

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	熱ナノインプリントによる原子スケールで表面パターン化されたポリマー材料の作製と応用
Title(English)	Thermal nanoimprint fabrication and application of atomically surface-patterned polymer materials
著者(和文)	譚ゴオン
Author(English)	Goon Tan
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10182号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉本 護,和田 裕之,彌田 智一,細田 秀樹,松田 晃史
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10182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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	譚 ゴオン	
		氏名	職名		
論文審査 審査員	主査	吉本 護	教授	審査員	松田 晃史 講師
	審査員	彌田 智一	教授		
		細田 秀樹	教授		
		和田 裕之	准教授		

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Thermal nanoimprint fabrication and application of atomically surface-patterned polymer materials (熱ナノインプリントによる原子スケールで表面パターン化されたポリマー材料の作製と応用)」と題し、英文で全6章より構成されている。

第1章“General introduction”では、熱可塑性ポリマーの優れた加工性と様々な表面パターンニング技術に関する研究背景、およびナノインプリント法の位置づけや特徴について述べた後、本研究の目的および意義を明らかにしている。

第2章“Experimental and characterization”では、原子レベル自己組織化パターンを表面に持つサファイアモールドの作製法、ポリマーの表面加工に用いた熱ナノインプリント法、薄膜作製のためのパルスレーザー堆積法 (PLD 法) についての実験詳細、およびポリマーのガラス転移温度を解析するための示差走査熱量計 (DSC) や表面観察手法などの種々の評価法が述べられている。

第3章“Nanoimprint of polymer surfaces using atomically stepped molds”では、自己組織化により作製された原子ステップを有するサファイアウエハーをモールドとして使い、ポリメタクリル酸メチル (PMMA) やポリイミドなどの熱可塑性ポリマーに対し熱ナノインプリントを行っている。その結果、ポリマー表面に約 0.3 nm 高さの周期的な原子ステップパターンを形成することに成功している。このことから、熱ナノインプリント法においてポリマー表面に面直方向で原子スケールの解像度を有するナノパターンが作製できることを明らかにしている。また、モールドの原子ステップ間隔がパターン転写に与える影響についても調べ、ステップ間隔が狭い場合には、ポリマーの熱収縮など分子スケールの現象が転写性に大きな影響を与えていると述べている。

第4章“Stability of atomic-scale step patterns formed on polymer surfaces”では、前章で作製したポリマー表面に形成されている原子ステップ形状の大気および水中における熱的安定性について述べている。PMMA 表面の原子ステップ形状に対する大気中での熱的安定性に関しては、ガラス転移温度よりも高い温度 (約 120°C) においても原子ステップパターンが安定であることを明らかにしている。また、水中では大気中と比較して約 50°C 低い温度でパターンが崩れることを見出している。水中での不安定性の原因として、PMMA 高分子鎖間に入り込んだ水分子が一種の可塑剤として作用している可能性を指摘している。

第5章“Application of atomically stepped polymer sheets as next-generation substrates”では、第3章で得られた約 0.3 nm 高さの原子ステップ形状を有する透明ポリイミド基板における透明導電性酸化膜 (スズ添加酸化インジウム: ITO) の堆積について述べている。基板温度 200°C の成膜で得られた結晶性 ITO 薄膜は、ポリマー基板表面の原子ステップ形状を反映していないことを述べる一方、あらかじめ室温成膜で非晶質の ITO 薄膜を堆積してから、200°C のポスト熱アニールを行うことにより、原子ステップ形状を反映した結晶性 ITO 薄膜が得られることを見出している。

第6章“General conclusions”では、本研究で得られた成果を総括している。

以上を要するに本論文は、熱ナノインプリント法により熱可塑性ポリマー表面に対して原子スケールのパターンニングを行うプロセスを確立し、形状の転写機構や熱安定性を原子レベルで解明するとともに、原子ステップを持つポリマー基板が超平坦薄膜の堆積に応用可能であることを見出しており、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと認められる。