



|              |                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | ミリ波・THz波領域における液晶材料の応用に関する研究                                                                                                                     |
| Author(s)    | 伊東, 良太                                                                                                                                          |
| Citation     | 大阪大学, 2012, 博士論文                                                                                                                                |
| Version Type |                                                                                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/59214">https://hdl.handle.net/11094/59214</a>                                                             |
| 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、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

|               |                                     |           |           |
|---------------|-------------------------------------|-----------|-----------|
| 氏 名           | いとう りょう た伊 東 良 太                    |           |           |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士（工学）                             |           |           |
| 学 位 記 番 号     | 第 2 5 5 3 2 号                       |           |           |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 24 年 3 月 22 日                    |           |           |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当<br>工学研究科電気電子情報工学専攻 |           |           |
| 学 位 論 文 名     | ミリ波・THz 波領域における液晶材料の応用に関する研究        |           |           |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)                                |           |           |
|               | 教 授 尾崎 雅則                           |           |           |
|               | (副査)                                |           |           |
|               | 教 授 大森 裕                            | 教 授 斗内 政吉 | 教 授 伊藤 利道 |
|               | 教 授 森 勇介                            | 教 授 片山 光浩 | 教 授 栖原 敏明 |
|               | 教 授 近藤 正彦                           | 教 授 森田 清三 | 教 授 八木 哲也 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、液晶材料のミリ波・THz波領域での応用を目指し、繊維状の構造によって多数の小さなセル構造を有すると共に、液晶の初期配向効果も期待される種々のメンブレンフィルムに注目し、それらのフィルムを積層して超厚膜の液晶デバイスを実現する新たな手法について検討を行った成果をまとめたものであり、全5章から構成されている。

第1章では、ミリ波・THz波領域の特徴と様々な応用の可能性について述べると共に、この周波数帯での液晶材料の物性、デバイス応用に関して近年の研究で明らかになった点と未だに解明されていない点を述べ、本研究の意義と目的を明らかにした。

第2章では、様々な種類の微細な繊維構造を有するメンブレンフィルムに液晶材料を注入し、THz時間領域分光測定、くし型電極を用いた誘電率の測定、可視光での屈折率異方性の測定を行った。PTFEとPolyolefinのメンブレンフィルムでは、液晶の初期配向効果が確認され、微細な繊維構造と液晶分子配向特性との関係を明らかにした。更に、Polyolefinのメンブレンフィルムでは、延伸処理により屈折率異方性が増大する事を明らかにした。

第3章では、Polyolefinのメンブレンフィルムを積層し、THz領域で動作する波長板、TN型素子、液晶欠陥層を有する1次元周期構造素子を作製した。波長板はメンブレンフィルムの液晶分子配向方向を描いて積層する事により作製し、2.5 THzで $\lambda/4$ 板が実現できた。TN型素子はメンブレンフィルムをわずかに方向を変えながら積層し、

最終的な液晶分子の配向方向が90度ねじれるように積層する事により作製し、入射した2.5 THzのTHz波の偏光方向を約90度回転させる事に成功した。1次元周期構造素子では、液晶を染み込ませたメンブレンフィルムを欠陥層として導入し、液晶の屈折率異方性を利用して欠陥モードのシフトが可能である事を実証した。

第4章では、平板型の良好な伝送路として知られているCPW基板に注目し、測定に必要な試料の量を減らすと共に広帯域の屈折率測定が可能となる測定手法の開発を行った。測定は導波管に比べ1/40以下の量の液晶で行う事が可能となり、損失の評価では精度に課題が残るものの、導波管を用いて測定した屈折率に近い値が得られ、本手法の有用性が明らかになった。

第5章では、第2章から第4章までの研究結果を総括して本論文の結論とした。

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、液晶材料のミリ波・THz波領域での応用を目指し、液晶の多孔質構造体中での配向挙動とその超厚膜の液晶デバイスへの応用に関する研究を行い、その成果をまとめたものであり、以下の5章より構成されている。

第1章では、本研究の背景を述べるとともに、本論文の目的と意義を明らかにしている。さらに、本論文で着目している液晶材料およびそのミリ波・THz波領域での応用について概説したのち、本論文の構成を述べている。

第2章では、様々な種類の微細な繊維構造を有するメンブレンフィルムに液晶材料を注入し、フィルム内での液晶分子配向特性を評価している。まず、種々の材質、作製条件からなるメンブレンフィルムの微細繊維構造を走査電子顕微鏡観察により解析し、それらの異方性多孔中に液晶を挿入した際の液晶分子の配向状態を、THz時間領域分光測定、誘電率測定等により検討し、液晶分子の異方的配向状態を明らかにしている。さらに、その異方的配向状態がフィルムの延伸処理を行う事により改善され、特に、空孔率の増大によって延伸処理効果が増大することを見出している。

第3章では、第2章で良好な配向特性を示したPolyolefinのメンブレンフィルムを用いてTHz領域で動作する波長板、TN (Twisted-Nematic) 型素子、液晶欠陥層を有する1次元周期構造素子を作製しその特性を評価している。メンブレンフィルム内での液晶分子配向方向をそろえて積層する事により波長板を、また、メンブレンフィルム内液晶配向方向を徐々にずらして積層することによりTN型素子を作製し、2.5 THz波に対して、 $\lambda/4$ 板としての動作および偏光方向の約90度の回転をそれぞれ確認している。また、THz帯の1次元周期構造素子に、液晶注入Polyolefinメンブレンフィルムを欠陥層として導入し、液晶の屈折率異方性による欠陥モードのシフトを確認している。

第4章では、平板型の良好な伝送路として知られているCPW (Coplanar Waveguide) 基板に注目し、少量試料および広帯域での液晶材料の屈折率評価が可能な新しい測定手法の提案、実証を行っている。サンドイッチ構造液晶セルを導入したCPW基板を用いて、液晶層部分に可動反射板を挿入して測定試料部分の伝搬長のみを変化させるカットバック法を採用し、導波管に比べ1/40以下の量の液晶試料で、同程度の精度の屈折率評価が可能であることを実証し、本手法の有用性が明らかにしている。

第5章では、第2章から第5章までで得られた結果を総括し、本論文の結論としている。

以上のように、本論文は、液晶材料をミリ波・THz 波領域で応用するにあたって問題となる厚膜素子内における液晶分子の配向秩序の低下ならびに応答時間の増大を解決する目的で、異方的多孔繊維構造を有するメンブレンフィルムとの複合化を提案し、厚膜素子内における液晶の配向特性および動特性の改善を実現するとともに、波長板、TN 素子等の実デバイスを用いてその有効性を実証している。それによりミリ波・THz 波領域への液晶材料の応用の展望を与えており、電気電子情報工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。