

光誘起電界による分子運動の変調に基づく動的ホログラムの形成

研究代表者

佐々木健夫 東京理科大学理学部第二部



1. 研究の背景と達成目標

強誘電性液晶を用いたフォトリフラクティブ材料の開発を目指す。フォトリフラクティブ効果とは、光起電力効果（光が当たると電圧が発生する）と電気光学効果（電圧が印加されると屈折率が変化する）を同時に示す透明な物質で見られる現象である。フォトリフラクティブ物質中で光を干渉させると、干渉縞が屈折率の変化として物質中に記録される。これは可逆的な記録であり、書き込まれた縞模様（ホログラム）は速やかに消去することが可能である。これを利用すれば書き換え可能なホログラムやコヒーレント光増幅などが可能になる。強誘電性液晶を用いることで、入力光信号に対して高速に応答するフォトリフラクティブ材料が得られる。これまでに知られているフォトリフラクティブ材料の応答時間は100ミリ秒程度であったので、これを数ミリ秒まで高速化することを目指す。

2. 主な研究成果と社会、学術へのインパクト

- ・フォトリフラクティブ効果を示す新たな強誘電性の液晶混合物を開発した。
- ・開発した液晶が非常に大きなフォトリフラクティブ効果を示すことを見出した。
- ・本研究で開発したフォトリフラクティブ強誘電性液晶が、動的ホログラムや光のコヒーレント増幅に用いることが可能な有力な材料であることを示した。

3. 研究成果

光導電性キラルドーパントを含む強誘電性液晶混合物は大きなフォトリフラクティブ効果を示した。以前に知られていた強誘電性液晶のフォトリフラクティブ効果の大きさは、2光波結合利得定数として70 cm⁻¹程度であったが、本研究で得た強誘電性液晶混合物は800 cm⁻¹という非常に大きな利得定数を示した。また応答時間は8 msと高速であり、デジタルホログラムにおける物体光のコヒーレント増幅などに用いることが可能である。

コンピューターで生成した動画を空間光変調素子（SLM）を介してレーザー光（488nm）に乗せ、これを物体光として強誘電性液晶混合物に入射した。さらにリファレンス光を入射して強誘電性液晶混合物中で干渉させ、ホログラムを形成させた。ホログラム像の再生光（633 nm）を照射すると強誘電性液晶混合物は充分高速に応答し、スムーズに動く動画をホログラム像として再生した。

4. 今後の展開

フォトリフラクティブ効果が最も威力を発揮するのは、光信号の増幅である。2光波結合によって、コ

ヒーレントな光増幅を行うことができる。これを用いれば、物体からの反射光をその波面を乱さずに増幅することができる。そうすれば、これをデジタルホログラフィー技術と組み合わせることにより、対象物体との距離や振動を正確に測定するデバイスを構築することができる。特に、応答が高速な強誘電性液晶の感度を赤外領域まで広げることができれば、車載用レーザーレーダーや、皮膚下の腫瘍などを可視化する光コヒーレンストモグラフィーが可能となる。

5. 発表実績

論文、総説

- (1) Photorefractive Effect in Ferroelectric Liquid Crystals, Takeo Sasaki, *Advances in Ferroelectrics*, (Tajana Jevtic (Ed.) INTECH), (2012), in press.
- (2) Photorefractive Effect of Photoconductive Liquid Crystalline Mixtures Composed of Photoconductive Chiral Compounds and Liquid Crystal, T. Sasaki, D. Miyazaki, K. Akaike, M. Ikegami and Y. Naka *J. Mater. Chem.*, **21**, 8678-8686 (2011).
- (3) Photorefractive Ferroelectric Liquid Crystals, Takeo Sasaki, *Ferroelectrics / Physical Effects* (M. Lallart (Ed.) INTECH), Chapter 21, 487-506 (2011).
- (4) 「フォトリフレクティブ効果と液晶フォトリフレクティブ材料の開発」, 佐々木健夫, *最新フォトニクスポリマー材料と応用技術* (小池康博、平坂雅男 監修、CMC 出版), 第5章, 151-157 (2011).
- (5) Influence of the Physical Properties of Ferroelectric Liquid Crystal Mixtures on the Photorefractive Effect A. Katsuragi, T. Abe, H. Endo and T. Sasaki, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **533**, 27-41 (2010).
- (6) 「高分子フォトニクス:フォトリフレクティブ材料」, 佐々木健夫, *高分子(高分子学会誌)*, 59, 332-313, (2010)

招待講演

- (1) Real-time Dynamic Hologram Formation in Photorefractive Ferroelectric Liquid Crystals
Takeo Sasaki, Masashi Ikegami, Satoshi Kajikawa, Takashi Sato, Komei Akaike and Yumiko Naka
ICEAN-2012: International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (Brisbane, Australia),
October 20, 2012
- (2) Formation of Dynamic Hologram in Photorefractive Ferroelectric Liquid Crystals
Takeo Sasaki,* Masashi Ikegami and Yumiko Naka
International Conference of Photopolymer Science and Technology (Chiba, Japan), June 26, 2012
- (3) Photorefractive effect of ferroelectric liquid crystal mixtures, T. Sasaki and Y. Naka
THE 15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCED DISPLAY MATERIALS & DEVICES
(Kumamoto, Japan), June 30, 2011
- (4) 光解重合性ポリオレフィンスルホン, 佐々木健夫, ラドテック講演会, 2010年11月27日(学士会館)
- (5) Photorefractive Effect in Ferroelectric Liquid Crystal Mixtures
T. Sasaki, 11th Chitose International Forum on Photonics Science and Technology (CIF'11, Chitose, Japan),
October 14-15, 2010

国内学会発表

高分子学会、液晶学会等、総数 34 件