

回転電界駆動による液晶偏光制御デバイス

大寺 康夫*・千葉 貴史*^{**,**}・川上彰二郎^{***}

回転波長板は、光ファイバー通信系中の偏波変動を補正する「偏波スタビライザー」や、各種光素子の偏波依存性の評価用機器として任意の偏波状態を発生する「偏波コントローラー」において中心的な役割を担う光学部品であり、これまでにファイバークランク¹⁾、LiNbO₃ 導波路²⁾ やバルクの電気光学結晶³⁾ 等を用いて実現されてきた。しかし従来の素子はいずれも、大型の駆動装置が必要、光ファイバーとの結合効率が低い、駆動電圧が高い、などの問題点を有していた。

本稿では、これらの問題点を克服するために著者らが開発してきた、液晶を用いた新しい構造の回転波長板について概説する。

1. 動作原理

図1に液晶回転波長板の断面構造を、図2に上面からみた電極配置(8電極型の場合)を示す^{4,5)}。2枚の基板上に光の通る部分(開口)を挟む形で電極を設け、各個に別々の電圧を加え駆動する。初期状態で液晶は垂直配向しているので、入射側からみてセルは等方性である。一方図1(b)のように電圧を印加すると基板に平行な電界が発生し、その方向を主軸とした光学異方性が発現する。

セルのリターデーションは電圧とともに増大するので、適当なところで所定の波長に対しλ/4板、λ/2板相当の値とすることができる。また図1(b)のように電極電圧をわずかに非対称にするのは、液晶層をモノドメインにして、ドメイン境界壁の発生を抑えるためである。

また表裏計16個の電極には、開口内に平坦かつ一様な傾きの等電位面が形成されるように、図に示す電圧を印加する。各電圧をθの値に応じて変化させると、波長板方位が回転する仕組みである(これらの電圧の制御にはパーソナルコンピュータとD/Aコンバーター、そして電圧

増幅回路を用いる)。電氣的に方位の制御を行うため、回転方向および回転角には原理的に制限がないというのが本方式の波長板の特長である。

2. 作製と実験結果

試作した波長1.55μm 帯用λ/2板の特性について紹介する。今回液晶にMERCK社製ZLI-4446(Δn=0.10)を用い、セルギャップと開口はそれぞれ8.5μm、50μmとした。電極の形成にはスパッタリングとフォトリソグラフィを用いた。

図3に駆動電圧と、リターデーション、および波長板方位の微小角(20°)回転に対する応答時間の測定結果を示す。2枚の偏光板の間に回転波長板を配置する光学系にて評価を行った。閾値付近からリターデーションは急激に増大し、高電圧域ではほぼ1/2波長相当分に飽和している。一方応答時間は駆動電圧の2乗にほぼ逆比例し、40Vに

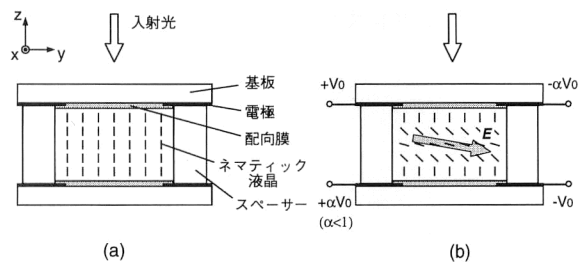


図1 液晶回転波長板の断面図。(a) 初期状態、(b) 駆動電圧を印加した場合。

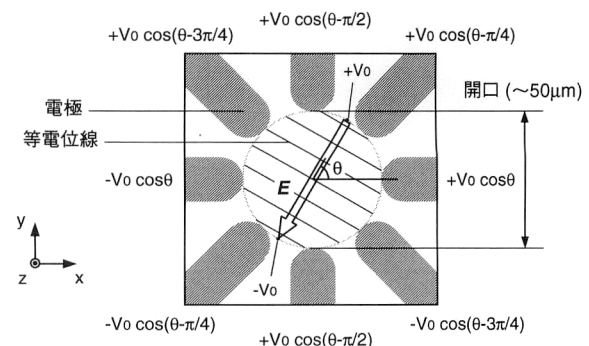


図2 液晶回転波長板の上面図。電極パターンと電極電圧を示す。

*東北大学電気通信研究所 (〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1)
E-mail: ohtera@photonic.riec.tohoku.ac.jp
**日立電線(株)オプトロシステム研究所 (〒319-1414 日立市日高町 5-1-1)
***東北大学未来科学技術共同研究センター (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉)

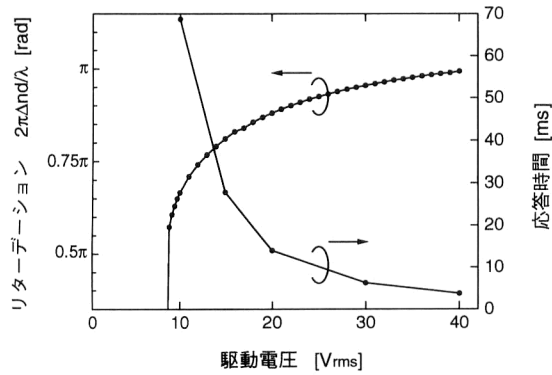


図3 液晶回転波長板のリターデーション，応答速度の印加電圧依存性 ($\lambda=1.55 \mu\text{m}$)。

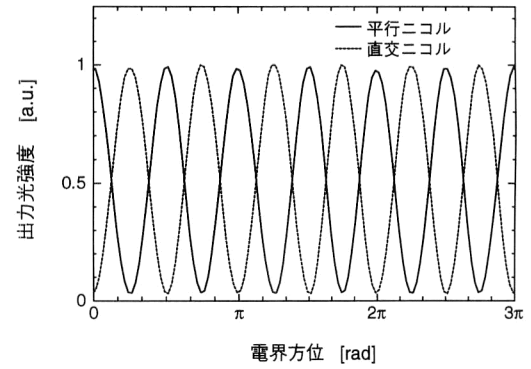


図4 印加電界の回転に伴う透過光強度の変化の様子 ($\lambda/2$ 板動作時)。

て4 ms以下が得られている。なお挿入損失は素子両面でのフレネル反射分を除くと0.1 dB以下であった。

また直交ニコル，平行ニコル下で波長板方位を連続的に回転させ出射光強度の変化を観測した結果を図4に示す。波長板方位がどこまでも連続的に回転しているのが確認できる。回転速度の上限は20回転/sであった。これは現実の応用には十分な値であるが， $\Delta\epsilon$ のより大きな液晶の使用，開口とセルギャップの微小化などの工夫によりさらなる改善が可能である。

液晶セルを用いた新しい構造の回転波長板について，これまでに行った作製，評価の結果を簡単に述べた。この液晶回転波長板は特に高価な材料や複雑な作製工程を必要としないので，エンドレスな偏波コントローラーをシンプル

に構成するには最適なコンポーネントであるとわれわれは考えている。

文 献

- 1) T. Okoshi: *Coherent Optical Fiber Communications* (KTK Scientific Publishers, Tokyo, 1988).
- 2) T. Imai, K. Nosu and H. Yamaguchi: *Electron. Lett.*, **21** (1985) 52-53.
- 3) F. Heismann and M. S. Whalen: *IEEE Photonics Technol. Lett.*, **4** (1992) 503-505.
- 4) 大寺康夫, 千葉貴史, 川上彰二郎: 電子情報通信学会技術研究報告, **OPE95-90** (1995) 19-24.
- 5) Y. Ohtera, T. Chiba and S. Kawakami: *IEEE Photonics Technol. Lett.*, **8** (1996) 390-392.

(2000年8月25日受理)