

## 研究成果

<b>サブテーマ名</b> ：超狭トラック幅垂直磁気記録ヘッドの開発 <b>小テーマ名</b> ：1-3-3ab 精密光学デバイスの応用開発	<b>デバイス</b>
<b>サブテームリーダー（所属、役職、氏名）</b>	
秋田大学工学資源学部	教授 井上 浩
<b>研究従事者（所属、役職、氏名）</b>	
秋田大学工学資源学部	教授 佐藤 進
秋田大学工学資源学部	助手 河村希典
(財)あきた企業活性化センター)	雇用研究員 葉 茂
<b>研究の概要、新規性及び目標</b>	
<b>①研究の概要</b>	
<p>a.液晶を用いた絶縁層を有する液晶レンズ等精密光学デバイスの更なる高精度化を行う。光学装置における制御デバイスの使用時における問題点を把握し特性の改善を行う。b.液晶を用いた絶縁層を有する液晶レンズ等精密光学デバイスの特性改善に関わるシミュレーションにより、これら液晶光学デバイスの実用化に向けた特性改善と設計指針を確立する。</p>	
<b>②研究の独自性・新規性</b>	
<p>研究従事者は、これまで長年にわたり液晶の基礎的な科学技術に関わる研究、特に近年は液晶界面の状態や外部電界等による液晶分子配向効果に着目し、液晶の新規光学デバイスへの応用を目指して幅広く研究を行っている。すなわち、液晶分子の配向制御に関する詳細な現象やそのメカニズムを解明すると共に、不均一電界による液晶分子配向効果を利用した光学デバイスの創製を目的として、電圧駆動により焦点距離を連続的に可変できる液晶レンズや、分子配向効果を利用した液晶補正デバイス等を開発し、次世代の超高密度記録装置への適用や、その他の新規な分野への応用を目指している。</p>	
<b>③研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）</b>	
<b>フェーズⅠ</b> ：液晶マイクロレンズの焦点可変特性を検討し、その設計指針を確立する。	
<b>フェーズⅡ</b> ：液晶を用いた精密光学デバイスとしての液晶レンズの有効開口径の1桁以上の拡大及びそのための設計指針の確立、また応答特性の2桁程度の短縮を図るなど、具体的な特性の把握と改善を行う。	
<b>フェーズⅢ</b> ：精密光学デバイスの実用化を目指すと共に、多分野への応用展開を図る。	
<b>研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）</b>	
<b>フェーズⅠ</b> ：	
<p>(1)熱補磁気記録用精密光学デバイスとして、液晶マイクロレンズに着目し、光学的特性の構造パラメータ及び材料パラメータに対する依存性について考察するためのシミュレーション手法を確立し、その設計指針を明らかにした。</p>	
<b>フェーズⅡ</b> ：	
<p>(1)新規な構造の液晶レンズや液晶光学デバイスとして、弱アンカリング高分子膜を用いた液晶セルにおいて面内電界による液晶分子の配向制御を行うことで、入射光の偏光方向を任意に可変できる液晶偏光制御デバイスを構成した。</p>	
<p>(2)二次元空間を有効利用できる六角形状の液晶マイクロレンズアレイを作製し、特性の解析評価を行った。</p>	
<p>(3)円形パターン電極と液晶層の間に絶縁層を挿入することで、液晶マイクロレンズの有効直径を一桁大きくすると共に、光学的特性の優れた液晶レンズを開発した。また、外部曲面構造の電極を使用することで、直径がさらに大きい液晶レンズを構成することができた。</p>	
<p>(4)液晶層を2層構造とすることで、レンズパワーの50%増(2.5倍)が可能となり、一方光軸方向を直交することで偏光板が不必要な自然光対応のレンズを構成することができた。</p>	
<p>(5)液晶レンズの駆動法として、駆動時に基板の面内方向に電界を加えることで分子配向の欠陥(ディスプレイネーションライン)の発生を抑制すると共に応答(立上り)速度の改善を行うことができた。</p>	
<p>(6)絶縁層を有する液晶レンズの外部に第3の電極を配置して制御電圧を印加することで、良好な光学特性を維持した状態で焦点距離を大幅に可変できる新規な液晶レンズを構成した。さらに、液晶層を複数に分割することで応答・回復時間を2桁程度改善することができた。</p>	
<p>(7)絶縁層を有する液晶レンズの電極を分割して対となる電極を同電位とする電圧印加法により、楕円形を含む任意の形状で、その長軸方向の回転等も可能な屈折率分布特性を有する特異な光学特</p>	

性を有する新規なアナモルフィック光学デバイスを構成することができた。

(8) 絶縁層を有する液晶レンズの電極を分割し、さらに外部電極を設けて制御電圧を印加するという手法により、光軸方向のみならず光軸と直交する方向での焦点位置の制御が可能な三次元焦点可変液晶レンズを構成し、その基本的な特性を測定し評価を行った結果、焦点面内でも焦点の位置を任意に可変できるデバイスとして動作することが見出された。

(9) これまで研究開発を行ってきた液晶レンズを用いて、微粒子を捕捉し移動・制御できる光ピンセットへの応用を試み、所望の特性を得ることができた。

#### フェーズⅢ：

(1) これまで研究・開発を行ってきた種々の構造の液晶を用いた精密光学デバイスの特性の解明並びにレンズパワーや開口数等の光学的特性及び応答特性も含めて更なる改善及び高精度化を行うと共に、その動作特性における限界を見極める。

(2) これらの液晶を用いた精密光学デバイスについて、具体的な製品としての位置付けを行うと共に、光学装置における制御デバイスとして撮像デバイス等も含め、具体的に使用する場合の問題点の把握ならびに特性の改善を図るなど、更なる展開に努め、製品開発及び事業化を目的とする研究開発を行う。

(3) 外部資金等を活用することで、県内・外の企業を含めた産官学の連携により新規事業への展開を目指す。すなわち、液晶技術による熱補助磁気記録のレンズ系の開発に加え、そのために培った技術をもって秋田県内に集積する光学デバイス企業の新しい製品開発への提案を行い、第3フェーズでの事業展開を図ることと位置付けている。

#### 主な成果

##### 具体的な成果内容：

熱補助磁気記録用精密光学デバイスとして、不均一電界による分子配向効果に基づく屈折率分布特性を利用する液晶光学デバイスの開発並びに特性の改善を行ってきた。すなわち、①液晶マイクロレンズの構造パラメータ及び材料パラメータに対する依存性を解析するシミュレーション手法及び設計指針の確立。②液晶偏光制御デバイス、六角形状の液晶マイクロレンズアレイ、及び絶縁層を挿入しレンズ径を一桁大きくした光学的特性の優れた液晶レンズの開発、2層構造他種々の構造の液晶レンズやレンズ径をより拡大できる構造の液晶レンズの開発。③液晶偏光制御デバイス、アナモルフィック液晶光学デバイス、三次元焦点位置可変制御デバイスの開発。④液晶レンズの駆動法の開発。⑤微粒子移動制御装置への応用。⑥液晶レンズの撮像素子への応用。

特許件数：出願 7 論文数：原著論文21, 解説4, 著書2, 口頭発表件数：国際学会16, 国内41

#### 研究成果に関する評価

##### 1 国内外における水準との対比

本研究は、液晶光学デバイスにおける先駆的なものであり、研究成果は光学分野のみならず、広く電子デバイス分野にも貢献すると共に、今後のさらなる広範囲な研究展開が期待される等、学術的な意義が高いものと考えられる。なお、国内外を問わず、本研究課題に類似した研究は見られない。

##### 2 実用化に向けた波及効果

本研究において得られた成果に基づいて構成される精密光学デバイスは、光学部品や電子回路部品等、及び液晶デバイス他の生産拠点がある秋田県内で研究開発を行うことができるものであり、本県における新規産業の創製を目指すと共に、地域経済の活性化に大きく貢献できることが予想される。

#### 残された課題と対応方針について

更なる超高密度記録を目指すために、熱補助磁気記録による熱安定性の優れた高抗磁力記録メディアへの記録技術を検討し、そのために必要な光学デバイスとしての評価を行う必要がある。また、光学的特性を電圧により制御可能であるという優れた機能を有する種々の構造の液晶レンズ等による精密光学デバイスとして、各種の光学装置に利用した製品の開発及びその事業化を見据えた新たな応用分野への展開を行う予定である。すなわち、実用的な光学デバイスとしての応用に向けた具体的な検討を行う場合には、それぞれの光学デバイスに必要とされる特性に最適な特性を持つような状態に対応することができるように、材料パラメータや構造パラメータ等の各種のパラメータに対する特性の最適化のためのシミュレーションの手法を整備すると共に、開発の指針や手順等を明確化することが必要とされる。

	J S T負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	
人件費	0	1,578	3,717	3,612	3,679	2,599	15,185	0	0	0	0	0	0	0	15,185
設備費	1,476	2,550	2,387	853	0	0	7,266	0	0	0	0	0	0	0	7,266
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	2,259	3,490	670	300	1,570	1,720	10,009	0	0	0	0	0	0	0	10,009
旅費	0	56	418	447	340	0	1,261	0	0	0	0	0	0	0	1,261
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小 計	3,735	7,674	7,192	5,212	5,589	4,319	33,721	0	0	0	0	0	0	0	33,721
代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む] J S T負担による設備：レーザ計測用CCDカメラセット、除振台、アパーチャコンバータ 地域負担による設備：液晶分子配光装置、光学素子の特性測定システム															

※複数の研究課題に共通した経費については按分する。