



Title	高分子フィルムのレーザー誘起膨張収縮ダイナミクスの解明と応用に関する研究
Author(s)	三藤, 尚志
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43505
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	三 藤 尚 志		
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第 17008 号		
学位授与年月日	平成14年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻		
学位論文名	高分子フィルムのレーザー誘起膨張収縮ダイナミクスの解明と応用に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 増原 宏		
	(副査) 教授 高井 義造 教授 川上 則雄 助教授 中村 收 講師 斎藤 誠慈		

論文内容の要旨

本論文は、ポリスチレンフィルムのナノ秒レーザー誘起表面形態変化の分子量依存性を測定し、高分子鎖の絡み合い効果の立場からそのダイナミクスの検討を行った。また、レーザー誘起表面形態変化の物質転写への応用を提案した後、高分子積層フィルムのくり抜き、転写実験を行い、この手法が有効であることを示した。

第1章では、高分子物性の理解に重要な自由体積、絡み合い効果の具体的な例を挙げ、その重要性を述べた。これまでのレーザーアブレーションに関する研究を概観し、レーザー誘起過渡現象を高分子物性の観点から明らかにする本研究の背景、目的をまとめた。

第2章では、本研究で用いた実験手法についてまとめた。

第3章では、ポリスチレンフィルムのレーザー誘起過渡的形態変化の分子量依存性についてまとめた。248nm エキシマーレーザー照射によるポリスチレンフィルムの永続的表面形態変化測定による、レーザーアブレーションしきい値の分子量依存性を与えた。レーザー誘起により過渡的に達成される最大膨張量の膜厚依存性を調べ、フィルム内部が均一に温められていることを示した。励起光照射から数100ns までの過渡的膨張を測定し、分子量ごとの膨張挙動を比較し、膨張速度に顕著な分子量依存性は認められないものの、単位長さ当たりの膨張量は低分子量分子が大きいことを示した。過渡的収縮過程の分子量依存性については、単純な指数関数的減衰を示す低分子量高分子に対して、高分子量高分子の場合、ゆるやかな緩和過程である¹その成分が存在することを明らかにした。これに基づき、低分子量高分子の緩和過程は熱拡散が支配的であるのに対し、高分子量高分子の場合、熱拡散のみでなく高分子鎖の絡み合いの効果が寄与していると考察した。

第4章では、高分子フィルムのパルス光誘起形態変化を応用した物質転写を提案し、代表的な系について実証した。ポリスチレンフィルム上にピレン添加ポリメチルメタクリレート (PMMA) を積層したものをソースフィルムとし、ニート PMMA をターゲットフィルムとして、これらを重ね合わせた後、ソースフィルム側の裏面から248nm ナノ秒エキシマーレーザーを照射し、物質転写における問題点を明らかにした。ポリスチレンの代わりに光化学的に分解するトリアゼンフィルムを採用し、シングルショットでの物質転写に成功した。また、転写部周辺に熱的損傷や細かい飛散物等は観察されず、転写法に使用する材料としてのトリアゼンの優位性を実証した。これらに基づき、ソースフィルム側の二層膜の組み合わせを適切に設定することにより、同じ光学系でソースフィルムのくり抜き法として一般的に応用可能なことを示した。

第5章では、以上の総括及び有機フィルムのレーザーアブレーション研究の展望についてまとめた。

論文審査の結果の要旨

高分子フィルムに高強度短パルスレーザーを照射することにより、高分子フィルム表面に過渡的な形態変化を誘起することが可能であり、これまでに時間分解干渉画像計測法を用いて、数種類の高分子フィルムに対してダイナミクスが観測されている。ナノ秒からマイクロ秒にかけての高速な形態変化ダイナミクスは高分子の種類により大きく異なっており、レーザー誘起表面形態変化ダイナミクスを体系的に理解する為には、高分子鎖の絡み合いを考慮する微視的な観点を導入することが不可欠である。本論文では、レーザー照射により誘起される高分子表面の過渡的な形態変化を計測し、これを高分子科学の観点から研究した成果をまとめている。また、レーザー誘起形態変化により生じた変位量が十分大きい場合、これを駆動力として積層した別種の高分子フィルムを空間的に移動することが可能であり、これを新規の物質転写法へ応用した結果に関してまとめている。本研究の主な成果を要約すると次の通りである。

(1)ポリスチレンフィルムの分子量を広い範囲で変えた試料に対して、248nm エキシマーレーザーを照射し、誘起された永続的表面形態変化を測定することにより、レーザーアブレーションしきい値の分子量依存性を明らかにしている。ナノ秒短パルスレーザー照射により過渡的に誘起される最大膨張量の分子量依存性を、ナノ秒時間分解干渉画像計測法を用いて明らかにすると同時に、最大膨張量の膜厚依存性を調べ、分子量に依らず侵入長よりも薄いフィルム内部は均一に温められることを明らかにしている。一方、表面形態の収縮過程は分子量依存性を示し、低分子量ポリスチレンフィルムでは熱拡散が支配的であることを表す単純な指数関数的減衰を、高分子量ポリスチレンフィルムの場合には、ゆるやかな緩和過程である $\dot{\rho}$ 成分が現れることを見出している。この結果をラウス鎖と絡み合いの効果から考察し、高分子の高次構造に起因する新しい緩和であることを明らかにしている。

(2)レーザー照射により形態変化が誘起される高分子フィルム上に別種の高分子フィルムを積層し、励起された高分子フィルムの形態変化により生じる高速な変位を駆動力とした積層高分子フィルムの転写法を提案している。励起用フィルムとしてポリスチレン、PMMA を使用した場合には著しい熱的損傷が現れ加工精度を落としているが、トリアゼンを使用することにより高精度の物質転写、くり抜きを行うことができることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、高分子フィルムのレーザー誘起高速形態変化ダイナミクスを高分子科学の基本的概念から考察し、その応用を提案している。本論文で得られた知見は、応用物理学、特に高分子のレーザー科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があるものと認める。