

論文の内容の要旨

申請者 ドン クォック トアン

論文題目

配向ナノファイバー／液晶複合素子の電気的光学的特性評価
とその応用に関する研究

液晶はこれまで光学デバイス分野で多く応用され、ディスプレイ分野での液晶の応用は成熟期に至っているとされている。一方、近年高周波デバイス分野で液晶が注目を集めている。液晶をマイクロ波、ミリ波やテラヘルツ波といった高周波デバイスに使用する際、液晶層の厚さが数 10 μm ～数 100 μm となるため、電圧を除去した際の液晶の立ち下がり応答時間が数 10 秒以上と応用上の大きな課題がある。この問題を解決するため、本研究ではナノファイバー作製法の一つであるエレクトロスピンニング法によりナノファイバーを一方向に配向させる方法を確立するとともに、配向したナノファイバーを用いナノファイバー／液晶複合素子を作製し、そのデバイスの電気光学的特性について評価を行う。

本研究の目的を達成するには、まずエレクトロスピンニング法を用い配向ナノファイバーの作製条件を確立し、それをねじれネマティック液晶セルに配向膜として導入し、液晶を配向する効果を確認した。配向ナノファイバーの作製に関しては、電界を集中させることにより一様配向したナノファイバーが実現された。このようにして作製した配向ナノファイバーを液晶の配向膜として液晶セルを作製したところ、ナノファイバーに沿った液晶の配向が確認され、ナノファイバーによる液晶の配向が確認された。

次にナノファイバーの配向度を更に改善し、それを厚い液晶層に導入し作製したナノファイバー／液晶複合素子の電気的光学的特性について調べた。ポリマーの重合度を上げることでナノファイバー堆積領域を狭めることにより、ナノファイバーの配向度を改善することができた。また、複合素子の電気的特性を複素比誘電率測

定系を用い評価したところ、閾値電圧が通常液晶素子と比べ若干増加したが、立ち下がり応答時間が改善された。この結果より、ナノファイバーを導入することで厚い液晶層の応答時間を改善できることを明らかにした。

ナノファイバー特性と複合素子の特性との関係を明らかにするため、ナノファイバーの体積比、材料、直径を変化させた時の複合素子の電気的特性について調べた。また、ナノファイバー／液晶複合素子の利点を明らかにするため、高分子安定化液晶(Polymer Stabilized Liquid Crystal: PSLC)と比較した。その結果、まずナノファイバー特性を選択することで、複合素子の応答時間と閾値電圧を制御することが可能であることを明らかにした。具体的には、複合素子内のナノファイバーの体積比を増加させると、応答時間短縮効果が顕著となるが、複合素子の閾値電圧が増加した。また、液晶複合素子の立ち下がり応答時間はデバイスの厚さに依存せず、ナノファイバーの体積比に依存することが分かった。ナノファイバーの直径が大きい複合素子では、直径の小さいナノファイバーを使用する複合素子と比べ、ナノファイバー間隔が広がるため、応答時間短縮効果が低下したが、閾値電圧が減少した。次に複合素子を PSLC 素子と比べた時、同程度の応答時間を実現するが、約 3 倍低い閾値電圧で液晶素子を動作させることが可能であることを確認した。また、同程度の閾値電圧を有しても、複合素子の応答時間改善効果が PSLC 素子より約 6 倍大きくなった。走査型電子顕微鏡を用い PSLC 素子を調べた結果、構造の違いが PSLC 素子と複合素子の違いであることが示唆された。

最後に応用例として配向ナノファイバーを用い、液晶装荷透過型テラヘルツ波位相変調器の立ち下がり応答時間改善を実現した。液晶層の厚さが 188 μm の素子において、改善前 171 s と非常に長い立ち下がり応答時間が、約 590 分の 1 の 0.29 秒に短縮し、その時の閾値電圧が 30 V となることを確認した。

本研究では、液晶デバイスの応答時間の新しい改善方法を提案しており、それを使用して厚い液晶層を用いるデバイスの致命的な問題である長い応答時間が改善でき、工学的には大変有意義な結果が得られた。