

Title	強誘電性液晶の過渡光散乱効果を用いた赤外線検出用光チョッパとその応用に関する研究
Author(s)	小林, 潤也
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40350
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	小 林 潤 也
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 8 6 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 3 月 18 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	強誘電性液晶の過渡光散乱効果を用いた赤外線検出用光チョッパとその応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 吉 野 勝 美 (副査) 教 授 濱 口 智 尋 教 授 西 原 浩 教 授 尾 浦 憲 治 郎 教 授 森 田 清 三

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、強誘電性液晶の過渡光散乱効果を用いた赤外線検出用光チョッパとその応用に関する研究成果をまとめたもので本文 9 章及び謝辞から構成されている。

第 1 章では本研究の意義と目的、および各赤外線検出方式を概説し、液晶電気光学効果による高速光チョッパの必要性と特長を述べている。

第 2 章では、シリコン基板と厚膜強誘電性液晶層から成るセル構造及び、赤外吸収係数を抑えた液晶材料の選定と配向制御について述べている。また、赤外透過スペクトル測定によって、選定材料との関連について考察している。

第 3 章では、印加電圧の極性反転による液晶組織構造の動的な変化を高速観測することによって、TSM (過渡光散乱効果) では約 1~4 μm の動的な高次の周期構造を持つ散乱ドメインが、一様に液晶全体にわたって短時間に発生、成長し、散乱がピークに達したのち、局所的に散乱体が消失しながらゆっくりと透明状態に移行することを明らかにしている。

第 4 章では、TSM 光チョッパの矩形波駆動条件において、デューティ比の調整あるいはオフセット調節による最適化について検討し、光チョッピング周波数特性から、赤外線センサとの整合が容易であることを見出ししている。さらに、赤外線応用波長帯により駆動条件を最適化することを提案している。

第 5 章では、赤外線変調強度を良好に保つためのセルギャップおよび SC* 相でのヘリカルピッチの最適な組み合わせを明らかにし、高チルト角によって変調強度が増大することを示唆している。また変調率の温度特性から、高粘性材料では臨界温度に特異点が存在することを見出ししている。さらに、N* 相を有するロングヘリカルピッチ液晶において、一様単一分域配向が得られ変調強度が増大することを明らかにしている。

第 6 章では、TSM 液晶光チョッパの変調強度には、広い入射角度マージンがあり、レンズ、ミラー等を用いた集光系によって明るい光学系構築が可能であることを示している。また、センサ視野外からの熱放射による逆位相検出信号が、感度低下を引き起こす可能性を示唆し、この影響を軽減するための光学系を提案している。

第 7 章では、TSM 液晶赤外線変調素子を非分散型赤外線吸収方式 (NDIR) による CO₂ ガス分析計に応用し、検出

精度として20 ppm NEC（雑音等価ガス濃度）を得たことを示している。

第8章では、TSM 液晶赤外線チョッパを人体検知用センサに応用し、60°視野において0.1°C検出精度（NETD：雑音等価温度差）を得、集光系によって検出角度6°の指向性を付与することで、13 mの人体検知距離（24°C雰囲気）を得ている。また、焦電アレイとの組み合わせにより温度分布計測を行い、0.55°CのNETDを得ることができることを明らかにしている。

第9章では、第2章から第8章までの研究成果を総括して本研究の結論としている。

論文審査の結果の要旨

赤外線を利用したセンサはその応用範囲も広く極めて重要であるが、高い感度、性能を実現する上で赤外線の変調が非常に有効である。しかし、従来、機械式チョッパ以外有効な変調素子が少なく、可動部のない、高い周波数まで変調可能な素子の開発が強く求められていた。本論文は強誘電性液晶の過渡光散乱効果（TSM）を利用する赤外光の変調特性とそのガス分析、人体検知などへの応用に関する実験的な研究を行ったものであり、得られた主な成果を要約するとつぎの通りである。

- (1) 良好な赤外線変調特性を得るためには、反射防止膜を施したシリコン基板と70～100ミクロンの厚膜強誘電性液晶層とからなる液晶セル構造として、透過損失を抑えるためフッ素或いは酸素結合等の高赤外吸収係数を持つ成分を減らした液晶材料を選定し、ブレンドによって液晶螺旋構造のヘリカルピッチを伸長させることが重要であることを明らかにしている。
- (2) 印加電界の極性反転時に発生する過渡散乱状態における、動的な液晶組織構造の変化とそのメカニズムを明らかにし、低電界により赤外波長サイズの縞状散乱体の発生が可能であることを示している。
- (3) TSMの回復応答速度が電圧パルス駆動のパルス幅に依存することを見出し、矩形波駆動において、デューティ比の調整あるいはオフセット調整による光チョッピング特性の最適化を行うことも可能であることを示し、応用波長帯により駆動条件を最適化することを提案している。
- (4) TSM光変調特性がセルギャップ及びヘリカルピッチの組み合わせに依存し、またチルト角や自発分極が光散乱強度やしきい値電圧を左右することを明らかにしている。
- (5) TSMによる光散乱強度の角度分布測定結果から、液晶光チョッパの変調強度には、広い入射角度マージンがあることを見出し、更に感度低下の要因を解析し、光チョッパ応用のために有効な光学系を提案している。
- (6) TSM赤外線チョッパ素子が非分散型赤外線吸収方式（NDIR）によるCO₂ガス分析計に応用でき検出精度として20 ppm NEC（雑音等価ガス濃度）の優れた特性が得られることを示している。
- (7) TSM赤外線チョッパ素子と焦電センサを組み合わせ、人体検知用センサへ応用し、0.1°C検出精度（NETD：雑音等価温度差）が得られること、また、集光系によって、13 mの人体検知距離が得られ、人体追跡も可能であることを示している。

以上のように本論文は強誘電性液晶の過渡光散乱効果を用いた新しい赤外線検出用光チョッパの開発を行い、これを用いて優れた赤外線センサが可能となることを実証しており、電子工学に寄与するところ大である。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。