

Topologically Protected Generation of Stable Wall Loops in Nematic Liquid Crystal

T. Ouchi¹, K. Imamura¹, K. Sunami¹, H. Yoshida^{1,2}, and M. Ozaki¹

¹ Division of Electrical, Electronic and Information Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University, 2-1 Yamada-oka, Suita, Osaka 565-0871, Japan

² Precursory Research for Embryonic Science and Technology (PRESTO), Japan Science and Technology Agency (JST), 4-1-8 Honcho, Kawaguchi, Saitama 332-0012, Japan

Physical Review Letters **123**, 097801 (2019)

ネマチック液晶とは棒状分子の長軸がある方向に揃った状態である。この平均的な長軸の向きを配向と呼び、配向は電場などの外場によって制御できる。また、液晶を封入するセルの界面に微細加工を施すことで、配向場を制御することもできる。配向がもつ特徴に、欠陥と呼ばれる特異な構造をとれることがある。従来、欠陥はデバイスにとって不要とされてきたが、近年、欠陥の構造に由来する新規な物性が知られるようになり、注目を集めている。一方で、欠陥から生じる配向場の歪みは、高い自由エネルギーをもっているため、安定的に維持することが難しかった。本論文では光配向技術を使って、欠陥を安定的に発生させることを目的としている。

本論文で使用するセルの配向場の模式図を図 1 に示す。異なる配向場をつけた上下の基板からなるサンドイッチセルを用い、その間に液晶分子を封入する。実際にこのセルを偏光顕微鏡で観察した結果が図 2 である。図 2 (a) のように細い暗線としてループ状の線欠陥が観察された。また、このセルに電場を印加すると、線欠陥が収縮し、消滅した。その後電場を除去すると線欠陥は出現せず、図 2 (b) のような異なる構造が観察された。これを解析したところ、ウォールと呼ばれる構造であることが分かった。一般にウォールは高い自由エネルギー状態を持っている。図 2 (b) の構造が得られることは、界面に適切な設計を加えることで高エネルギー状態を安定化できることを示唆している。この方法を用いて、欠陥の物性開拓など、様々な利用価値を提供することと期待される。

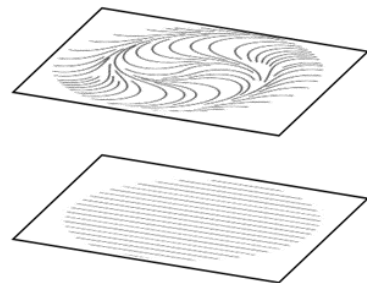


図 2 セルの概要。黒い線が配向場を示している。

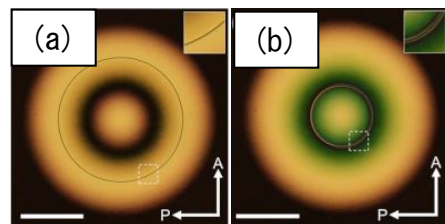


図 1 偏光顕微鏡で観察された(a)欠陥と(b)ウォールの様子

Controlled-NOT gate for multiparticle qubits and topological quantum computation based on parity measurements

Oded Zilberberg, Bernd Braunecker, and Daniel Loss

Phys. Rev. A **77**, 012327

Published 23 January 2008

量子コンピューターとは量子力学特有の性質を利用したコンピューターであり、従来のコンピューターとは根本的に異なる量子アルゴリズムに従い計算を行う。量子アルゴリズムを使うと従来のコンピューターと比較し計算が格段に早くなるため、その有用性が注目されている。量子コンピューターにおいて、従来のコンピューターにおける情報の最小単位であるビットの対応物は、量子ビットである。量子ビットは 0 状態と 1 状態の重ね合わせ状態が許され、光子の偏光や電子のスピン状態によって実現される。量子アルゴリズムは n 量子ビットの量子状態に対するユニタリ変換であり、任意の n 量子ビットに対するユニタリ変換は、1 量子ビットのユニタリ変換と後述の 2 量子ビット間の CNOT ゲート (Controlled-NOT gate) を組み合わせることで実行できる。

CNOT ゲートとは 2 つの量子ビット間の操作の 1 つである。2 つの量子ビットは、それぞれコントロール・量子ビットとターゲット・量子ビットに対応し、CNOT ゲートはコントロール・量子ビットが 1 状態のときのみ、ターゲット・量子ビットの状態を 0 状態と 1 状態で反転させる操作を行う。多くの CNOT ゲートは量子ビット間の直接的な相互作用を利用して作られており、例えば量子ドット内の励起子状態を量子ビットとして扱う場合には、2 つの量子ドット内の励起子間に働くクーロン相互作用を利用して CNOT ゲートが実現されている。一方で、光子や遮蔽された電子などの相互作用が無視できる粒子を量子ビットとして用いる場合、CNOT ゲートをどのように実現するのか自明ではない。

この問題に対し本論文では、量子ビット間の直接的な相互作用の代わりに、測定を用いて CNOT ゲートを実現する手法を提案した。本論文では、量子ビットの量子状態は 2 電子のスピンが結合したシングレット状態とトリプレット状態とし、その量子ビット間に相互作用はないとする。さらに補助量子ビットを導入し、2 つのスピンのパリティ測定と補助量子ビットに対する測定を行い、その結果に応じて 1 量子ビットに対し適切な状態操作を行うことにより CNOT ゲートを実現する。測定を用いた CNOT ゲートの回路図を図 1 に示す。測定を用いた CNOT ゲートは、マヨラナ準粒子を使ったより安定な量子コンピューターへの拡張が期待されている。

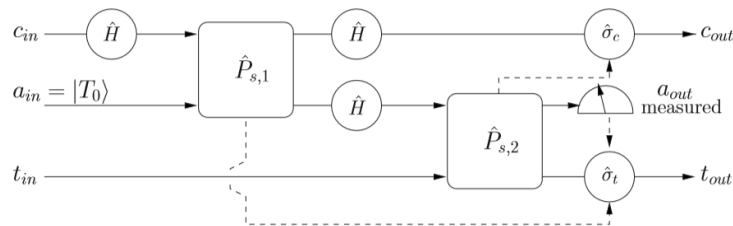


図 1: 測定を用いた CNOT ゲートの回路図。 c, a, t はそれぞれ、ターゲット、補助、コントロール量子ビットを表す。 $\hat{H}$ は 1 量子ビットに対するユニタリ変換、 $\hat{P}$ はスピン・パリティ測定を表す。

Degradation of phenol by the collapse of microbubbles

Pan Li, Masayoshi Takahashi, Kaneo Chiba

Chemosphere 75 (2009) 1371-1375.

工業排水には生分解性が低く、固有の毒性を有する多数の種類の有機化合物が含まれている場合が多いので、従来の生物学的処理を行うことは困難である。そのため現在では代替りとなる処理方法の研究が行われている。本研究ではマイクロバブル (MB) の廃水処理技術への有用性を調べた。MB とは $50\mu\text{m}$ 以下の直径を有する微細気泡として定義され、浮力が小さいため水中で長期間安定して存在することができる。また気泡内圧が高く水中への気体溶解能が高いため、MB は気体を水中に溶解させながら収縮し最終的に高圧によって崩壊 (圧壊と呼ぶ) すると考えられている。この圧壊の際に放出される高エネルギーによりフリーラジカル (不対電子を1つ以上持つ反応性の高い原子、分子) が生成されると考えられている。そのフリーラジカルの一つに大部分の有機化合物と高い反応性を示すヒドロキシラジカル ($\bullet\text{OH}$) があり、有害廃水の処理に効果的であると考えた。本研究では工業廃水中の有機汚染物質のモデルとしてフェノール水溶液を用い、MB を含む水溶液によるフェノール分解効率を測定した。

空気 MB を用いてフェノールを分解することができるかを調べたところ、紫外線による分解効率と同程度であることがわかった。そこでフェノールの MB による分解機構と分解条件を判定するために、溶液の pH 及び MB 内の気体の種類の影響を調べた。気体の種類は空気のどの成分が関与しているのかを確かめるため酸素と窒素を選んだ。その結果 pH3.1 以下で MB はフェノールを分解でき (図 1)、MB 内の気体の種類によって分解能力に変化が生じることがわかった (図 2)。これらのことから MB が圧壊することで生成された $\bullet\text{OH}$ が低 pH 環境下で効率的にフェノールを分解していることがわかり、空気中の酸素が重要な役割を担っていることが示唆された。

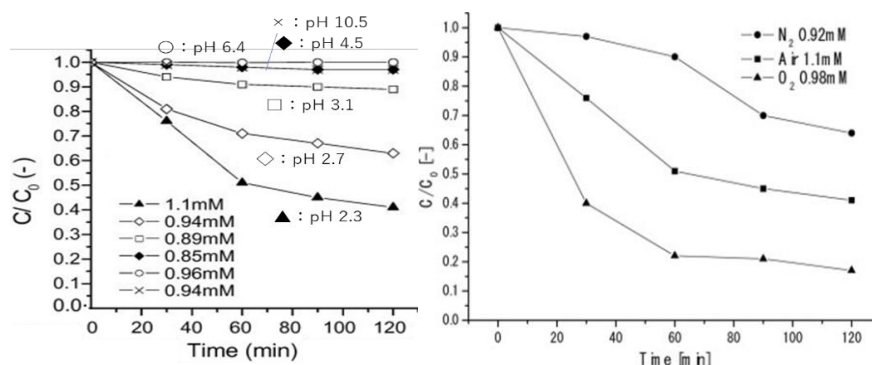


図 1 pH を変化させた時のフェノールの濃度の変化 図 2 MB のガス種を変化させた時の濃度の変化

(C_0 :フェノールの初期濃度 C :フェノールの時間毎の濃度 図中の凡例はフェノールの初期濃度)