながら伸縮を繰り返しつつ連続的に位置決めするものである。連動時の粗動・微動間の干渉は、対象周波数が高い場

合に位置決め誤差として顕在化することに着目し、干渉の軽減のために、1)粗動の位置あるいは速度指令の周波数成分を下げる、2)同じステップ指令の繰り返しのPTP制御のような場合は微動指令プロファイルを予見的に変形させる、という方式を提案し、理論解析と実験の両面からその有効性を示している。

第6章「センサ -STMを用いた姿勢(角度)センサの設計と要素試験-」においては、超精密位置決め次世代の要素技術として走査型プローブ顕微鏡(STM)に用いられる探針を利用した姿勢センサの設計と実験について述べている。次世代の超精密位置装置においては並進移動だけではなく、ステージの姿勢変化も高い精度で測定できることが要求される。本センサは、原子レベルの位置分解能を持つSTMの探針を3つ使い、それぞれが参照原子を追跡することにより姿勢変化を検出するものである。本センサがnradの分解能を持つことを実験により示している。

第7章「DVD原盤露光装置の開発」においては摩擦駆動と粗動・微動連動制御の実機への応用例としてDVD原盤露光装置の開発を行い、摩擦駆動の超精密位置決めにおける優位性と粗動・微動連動制御によるロバスト性向上を実証している。摩擦駆動はサイクリックエラーが原理的に存在しない特徴があり、さらに3本の支持ローラの配置の工夫により支持剛性を高めたことにより、摩擦駆動単体での送り誤差を25nmという小さな誤差に抑えることに成功している。さらに粗動・微動連動制御により総合的な送り誤差を10nmまで小さくした。

第8章「結論」においては本論文の成果、特に超精密軌跡制御における摩擦駆動の有効性、尺取り虫方式の粗微動連動制御の効果、STM探針を利用した姿勢センシングの成果を整理している。これらの成果は今後のDVD原盤露光装置をはじめ、各種超精密位置決め装置における重要な技術である。

以上のように本論文はDVD原盤露光装置を具体的な対象として超精密軌跡制御の機構、制御、計測に関して新たな手法を展開しており、それらの成果は工学の進展に大きく寄与するものである。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。