

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Developing Novel Temperature Wave Methods and Application to Nano/micro Scale Anisotropic Heat Transfer of Soft Materials
著者(和文)	劉芽久哉
Author(English)	Meguya Ryu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11454号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:森川 淳子,大内 幸雄,扇澤 敏明,石川 謙,塩谷 正俊,Jean Christophe BATSALE
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11454号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： 材料 系
Department of, Graduate major in 材料 コース
学生氏名： 劉 芽久哉
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員(主)： 森川 淳子
Academic Supervisor(main)
指導教員(副)：
Academic Supervisor(sub)

要旨(和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

ソフトマテリアルは構造に大きな異方性を持ち、バルクとして発現する物性値にも異方性を持つ。熱伝導においては、熱を異方的に伝達する媒体の創出は、熱伝導に指向性を持たせることにつながり、ソフトマテリアルは熱を制御する材料として注目されている。したがって、これらの材料における熱物性値の異方性に注目して、これらの値の実測に基づいた調査を行うことは重要である。しかしながら、ソフトマテリアルは同じ分子を構成単位に持ちながらも、分子の集合体としては多種多様な高次構造や配向状態を取っており、構成要素の分子と熱物性値を一一対応させることが難しい。本研究では、こういった物質群に対する熱物性値の計測のアプローチとして、まず、配向状態が明確に定義され容易に制御できる、低分子液晶などの系から調査を始めた。低分子液晶は、薄膜状の形態で内部の分子配向を制御することが一般的かつ容易で、こういった形状の比較的熱伝導性が低い領域の材料に対する測定法として温度波熱分析法の原理を採用した。

温度波熱分析法は、薄膜状のサンプルの表面に周期的に熱刺激を与え、これに対するサンプルの厚さ方向の各点での温度応答を計測することでサンプルの熱物性値を決定する。特に、交流熱刺激に対する応答を分析するため、各点で観測される温度波の位相と振幅からは、熱拡散率、熱浸透率が得られる。本研究では、薄膜状サンプルなど 1 次元熱流が仮定できるシステムを対象にして、熱拡散率、熱浸透率同時測定のための熱拡散方程式の解析的な解を導出し、このモデルを満足する実際の計測システムを構築し測定法を確立した。

本研究ではさらに、温度波熱分析法の基本的な測定原理に基づいて、ミリスケールからサブミクロンスケールまでの多様な形状のソフトマテリアルの、熱拡散率、熱浸透率をはじめとした熱物性値を測定できる方法論を開発した。特に、物質による電磁波の吸収、発熱(フォトサーマル効果)による材料内での温度波生成を利用した測定法では、電子線から近赤外領域までの幅広い波長域の電磁波を加熱源に用いることによって、幅広い空間スケールと光学物性を持つサンプルについて熱物性値の測定が可能になった。これらの方法論を用いることで、結晶からネマチック相などの流動性の高い系までのソフトマテリアルの異方的な熱伝導性を実測に基づいて調査した。また、これらの多様な配向場における異方的な熱伝導を実測していく中で、いくつかの系については、異方性を外場でコントロールすることによって、熱伝導性を動的に制御できるデバイスとしての応用の可能性を見出した。特に、ネマチック相の光応答性デンドリマーによる配向制御では、非接触でサンプルの配向状態を制御し、個々の分子の熱伝導率異方性に起因した、バルクとしての熱伝導性の動的制御を実証した。また、ソフトクリスタルに代表される物質群では、応力を印可する方向と垂直方向の熱伝導性を実際に制御することに成功し、トランスパース型の応答を示す熱伝導率の動的制御材料を見出した。

結晶における熱伝導は、フォノンの伝搬特性で説明することが可能であるが、本研究では、ソフトマテリアルにおける熱伝導の異方性を、フォノンの伝搬特性の拡張によって説明することを試みた。このために、まず熱物性値異方性と比較可能な構造異方性の評価手法を開発した。この手法は、主に、分光測定における偏光解析で、可視、赤外、THz 領域の電磁波の、材料内における異方的な屈折、吸収から配向状態を評価する手法を確立した。フォノンの伝搬特性の実測は、ブリリュアン散乱、X 線非弾性散乱をはじめとした光散乱を用いた。配向したソフトマテリアルにおけるフォノン群速度と熱拡散率の異方性を実測し比較することで、ソフトマテリアルでの熱伝導率異方性の発現における支配的な要因を明らかにすることを試みた。分光学的な手法による配向状態の評価と、温度波法による熱物性値の測定、非弾性散乱によるフォノン群速度の実測で得られた情報を統合することで、ソフトマテリアルにおける熱伝導異方性の発現の高次構造的な要因と、個々の構成要素での異方的なフォノン伝搬に起因するメカニズムについて考察した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース : Material 系
Department of Graduate major in Material コース
学生氏名 : Meguya Ryu
Student's Name

申請学位 (専攻分野) : 博士 (Engineering)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主) : Junko Morikawa
Academic Supervisor(main)
指導教員 (副) :
Academic Supervisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The properties of the soft materials are anisotropic due to its anisotropic structure. In the case of the heat transfer, the anisotropic thermal properties are the fundamental mechanism for the directional control of the heat transfer. Soft materials have various forms of molecular aggregations, and exhibit characteristic physical properties depending on their micro/nano structures. Among them, the relation between anisotropy in the thermophysical properties and the structural orientation is the fundamental knowledge for the energy management based on the directional control of the heat. In this regard, soft materials are important media for the heat transfer, and their anisotropy in thermophysical properties are worth investigating. However, there are only few methodologies available for the investigation of the thermal properties in soft materials and the applicability of the existing methodologies is limited.

In this thesis, novel multi-scale analytical and experimental contact/non-contact methodologies for the measurement of thermophysical properties in soft materials are developed on the basis of the principle of the temperature wave analysis method. The methods are constructed according to the systematic development of the analytical solution of the heat diffusion equation. The methods were applied for the investigation of the anisotropic thermophysical properties in soft materials in various scales and various shapes. It leads to finding the possibility to design thermophysical properties by controlling the structural anisotropy.

The expansion of the temperature wave methods enables us to combine the techniques with the other physical experiment such as light scattering. By using the combination with the temperature method, the anisotropy is further studied from the point of view of the phonon propagation by integrating the results from the thermal measurements and several inelastic light scattering techniques.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).