

徳永 英司 Eiji TOKUNAGA (東京理科大学 理学部第一部 物理学科 教授)

### 研究の目的

徳永研究室では、水やアルコールが巨大なポッケルス効果(電場に比例する屈折率変化)を示すことを発見し研究してきたところ、ポッケルス効果から巨大な光変調信号を取り出す方法を発見し、新たな方式の光変調素子を得ました。この方法を活用して、界面ポッケルス効果をさらに広く探索し、遍在する界面を利用するユニークな電気光学素子や界面物性を探る新しい光プローブを実現することを目的としています。

### 研究の概要

ポッケルス効果の発生には巨視的反転対称性が破れていることが発生の必要条件です。電気光学結晶LiNbO<sub>3</sub>よりも一桁大きいポッケルス係数を有する液体界面のポッケルス効果を従来は利用できなかったのですが、本研究により利用可能となりました。この光変調素子は、実用化されている手法である振動分光法、X線回折、原子間力顕微鏡、数値計算に続く第5の界面物性探索手段にもなります。

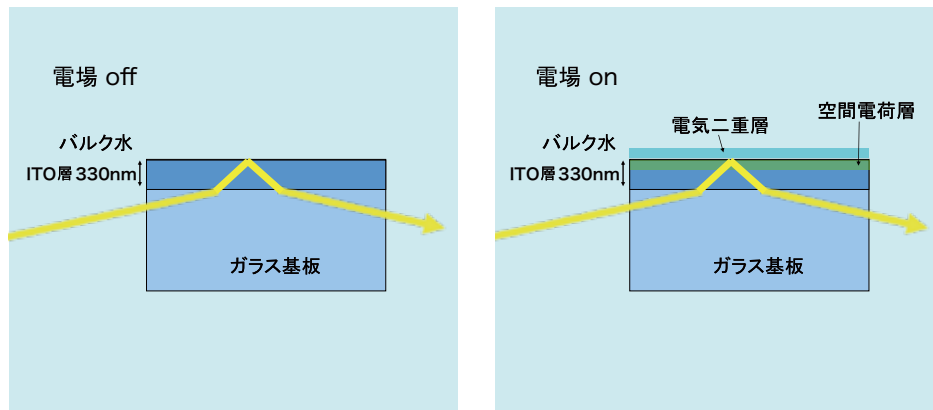


図 電場印加による電解質水溶液-透明電極界面に形成された2nm電気二重層内の $\Delta n = -0.1$ 、30nm空間電荷層内の $\Delta n = -0.0031$ の屈折率変化で、複数の特定波長範囲で100%近い深い変調が起こる

#### POINT

- 水(あるいはアルコール)とガラス基板上の酸化物透明電極薄膜だけで光変調器が構成できる。
- 変調される波長は酸化物透明電極の膜厚で制御でき、変調方向選択性がある。
- 水が透明な170nmの深紫外光まで変調でき、きわめて安価。

#### 企業へ期待すること

- 信号増強や高速化、微細化での共同研究希望。
- 透明電極、光ファイバー、微細加工、薄膜、電気光学結晶、電気化学の技術を持つ企業との共同研究を希望。

### 今後の展開

- 2019年 企業等との共同基礎研究
- 2020年 企業との共同研究開発
- 2021年 応用デバイス試作
- 2023年 応用製品上市

- 関連制度 : 科研費基盤C, 民間研究助成金
- 知的財産権 : 特願2019-116939
- 試作品 : あり

#### 従来・競合との比較

- 光通信で実用化されている固体ポッケルス結晶LiNbO<sub>3</sub>: 10GHzの高速応答性を持つが、数Vの電圧で深い光強度変調を起こすには数 $\mu\text{m}$ の断面と数cmの長さの単結晶が必要であり、高価(数十万円)
- 本変調素子: 界面効果を用いていてナノスケールで動作し、波長選択性があり、1cm角で30円程度と極めて安価

#### 想定される用途

- マイクロ流路上のマイクロ光変調器
- 水と透明電極による指向性ディスプレイ
- 液中の固液界面の屈折率、電場、電解質濃度の高感度センサー

#### 実用化に向けた課題

- (電極の種類と液体の種類を与えたときに信号の大きさが予測できるような)液体のポッケルス効果のメカニズムは未解明。
  - 透明電極の種類によっては信号がもっと大きくなる可能性。
  - 高速応答化(\*) 水分子の応答は高速のはず
  - 円形導波路(ファイバー構造)の作製と信号取得。
  - 実際にマイクロスケールの変調素子構造の作製と信号実証。
- (\*)電気二重層の形成時間で律速 ~200Hz

