

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	真空紫外光による合成樹脂の表面改質とその応用に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	橋本 優生
Author(English)	Yuki Hashimoto
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10790号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山本 貴富喜,吉野 雅彦,野崎 智洋,赤坂 大樹,田中 智久
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10790号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

本論文は真空紫外(Vacuum Ultraviolet, VUV)光を使用した合成樹脂の表面改質に関する一連の研究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章は序論であり、VUV源全般の基礎知識とその応用先および、本論文で、VUV光源による表面改質の対象となるプラスチック全般に関する概要とプラスチックの応用先として近年注目されているマイクロ流体デバイス分野における技術課題であるデバイスの封止技術に関する問題点を述べている。また、同じく表面改質対象となるシリコン全般に関する概要とシリコンのVUV光によるガラス化現象について触れ、このガラス化したシリコンのVUV域での光学素子としての可能性を述べている。続けて、本論文で取り扱う反射防止膜に関する現在の技術課題を含めた研究背景を述べ、シリコンのVUV光による接合技術を応用した微細加工法を提案し、その応用可能性を述べている。

第2章では、大量生産向けに注目が集まる、プラスチック製マイクロ流体デバイスの集積化における重要な技術課題であるデバイスの封止法に対する新たな手法として、従来使用されている波長よりも短く、高い光子エネルギーの利用が可能で、表面改質や接合の多角化が期待できる、短波長の真空紫外光照射による表面改質法および固体間直接接合法を提案し、本接合法に関するメカニズムを中心にマイクロ流体デバイス作製への応用可能性を検討した結果を述べている。メカニズム解明のために行なった接触角測定、接合力測定、ATR-FTIR、TOF-SIMSやAFMによる表面分析を通じて、短波長の真空紫外光照射による高分子表面へのOH基やCN基といった親水性の官能基の導入が、本接合法による高分子の接合力向上に起用している可能性が示唆されたものの、過度な照射が接合力を低下させている物理的背景は今後の検討課題として残った。さらに本手法を用いて、PC製マイクロ流体デバイスの試作に成功した。以上の結果から、本手法の高分子材料製マイクロ流体デバイスへの応用可能性を示した。

第3章では、シリコンゴムがVUV光照射によりガラスライクな構造になる現象に関して、このガラスライクな物質の光学特性に注目して、真空紫外域における光学素子としての利用の検討を行なった結果を述べている。まず、TOF-SIMS分析により、VUV光照射によるシリコンゴムのガラス化の深さ方向の影響を調査し、照射雰囲気を変えてVUV光照射による表面処理を施した試料の分析結果の比較から、VUV光照射によるガラス化は大気圧下で照射処理した方が、VUV光照射により生じる活性酸素種を利用できるため、PDMS内部のガラス化が進行することが分かった。また、シリコン反射面を設けることで、入射するVUV光とシリコン面で反射するVUV光との重ね合わせが生じ、バルク試料よりもガラス化が進行していることと、反射面を設けた場合のガラス化シリコン層の平均屈折率は純粋な二酸化シリコンの屈折率に近い値であることがわかり、シリコンゴムへのVUV光照射により、 SiO_2 に光学特性が近い物質が形成されていること示唆された。さらに、以上の知見に基づき、サファイア基板へのガラス化シリコンゴムのコーティングを試みた結果、172nm-200nmの真空紫外域においてサファイアの透過率が最大9.6%増加するといった結果となり、このガラス化したシリコンゴムの真空紫外域における反射防止のための光学薄膜材料としての利用の可能性を示した。

第4章では、反射防止膜として注目が集まっている微小周期構造の内の1つである逆モスアイ構造の低コスト作製法として、第2章、第3章でも取り扱ったシリコンゴムへのVUV光照射による直接接合法を利用した微細構造作製法を提案し、本手法を用いたガラス基板への逆モスアイ構造の作製を検討した。

その中で、熱硬化型のシリコンゴムの欠点である硬化時の熱収縮を改善するため、当時開発中であった紫外線硬化型のシリコンゴム(UV-PDMS)の転写材料としての検討を行った。その結果、硬化時に重合反応による若干の発熱による収縮はみられたものの、従来使用されている熱硬化型のシリコンゴムと比較して2桁小さい熱収縮率が得られることがわかり、UV-PDMSが本研究のような微細構造の作製に向いていることを示した。そして、UV-PDMSを使用し、本手法により、ガラス基板上へ逆モスアイ構造を試作し、光学測定の結果、全可視光域で約3%の透過率の向上を確認し、設計値ともよく一致していることを確認した。以上の結果より、本微細加工法の反射微細構造作製法への応用可能性を示した。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について総括している。