The Technical Association of photopolymers,Japan

フォトポリマー懇話会　ニュースレター

No.54 April 2011

次世代のフォトポリマーに期待すること

大阪市立工業研究所　電子材料研究部　ハイブリッド材料研究室

松川　公洋

日本のGDPが中国に追い抜かれ、世界第３位になってしまった。近年の我が国の景気低迷と中国の好景気が、形になって現れた格好だが、経済界に与えたショックは大きかった。中国に限らず、近隣アジア諸国の産業的な追い上げには厳しいものがあり、既存技術のみで製造できる製品は、生産コストの低い近隣諸国の独壇場になろうとしている。我が国は、高い技術力を活かしたものづくりをしない限り、経済的な成長を勝ち取ることは難しい。そのためには、従来から世界をリードしている先端電子デバイス関連技術を極めていくことが必須であり、スマートフォン、タブレットPC、電子ブック等の高性能製品に用いられる材料開発と低コストプロセスの構築が早急に成し遂げなければならない技術課題である。これらの技術のひとつに、プリンテッドエレクトロニクス（PE）がある。これは、真空プロセスを使わない簡便な次世代のデバイス製造方法であり、塗布によるものづくりとして注目されている。PEで製造される代表的なデバイスには、有機TFT、有機EL、有機薄膜太陽電池等があり、その過程において、機能性コーティング、レジストによるパターン形成や光照射による表面改質等、フォトポリマーの新しい展開が期待される。また、このプロセスに適した機能材料として、有機無機ハイブリッドが有力な候補材料になってきている。最近、筆者が行っているPEに向けた有機無機ハイブリッド材料の紹介を通じて、僭越ながら次世代のフォトポリマーの展望を述べてみたい。

有機TFTは、プラスチック基板の上に塗布法で作製することができ、電子ペーパー等のフレキシブルディスプレイの駆動に不可欠なデバイスである。最も一般的なボトムゲート型TFTは、ゲート電極の上にゲート絶縁膜を塗布した後、さらに有機半導体を積層し、ソース電極とドレイン電極を形成した構造である。塗布型ゲート絶縁膜の要求特性は、高絶縁性、高誘電率、低温架橋であり、それらを満足できる有機無機ハイブリッドの開発を行った。メチルトリメトキシシランから合成したポリメチルシルセスキオキサンが、ゲート絶縁膜として有効であることを見いだしているが、さらに機能性を付与する目的で、アクリル基を導入したポリシルセスキオキサンについて検討した。これらを用いてネガ型パターン形成されたゲート絶縁膜を作製することができるので、多彩なデバイス設計が可能になる。光架橋性ポリシルセスキオキサンは、“ハイブリッド型フォトポリマー”の重要な要素材料であり、新規な光機能性材料の創出に繋がることを期待している。

有機無機ハイブリッドには透明性、耐熱性、寸法安定性等が期待でき、さらに屈折率を制御することで、オプトエレクトロニクス分野での応用が考えられる。私たちは、高屈折率モノマーとして注目されているビスフェニルフルオレンジアクリレート及びジグリシジルエーテルとアクリレート基及びエポキシ基を含んだポリシルセスキオキサンとの光重合で、高屈折率ハイブリッドを作製した。それぞれの組成比によって、屈折率制御が可能で、目的に応じた物性を発現することができる。さらに、光エンーチオール反応による有機

無機ハイブリッドの形成も検討した。チオール基を含んだポリシルセスキオキサンと多官能オレフィン化合物の当量混合物に紫外線照射することで、有機無機ハイブリッドを作製した。イオウ元素は分子屈折が大きいので高屈折率であり、低硬化収縮、柔軟で高靭性という特異な性質を有している。このように、光架橋性ポリシルセスキオキサンは、新しい多官能モノマーとして有用であり、有機と無機の複合化を光反応で容易に達成できるので、広範な実用化が期待される。

シリカ、チタニア、ジルコニア等の金属酸化物ナノ粒子の表面を有機化することで、有機溶媒に分散、更には、有機ポリマーに均一分散させることができる。チタニアやジルコニアを使用した場合、高屈折率材料を容易に作製できることから、光学関連への用途展開が見込まれる。私たちは、ジルコニアナノ粒子の有機溶媒分散体の作製を検討した。1次粒径10〜20ナノメートルのジルコニア凝集粒子表面にメタクリレート基を結合させ、有機溶媒中で、1次粒径サイズまで解砕したナノ粒子分散体を作製することに成功した。このナノ粒子は、多官能アクリレートモノマーに高濃度で分散することが可能であり、光硬化後の薄膜は高い光線透過率、1.70を超える高屈折率を示した。応用例として、この硬化薄膜に低屈折率材料をトップコートして、2層型の反射防止膜を試作した。金属酸化物ナノ粒子でも、効率的に表面修飾できれば、ハイブリッド型フォトポリマーの形成が可能であり、新規材料の開発に繋がることが期待される。

現在、光重合プロセスと無電解銅めっきを用いた電気回路作製についても研究している。多官能アクリレートの光重合とめっき触媒であるパラジウムナノ粒子の生成を同時に行い、そのネガ型パターン上に無電解銅めっき回路を作製する方法を検討している。酢酸パラジウムは、光ラジカル開始剤で容易に還元され、パラジウムナノ粒子に変化することを見いだしている。このパラジウムナノ粒子には、十分な触媒活性が認められたが、ガラス状の硬化膜表面には、銅めっきが全く密着しなかった。そこで、アクリル基で表面処理したシリカナノ粒子を添加したところ、銅めっきの密着性は飛躍的に向上することを発見した。シリカナノ粒子によるナノメートルサイズの表面荒れが、銅薄膜の密着性に大きく寄与したものと推測している。今後は、アクリレートモノマー混合液をスクリーン印刷等でパターン描画し、紫外線照射後、無電解銅めっきによる回路形成を検討していく予定である。このパラジウムイオン／シリカナノ粒子を含んだ多官能アクリレートモノマーも、ハイブリッド型フォトポリマーの要素材料であり、フォトポリマーに無機物を作用させることで新しい機能を導き出せる可能性を示唆している。ここでは、私たちの研究例を紹介し、フォトポリマーを有機無機ハイブリッド化することで、新しい材料としての可能性を示してきた。このような研究指向は、国内外で活発化しており、最近のPhotopolymer ConferenceやRadTech North Americaにおいても、有機無機ハイブリッドに関する講演が増えてきている。これからのフォトポリマーの設計指針に有機無機ハイブリッドを加え、新機能材料の創成に活用されることを切に願っている。

前述のRadTech North Americaは、RadTech Internationalが2年おきに開催している学会で、私は、2008年と2010年に参加する機会を得た。Photopolymer Conferenceとは、やや趣が異なっているように感じたので、最後に、両者の何が違うのかを考えてみた。RadTech North Americaには“UV&EB 2010 Technology Expo and Conference”のサブタイトルが付いており、紫外線と電子線を用いたコーティングや印刷に関する発表が多く、これらに関連した材料メーカーやベンチャー企業が多数参加していた。講演では、電子材料やデバイスに関連したものはやや少なく、日本と中国のスペシャルセッションやGlobal Overviewとして日本、中国、韓国の情報に関するプログラム等、アジアの動向が注目されていた。

一方、Photopolymer ConferenceはArFやEUVといった最新設備を使った半導体製造プロセスや電子デバイスに関連した材料と技術についての講演が多い。勿論、私のように、両方の学会で同じような内容で発表している研究者も多数おられるだろうが、全体的に方向性が違っているように思う。この違いは、フォトポリマー懇話会とラドテック研究会の本質的なものかもしれないが、我が国で光による重合、架橋、加工をテーマに活動している独立した学協会はこの2つであり、強力な情報交換や情報発信を考えた時、両者が協力して事業展開していくことも重要かと思う。冒頭で書いたように、私たちは、他の追随を許さない高付加価値で高性能な製品を安価に製造できるよう技術力を高めなくてはならない。フォトポリマー関連技術は、これらを達成できる可能性を秘めているので、2組織の協力と皆様の先端技術確立に向けたご健闘を期待している。

【第28回国際フォトポリマーコンファレンス】

マイクロリソグラフィーとナノテクノロジー －材料とプロセスの最前線－

共催　フォトポリマー懇話会
後援　千葉大学
協賛　応用物理学会、日本化学会
会期　2011年 6 月21日（火）～24日（金）

テーマ

A．英語シンポジウム

- A1. Next Generation Lithography and New Technology
- A2. Nanotechnology & Micromachining
- A3. Advanced Materials and Technology for Nano Patterning
- A4. 193nm Lithography
- A5. Immersion Lithography / Double Patterning
- A6. EB Lithography
- A7. Nano-imprint Lithography
- A8. EUV Lithography
- A9. Chemistry for Advanced Photopolymer Science
- A10. Photofunctional Materials for Electronic Devices
- A11. General Scopes of Photopolymer Science and Technology
- P. Panel Symposium “EUV Lithography toward 16nm”

B．日本語シンポジウム

- B1. ポリイミド、その他耐熱樹脂－機能化と応用
- B2. プラズマ光化学と高分子表面機能化
- B3. 光機能性デバイス材料
- B4. 一般講演
- （1） 光物質科学の基礎（光物理過程、光化学反応など）
- （2） 光機能素子材料（分子メモリー、情報記録材料、液晶など）
- （3） 光・レーザー・電子線を活用する合成・重合・パターニング
- （4） フォトファブリケーション（光成形プロセス、リソグラフィ）
- （5） 装置（光源、照射装置、計測、プロセスなど）

参加費

5 月31日まで
41,000円（Whole conference）
35,000円（Conference）
6 月 1 日以降
46,000円（Whole conference）
40,000円（Conference）

参加申込

http://www.ao.u-tokai.ac.jp/photopolymer/p.htm
をご覧いただくか事務局（Tel : 089-926-7096）
までお問い合わせ下さい。

展示会

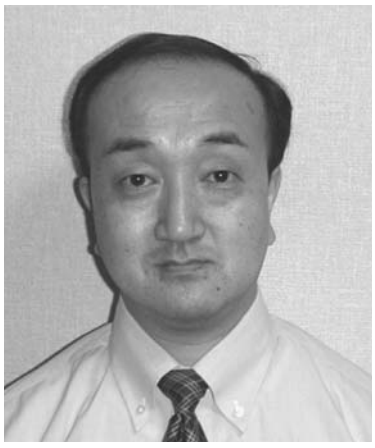
コンファレンス期間中展示会を併設いたします。展示会出展企業を募集いたします。
下記責任者に申し込みまたは問い合わせ下さい。
展示企画委員長　東京理科大学理工学部　山下俊
Tel : 0471-22-9508　Fax : 0471-24-9067
e-mail : yama@rs.noda.tus.ac.jp

【研究室紹介】

大阪府立大学大学院工学研究科 電子物理工学分野 プロセス物理研究室

大阪大学大学院工学研究科　教授　　平井　義彦

本研究室では，半導体微細加工プロセス技術に関する理論的解析とその応用について研究しています．1980年代には，電子線リソグラフィにおける近接効果を解析するためのモンテカルロ法によるプログラムコードの開発[1]や，液浸リソグラフィの原型とも言えるエマージョンによるリソグラフィ[2]，EUV光源としてのZピンチプラズマX線源の開発[3]など，現在の半導体リソグラフィ技術に大きくかかわる研究に，先駆けて取り組んでまいりました．この数年間は，ナノインプリント，プラズマエッチング，ナノカーボン材料のバーチャルファクトリー[4]を軸に，シミュレーションによる理論解析から実験による検証とその産業応用に至るまで，平井義彦（教授），川田博昭（准教授），安田雅昭（准教授）の3人からなる研究グループで，約十数人の学生ともに，幅広く研究を展開しています（写真1）．


平井義彦（教授）

川田博昭（准教授）

安田雅昭（准教授）

ここでは，おもにナノインプリント技術の研究につきまして紹介させていただきます．ナノインプリナトについての研究は，1998年から着手いたしました[5]．熱可塑性樹脂を用いる熱ナノインプリントの成型性について，シミュレーション解析と実験との検証に基づき，プロセス・材料の設計や欠陥についての解析を行っています（図1）[6]．その成果は，ナノ光学要素として期待される高アスペクト比構造の加工などに生かされています（図2）．最近では，分子動力学を用いて，ポリマーやガラス分子の挙動を追跡することにより，分子レベルでの成型メカニズムについての研究を行っています（図3）[7]．これは，ナノレベルの成型性を詳しく分析するための強力なツールとなります．

また，ナノインプリントプロセスで最も困難な問題の一つである離型プロセスにおいては，金型の表面処理にアルキル系のシランカップリング剤が有効であることを世界に先駆けて提唱し，これを検証することによりその実用性を広く世界に唱え，現在では離型処理として広く一般に用いられています[8]．

さらに，光ナノインプリントのプロセス解析も進めています．光ナノインプリントでは，プロセスそのものは熱ナノインプリントと同様ですが，熱ナノインプリントに比べると様々な物理・化学現象が絡んできます．流体としてのレジストのフロー，露光によるナノサイズでの光の回折，干渉現象，さらにはUV硬化に伴うレジストの機械的特性の変化（硬化や収縮）などが発生します．とりわけUV硬化によるレジストの機械的特性の変化について，実験的な分析結果にもとづいた計算機モデリングを行うことにより，UVナノインプリントについての一連のプロセスを解析するシミュレーションシステムを世界で初めて開発いたしました．今後，プロセスモデルの改良を進めるとともに，次世代ULSI用のリソグラフィとして期待されるナノインプリント法の諸問題を理論的に解析するツールとなることを期待しています[9]．

一方で，ナノインプリント技術の新規プロセス技術の研究も行っています．例えば，リバーサルナノインプリント法により，積層型の三次元構造の作製に成功しています．この技術は，従来のナノインプリントに比べると，圧力や温度の制御性，均一性がより厳しく

要求されることや，離型にともなう金型の表面処理により高度なテクニックが要求されるため，世界的にも数か所の研究機関でしか取り組んでいませんが，今後ナノインプリントの可能性を広げる技術として期待されています．

このほか，研究室ではナノインプリントの金型作製のための Si ドライエッチング技術や金型の離型プロセスや関連するナノトライボロジーについて，海外の大学との国際交流協定による国際共同研究を含めて進めています．また，ナノインプリントの産業化に向けた研究を民間と共同で進めています．今後も，微細加工プロセス技術のさらなる発展と，新しい応用展開を求めて，産業界との接点を探りながら研究を進めて参る予定です．

1．K Murata, DF Kyser: Monte Carlo methods and microlithography simulation for electron and x-ray beams, Adv Electron Elect Phys, 69(1987)175.

2．H. Kawata, J. M. Carter, A. Yen and H. I. Smith: Optical projection lithography using lenses with numerical apertures greater than unity, Microelectron. Eng. 9 (1989) 31.

3．M. Tanaka, H. Kawata, K. Murata: Study of imploding plasma motion in a gas-puff Z-pinch plasma as an X-ray lithography source, Jpn. J. Appl. Phys. 28 (1989)1250.

4．M. Yasuda, Y. Kimoto, K. Tada, H. Mori, S. Akita, Y. Nakayama and Y. Hirai: Molecular dynamics study of electron-irradiation effects in single-walled carbon nanotubes, Phys. Rev. B 75, (2007) 205406.

5．Y. Hirai, Y. Kanemaki, M. Fujiwara, T. Yotsuya and Y. Tanaka: Fine pattern imprint lithography using dimpled mold, J. Photopolymer Science and Technology, 13 (2000)435.

6．Y. Hirai, T. Konishi, T. Yoshikawa, and S. Yoshida: Simulation and experimental study of polymer deformation in nanoimprint lithography, J. Vac. Sci. Technol. B, 22, (2004) 3288.

7．K. Tada, Y. Kimoto, M. Yasuda, H. Kawata and Y. Hirai: Molecular Dynamics Study of Nanoimprint Lithography for Glass Materials, Jpn. J. Appl. Phys.48 (2009) 06FH13.

8．Y. Hirai, S. Yoshida, A. Okamoto, Y. Tanaka, M. Endo, S. Irie, H. Nakagawa and M. Sasago: Mold surface treatment for imprint lithography, J. Photopolymer Science and Technology, 14 (2001) 457.

9．Y. Hirai: UV-Nanoimprint Lithography (NIL) Process Simulation, J. Photopolymer Science and Technology, 23 (2010) 25.

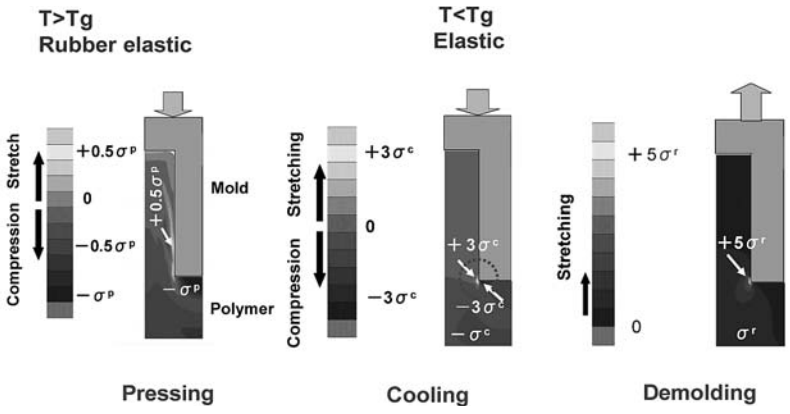


図１：熱ナノインプリントプロセスの各ステップ（加圧，冷却，離型）時にポリマーに加わる応力分布の計算例．
応力集中による欠陥発生メカニズムを理解，回避するために有効です．

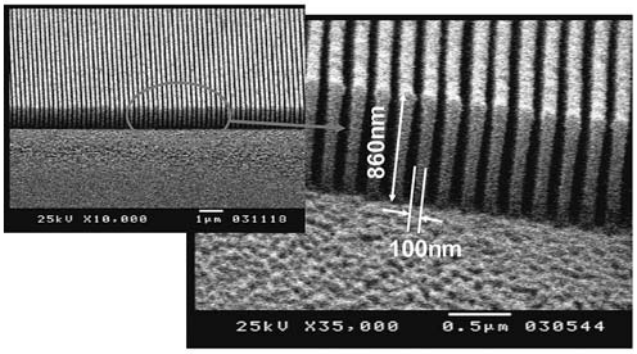


図 2 ：ナノインプリントによる PMMA の高アスペクト比ナノ構造の作製例
波長版や光－光スイッチへの応用が期待されます.

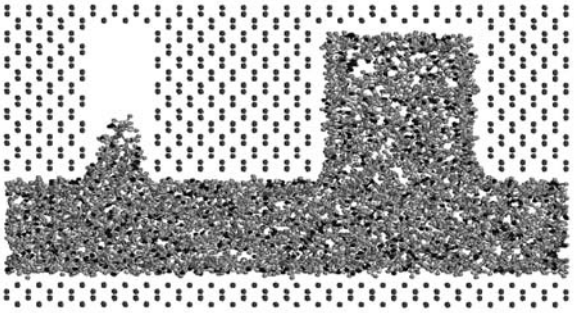


図 3 ：分子動力学法による PMMA の成型過程の，シミュレーション例
分子レベルの挙動の把握により．プロセス・材料の設計への応用が期待されます.

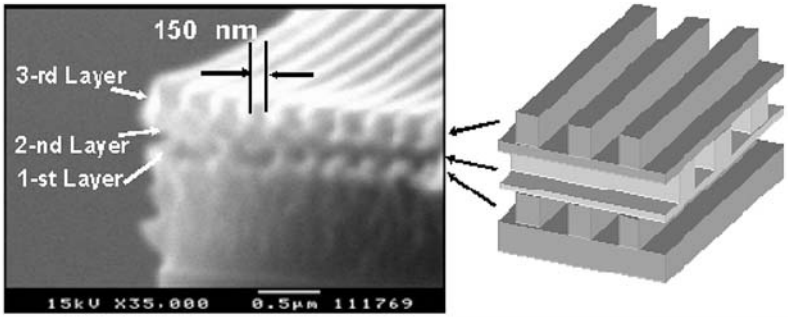


図 4 ：リバーサルナノインプリントによる三次元積層構造の作製例
フォトニック結晶やナノバイオ素子への応用が期待されます.

【新技術紹介】

Photochromic 3D Actuator Based on Liquid Crystal Polymer

Department of Polymer/Nano Science and Technology, Chonbuk National University

（全北大學校高分子／Nano工學科 教授）Prof. Dr. Myong-Hoon Lee（李 明勳）

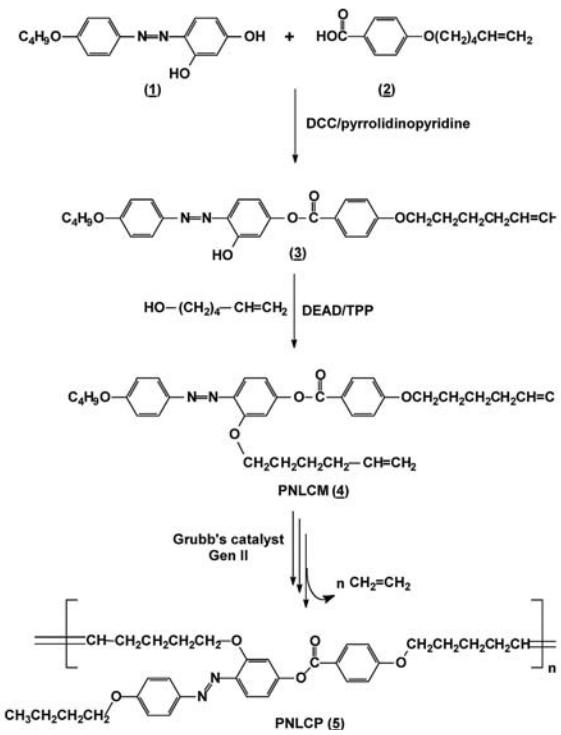
1． Introduction

Liquid crystalline elastomer (LCE) has attracted a great attention due to its unique possibility as a stimuli-responsive material since the first proposal by de Gennes.[1] LCE can change dimensions under low stresses through phase transitions and retain network memory,[2,3] which are essential for various applications such as actuators[4] and shape memory devices.[4, 5]

In particular, photochromic LCEs have been explored extensively because the deformation of material can be easily controlled by irradiation of lights. In these systems, photo-induced structural change of photochromic moiety is incorporated with change in molecular ordering of mesogens. This is amplified through the abrupt order-disorder phase transition resulting in a large mechanical deformation. Before the irradiation, polymer chains in LCE have an elongated (extended) chain conformation coupled with orientational ordering of mesogens. With absorption of UV light, photochromic moiety changes its structure in the way to destroy the orientational ordering of mesogen, consequently generating isotropic phase. This nematic-isotropic transition causes polymer chains to have a random coil conformation with increased entropy. Small hydrodynamic volume of random coil conformation is displayed as a contraction of LCE film. Recently, Ikeda et al. reported azobenzene containing liquid crystalline gel which can expand

or contract due to the photoinduced structural changes of azobenzene chromophore.[6),7)] Upon photo-irradiation, azobenezenes show cis-trans isomerization imparting large dimensional change of the material. Photoinduced bending and unbending of LC film were demonstrated by alternative irradiations of polarized UV and unpolarized visible light.[7)] In these systems, side-chain LC polymers containing azobenzene groups were synthesized and used for photoresponsive materials. Yet, according to de Gennes theoretical suggestion, main-chain LC polymers are expected to show higher actuator performance due to an enhanced coupling of ordered structure of the main chain and its network strain as compared to its side-chain analogues. Nevertheless, there have been only a limited number of main-chain type polymer structures showing photoresponsive LC properties. In addition to these, due to the high crystal to nematic transition temperature, these LCEs generally exhibited the photo-induced deformation only in solvent-swollen state or at high temperature. Besides, all LCEs reported up to date are crosslinked elastomers, which is not desirable with regard to the processing freedom. Therefore, challenges are still remaining to design and synthesize main-chain photosensitive LC polymers in order to develop more efficient materials.

As shown in Scheme 1, we recently have reported a new photochromic 3D actuator based on liquid crystal polymer[8)] which shows excellent 3D bending behaviors at room temperature. It is also noteworthy that the photomechanical bending is first achieved from a LC elastomer without any chemical crosslinking which is advantageous to process this material into any shapes.



2. Synthesis and Characterization of Photochromic Azo LC Polymer

The synthetic scheme and structures of azo-containing nematic LC monomer (PNLCM) and its polymer (PNLCP) are shown in Scheme 1. The photochromic LC polymer (PNLCP, 5) was newly designed and synthesized via acyclic diene metathesis polymerization (ADMET) of a novel photochromic LC monomer, (4-butoxy-2'-(4-hex-5-enyloxy)-4'-(4-hex-5-enyloxybenzyloxy)-azobenzene,4, PNLCM) containing a photochromic diazobenzene moiety, a phenol benzoate nematic core, and two polymerizable olefin groups. Due to the position of the olefin groups, the polymerization of PNLCM resulted in a main-chain LC polymer with photois omerizableazobenzene at the flank. 4-Butoxy-2'-hydroxy-4'-(4-hex-5-enyloxybenzyloxy)-azobenzene (3) was obtained from 4-butoxy-2',4'-dihydroxy-azobenzene (1) and 4-hex-5-enyloxy-benzoic (2) acid in the presence of dicyclohexylcarbodiimide (DCC) and 4-pyrrolidinopyridine in dichloromethane, and reacted with 5-hexenol to obtain PNLCM as a yellow crystal in 68% yield. ADMET polymerization was employed to synthesize PNLCP fromPNLCM. A step-growth polycondensation of α, ω-dienes by ADMET polymerization produced a high molecular weight PNLCP with concurrent removal of ethylene. This chemistry is readily carried out using the modern acid-free, single-site metathesis catalysts such as Grubbs' 2nd generation (Gen II) catalyst, ruthenium benzylidene.[9),10)] The resulting PNLCP was soluble in most of organic solvents such as chloroform and dichloromethane. Weight average molecular weight (Mw) of PNLCP measured by GPC was 1.21 x 104 g/mol.

The LC phase of PNLCP was investigated by the combined techniques of cross-polarized optical microscopy(POM), differential scanning calorimetry (DSC), and 1D wide-angle X-ray diffraction (1D WAXD) with varying temperatures. DSC results showed

two apparent exothermic peaks at 25.5 and 137.3℃ upon heating, which was corresponding to crystalline to nematic and nematic to isotropic transition, respectively as confirmed by polarized microscopic observation. No appreciable nematic to crystallization transition was detected upon cooling. The 1D WAXD powder patterns show only one phase transition, and it agrees well with the observations in the DSC cooling. diagrams.

3 . Photo-Activated Deformation

Since the PNLCP is a linear polymer without any chemical crosslinking, it was possible to process the polymer into a fiber or a film actuator either by melt spinning or by solution cast, respectively.

Figure 1 shows the photo-stimulated bending behavior of the PNLCP fiber. This fiber contains uniformly aligned liquid crystalline polymer. As the UV was irradiated, the fiber began to bend toward the light source direction. This mechanical bending of PNLCP fiber was confirmed as the photo-induced actuation. When the fiber is subjected to high temperature, the bending occurred downward due to the gravity. The photo-induced contraction as mention above in the area contraction experiments was responsible for the mechanical bending. The upper area of the film was contracted more resulting in the bending toward the light source.

The free-standing PNLCP films of ca. 20 μm thickness were prepared by casting a PNLCP solution on a glass plate. When unpolarized UV light was irradiated on the film, the four corners of the film began to bend upward to the light source. This is due to the conformational transformation of polymer chains from the extended to the random-coil conformations, which is induced by the decrease of the molecular orientational order of mesogens as a result of trans-cisphotoisomerization of azobenzene units. Irradiation of visible light (>520 nm) returned the bent film to its original position indicating the photo-induced mechanical deformation is reversible. The reversible unbending required a much longer period of time (> 5min). When polarized UV light was used for irradiation, only two sides of the film bent upward, and the direction of bending has always an approximately 45° angle to the direction of polarized light. Therefore, it was possible to control the direction of bending simply by varying thedirection of polarized lights to 0°, 45°, 90°,and 135°, respectively, as shown in Figure 2. Note that the azobenzene-based LCE film prepared by Ikeda' s group bends parallel to the direction of polarized light beam.[11)]

4. Conclusion

In conclusion, a new photochromic nematicdifunctional monomer for main chain liquid crystalline polymer was designed and synthesized. ADMET polymerization of the resulting monomer was carried out to give photoresponsivenematic LC polymer. Structure of the monomer and the polymer was charcterized by various instrumental techniques. Not only for the 3D-definable photoactuation, PNLCP is distinguished from the previously reported photochromic LCEs[10),11)] because it is soluble in organic solvents due to the lack of a chemical crosslink in the structure. The polymer film was dissolved in chloroform after photochromic bending experiments, and the regenerated film showed the same photo-induced mechanical deformation behavior. We believe that this is the first demonstration of photomechanical deformation in chemically uncrosslinked LCE. It was speculated that the weak intermolecular interactions between the mesogens ordered in a nematic LC phase would act as a physical crosslinking site as in the case of thermoplastic elastomers, which requires furtherinvestigations. Moreover, the photomechanical bending occurs at room temperature, which can offer additional advantages over the previous examples. This reversible photomechanical bending with a specific direction at room temperature and its excellent processibility will

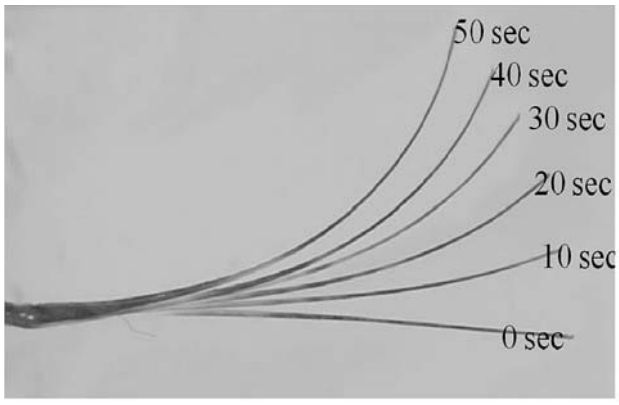


Figure 1. Superimposed microphotographs of PNLCP fiber under UV irradiation.

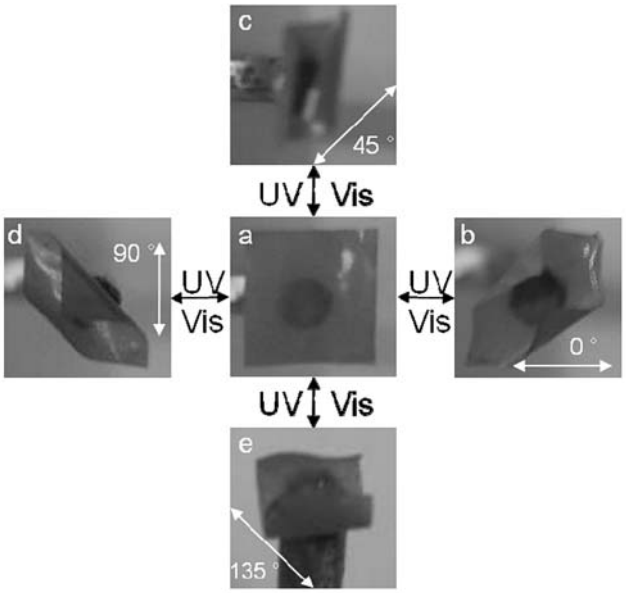


Figure 2. Photographic images of precise control of bending direction by polarized light; From (b) to (e), photomechanical bending of PNLCP films. Arrows in the figures indicate the direction of polarized light; (a) Photomechanical unbending induced by visible light (>520 nm).

be beneficial to practically realize a wireless remote-controlled 3D actuator.

5. Acknowledgement

The visiting scholar program of Chonbuk National University of Korea and Liquid Crystal Institute at Kent State University, OH, and AFOSR/STTR Program are acknowledged for finacial support. This work was also partially supported by R01-2007-000-20050-0 from Basic Research Program of the KOSEF.

6. References

1. Y. Bar-Cohen, Guide Electroactive Polymer (EAP) Acuators as Artificial Muscles - reality, Potential and Challenges, SPIE-Society of Photo-optical Instrumentation Engineers, Bellingham, WA 2001.
2. Lendlein, S. Kelch, Angew. Chem. Int. Ed., 41, 2034 (2002).
3. (a) M. Irie, Adv. Polym. Sci., 94, 27 (1990). (b) T. Kinoshita, J. Photochem. Photobiol. B, 42, 12 (1998). (c) T. Ikeda, J. Mamiya, and Y. Yu, Angew. Chem. Int. Ed., 46, 506 (2007).
4. P.-G. de Gennes, CR Acad. Sci. Paris, Ser. II b, 324, 343 (1997).
5. J.Kupfer, H. Finkelmann, Makromol. Chem., Rapid Commun., 12, 717 (1991).
6. D. L. Thomsen III, P. Keller, J.Naciri, R. Pink, H.Jeon, D.Shenoy, B. R. Ratna, Macromolecules, 34, 5868 (2001).
7. A. Rousseau, P. T. Mather, J. Am. Chem. Soc., 125, 15300 (2003).
8. H. J. Choi, K.-U. Jeong, L.-C.Chien, andM.-H. Lee, J. Mater. Chem., 19, 7124 (2009).
9. M. Li, P. Keller, Phil. Trans. R. Soc. A, 364, 2763 (2006).
10. M.-H. Li, P. Keller, B. Li, X. Wang, M. Brunet, Adv. Mater., 15, 569 (2003).
11. (a) T. Ikeda, M. Nakano, Y. Yu, O. Tsutsumi, A. Kanazawa, Adv. Mater., 2003, 15, 201; (b) Y. Yu, M. Nakano, T. Ikeda, Nature, 2003, 425, 145; (c) Y. Yu, M. Nakano, A. Shishido, T. Shiono, T. Ikeda, Chem. Mater.,2004, 16, 1637; (d) Y. Yu, M. Nakano, T. Ikeda, Pure Appl. Chem., 2004, 76, 1435.

【会告】

【平成23年度総会ご案内】

下記の通り平成23年度フォトポリマー懇話会総会を開催します。
ご出席いただきたくお願いいたします。

フォトポリマー懇話会会長　山岡亜夫

日時：４月14日（木）13時から
会場：森戸記念館（東京理科大学）
　　新宿区神楽坂
議事：
１．平成22年度事業報告承認の件
２．平成22年度収支決算ならびに年度末貸借対照表承認の件
３．平成23年度事業計画および予算案承認の件
４．その他

【第185回講演会】

会期：４月14日（木）13時30分～17時00分
会場：森戸記念館（東京理科大学）新宿区神楽坂
講演会：最先端フォトポリマー技術の展開
１．次世代リソグラフィ技術EUVL元年
　兵庫県立大学　木下博雄
２．フラットパネルディスプレイの進化と3D技術
　パナソニック㈱　北川雅俊
３．有機薄膜デバイス・分子デバイス
　東洋大学　和田恭雄
参加費：会員：１社２名まで無料（要、会員証呈示）
　　非会員：3,000円、学生：2,000円
　（当日受付にて）いずれも予稿集代を含む。
参加申込：
　ホームページ（http://www.tapj.jp）のメールフォームにて、又は氏名・所属・連絡先を明記の上FAXにて事務局（043-290-3460）まで。
定員：95名（定員になり次第締め切ります）

【第186回講演会】

会期：６月８日（水）13時～17時
会場：森戸記念館（東京理科大学）新宿区神楽坂
講演会：『増感剤と硬化促進』
参加費：会員：１社２名まで無料（要、会員証呈示）
　　非会員：3,000円、学生：2,000円
　（当日､受付にて）いずれも予稿集代を含む。
参加申込：
　ホームページ（http://www.tapj.jp）のメールフォームにて、又は氏名・所属・連絡先を明記の上FAXにて事務局（043-290-3460）まで。
定員：95名（定員になり次第締め切ります）

【2011年度第１回Ｐ&I研究シンポジウム「プリンタブルエレクトロニクス　現状と将来展望」開催のお知らせ】

フォトポリマー懇話会は、Ｐ＆Ｉ研究会シンポジウムに協賛しております。
主催：㈳日本印刷学会　技術委員会・P&I研究会、
　　E&S研究会共催
日時：2011年５月24日（火）10：00～18：00
場所：DICビル　17階大会議室
　　（東京都中央区日本橋3-7-20）
参加費：主催及び協賛学会会員10,000円、
　　教職員・シニア・学生5,000円、
　　非会員13,000円
＊詳細は㈳日本印刷学会まで。
　TEL：03-3551-1808、FAX：03-3552-7206
　URL：http://www.jspst.org/

【RadTech Asia 2011（第12回紫外線・電子線硬化技術国際会議）開催のお知らせ】

フォトポリマー懇話会は、RadTech Asia2011に協賛しております。
主催：RadTech Asia 2011組織委員会
日時：2011年６月20日（月）～23（木）
会場：パシフィコ横浜
＊詳細はRadTech Asia 2011事務局まで
　TEL：03-3219-3541、FAX：03-3219-3577
　E-mail：radtech@ics-inc.co.jp

編集者　坪井當昌　　2011年4月1日発行
発行人　山岡亞夫
発行所　フォトポリマー懇話会事務局
〒263-8522　千葉市稲毛区弥生町1-33
千葉大学工学部情報画像工学科　微細画像プロセス工学研究室内
電話／FAX　043－290－3460　　URL：http://www.tapj.jp/