

Symposium | Co-Innovation Program (CIP) : Development of innovative technologies based on molecular crystal materials: effective use of novel soft crystals.

📅 Fri. Mar 28, 2025 1:00 PM - 3:40 PM JST | Fri. Mar 28, 2025 4:00 AM - 6:40 AM UTC 🏢 [E]F401(F401, Bldg. 4, Area 2 [4F])

## [[E]F401-3pm] Development of innovative technologies based on molecular crystal materials: effective use of novel soft crystals.

Chair, Symposium organizer: Nagatoshi Komura, Kazuyuki Ishii

ソフトクリスタルは規則正しい結晶構造と固相構造を持つ安定な構造体であり、結晶性を保ちながらも、特定の弱い刺激によって容易に構造変換や相転移を起こすという特異的な性質を持ちます。その結晶内分子構造・配列だけでなく、結晶の形を変形することで、光学特性が変わるようになってきています。一方、結晶の形やその並びを制御するテンゾーアライニングは、メタマテリアルとしての応用が期待できます。本セッションでは、分子性結晶材料における最先端の基礎研究やメタマテリアルを基盤とした応用研究を開いているアカデミア・企業の先生方にご講演をいただくことで、この材料の新たな応用展開の可能性を探ることを目指します。

本セッションは午後、夕刻に実施されます。

聴講後の[アンケート](#)へのご協力をお願いいたします。

1:00 PM - 1:10 PM JST | 4:00 AM - 4:10 AM UTC

Opening Remarks

🇯🇵 Japanese 🎤 Invited Lecture

1:10 PM - 1:40 PM JST | 4:10 AM - 4:40 AM UTC

[[E]F401-3pm-01]

Creating Flexible Molecular Crystals for Photonics

○Shotaro Hayashi<sup>1</sup> (1. Kochi University of Technology)

🇯🇵 Japanese 🎤 Keynote Lecture

1:40 PM - 2:30 PM JST | 4:40 AM - 5:30 AM UTC

[[E]F401-3pm-02]

Molecular Orientation and Display Device Properties : OLEDs and Ferroelectric Liquid Crystals

○Akira Tsuboyama<sup>1</sup> (1. Yokohama City University)

🇯🇵 Japanese 🎤 Invited Lecture

2:30 PM - 3:00 PM JST | 5:30 AM - 6:00 AM UTC

[[E]F401-3pm-03]

Research and Development of Transparent Flexible Radio Wave Reflection Film and its Application

○Hiroyuki Nomoto<sup>1</sup> (1. Sekisui Chemical Co., Ltd.)

🇯🇵 Japanese 🎤 Invited Lecture

3:00 PM - 3:30 PM JST | 6:00 AM - 6:30 AM UTC

[[E]F401-3pm-04]

Development of polarized luminescent film using fluorescent dichroic dye

○Koichi Tanaka<sup>1</sup>, Takeshi Sugawara<sup>1</sup>, Takuya Matsumiya<sup>1</sup>, Takahiro Kusumi<sup>1</sup> (1. NIPPON KAYAKU CO.,LTD.)

3:30 PM - 3:40 PM JST | 6:30 AM - 6:40 AM UTC

[3E\_F40105-08-6add]

Incubation Time



## 柔軟性分子結晶の設計・創成とそのフォトニクスへの展開

(高知工大理工<sup>1</sup>・高知工大総研<sup>2</sup>) ○林 正太郎<sup>1,2</sup>

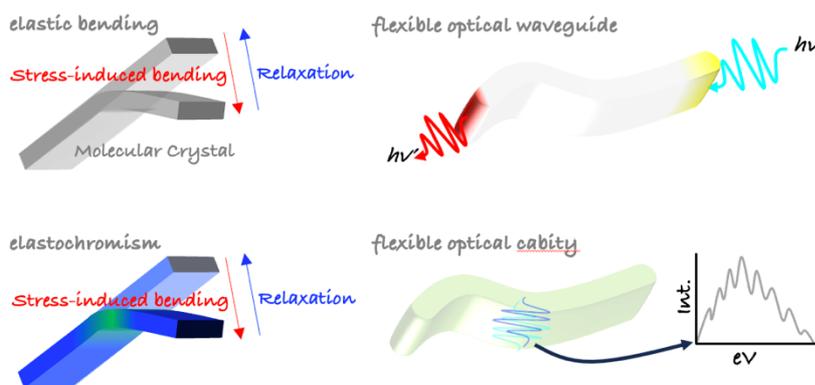
Designing Flexible Molecular Crystals toward Photonics (<sup>1</sup>*School of Engineering Science, Kochi University of Technology*, <sup>2</sup>*FOREST Center, Research Institute, Kochi University of Technology*) ○Shotaro Hayashi,<sup>1,2</sup>

Flexible molecular crystals are tough crystals with mechanical deformability<sup>1)</sup>. In contrast to conventional molecular crystals, which are soft (plastic, brittle) and easily fracturable, flexible molecular crystals can be considered flexible (elastic). The presenter developed a flexible  $\pi$ -conjugated molecular crystal for the first time globally, making it possible to create flexible crystal photonics<sup>2)</sup>. Based on this, new functions have been developed through the collaboration of light and mechanical deformation (flexibility). In this article, we will introduce (1) elastochromics<sup>3)</sup>, (2) optical waveguides<sup>4)</sup>, and (3) optical cavities<sup>5)</sup>, which the author developed for the first time, and discuss the molecular design process for each.

**Keywords** : Flexible Molecular Crystals;  $\pi$ -Conjugated Molecules; Elastochromism; Optical Waveguides; Optical Cavities (Resonators)

柔軟性分子結晶とは機械変形性を有する靱性の結晶である<sup>1)</sup>。従来の分子結晶が崩れやすいソフト性(塑性、脆性)を有しているのに対比して、フレキシブル性(弾性)を有するという位置付けができる。発表者は、世界に先駆けて弾力性のある $\pi$ 共役系分子結晶を開発し、フレキシブル結晶フォトニクスへの展開を可能にした<sup>2)</sup>。これに基づき、光と機械変形(フレキシビリティ)の協奏による新機能開拓が幕を開けた。

ここでは、発表者が先立って開発した(1) エラストクロミック<sup>3)</sup>、(2) 光ウェーブガイド<sup>4)</sup>、そして(3) 光キャビティ<sup>5)</sup>について設計経緯について紹介する予定である。



1) T. Seki, N. Hoshino, Y. Suzuki, S. Hayashi, *CrystEngComm* **2021**, *23*, 5686.

2) S. Hayashi, et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, *55*, 2701.

3) A) S. Hayashi, et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *53*, 16195. B) S. Hayashi, et al. *Cryst. Growth Des.* **2017**, *17*, 6158. C) S. Hayashi, *CrystEngComm* **2021**, *23*, 5763. D) Y. Suzuki, S. Hayashi, et al. *Langmuir* **2023**, *39*, 11646.

4) A) S. Hayashi, et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, *57*, 17002. B) T. Matsuo, K. Ikeda and S. Hayashi, *Aggregate* **2023**, *4*, e378. C) K. Ikeda, T. Matsuo, S. Hayashi, *Bull. Chem. Soc. Jap.* **2024**, *97*, uoae115.

5) A) Y. Yamamoto, S. Hayashi, et al., *Adv. Optical Mater.* **2022**, *10*, 2101808. B) T. Matsuo, S. Hayashi, et al., *J. Phys. Chem. Lett.* **2023**, *14*, 6577. C) S. Hayashi, *Bull. Chem. Soc. Jap.* **2022**, *95*, 712.

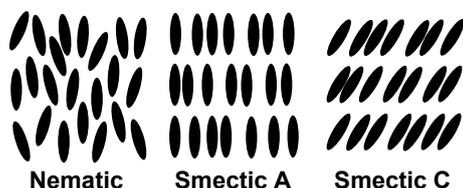
## 分子配向と表示デバイス特性：有機 EL と強誘電性液晶

(横浜市大院生命ナノ) 坪山 明

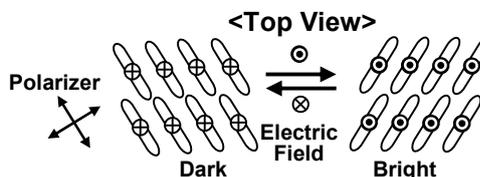
Molecular Orientation and Display Device Properties: OLEDs and Ferroelectric Liquid Crystals (*Graduate School of Nanobioscience, Yokohama-City University*) Akira Tsuboyama

Liquid crystals (LCs) are optical functional materials, which possess both fluidity of liquids and optical and electrical anisotropy of crystals. LC display devices are widely used in society, making LCs one of the most familiar “Soft Crystals”. LCs are categorized by the types of alignment (see Fig.1). In this presentation, we report on research examples of display devices using highly ordered smectic (Sm) and discotic (Dc) LCs.<sup>1)</sup> Specifically, we review device properties of ferroelectric LC display device (FLCD) employing chiral SmC phase.<sup>2)</sup> Fig.2 shows the switching principle of FLCD. Furthermore, we introduce an extremely unique phenomenon: “layer-directional movement of LC molecules induced by alternating voltage.” We also discuss device properties of OLED using Dc and Sm LCs as carrier transport layers.<sup>3)</sup>  
**Keywords :** *Ferroelectric Liquid Crystal; Smectic; Discotic; OLED; Electroluminescence*

液晶は棒状または平板状の分子が自発的に分子配向する物質であり、液体の流動性と結晶の異方性の性質を併せ持つ光機能材料である。これを利用した液晶表示デバイスは社会に幅広く普及しており、液晶はソフトクリスタルの中で最も身近な物質と言える。図1のように液晶は配列状態により分類される。本講演では、スメクティック (Sm) 液晶など高秩序配列の液晶を利用した表示デバイスの研究例を紹介する<sup>1)</sup>。具体的にはカイラルSmC相を用いた**強誘電性液晶デバイス (FLCD)**の配向技術と電気光学特性を概観する<sup>2)</sup>。図2のようにFLCDでは、自発分極と透明電極間に印加する電界との作用により2状態間のスイッチングを行い、それを直交偏光板で挟むことで複屈折により明暗を表示する。さらに極めて特異な現象である「交流電圧による液晶分子移動」に関して述べる。これはFLCの表示状態を維持できる低い交流電圧を印加した時、液晶分子がSm層方向(図2の左右方向)のどちらかに並進移動する現象である。他に**有機ELデバイス**の電荷輸送層にSm液晶やディスコティック液晶を用いたデバイス特性についても報告する<sup>3)</sup>。



**Fig.1** Schematic Illustration of Molecular Alignments in Nematic and Smectic LC.



**Fig.2** Switching Principle of FLC device:  
The symbols '⊙' ⊗' denote direction of applied electric field and spontaneous polarization.

- 1) 本報告は、キヤノン(株)の公知文献に基づくものである
- 2) (a) J. Kanbe ら, *Ferroelectrics*, **1991**, 114, 3-26 (b) M. Terada ら, *Ferroelectrics*, **1993**, 149, 283-294 (c) A. Tsuboyama ら, *IDRC'92*, **1992**, 53-56 (d) 特開平 4-316016 特開平 5-203955
- 3) 特開 2001-167887、特開 2001-163888、特開 2002-163926 など

## 透明フレキシブル電波反射フィルムの研究開発とその応用発展

(積水化学<sup>1</sup>) ○野本 博之<sup>1</sup>

Research and Development of Transparent Flexible Radio Wave Reflection film and its Application Development (<sup>1</sup>*Sekisui Chemical Co., Ltd.*) ○Hiroyuki Nomoto<sup>1</sup>

In a broad sense, metamaterials mean "substances that exhibit functions beyond those found in nature." If expressed more concretely, they can be called "a material system that directly affects the apparent parameter by aligning structures below the wavelength". Especially when electromagnetic waves are used, they are called electromagnetic metamaterials.

In recent years, electromagnetic metamaterials have been increasingly used in mobile communications using microwaves. Their applications are antennas for communications and devices related to radio wave propagation control such as reflectors. This is because millimeter to micro - order wiring processing technology based on semiconductor manufacturing technology has become inexpensive. As a result, applications have been actively explored.

Reflectors used for microwave and other communications are called RIS (Reconfigurable Intelligent Surface). There are stages from normal reflection without power supply to dynamic control of reflection direction with power supply. Metamaterials are used for RIS to control the reflection direction and to select the frequency to be reflected. Metasurfaces, a form of metamaterials suitable for RIS, control the phase distribution of reflected waves and the direction of reflected waves by shifting the timing of reflected waves in the surface.

Sekisui Chemical began research on metamaterial technology in 2004 with the background of research and development on semiconductor processing technology and photonic crystals. In 2021, Sekisui Chemical developed a transparent flexible radio wave reflective film based on the concept of metamaterials. This transparent flexible radio wave reflective film transmits visible light, is transparent and flexible, and completely reflects microwaves. In the wireless communication field, the material that totally reflects microwaves is only a conductor and a thick metal plate, and it is novel that it can be made of transparent materials. This transparency is especially effective when it is implemented in society. It does not disturb the appearance, and it has the potential to create unprecedented value such as being able to see things behind it. Moreover, because it is thin and flexible, it can be implemented anywhere in society.

In this lecture, we will explain how materials from the chemical field such as "Transparent Flexible Radio Reflection Film" are being accepted in the wireless communication field with examples. In particular, applications for 5G communication and development of experimental facilities for wireless communication between autonomous mobile bodies will be explained.

*Keywords : Metamaterials; 5G; RIS*

メタマテリアルとは、広義には「自然界にある物質を超える機能を示す物質」を意味する。より具体的に表現するならば、「波長未満の構造体を整列させることにより、見た目の屈折率に直接作用する材料系」といえる。特に電磁波について扱う場合、電磁メタマテリアルと呼ばれる。

近年、電磁メタマテリアルは、マイクロ波を用いた移動体通信において用いられることが増えてきた。用途は、通信用のアンテナや、反射板などの電波伝搬の制御に係るデバイスである。半導体製造技術をもとにしたミリ～マイクロオーダーの配線加工技術が安価となってきたことが背景にある。これにより試作規模が増大し、用途探索が進んだ。

マイクロ波などの通信に用いられる反射板は RIS (Reconfigurable intelligent surface) と呼ばれる。電力の供給を受けず正規反射のみを行う段階から、電力の供給を受けて反射方向を動的に制御する段階までが存在する。RIS にメタマテリアルが用いられる理由は、反射方向の制御を行うことや、反射する周波数を選択するためである。RIS に好適なメタマテリアルの一形態であるメタサーフェスは、面内での反射波が生じるタイミングをずらしていくことで、反射波の位相分布を制御し反射波の向かう方向を制御している。

積水化学は、半導体加工の技術やフォトニック結晶に関する研究開発を背景に、メタマテリアルを扱う技術について 2004 年より研究を開始し、2021 年にメタマテリアルの考え方を設計に用いた透明フレキシブル電波反射フィルムを開発した。この透明フレキシブル電波反射フィルムは、可視光を透過し、透明かつフレキシブルでありながら、マイクロ波を全反射する特性を持つ。無線通信分野においては、マイクロ波を全反射する材料は、導体であり、分厚い金属板しかなく、透明なもので作成できること自体が目新しい。この透明性は、特に社会実装する際に効果があり、外観を損ねない他、裏側にあるものを見ることができるなど、これまでにはない価値を生む可能性を秘めている。また、薄型かつフレキシブルであることから、社会実装する場所も選ばない。

本講演では、「透明フレキシブル電波反射フィルム」のような、化学分野から生じた材料が無線通信分野でどのような形で受け入れられつつあるのか、事例を交えて説明していく。特に、5G 通信向け用途や、自律移動体間の無線通信に係る実験設備の開発用途について説明する。

## 蛍光性二色性色素を用いた偏光発光フィルムの開発

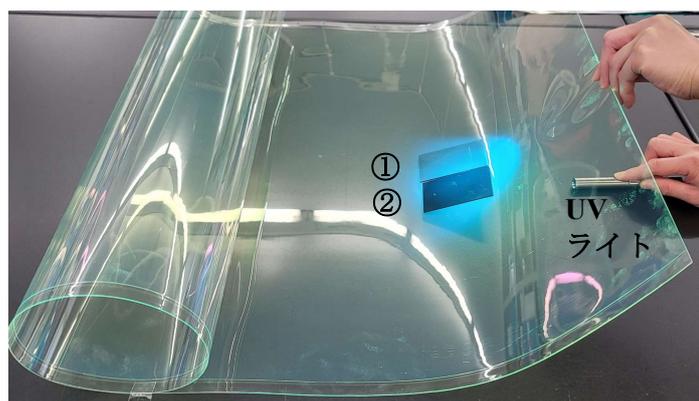
(日本化薬株式会社<sup>1)</sup> ○田中興一<sup>1</sup>・菅原健史<sup>1</sup>・松宮卓也<sup>1</sup>・久住貴大<sup>1</sup>  
 Development of polarized luminescent film using fluorescent dichroic dye (<sup>1</sup>NIPPON KAYAKU CO.,LTD.) ○Koichi Tanaka,<sup>1</sup> Takeshi Sugawara,<sup>1</sup> Takuya Matsumiya,<sup>1</sup> Takahiro Kusumi<sup>1</sup>

Generally, polarizing film is an essential optical film for liquid crystal displays and organic electroluminescent displays. Polarizing films can obtain polarized light by absorbing light with dichroic dyes oriented in a specific direction. In our study, by using our new fluorescent dichroic dyes, we have achieved to produce films that emit polarized light on a mass production scale. In this presentation, we will discuss the development of this film and our future vision.

*Keywords : Optics; Polarization; Fluorescent dichroic dye*

偏光フィルムは液晶ディスプレイや有機エレクトロルミネッセンスディスプレイに必要な不可欠な光学フィルムである。一般的に、偏光フィルムは特定の方向に配向した二色性色素が光を吸収することにより、透過した光を偏光とすることができるが、我々は新たに開発した蛍光性二色性色素を用いることにより、偏光発光するフィルムが得られることを見出だした。これまでに、この偏光発光フィルムが透明ディスプレイへ応用できることを提案している<sup>1)</sup>が、量産できる技術は確立できていなかった。

本検討では、新たに開発した蛍光二色性色素と当社の偏光フィルム生産設備を用い、偏光発光フィルムの量産化を検討した結果、色素を吸着させるベースフィルムの膨潤処理工程、蛍光二色性色素の染色処理工程、偏光機能を発現させるための延伸処理工程、延伸後の偏光発光素子と保護フィルムとの貼合処理工程の条件を確立することによって、偏光発光フィルムを連続して生産できる製造技術を確立することができた。本報告ではその検討の経緯と今後の展望について説明する。



- ① 通常偏光板透過軸を発光偏光軸に対し平行ニコル配置
- ② 通常偏光板透過軸を発光偏光軸に対しクロスニコル配置

1) N. Mochizuki, R. Morita, *SID* **2018**, 49, 989.