

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02986

研究課題名(和文) 低環境負荷光源を用いた感光性樹脂の作製とそれへの機能付与

研究課題名(英文) Fabrication of photosensitive resins using environmentally friendly light sources and their application to functional materials

研究代表者

岡村 晴之 (Okamura, Haruyuki)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10316010

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：環境負荷を軽減しうる、LED光源を用いて感光性樹脂を作製し、LED光源の機能と優位点を見出した。さらに、LED光源を用いた機能性材料の作製へと展開した。LED光源の特徴である、低発熱、単波長の特長を生かし、LED光源を複数使用することや加熱処理を併用することにより新規機能性材料の作製に成功した。高感度、高屈折率かつ屈折率制御が可能なコーティングや接着剤への応用可能性を見いだした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高圧水銀灯のLED光源への代替において、デュアル光硬化系などを開発し、LED光源の有用性を明らかにした。分解可能な複合材料、或いは接着剤への応用可能性を示すことにより、複合材料のケミカルリサイクルもしくはマテリアルリサイクルを飛躍的に容易にする可能性を見いだしたため、地球環境問題への課題に対して貢献できる。また、ネットワークポリマーを解析する手法を見だし、環境科学と材料科学の学際分野を開拓した。

研究成果の概要(英文)：Photosensitive resins were prepared using LED light sources. The LED light sources are known as environmentally friendly ones. The effect and the merit of LED light sources on photocuring materials are investigated. Fabrication of functional materials using the LED light sources were carried out. We successfully fabricated novel functional materials using the merit of LED light sources such as low heat emission and narrow band distribution of the emission spectra, and using dual curing with additional heat treatment or dual LED-irradiation. We also found the possibility of application of practical materials such as adhesives and the fabricated photosensitive resins with high sensitivity and with high and tunable refractive indices.

研究分野：高分子材料化学

キーワード：グリーンプロダクション 低環境負荷 LED 光硬化樹脂 光分解 高屈折率材料

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

コーティングや接着剤に多用されている光架橋樹脂は、素材の高性能化や耐久性の向上などの観点から盛んに用いられている。架橋した高分子の熱的、力学的、あるいは化学的安定性は、架橋構造や架橋密度に強く依存する。より高性能な架橋高分子を得ることを目的として、これまでに極めて多くの種類が開発され、利用されている。

近年、光架橋樹脂の作製において、環境負荷を軽減させるという観点から、従来の光源に変わり、半導体素子を用いた LED 光源への代替が注目されている。LED 光源は熱を発生しないことから、従来の光源よりもエネルギーロスが少ない。産業界も LED 光源に注目が集まっており、感光性樹脂に関する国際会議においても大々的に取り上げられている。

申請者は、LED 光源へ有用性に関して数年前から関心を持ち、LED 光源を用いた研究を行ってきた。LED 光源の利用による低エネルギー光源による環境負荷の低減化が現在の研究の主流である。一方、複数波長の光を用いて高分子の反応や物性を制御することは、一波長による光反応では達成できない、複数の反応を系に導入できる利点がある。しかしながら、複数波長の光をどのように使用することで何ができるかという観点に立つ、系統的な研究は今までなされていなかった。申請者は、LED 光源を用いた異なる波長の光を複数回照射することの有用性に着目し、環境科学分野に貢献するのみでなく、高分子材料設計における新たな手段を提案する本申請を着想するに至った。

また、架橋高分子が利用されるいろいろなケースにおいて、リユース・リワーク・リペア性を付与することが考えられている。リユース性、リワーク性、リペア性を有する架橋性高分子とは、分解可能な架橋ユニットを含んだものである。このような架橋性高分子では、一度架橋させた後、一定の条件下で処理すれば架橋構造が分解し、溶媒に可溶性直鎖状高分子あるいは低分子化合物へと変換することができる。このような架橋性高分子の応用例としては、医用材料、特に生分解性材料やドラッグデリバリーシステム用材料などがあり、また、リサイクル機能を付与したエラストマーあるいは半導体封止材、およびフォトレジスト等が挙げられる。本研究では、LED 光源を用いた異なる波長の光を複数回照射することにより作製されるリワーク型樹脂も検討する。本研究において、従来では予測できなかった分子量分布に関する初めての知見が得られ、リユース性、リワーク性、リペア性という環境科学的な観点からのみならず、高分子化学分野における未解決領域である架橋高分子の新規キャラクタリゼーション法を提案する学術的意義があると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、LED 光源の有用性を明らかにする。LED 光源を従来光源と比較することによる、環境負荷の軽減度合いを明らかにするとともに、従来光源ではなしえなかった、新規機能性材料の開発を目指す。研究対象を光硬化性樹脂に絞る。一例として、光照射により架橋する光架橋分子は種々開発されているが、これらの分子設計においては、それぞれの用途において必要とされる物性（架橋・硬化物の熱特性、耐溶剤性、耐アルカリ性、硬化感度、感光波長域など）に重点がおかれていた。本研究は、光照射系において、光照射により一度不溶化した樹脂を、所定温度で加熱し、再度溶解させる事の出来る機能を持った、光架橋系の開発を目的として行う。本研究で開発する光架橋・硬化型樹脂は、架橋反応部位に特殊な官能基を導入することにより、光照射によって一度架橋・硬化した後、加熱することにより可溶化し、除去・回収が可能な機能を付与したものであり、リサイクル可能な光架橋・硬化樹脂として利用できる。

3. 研究の方法

複数 LED 光源を用いた光硬化樹脂の作製とその性質の解明を行う。光硬化樹脂において、感光性に影響をおよぼすものは樹脂構造、感光剤、雰囲気、樹脂の厚さである。このうち、樹脂構造において、官能基数の異なる数種類の汎用多官能光硬化樹脂を選定し、感光剤、雰囲気、樹脂の厚さの観点から検討する。リワーク型樹脂の開発においても、樹脂構造や架橋・分解条件の検討を引き続き行う。また、複数の光源を用いる系として、光重合可能なメタクリレート部位と光二量化による架橋が可能なカルコン部位を有するモノマーを用い、二波長露光により硬化樹脂を作製する。メタクリレート部位の重合において、光開始剤を選択することにより様々な波長（254nm、365nm、405nm、436nm 等）による重合が可能である一方、カルコン部位の光架橋反応は 436nm 光では起こらない。塗膜の厚さ、光開始剤の選択により、硬化樹脂の架橋構造と物性は大きく影響を受ける。照射条件の違いによる物性への影響を明らかにする。架橋反応や重合反応は既存設備である光 DSC、FT-IR、光レオメーターを用いて解析する。機能性樹脂材料として、光ナノインプリント用モールドの高性能化を行う。申請者らが開発した複製モールド作製法に対する照射波長の影響を検討する。樹脂モールドの力学的強度や粘弾性はインプリント性能に直結する。高性能光インプリント用樹脂モールドを作製する。樹脂モールドの表面エネルギーを制御することにより、剥離剤を必要としないモールドを作製できることを明らかにしている。種々の分子構造を有するモールドを作製し、照射波長（254nm、365nm、405nm、436nm 等）や樹脂モールドの分子構造（カルボキシル基、スルホ基等の官能基）、表面構造（相分離構造や凹凸等）と濡れ性の関係を明らかにする。使用後に溶解除去が可能なリワーク型樹脂の開発を行う。光照射条件や架橋剤がリワーク能に及ぼす影響を系統的に調査する。リワーク型樹脂の力学特性や熱的性質、表面科学を検討し、接着、粘着材料への応用についても検討を行う。

4. 研究成果

(1)スルホン酸を発生することができる光酸発生剤を添加した光硬化樹脂を調製し、光照射により表面にスルホン酸を発生させた光硬化樹脂を光インプリントリソグラフィ用離型剤フリー樹脂モールドへ応用した(図1)。少なくとも25回以上、最高で45回繰り返し離型を達成することが出来た。どの条件においても離型後に樹脂モールドが損傷することはなかった。モールドの形状を良く転写した良好なパターンが得られた。本系において、離型回数やパターンの形状に対する光照射量および光強度の影響は観察されなかった。マスターモールド、樹脂モールド、および25回使用後の樹脂モールドの断面形状を比較した結果、25回使用後の樹脂モールドのパターンの線幅もマスターモールドのそれとほぼ一致し、パターンの高さに変化はなかった。25回使用後において、樹脂モールドが摩耗せず、十分な耐久性を持っていることがわかった。モールドの形状を良く転写した良好なパターンが得られた。

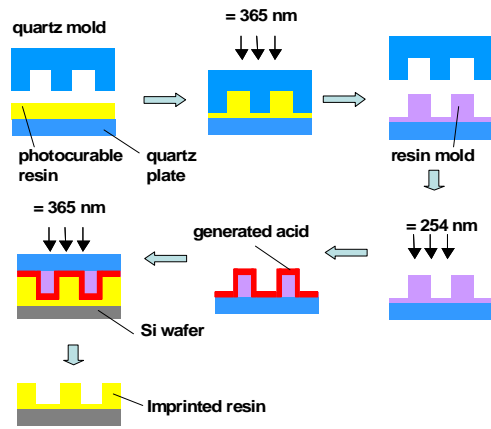


図1。樹脂モールドによるインプリント。

(2)近年、フルオレンユニットを有する高分子は、その剛直な骨格から、屈折率が高く、耐熱性、難燃性や低い複屈折率などを示すことが報告されており、その機能性については大変興味深い。一方、ポリシランは主鎖方向への非局在化した軌道に基づく特異な電子機能物性を有しており、光導電性、非線形光学特性、フォトクロミズム特性が報告されている。また、良好な絶縁性を利用した半導体封止材料としても利用されている。このため、ポリシランとフルオレン化合物から形成される薄膜は耐熱性や絶縁性などの機能を有する表面保護膜としての利用が期待されるのみならず、ポリシランの特異な電子機能物性を利用した機能性膜として利用可能であると考えた。そこで、光パターニングが可能なジアリルフルオレン/ポリシランブレンドによる機能性光架橋膜の調製と、光照射によるジアリルフルオレン/ポリシランブレンド膜の屈折率制御に成功した(図2)。反応機構を図3に示す。ジアリルフルオレン/ポリシランブレンド高屈折率膜の調製とその屈折率制御について、化合物や照射波長の選択、それに伴う架橋・分解反応の選択が可能である。ジアリルフルオレンは機能性有機材料であり、ポリシランを機能性無機材料と考えると、本系は有機材料と無機材料を分子レベルで複合化させた有機無機ハイブリッド材料の作製法ととらえることができる。有機無機ハイブリッド材料は、両者の特性に加えて更なる物性を有する可能性があるため興味深い。光反応を用いることにより、熱反応では制御が困難である時間や場所の制御が可能となり、さらなる機能が付与できる。光を用いた機能性材料作製に関する研究はますます発展するものと思われる。

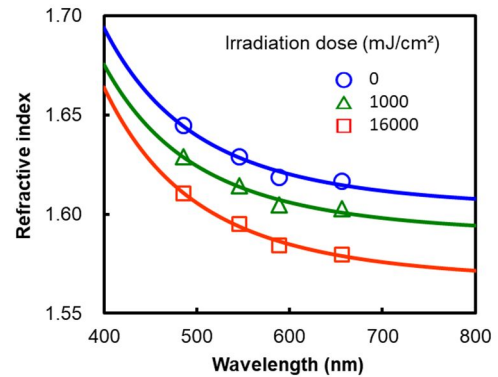


図2。254nm 光照射による樹脂の屈折率制御。

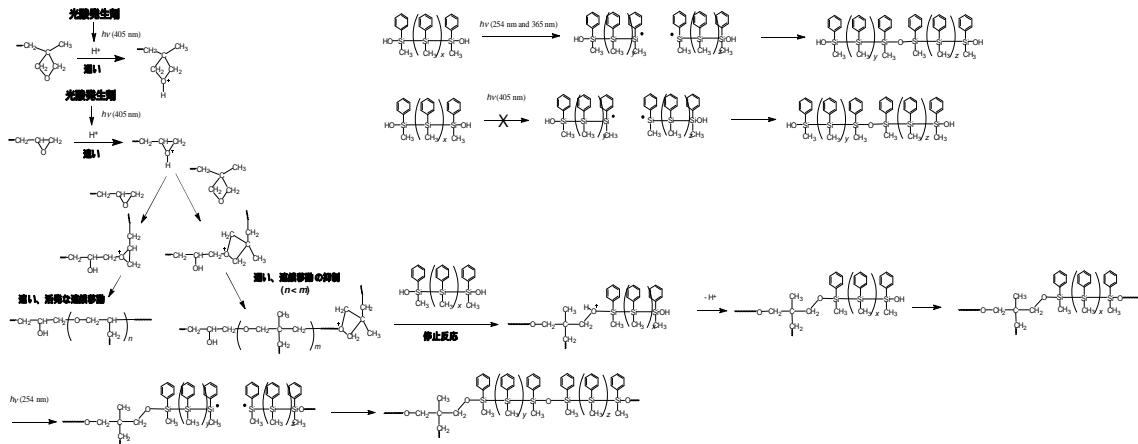


図3。ジアリルフルオレン/ポリシランブレンドによる機能性光架橋膜の調製と光照射によるジアリルフルオレン/ポリシランブレンド膜の屈折率制御の反応機構。

(3)深紫外 LED を用いたアクリル硬化系およびエポキシ光硬化系を検討した(図4)。光硬化樹脂は、その速乾性、溶剤レスといった特徴を活かして塗料、インク、接着剤等幅広く用いられており、さらに現在では強度、耐熱性、力学的性質などの高機能化の研究が活発に行われている。一方、光硬化によく用いられる紫外領域の光源として、近年ではエネルギー効率に優れた LED 光源が普及し始めており、従来の高圧水銀ランプからの代替のみならず、LED の特徴を活かした応用に対しても注目が集まっている。本研究において、新規 LED 光源として注目されている深紫外 LED 光源に着目した。深紫外 LED 光源はセンサーや LED 封止剤に関する報告例があるのみであり、光硬化樹脂作製への取り組みは筆者らの報告のみである。従来の光源である高圧水銀灯により作製された光硬化樹脂と同等以上、もしくはそれと異なる新たな機能を有する光硬化樹脂が作製できる可能性を有しており、また、新たな光硬化系として未開拓の波長域の利用

$h\nu(265, 285, 300 \text{ nm})$



図4。真紫外 LED を用いた光硬化系の概念図。

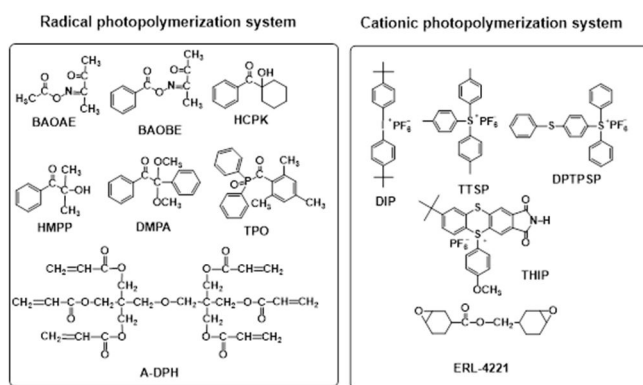


図5。検討した化合物。

可能性を見出し、それを利用した応用開発の基礎が構築されることが期待される。光硬化樹脂は多様なタイプがあるものの、本研究においては、多量に用いられているアクリル樹脂およびエポキシ樹脂を検討した(図5)。光硬化樹脂において、感光性に影響するのは樹脂構造、感光剤とその濃度、雰囲気、光硬化樹脂の厚さである。このうち、感光剤とその濃度、雰囲気、光硬化樹脂の厚さによる影響を調べた。感光性は多官能モノマー中における C=C 結合あるいはエポキシ基の反応率で評価した。深紫外 LED を用いたアクリル光硬化樹脂の作製を検討した。光開始剤 BAOBE が 265 nm 光用 LED に対する優れた光開始剤であることが判明した。光開始剤 BAOBE と HCPK は 285 nm 用 LED に対して効果的であった。光開始剤 HCPK、DMPA あるいは TPO は 300 nm 光用 LED に対する優れた光開始剤であることが判明した。深紫外 LED を用いたアクリル光硬化樹脂の作製において、酸素阻害の影響を軽減でき、数 μm の薄膜を効率よく作製することができた。深紫外 LED を用いたエポキシ光硬化樹脂の作製において、光酸発生剤 DPTPST と深紫外 LED の組み合わせで高感度光硬化系の構築が可能であった。薄膜では光酸発生剤は DPTPSP > THIP > TTSP > DIP、厚膜では DPTPSP > TTSP > THIP > DIP の順に効果的であった。さらに、光透過率の計算より、本光硬化系は 100 μm 以下での使用が望ましいことが分かった。

(4)硬化樹脂は、高い機械的強度や耐熱性を有するため接着剤や複合材料などに幅広く用いられている。硬化樹脂は溶媒に不溶であるため、除去、再利用できない問題がある。一方で、分解可能な架橋ユニットを有するリワーク型硬化樹脂を用いれば、使用後分解することができる。リワーク型硬化樹脂の高性能化のためには、架橋および分解時におけるリワーク型硬化樹脂の粘弾性挙動の理解が不可欠であるが、必ずしも明確ではない。本研究では、レオメーターによりリワーク型光硬化樹脂の粘弾性解析を行った(図6)。リワーク型モノマーDHDMAは、熱ラジカル開始剤存在下の加熱、あるいは光ラジカル開始剤存在下の照射によりメタクリル部位が重合し、硬化物を与える。硬化したDHDMAは光酸発生剤存在下の 254 nm 照射あるいは

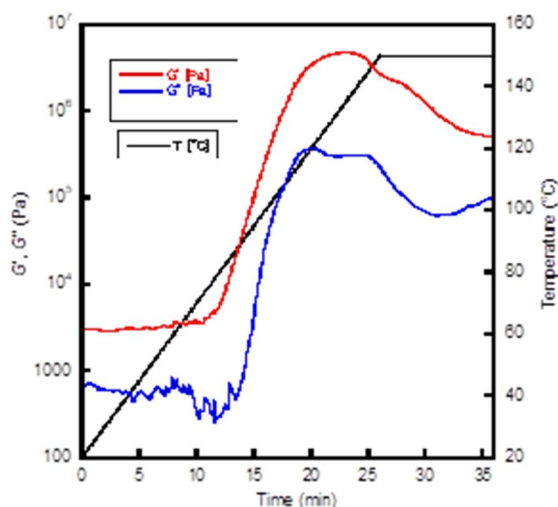


図6。リワーク型樹脂の光・熱分解による粘弾性変化。

365 nm 光照射後、加熱することにより DHDMA のエステル部位が分解する。1 wt% の熱ラジカル開始剤と 1 wt% の光酸発生剤を含む DHDMA 薄膜を 100 °C で 10 分間加熱した後、254 nm 光を 924 mJ/cm² 照射し、毎分 5 °C で昇温したときの貯蔵弾性率 G' および損失弾性率 G'' の測定結果を図 4 に示す。70 °C からの G' および G'' の増加は、薄膜に含まれる未反応メタクリル部位の反応に起因すると考えた。 G' は約 140 Pa で最大値に達し、その後の加熱で減少した。この減少は硬化した DHDMA 中のエステル部位が、光照射により光酸発生剤から生成した酸を触媒として熱分解し、硬化した DHDMA 中の架橋密度が減少したためであると考えた。一方、モノマーとして分解部位を持たないグリジジルメタクリレートやエチレンジメタクリレートを用いた場合には 150 °C での加熱における G' の減少が観察されなかった。これらのモノマーに含まれるエステル結合は分解されないためであると考えた。

(5) UV ナノインプリントリソグラフィはナノ加工における有望な手段であり、近年注目を集めている。分解除去可能なリワーク型光硬化樹脂を UV ナノインプリントリソグラフィに適用することにより、高価なモールド汚損の軽減やモールドの複製に成功した。本研究では、インプリントしたリワーク型樹脂にパターン露光後加熱を行うことにより、二次パターンを形成することに成功したので報告する。本研究の概念図を図 7 に示す。リワーク型モノマー MOBH をシリコンウエハーと石英モールド間にはさみ、365 nm 光を照射すると、UV ナノインプリントされたリワーク型光硬化樹脂が作製できた（一次パターン）。リワーク型硬化樹脂に 254 nm 光によりパターン露光を行った後に加熱すると、一次パターン上に二次パターンが独立して作製できた。

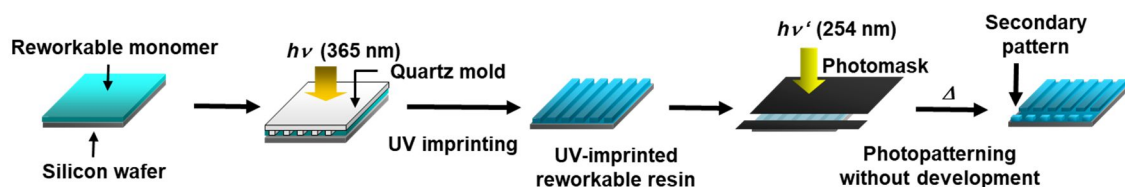


図 7. リワーク型樹脂を用いたデュアルパターニングの概念図。

(6) リワーク型樹脂を用いた光硬化樹脂の重合連鎖解析に成功した（図 8）。分解部位に第三級エステルを含む二官能アクリレートモノマーとメタクリルモノマーを合成し、多官能チオールと光ラジカル開始剤、光酸発生剤を用いることでリワーク型チオール・エン光硬化系を構築した。光硬化は 365 nm 光を照射することによって達成した。リワーク型樹脂を 254 nm 光照射の後、160 °C で 5 分間加熱することによって分解し、SEC 測定によってポリマーネットワークの連鎖長を解析した。¹H NMR スペクトル測定により、樹脂の構造を解析した。構築した光硬化系において、大気下においても、窒素下におけるネットワークとほぼ同様のポリマーネットワークを形成できることがわかった。分解樹脂の分子量、重合連鎖長はアクリレートモノマー濃度、チオール官能基数、希釈剤の効果により変化した。分解したネットワークの重合連鎖長は DHDA の濃度におおよそ比例して増加した。チオールの官能基数を 4 官能から 2 官能へ減少させると、重合連鎖長は 3.7 から 1.7 まで減少した。希釈剤ベンジルアクリレートを加えることによって、分解樹脂の分子量は 920 から 1490 に大きく増加した。

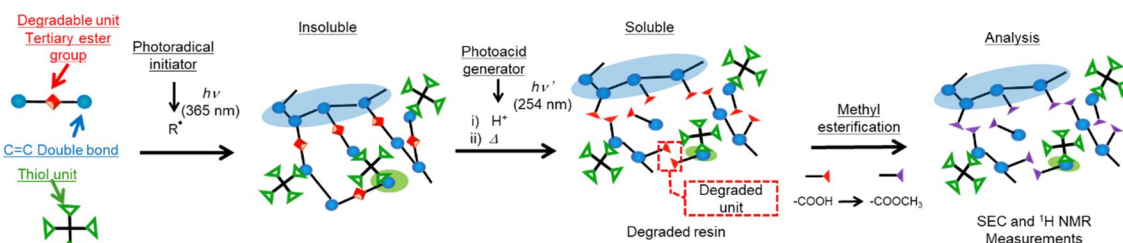


図 8. リワーク型樹脂を用いた重合連鎖解析の概念図。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Okamura Haruyuki, Tachi Hideki	4. 巻 32
2. 論文標題 Secondary Patternable UV-Imprinted Reworkable Resin by Additional Photoirradiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 237 ~ 242
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2494/photopolymer.32.237	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Haruyuki Okamura, Yuuki Nishijima, Daiki Noguchi, Takashi Fukumoto, Yutaka Suzuki	4. 巻 33
2. 論文標題 Suppressed Oxygen Inhibition in UV Curable Formulations Using a Diene as An Additive	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 349 ~ 354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Haruyuki Okamura, Keiko Minokami, Shinsuke Miyauchi	4. 巻 33
2. 論文標題 Fabrication of Photocrosslinked Diarylfluorene Films with Episulfide Groups using Photobase Generators	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 279 ~ 284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Okamura Haruyuki, Matsumoto Akikazu, Minokami Keiko, Miyauchi Shinsuke	4. 巻 31
2. 論文標題 Photo-thermal Dual Curing of Polysilane/diarylfluorene Blends -Fabrication of Films with High and Tunable Refractive Indices-	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 503 ~ 510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2494/photopolymer.31.503	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Okamura Haruyuki, Tachi Hideki	4. 巻 31
2. 論文標題 Rheological Studies of Reworkable Photocuring Resins	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 727 ~ 733
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2494/photopolymer.31.727	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Okamura Haruyuki, Yamagaki Masashi, Nakata Kyohei	4. 巻 11
2. 論文標題 Analysis of Network Structures in Thiol-Ene UV Curing System Using Reworkable Resins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymers	6. 最初と最後の頁 5 ~ 5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3390/polym11010005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 岡村晴之	4. 巻 69
2. 論文標題 フォトポリマーの光化学	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 923 ~ 928
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Okamura, S. Niizeki, T. Ochi, and A. Matsumoto	4. 巻 30
2. 論文標題 Photocuring Behaviors of Epoxy Resins using Deep-UV LEDs	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Photopolym. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 405-412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2494/photopolymer.30.405	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Okamura ¹ , M. Iseki, K. Degawa, A. Matsumoto, K. Minokami, and S. Miyauchi	4. 巻 30
2. 論文標題 Fabrication of Photocrosslinked Polysilane/diarylfluorene Blended Films with Tunable Refractive Indices	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Photopolym. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 683-688
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2494/photopolymer.30.683	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Okamura, K. Nomura, and A. Matsumoto	4. 巻 30
2. 論文標題 Photo-degradation of Reworkable Resin: A Mechanical Study	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Photopolym. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 689-694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.2494/photopolymer.30.689	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 岡村晴之, 仙波諒介, 松本章一	4. 巻 38
2. 論文標題 光・熱デュアル硬化したスクリーン印刷用受容層ポリマーの接着特性評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー	6. 最初と最後の頁 219-225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.11364/networkpolymer.38.219	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Okamura, S. Niizeki, T. Ochi, and A. Matsumoto	4. 巻 28
2. 論文標題 UV Curable Formulations for UV-C LEDs	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Photopolym. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 99-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://doi.org/10.2494/photopolymer.29.99	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Okamura, T. Matoba, K. Takada, M. Yamashita, M. Shirai, and A. Matsumoto	4. 巻 100
2. 論文標題 Photo-thermal dual curing of acrylic anchor resins for screen printing	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Prog. Org. Coat.	6. 最初と最後の頁 47-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2016.01.025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M. Shirai and H. Okamura	4. 巻 65
2. 論文標題 UV-curable positive photoresists for screen printing plate	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Polym. Int.	6. 最初と最後の頁 362 - 370
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1002/pi.5065	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岡村晴之	4. 巻 37
2. 論文標題 複数波長の光を用いたポリマーネットワークの制御とその機能性材料への応用	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ネットワークポリマー	6. 最初と最後の頁 224-230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://doi.org/10.11364/networkpolymer.37.224	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計31件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 H. Okamura
2. 発表標題 Reworkable Photocuring Resins and Their Application to Functional Materials
3. 学会等名 2019 International Seminar on Polymer Photochemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Okamura and H. Tachi
2. 発表標題 Secondary Patternable UV-Imprinted Reworkable Resin by Additional Photoirradiation
3. 学会等名 The 36th International Conference of Photopolymer Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Okamura, M. Yamagaki and K. Nakata
2. 発表標題 Analysis of Network Structures in Thiol-Ene UV Curing System Using Reworkable Resins
3. 学会等名 7th Edition of Baekeland Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Okamura
2. 発表標題 Reworkable Photocuring Resins and Their Application to Functional Materials
3. 学会等名 Pacific Polymer Conference 16 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡村晴之, 館秀樹
2. 発表標題 リワーク型樹脂を用いた光インプリントとその光・熱デュアルパターンニング
3. 学会等名 高分子学会第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡村晴之, 三ノ上浜子, 宮内信輔
2. 発表標題 ポリシラン/ジフェニルフルオレンブレンドの高感度光・熱デュアル硬化とその屈折率制御
3. 学会等名 高分子学会第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡村晴之
2. 発表標題 UVC-LEDsによる樹脂硬化事例
3. 学会等名 光とレーザーの科学技術フェア2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Okamura, A. Matsumoto, K. Minokami, and S. Miyauchi
2. 発表標題 Photo-thermal Dual Curing of Polysilane/diarylfluorene Blends -Fabrication of Films with High and Tunable Refractive Indices-
3. 学会等名 The 35th International Conference of Photopolymer Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Okamura, M. Iseki, K. Degawa, A. Matsumoto, K. Minokami, and S. Miyauchi
2. 発表標題 Fabrication of Photocrosslinkable Polysilane/diarylfluorene Blended Films with Tunable Refractive Indices
3. 学会等名 RadTech 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Okamura, M. Iseki, K. Degawa, A. Matsumoto, K. Minokami, and S. Miyauchi
2. 発表標題 Fabrication of Photocrosslinkable Polysilane/diarylfluorene Blended Films and Their Tuning of Refractive Indices
3. 学会等名 The 5th European Symposium of Photopolymer Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡村晴之
2. 発表標題 ジアリルフルオレン/ポリシランブレンドによる高屈折率光硬化膜の調製とその屈折率制御
3. 学会等名 第227回フォトポリマー懇話会講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡村晴之
2. 発表標題 深紫外LEDを用いたアクリルおよびエポキシ光硬化樹脂の作製
3. 学会等名 第68回UV/EB研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡村晴之, 館秀樹
2. 発表標題 リワーク型光硬化樹脂の粘弾性解析
3. 学会等名 高分子学会第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡村晴之
2. 発表標題 ヒドロキシベンゼン誘導体を用いた非化学増幅型EUVレジスト
3. 学会等名 放射線化学討論会 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡村晴之, 館秀樹
2. 発表標題 リワーク型光硬化樹脂の光・熱による硬化・分解とその粘弾性挙動
3. 学会等名 第68回ネットワークポリマー講演討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡村晴之, 館秀樹
2. 発表標題 リワーク型樹脂を用いた光インプリントとその光・熱パターンニング
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Okamura
2. 発表標題 Synthesis of I-line or G-line Sensitive Photoacid Generators and Their Application to Photosensitive Materials
3. 学会等名 13th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering (ICCMSE2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Okamura, S. Niizeki, T. Ochi, and A. Matsumoto
2. 発表標題 Photocuring Behaviors of Epoxy Resins using Deep-UV LEDs
3. 学会等名 The 34th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-34) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Okamura, K. Nakata, and A. Matsumoto
2. 発表標題 ANALYSIS OF NETWORK STRUCTURES IN THIOL-ENE UV CURING SYSTEM USING REWORKABLE RESINS
3. 学会等名 Photopolymerization Fundamentals 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡村晴之、新関彰一、越智鉄美、松本章一
2. 発表標題 深紫外LEDを用いたエポキシ光硬化系
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡村晴之
2. 発表標題 深紫外LEDを用いた光硬化樹脂の作製
3. 学会等名 第153回ラドテック研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡村晴之, 出川佳愛, 松本章一, 三ノ上溪子, 宮内信輔
2. 発表標題 ポリシラン/ジナフチルフルオレン誘導体ブレンドを用いた高屈折率光硬化膜の作製とその光分解による屈折率制御
3. 学会等名 高分子学会第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡村晴之
2. 発表標題 チオール・エン反応を用いたリワーク型光硬化系 -光硬化樹脂のネットワーク構造解明をめざして-
3. 学会等名 府大・市大ニューテクフェア 2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Okamura, S. Niizeki, T. Ochi, and A. Matsumoto
2. 発表標題 UV Curable Formulations for Deep UV LEDs
3. 学会等名 RadTech 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Okamura, S. Niizeki, T. Ochi, and A. Matsumoto
2. 発表標題 UV Curable Formulations for UV-C LEDs
3. 学会等名 The 33rd International Conference of Photopolymer Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Okamura, S. Niizeki, T. Ochi, and A. Matsumoto
2. 発表標題 Photocuring of Acrylates using Deep UV LEDs
3. 学会等名 RadTech Asia 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Okamura
2. 発表標題 Design of Polymer Networks using Dual Irradiation and Its Application to Functional Materials
3. 学会等名 EMN Meeting on Polymer 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡村晴之
2. 発表標題 光酸発生剤とその応用
3. 学会等名 第216回フォトポリマー懇話会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岡村晴之
2. 発表標題 複数波長の光を用いたポリマーネットワークの制御とその機能性材料への応用
3. 学会等名 りそな中小企業振興財団平成28年度第3回技術懇親会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岡村晴之, 的場哲也, 高田浩平, 山下宗哲, 白井正充, 松本章一
2. 発表標題 スクリーン印刷用受容層の短時間光・熱デュアル硬化
3. 学会等名 高分子学会第65回高分子討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 井関将史, 岡村晴之, 松本章一, 三ノ上溪子, 宮内信輔
2. 発表標題 ポリシラン/ジフェニルフルオレン誘導体ブレンドのポリマーネットワーク制御とその屈折率制御
3. 学会等名 高分子学会第65回高分子討論会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 市村國宏	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 333
3. 書名 光機能性有機・高分子材料における新たな息吹	

1. 著者名 情報技術協会編	4. 発行年 2019年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 650
3. 書名 ナノ粒子塗工液の調整とコーティング技術	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----