



液晶技術は、情報表示ディスプレイ開発を牽引力として研究が進展してきました。最近では、フォトニクス材料としての研究・開発や表示素子以外の光変調素子としての研究・開発も新しい材料やモードの発見・発明に伴って新展開を見せはじめています。「液晶」に関連するサイトは無数にありますが、今回は光変調素子に用いられる液晶とその応用を取り上げた Web サイトを中心として、その中からいくつか紹介します。

1. 液晶チュートリアル

主な液晶技術を hyper text として構成した液晶チュートリアルの Web サイトが、Case Western Reserve University の polymers & liquid crystals [<http://plc.cwru.edu/tutorial/enhanced/main.htm>] である。ネット上で現状の液晶技術を概観するには最適の教材である (図 1)。Chalmers University of Technology の Lagerwall グループの Web サイト [<http://fy.chalmers.se/lc/index.html>] には LC art gallery が開設されていて、サーモトロピック液晶の相変化の画像がわかりやすい解説付きで掲載されている。

2. 液晶ディスプレイの作り方

液晶は近年では情報表示ディスプレイを中心に開発が進んできた。液晶技術においてはアクティブマトリクス液晶表示装置 (AM-LCD) を抜きに考えることはできない。AM-LCD は、従来は主に a-Si TFT で液晶素子を駆動する方式を指していたが、最近の低温 p-Si 作製技術の進歩によって LSI も大判のガラス基板上に作り込むことが可能となってきており、今後の発展が期待されている。香港科学技術大 (HKUST) の Centre for Display Research (CDR) のサイト [<http://www.ee.ust.hk/~cdr/>] では、ツイストネマティック (TN)、スーパーツイストネマティック (STN) をはじめとしたディスプレイに用いられる各モードの説明から実際の液晶ディスプレイの製法まで簡単に説明されている。CDR の試作ラインも写真入りで紹介されている。また、液晶ディスプレイ技術全体を簡単にまとめたシャープの Technology Library [http://www.sharp.co.jp/sc/library-e/techn_top/top1_e.htm] もわかりやすい。

3. Analog FLC (ferroelectric liquid crystal)

液晶材料のうち誘電率の異方性のみを利用して電界駆動

をおこなうネマティック液晶に比較し、分子のもつ自発分極の電界による駆動を利用して分子方向の制御をおこなう強誘電性・反強誘電性液晶は高速応答 ($\sim \mu\text{s}$) が期待できる。最近、反強誘電性液晶の閾値をもたない V-shaped switching モードやバナナ型分子による強誘電・反強誘電相の研究など強誘電性・反強誘電性液晶分野の新たな展開があった。光変調素子への応用という観点からいうと、電界強度変調により連続的に位相変調を高速におこなえることは魅力的である。前記した V-shaped switching モードや高分子安定化強誘電性液晶 (FLC)、それに従来からの deformed helical FLC モードなどの総称として analog FLC という強誘電性・反強誘電性液晶で連続的に屈折率分布を高速で電界制御できる手法の研究領域が形成されてきた。Analog FLC 関連は進展の著しい分野で総論としてまとまっているサイトはまだ存在しないようだが、Web 上では、コロラド大の Ferroelectric Liquid Crystal Materials Research Center (FLC MRC) の Web サイト [<http://bly.colorado.edu/mrc/>] や東工大の竹添・石川研 [<http://www.op.titech.ac.jp/lab/Take-Ishi/html/T&I.Lab.html>] の Web サイトが参考になる。

4. 液晶フォトニクス等

従来の液晶応用が電界で液晶分子の配列を制御するパッシブな光変調素子としての用いられ方が主だったのに対して、最近、液晶をフォトニクスの材料として用いる研究やアクティブな半導体材料として可能性を探る研究が活発になってきた。日本液晶学会 (下記 6. 液晶リンク参照) の液晶フォトニクス・光デバイス研究フォーラムでこのようなテーマが扱われている。有機半導体材料としての液晶材料についての紹介が東工大の半那研のサイトにある [<http://monkey.isl.titech.ac.jp/~hanna/index.html>]。

5. 液晶分子の SPM (scanning probe microscope) 像

液晶分子は SPM の観察対象としても多く取り上げられている。Bristol 大学物理学科の SPM の Web サイト [<http://polymer.physics.bristol.ac.uk/spm/>] では液晶分子の SPM 観察像を検索することができる。

6. 液晶リンク

「液晶」応用の研究分野は、多岐にわたっている。ここでは、Web 上で液晶関連の技術情報を探し出すのに役立つサイトをいくつか紹介する。

Introduction to Liquid Crystals

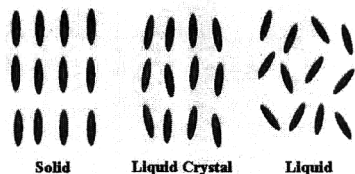
The study of liquid crystals began in 1888 when an Austrian botanist named Friedrich Reinitzer observed that a material known as cholesteryl benzoate had two distinct melting points. In his experiments, Reinitzer increased the temperature of a solid sample and watched the crystal change into a hazy liquid. As he increased the temperature further, the material changed again into a clear, transparent liquid. Because of this early work, Reinitzer is often credited with discovering a new phase of matter - the liquid crystal phase.

Liquid crystal materials are unique in their properties and uses. As research into this field continues and as new applications are developed, liquid crystals will play an important role in modern technology. This tutorial provides an introduction to the science and applications of these materials.

What are Liquid Crystals?

Liquid crystal materials generally have several common characteristics. Among these are a rod-like molecular structure, rigidity of the long axis, and strong dipoles and/or easily polarizable substituents.

The distinguishing characteristic of the liquid crystalline state is the tendency of the molecules (mesogens) to point along a common axis, called the director. This is in contrast to molecules in the liquid phase, which have no intrinsic order. In the solid state, molecules are highly ordered and have little translational freedom. The characteristic orientational order of the liquid crystal state is between the traditional solid and liquid phases and this is the origin of the term mesogenic state, used synonymously with liquid crystal state. Note the average alignment of the molecules for each phase in the following diagram.



It is sometimes difficult to determine whether a material is in a crystal or liquid crystal state. Crystalline materials demonstrate long range periodic order in three dimensions. By definition, an isotropic liquid has no orientational order. Substances that aren't as ordered as a solid, yet have some degree of alignment are properly called liquid crystals.

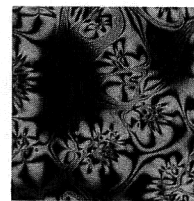
To quantify just how much order is present in a material, an order parameter (S) is defined. Traditionally, the order parameter is given as follows:

図1 Case Western Reserve University の Polymers & Liquid Crystals のサイト [<http://pcl.cwru.edu/tutorial/enhanced/main.htm>].

- 日本液晶学会 [<http://wwwsoc.nacsis.ac.jp/jlcs/>]
- 国際液晶学会 [<http://alcom.kent.edu/ILCS/>]
ALCOM (advanced liquid crystalline optical materials) [<http://alcom.kent.edu/ALCOM/ALCOM.html>] (図2) は Kent 州立大等を中心とした北米の液晶研究一大拠点である。Kent 州立大のホームページ [<http://www.lci.kent.edu/index.html>] には液晶研究の歴史の解説もある。
- 英国液晶学会 [<http://friedel.dur.ac.uk/~dch0mrw/blcs/blcs.html>]
- 液晶材料のデータベース [<http://liqcryst.chemie.uni-hamburg.de/>]
- FPD 関連
SID (The Society for Information Display) [<http://www.sid.org/index.shtml>]
SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) [<http://www.semi.org/>]
- コロラド大学 [<http://bly.colorado.edu/mrc/links/>]

Welcome to **ALCOM**, the National Science Foundation Science and Technology Center for

Advanced
Liquid
Crystalline
Optical
Materials



Liquid crystal photo provided by Professor Oleg D. Lavrentovich.



Search the ALCOM web site.

Before 1980, liquid crystals were virtually unknown. Today, they are all around us. They are used in the displays of calculators, lap-top computers, and pocket television sets; they are an important component of high-strength fibers; and they occur naturally in cell membranes of biological systems. Their greatest technological impact has been in displays, where liquid crystals are second only to the cathode ray tube in a multi-billion-dollar market. Their greatest potential is in tomorrow's flat-panel television, optical computers, and integrated optical devices for communications. It is not surprising, then, that research into advanced optical materials is a high priority in such technologically advanced countries as Japan and Germany.

In order to remain competitive, the U.S. needs an equally strong, integrated, interdisciplinary approach to the understanding, design, and production of these materials. It is the mission of the National Science Foundation Science and Technology Center for Advanced Liquid Crystalline Optical Materials (ALCOM) to provide that focus.

Based at the Liquid Crystal Institute at Kent State University, ALCOM consolidates the internationally recognized and complementary expertise of scientists from Kent State University, Case Western Reserve University, and the University of Akron and integrates their activities with liquid crystal research worldwide.

The ALCOM consortium serves as an essential link between the academic and business worlds through workshops where industrial and government researchers can obtain meaningful training. Here, too, participating industry can acquire prototypes needed for funding or market study and advanced materials for the development of new or improved projects.

1999 ALCOM Research Projects

Alignment and Surface Induced Phenomena

New Materials and Effects

Device Modeling and Applications

Optical Switching and Storage

Heterogeneous Structures

ALCOM Information

Principal Investigators

Industrial Partnership Program

Symposia, Seminars, Short courses, and Workshops

ALCOM Update Newsletters

ALCOM Education

図2 Kent 州立大学の ALCOM のサイト [<http://alcom.kent.edu/ALCOM/ALCOM.html>].

[mrclink.html](http://www.mrclink.html)]

g) 光学関連学会

光学関連の学会でも液晶素子や液晶素子を応用した研究の発表の機会を提供している。

OSA [<http://www.osa.org/>]

SPIE [<http://www.spie.org/>]

IEEE [<http://www.ieee.org/>]

7. その他

薬局で購入可能な薬品と水からライオトロピック液晶を作りアクセサリーを作製する方法が愛知技術短期大学の伊藤敏先生の HP に示されている [<http://www.infonia.ne.jp/~itous/index.html>].

本記事に関するご意見やお問い合わせは, ide@citizen.co.jp, itoh@bk.tsukuba.ac.jp, または optics@kobe-u.ac.jp までお願いします。