T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	表面ラベルグレーティング法を利用したフレキシブルフィルムの表面ひずみ解析
Title(English)	Surface Strain Analysis of Flexible Films by Means of Surface-Labeled Grating Method
著者(和文)	赤松範久
Author(English)	Norihisa Akamatsu
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10211号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:宍戸 厚,穐田 宗隆,西山 伸宏,竹内 大介,今岡 享稔
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10211号, Conferred date:2016/3/26, 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

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学環境学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　工学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	赤松　範久	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	宍戸　厚　准教授
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は，フレキシブルな材料の湾曲に伴う表面ひずみを詳細に定量解析し，フレキシブル材料の変形現象を詳細に評価することを目的としている。グレーティングと呼ばれる回折格子を高分子フィルムに形成し，プローブ光を入射した際に生じる回折光を利用することにより，フィルムの湾曲に伴う表面ひずみを簡便かつ微視的に定量解析することができる表面ラベルグレーティング法を開発した。第二章では，光応答性を有する架橋アゾベンゼン液晶高分子フィルムを作製し，表面のみにアゾベンゼンの光異性化を利用してグレーティングを形成した。第三章では，本手法により架橋アゾベンゼン液晶高分子フィルムの機械的応力印加による湾曲と紫外光照射による屈曲を解析した。フィルムの外形が同じになるような屈曲にも関わらず，外部刺激の方法により屈曲挙動は異なり，特異的な変形挙動を示すことが明らかとなった。第四章では，柔軟なシリコーンエラストマーであるポリジメチルシロキサン（PDMS）フィルムと硬さの異なる PDMS を積層したフィルムが従来の固体力学から乖離した湾曲挙動を示すことを見出した。

第一章「General Introduction」（序論）では，これまでのフレキシブルエレクトロニクスや柔軟な材料の変形解析に関する研究について概説し，本研究の目的と構成を述べた。

第二章「Fabrication of Photoresponsive Azobenzene Liquid-Crystalline Polymer Films」（光応答性アゾベンゼン液晶高分子フィルムの作製）では，柔軟なポリシロキサン骨格を有する架橋アゾベンゼン液晶高分子フィルムの作製とフィルム表面へのグレーティング形成について検討した。合成したモノマーおよび架橋剤を用いて，ツーステップ法により膜厚 300 μm の一軸配向性架橋アゾベンゼン液晶高分子フィルムを作製した。得られた一軸配向性フィルムは，熱および光による可逆的な変形挙動を示した。また，格子周期 4 μm のフォトマスクを介した紫外光照射によりフィルムにグレーティングを形成し，偏光顕微鏡により観察した。これらの実験により，フィルム表面にのみグレーティングが形成していることを明らかにした。

第三章「Bending Analysis of Azobenzene Liquid-Crystalline Polymer Films by Means of Surface-Labeled Grating Method」（表面ラベルグレーティング法を利用したアゾベンゼン液晶高分子フィルムの屈曲解析）では，表面ラベルグレーティング法を利用することにより，第二章で作製した光応答性フィルムの機械的応力印加と紫外光照射による屈曲挙動について検討した。グレーティングを形成したフィルムにプローブ光を入射し，発生した回折光と透過光の間隔変化を CCD カメラで測定することにより，屈曲に伴うフィルム表面の膨張・収縮を微視的に解析した。これらの実験より，機械的応力印加と紫外光照射に伴うフィルム表面の膨張・収縮について定量的に解析できることが明らかとなった。さらに，表面ひずみの局所的な差異についても評価することに成功した。機械的応力印加によるフィルムの湾曲は，内面の収縮，外面の膨張を伴う変形モードであった。一方，紫外光照射によるフィルムの屈曲では両面が収縮し，収縮率の差が屈曲を誘起するという特異的な変形モードを明らかにした。

第四章「Surface Strain Analysis of Various Flexible Polymer Films by Means of Surface-Labeled Grating Method」（表面ラベルグレーティング法を利用した様々なフレキシブル高分子フィルムの表面ひずみ解析）では，より高精度な測定を行うために表面力学解析システムを設計し，柔軟なシリコーンゴムである PDMS フィルムの湾曲に伴う表面ひずみ解析を検討した。これらの実験から，単層 PDMS フィルムと二層 PDMS フィルムの変形挙動が異なることを見出した。また，薄膜 PDMS フィルムをラベルとして用いることにより，フレキシブル基板に多用されるポリエチレンナフタレート（PEN）フィルムの表面ひずみ定量解析について検討した。周期構造体を有するシリコン基板を用いてポリマーフィルムに凹凸を転写し，機械的応力印加による PEN フィルムの湾曲に伴う表面ひずみを定量的に解析した。

第五章「Summary」（総括）では，本論文の要点を総括して述べた。本論文では，表面ラベルグレーティング法を利用したフレキシブルフィルムの力学解析システムを設計し，原理検証として光応答性フィルムおよび PDMS フィルムの定量解析手法を開発した。柔軟性に富んだ PDMS フィルムをラベルとして用いることで，様々なフレキシブル材料の表面ひずみを測定し，力学的特性を詳細に解析することが可能である。また，フレキシブル材料の開発過程で問題となる反り，クラックなどの原因を非破壊で調べることが可能となる。材料の変形に伴う表面ひずみの測定は，新たな機能性材料の設計において力学特性を向上させるために必要不可欠な技術である。

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 1copy 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

専攻： Department of	化学環境学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　工学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	赤松　範久	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	宍戸　厚　准教授
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

The scope of this thesis is to quantitatively evaluate microscopic tension and compression in the surface of bending flexible films by means of the surface-labeled grating method.

In Chapter 2, the author prepared a crosslinked azobenzene liquid-crystalline polymer film with a polysiloxane backbone and investigated a formation of surface-labeled grating on the film. By a two-step method using synthesized monomers and a crosslinking agent, a crosslinked azobenzene liquid-crystalline polymer film was prepared. In addition, the film was irradiated with ultraviolet light through a photomask to form a two-dimensional surface-labeled grating on the film surface, which was confirmed by polarized optical microscopy.

In Chapter 3, the author explored the bending of films by mechanical stress or exposure to ultraviolet light by means of the surface-labeled grating method. A probe beam was normally incident to the film with the surface-labeled grating formed thereon, and generated diffracted beam was observed to locally and quantitatively evaluate the tension and compression in the bending film. Deformation of the film by mechanical stress was a conventional deformation mode in which the inner surface experienced compression while the outer surface experienced tension, in the same manner as in mechanics of hard materials. On the other hand, the bending of the film due to UV irradiation showed an unusual behavior of both surfaces experiencing compression, indicating a new direction for mechanical analysis of soft matters, many of which problems have been unsolved yet.

In Chapter 4, the author designed a surface mechanical analysis system, and examined the analysis of surface strain associated with the bending of poly(dimethylsiloxane) (PDMS) film made of flexible silicone elastomer. It was found that the deformation behavior of single-layer PDMS and bilayer PDMS films are vastly different. In addition, the author examined the analysis of the surface strain of flexible films used as flexible substrate such as a poly(ethylenenaphthalate) (PEN) film using a thin PDMS label. Using a silicon substrate with a periodic structure, the surface structure was transferred to a polymer film, and surface strain associated with the bending of the PEN film due to mechanical stress could be quantitatively evaluated.

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 1copy 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).