

FLC2007 ショート速報[液晶]

長谷川雅樹(メルク)

会議名：11th International Conference on Ferroelectric Liquid Crystals

開催期間：2007年9月3日－7日

開催場所：Hokkaido University (Sapporo, 日本)

*****要約*****

LCDの応答速度向上が頭打ちになってきた。このため、より高速に応答する強誘電性液晶(FLC)が最近見直されてきた。このような状況の中で開催された FLC 07 である。これまでの会議ではスメクチック液晶分子と相構造の関係など、応用とはかけ離れた学術的な議論が大半であった。しかし、今年は日本で開催されたこともあり、シチズンや大日本インキ、大日本印刷などが試作品を展示するなどディスプレイへの応用、実用化をめざした報告が数多くなされ、実用化研究に活気が戻ってきた会議であった。

1. はじめに

1990年代に強誘電性液晶は視野角の広さ、高速応答性からディスプレイ材料として注目を集め、数多くの材料が合成され、実用化研究が盛んになされた。しかし、その配向、駆動の難しさから大型テレビとしては実用化されず、マイクロディスプレイとして細々と生きてきた。一方、ネマチック液晶を使ったディスプレイは大型化、広視野角化、高速応答化が進み、非常に優れた画質を実現した。ただ、応答速度に関してはさらに改善することが望まれているが、すでに多くの技術開発が適用され、これ以上の改善は困難な状況である。このため、自発分極を持ち、分子間の協調動作によってもともと高速に応答する強誘電性液晶が再び注目されてきた。このような背景で開催された FLC2007 では、実用化研究が数多く報告された。以下に応用を主眼においてそれぞれの報告を分類し、その概要を述べる。

2. 新規材料

招待講演では、京都大学の R. Tamura らが磁化異方性の大きな液晶分子の報告をした。これまで液晶分子の磁化異方性は小さく、磁場との相互作用のためには非常に大きな磁場を必要とした。しかし、彼らが合成した金属原子を含んだ新しい分子構造の液晶は、強誘電性と共に常磁性や強磁性を示し、小さな磁場でも分子の配向が変化し、電気や光学特性を変えられるので、新しい応用が考えられる。水の上に置いた上記の磁性体液晶が磁石に引き寄せられる様子は、非常に興味深かった。また、千葉大学の K. Kishikawa らは電氣的に分子構造を変化させられるカラムナー構造を取る強誘電性液晶を報告した。この分子はプロペラのような形状をしており、羽根の部分の向きが電場によって変化する。このような液晶は分子レベルのメモリーを実現できる可能性を持っており、非常に期待されている。

3. ドゥブリース型 FLC

分子がコーンアングル上をランダムに向いているドゥブリース(de Vries)型のスメクチック液晶が多く報告された。Queen's Univ.の R. Lemieux らは末端にシロキサンを付加したフェニルピリミジン分子がドゥブリース型を示すことを報告した。Univ. of Colorado の C. Jones らはドゥブリース型液晶の電傾効果の周

波数依存性について報告した。また、Uviv. of Strathclyde の M. Osipov らはこの型を示す液晶分子のモデルを報告した。この型の液晶は、スメクティック A(SmA)相から C(SmC)相への相転移での層間隔の変化が小さいため層構造を安定化できる。また、SmC 相で電傾効果を示すため、中間調の表示が可能となる。FLC はその高速応答性と視野角の広さから 1990 年代にディスプレイへの応用研究が数多くなされたが量産には至らなかった。これは SmA 相から SmC 相への転移における相間隔の収縮による配向の乱れや、分子配向方向が二値で変化する二値動作のため、現在では電子ビューアーなどのマイクロディスプレイに製品化が限られている。しかし、このドゥブリースタイルの FLC を用いれば、現在の LCD テレビと同様の駆動方式でも中間調表示が可能となり、さらなる高速応答が要求される液晶テレビへの応用が期待される。

4. ブルー相

ブルー相は、らせん軸が異なる方向を向いた複数のらせん状の構造体が、立体的に周期構造を取っている液晶相で、らせん軸の立体周期構造のピッチによる特性反射によって、青色に見えるところからその名がつけられた。ブルー相自体は光学的に等方的で、電圧を印加することでネマチック相に転移する。この電場励起相転移が高速であることから電気光学デバイスへの応用が期待されている新しい液晶相のひとつである。しかし、ブルー相は等方相とネマチック相の間の 1°C 程度の非常に狭い温度範囲でしか存在しなかった。最近、九州大学の H. Kikuchi らはモノマーを添加し、ブルー相で重合させることでブルー相の温度範囲を大きく広げられることを示した。FLC07 では弘前大学の A. Yoshizawa らが、極性基を導入した T 型のキラル分子が 10°C 前後の比較的広い温度範囲でブルー相 III を示すことを報告した。

5. ディスプレイ

大日本印刷の M. Okabe らはインクジェット印刷法によって FLC をガラス基板に塗布し、もう片側の基板を合わせることでセルを作製する方法を報告した。最近の LCD は one drop fill と呼ばれる方法で液晶を注入しており、Okabe らも加熱したガラス基板に対して、同様の方法で注入を試みた。しかし、FLC が N 相で広がる際に、ドロプレット間の界面で配向乱れが起きた。このため、インクジェット印刷法によって滴下量を 1/2~1/3 とし、ドロプレットの間隔を分子配向方向と垂直方向に 20um、平行な方向に 11mm とすることで、液晶が流れる方向と配向方向を一致させ、良好な配向を得た。インクジェット印刷法によって液晶を噴射するためには液晶の粘度を下げる必要があり、ヘッドを 90°C に加熱した。配向にも工夫がされており、片側基板には Linearly Polymerized Polymer(LPP)と呼ばれる光配向膜だけを、もう片側にはこの配向膜の上にさらに液晶性ポリマー(LCP)を塗布した上下非対称の配向膜になっている。用いた FLC の相系列は Cryst.->SmC*->N*->Iso で、通常良い配向が得られるとされる SmA 相を持たない。この FLC は half-V モードで駆動しており、中間調の表示が可能である。試作したパネルは 3 インチの VGA で、カラーフィールドシーケンシャル駆動であった。

大日本インキの T. Fujisawa らは FLC に光重合性モノマーを添加し、高分子ネットワークを形成させることで配向を安定化させ、中間調表示を可能にした Polymer stabilized V-shaped FLCD(PSV-FLCD)をカラーフィールドシーケンシャル駆動したディスプレイを報告した。光照射による高分子ネットワークの形成時には、交流電圧を印加している。PSV-FLCD は 4 インチで、800x600 ピクセルの TFT 駆動パネルによって駆動し、会場で動画像を表示していた。TFT 基板は半導体研究所で作製され、Continuous Grain(CG)シリコンで構成された Chip on Glass となっている。新規に合成した添加モノマーと FLC によって駆動電圧を下げ、

さらに駆動電圧と透過率の関係の温度依存性を小さくした。応答速度は 400 μ sec. で、カラーフィールドシーケンシャルの駆動周波数はRGB合わせて 180Hzであった。また、バックライトは 3 色のLEDを順次点灯させていた。自発分極は、高分子ネットワーク形成前は 34nC/cm²であったが、形成後は 18nC/cm²と減少している。これはネットワークによるコーン角の減少と配向軸の分散によると思われる。実際に表示された画像は非常に鮮明であった。駆動周波数がフレームにすると 60Hzで低いため、時折カラーブレイクが気になった。

またシチズンの K. Iio らは配向膜として SiO を用いてチルト角を大きくし、配向を安定化させた FLC と 0.12mm 厚のポリスルホン(PSF)基板を用いたフレキシブルな電子ペーパーを報告した。基板面の垂直方向から 85.5°傾けた方向から SiO の斜法蒸着を行った。また、フォトリソグラフィーでパターンニングした熱硬化性樹脂のスペーサーを 50 μ m 間隔で配置させることでセルギャップの均一性を高めた。セルギャップは 1.7 μ m で表面安定化 FLC(SSFLC)となっており、メモリー性を有しているため、パッシブ駆動となっている。同じくシチズンの K. Noguchi らは同様の配向処理を行った腕時計用のドットマトリクス小型ディスプレイを報告した。SiO の斜法蒸着によってジグザグ欠陥をなくし、配向性とメモリー特性を向上させた。このメモリー性によって STN による同様のディスプレイと比べて 1/100 の消費電力を実現した。このディスプレイは高速応答性が要求されないため、駆動パルスの幅を広くすることで駆動電圧を 5V に押さえることができた。

反強誘電性液晶(AFLC)を電場制御複屈折(Electrically controled birefringence: ECB)モードで使うディスプレイを Moscow State Univ.の A. Emelyanenko らが報告した。電場誘起による AFLC と FLC の中間相は複屈折が変化するため、透過光のスペクトル分布が変化し、色が変わる。色度図における面上の色は表示できないが、ある範囲の色を表示することはできる。

ディスプレイではないが FLC の応用として溶接マスク用の高速シャッターを CNRS の B. Caillaud らが報告した。現在、溶接マスクではネマチック液晶が用いられているが応答速度と消光比が十分でないため複数枚の液晶パネルが使われている。溶接マスクでは耐衝撃性が要求されるため、高分子安定化 FLC あるいは AFLC がこの用途への応用が期待され、現在テストが行われている。

6. 微粒子の添加

最近、液晶にナノ粒子を混合することで応答速度の向上、駆動電圧の閾値低下が報告されている。FLC07 では粒子混合に関して二件の報告がなされた。Kent State Univ.の J. West らは招待講演で強誘電性のチタン酸バリウムや Sn₂P₂S₆ 粒子をネマチック液晶に混合することで、誘電率が上昇し、応答速度が改善されることを報告した。West らはこのような効果が得られる条件として、粒子の大きさは配向に影響を及ぼさず、なおかつ強誘電性を保つ 1 ミクロン以下 10nm 以上と示した。また、粒子の混合濃度は、粒子同士の結合を防ぎ、なおかつ液晶の電気光学特性に影響を与える 1% 以下 0.01% 以上が必要であると報告した。彼らは粒子を液晶中に分散させるためにオレイン酸と粒子を混合し、粒子表面をオレイン酸で被い、さらにヘプタン中に分散させてから液晶と混合する。このときのオレイン酸の濃度は粒子表面を十分に被うだけの濃度で、なおかつ粒子の強誘電性を損なわない程度に低い濃度である必要があると報告した。これら粒子の大きさ、濃度、オレイン酸の濃度の組み合わせは非常に狭い範囲でしか液晶の特性改善が行われず、液晶中の粒子の混合の難しさを強調していた。彼らの実験では、粒子を混合したとき、液晶分子の秩序度は高くなり、等方相への転移点は上昇、さらに屈折率異方性、誘電率異方性ともに上昇する。この結果は、山口東京理科大の

S.KobayashiらのPd、Ag粒子の混合とは異なり、粒子混合による液晶の特性改善は、粒子自体の特性、混合時の粒子表面の処理方法によって大きく異なると思われる。また、Univ. of LjubjanaのM. CopicらはWestらと同様の粒子を用いているが、その大きさは数nmで、Westらが強誘電性が失われると報告した小さな粒子である。しかし、Copicらは、粒子は強誘電性であったと述べている。ナノ粒子自体の特性も、その作製プロセスに大きく依存するようである。液晶への粒子混合は新たな液晶を合成したり、新たな混合物を作ることなく特性を改善できる可能性があるが、粒子の作製や液晶への混合プロセスに大きく依存するため、再現が困難であろう。実用化のためには粒子の表面状態や、液晶中への分散状態の評価手法を確立する必要があると思われる。

7. バナナ型液晶

かつての強誘電性液晶の研究者の多くはバナナ型の液晶の研究を行っており、強誘電性液晶のホットな話題はバナナ型液晶の様々な相構造とその起源に集まっている。FLC07でも多くのバナナ型液晶の報告がなされた。Warsaw Univ.のD. Pocięchaらはバナナ型液晶によるカラムナー構造の電子密度をX線回折の実験から測定し、相の構造を解析した。

8. おわりに

上で述べたように FLC07では、強誘電性液晶の様々な可能性が報告された。ナノ粒子やナノインプリント、ポリシリコン TFTなどの周辺技術の進歩により、強誘電性液晶の実用化も以前より容易になっている。強誘電性液晶の実用化の進展を予想させる国際会議であった