

Oral presentation | 3 Optics and Photonics : 3.1 Basic optics and frontier of optics

📅 Tue. Sep 17, 2024 9:00 AM - 12:00 PM JST | Tue. Sep 17, 2024 12:00 AM - 3:00 AM UTC 🏢 A32 (TOKI MESSE 3F)

[17a-A32-1~11] 3.1 Basic optics and frontier of optics

Ken-ichi Yuyama(Osaka Metropolitan Univ.), Hiromasa Niinomi(東北大)

9:00 AM - 9:15 AM JST | 12:00 AM - 12:15 AM UTC

[17a-A32-1]

[The 56th Young Scientist Presentation Award Speech] Creation of exotic structures in azopolymers with optical skyrmionic hopfion

ORihito Tamura¹, Takashige Omatsu^{1,2} (1.Chiba Univ., 2.MCRC, Chiba Univ.)

9:15 AM - 9:30 AM JST | 12:15 AM - 12:30 AM UTC

[17a-A32-2]

Chiral Optical Force and Chirality Enhancement under Kerker Condition in the Mie-resonant Metasurface which Induces Chiral Asymmetry in Crystallization

OHIROMASA NIINOMI¹, Kazuhiro Gotoh^{2,3}, Naoki Takano¹, Miho Tagawa⁴, Iori Morita⁵, Akiko Onuma¹, Hiroshi Yoshikawa⁶, Ryuzo Kawamura⁷, Tomoya Oshikiri^{1,8}, Masaru Nakagawa¹ (1.IMRAM, Tohoku Univ., 2.Grad. Sch. Sci. Tech., Niigata Univ., 3.IRCNT, Niigata Univ., 4.IMaSS, Nagoya Univ., 5.RIEC, Tohoku Univ., 6.Grad. Sch. Eng., Osaka Univ., 7.Grad. Sch. Sci. Eng., Saitama Univ., 8.RIES, Hokkaido Univ.)

9:30 AM - 9:45 AM JST | 12:30 AM - 12:45 AM UTC

[17a-A32-3]

Visualization of precursor liquid film flow in optically driven microdroplet robots

OMasayuki Naya^{1,2}, Shinya Hakuta¹, Jintaro Shiina¹, Miyu Shiimizu¹, Toshiharu Saiki¹, Hideyuki Mitomo³, Kuniharu Ijiro³ (1.Keio Univ., 2.Naya-lab., 3.Hokkaido Univ.)

9:45 AM - 10:00 AM JST | 12:45 AM - 1:00 AM UTC

[17a-A32-4]

Detection of non-thermal affected force using sideband of optical/mechanical resonators

OKoudai Takaoka¹, Hideki Arahari², Hajime Ishihara², Takayuki Arie¹, Seiji Akita¹ (1.Osaka Metro. Univ., 2.Osaka Univ.)

10:00 AM - 10:15 AM JST | 1:00 AM - 1:15 AM UTC

[17a-A32-5]

Optical deformation of azo polymer particles near a transparent micro particle

O(M2)Chihaya Abe¹, Kazunari Shinbo¹, Yasuo Ohdaira¹ (1.Niigata Univ.)

10:30 AM - 10:45 AM JST | 1:30 AM - 1:45 AM UTC

[17a-A32-6]

Aerial display system using hybrid fresnel lens with both polarization diffraction and imaging functions

ORiku Tobita¹, Moritsugu Sakamoto^{1,3}, Kohei Noda^{1,3}, Masato Suzuki^{1,3}, Tomoyuki Sasaki^{1,3}, Nobuhiro Kawatsuki^{2,3}, Hiroshi Ono^{1,3} (1.Nagaoka Univ. of Tech, 2.Univ of Hyogo, 3.CREST,JST)

10:45 AM - 11:00 AM JST | 1:45 AM - 2:00 AM UTC

[17a-A32-7]

Optical vortex induced chiral crystallization of glass

○Kazuro Kizaki¹, Sohei Ogasawara¹, Takashige Omatsu², Madoka Ono¹ (1.Tohoku Univ., 2.Chiba Univ.)

11:00 AM - 11:15 AM JST | 2:00 AM - 2:15 AM UTC

[17a-A32-8]

Evaluation of Enhanced Polarized Emission of Fluorescent Molecules Immobilized to a Plasmonic Chip

○Yuma Yoshida¹, Yasunori Nawa¹, Keiko Tawa¹ (1.Kwansei Gakuin Univ.)

11:15 AM - 11:30 AM JST | 2:15 AM - 2:30 AM UTC

[17a-A32-9]

Generation of spin-skyrmion structures in semiconductors by optical skyrmion excitation

○Shota Akei¹, Toshiki Matsumoto¹, Takashi Kakue¹, Ken Morita¹ (1.Chiba Univ.)

◆ English Presentation

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[17a-A32-10]

Classification of Intensity Degenerate Experimental OAM Speckles via Astigmatic Transformation

○(D)Chayanika Sharma¹, Purnesh Singh Badavath¹, Vijay Kumar¹ (1.NIT Warangal India)

◆ English Presentation

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[17a-A32-11]

Tight focusing of dark C point singularities with radial or azimuthal polarization

○(P)SUSHANTA KUMAR PAL¹ (1.Centre for Optics Photonics and Lasers, University Laval, Canada)

Creation of exotic structures in azopolymers with optical skyrmionic hopfion

Chiba Univ.¹, MCRC, Chiba Univ.²

°Rihito Tamura¹, and Takashige Omatsu^{1,2}

E-mail: rihito.tamura@chiba-u.jp

Structured light fields with engineered spatial variations in amplitude or polarization possess unique features have been widely investigated in many applications. Going beyond conventional structured light fields, topologically two and three-dimensional protected optical quasiparticles with sophisticated vectorial structures that is optical skyrmions [1,2] and hopfions [3], have been attracting much attention in quantum optics [4], polarization imprinting [5], and super resolution microscopy [6]. Recently, hopfions were experimentally demonstrated in laser beams by the superposition of orthogonally circular polarized Laguerre Gaussian ($LG_{p,\ell}$) modes [3,7].

We herein report on the demonstration of the transfer of exotic polarization textures of these optical hopfions onto azopolymers with polarization sensitive materials.

Fig.1 (a) shows a schematic diagram of an experimental setup for an optical hopfion generator with a single spatial light modulator (SLM). A continuous-wave green laser (wavelength 532 nm) was used, and optical hopfions were formed of the coherent superposition of different order $LG_{p,\ell}$, i.e. $LG_{0,-1}$ and $LG_{0,0}+LG_{1,0}$, with orthogonal circular polarizations by SLM. With this system, the generated Néel optical hopfions with clockwise twisted polarization textures were demonstrated in Fig. 1(b). The generated optical hopfions were focused to be $\sim 10 \mu\text{m}$ spot by a lens ($NA \sim 0.5$) on an azo-polymer thin film ($\sim 1 \mu\text{m}$). Laser power and exposure time of optical hopfions were fixed to be $100 \mu\text{W}$ and 60 seconds, respectively. The fabricated surface reliefs were observed by an atomic force microscope (AFM) as shown in Fig. 2. The Néel-optical hopfion with inner (and outer) right-handed (and left-handed) lemon-shaped polarization textures in the optical fields produced a double crescent-shaped relief with circular polarization inversion. Interestingly, the surface relief

exhibited the exotic subwavelength scale periodic ripple structures along the perpendicular direction of the polarization textures of optical hopfion, manifesting the direct imprint of the polarization of optical hopfion in a material.

Our demonstration will offer a new fundamental physics of interactions between three-dimensional protected optical quasiparticles and matter, and advanced optical data storage devices with the freedom of hopfion states.

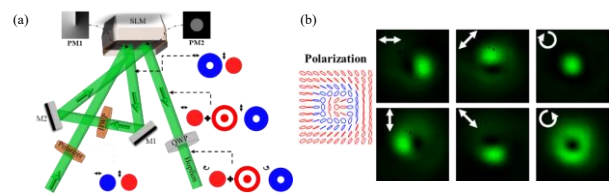


Figure 1. (a) optical hopfion generator based on a SLM with a self-interferometer configuration and (b) linearly and circularly polarized components of the generated Néel optical hopfion.

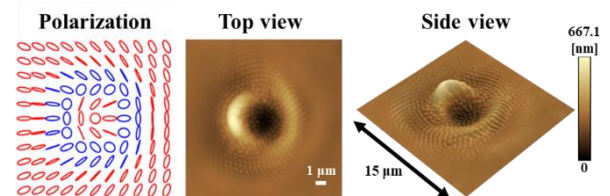


Figure 2. AFM images of the surface relief structures fabricated on the azopolymer using Néel-optical hopfion.

References

- [1] S. Gao, et al., Phys Rev A **104**, 049901 (2021).
- [2] W. R. Kerridge-Johns, et al., Optica **11**, 769 (2024).
- [3] D. Sugic, et al., Nat Commun **12**, 6785 (2021).
- [4] P. Ornelas, et al., Nature Photonics, 1-9 (2024).
- [5] R. Tamura, et al., APL Photonics **9**, (2024).
- [6] B. Tian, et al., Nanoscale **15**, 13224 (2023).
- [7] R. Droop, et al., Opt Express **31**, 11185 (2023).

キラル結晶化に偏りを誘起する Mie 共鳴体メタ表面における Kerker 条件下光学キラリティ増強とキラル光学力

Chiral optical force and chirality enhancement under Kerker condition in the
Mie-resonant metasurface which induces chiral asymmetry in crystallization

東北大多元研¹, 新潟大院自然², 新潟大カーボンセンター³, 名大未来研⁴, 東北大通研ナノ・スピ
ン⁵, 阪大院工⁶, 埼玉大院理工⁷, 北大電子研⁸, ○新家寛正¹, 後藤和泰^{2,3}, 高野修綺¹, 田
川美穂⁴, 森田伊織⁵, 大沼晶子¹, 吉川洋史⁶, 川村隆三⁷, 押切友也^{1,8}, 中川勝¹
IMRAM Tohoku Univ.¹, Grad. Sch. Sci. Tech., Niigata Univ.², IRCNT, Niigata Univ.³, IMaSS,
Nagoya Univ.⁴, RIEC, Tohoku Univ.⁵, Grad. Sch. Eng., Osaka Univ.⁶, Grad. Sch. Sci. Eng.,
Saitama Univ.⁷, RIES, Hokkaido Univ.⁸, °Hiromasa Niinomi¹, Kazuhiro Gotoh², Naoki Takano¹,
Miho Tagawa⁴, Iori Morita⁵, Akiko Onuma¹, Hiroshi Y. Yoshikawa⁶, Ryuzo Kawamura⁷, Tomoya
Oshikiri^{1,8}, Masaru Nakagawa¹

E-mail: hiromasa.niinomi.b2@tohoku.ac.jp

光学キラリティの増強された光場が、円偏光よりも強くキラル物質と左右非対称に相互作用することが近年知られるようになり、¹ このような光場のキラル物質制御への応用が期待されている。これまでに我々は、Mie 共鳴に伴う光学キラリティ増強が期待されるシリコン(Si)ナノディスクメタ表面で塩素酸ナトリウム(NaClO₃)キラル結晶化を水溶液から誘起すると、円偏光のみでは得られない統計的に有意な左右非対称性が観測されることを明らかにしてきた。² しかしながら、その機構は明らかではない。本研究では、水溶液からの結晶化実験の環境を模した詳細な電磁場解析を行い、光学キラリティ増強と結晶クラスターに働くキラル勾配力を解析した。解析の結果、Si 構造体から前方散乱が生じることが明らかとなった。これまでに、Mie 共鳴において電気共鳴と磁気共鳴の強度が同程度かつ位相が一致している場合に Kerker 効果と呼ばれる前方指向性散乱が生じることが知られている。³ 本解析で見られた前方散乱は Kerker 効果によるものと考えられる。光学キラリティ増強度の解析を行ったところ、構造体の周辺媒質を空気と仮定した場合よりも、構造体近傍の広範囲に渡って光学キラリティ増強度が大きくなることが明らかとなった。これまでに、Kerker 条件下において入射円偏光の利き手が保存された前方指向性散乱が生じること、また、非 Kerker 条件下よりも光学キラリティが増強することが指摘されている。^{4,5} 本解析の光学キラリティ増強は、Kerker 条件が満たされることによって生じたものと考えられる。一方、構造体近傍の結晶クラスターに働く鏡像体選択的な光学力の大きさを見積もったところ、未飽和水溶液からのレーザー光学捕捉誘起結晶化における電場勾配力の大きさと比較可能な大きさであることが分かり、⁶ キラリティ増強場はキラル光学力を介してキラル核形成に影響を及ぼす可能性が示唆された。

参考文献 1) Tang *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* 2010, 104, 163901. 2) Niinomi *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.* 2024, 15, 1564. 3) Liw *et al.*, *Opt. Express* 2018, 26, 13085. 4) Fernandez-Corbaton *et al.*, *Phys. Rev. B* 2013, 88, 085111. 5) Negoro *et al.*, *Nano Lett.* 2023, 23, 5101. 6) Niinomi *et al.*, *J. Phys. Chem. C* 2021, 125, 6209.

光駆動微小液滴ロボットにおける前駆液膜流れの可視化

Visualization of precursor liquid film flow in optically driven microdroplet robots

慶大理工¹, 納谷ラボ², 北大電子研³ [○]納谷昌之^{1,2}, 白田真也¹, 椎名仁太郎¹, 清水望有¹三友秀之³, 居城邦治³, 斎木敏治¹Keio Univ.¹, Naya-Lab.², Hokkaido Univ.³[○]Masayuki Naya^{1,2}, Shinya Hakuta¹, Jintaro Shiina, Mamoru Shimizu¹, Hideyuki Mitomo³,Kuniharu Ijiro³, Toshiharu Saiki¹

E-mail: masa@naya-lab.com

レーザ光照射で駆動する微小液滴ロボット^[1]の発生や自発運動の原理解明のために、液滴周辺での前駆液膜の流れの解析が重要である。しかし、前駆液膜は数十 nm 程度の極薄膜であることから、トレーサ粒子などによる可視化が困難であった。

今回、我々は、Fig.1 に示すマイクロレンズアレイ(MLA)を用いた多点光照射によって複数の微小液滴を発生させることで、液滴を取り巻く前駆液膜の流れの可視化に成功した。サンプルは、揮発性で低表面張力の液体（エタノール）と不揮発性で高表面張力の液体（PEG200）を比率 10:1 で混合した溶液を、ガラス表面に金膜（25nm）を形成した基板とガラス基板とで挟んだものであり、基板間で液がメニスカス架橋していない部分（気泡領域）の金膜上に波長 532nm のレーザ光を照射した。この実験系により、Fig.2 に示すように、中心部に発達した大きな液滴（集合液滴）に向かって、周辺の各スポットで発生した微小液滴が流れて行く様子が観察された。この流れは、前駆液膜の流れを反映したものと考えられる。今後、この実験系を用いて、液滴の自発運動や微粒分散基板におけるアメーバ形状運動^[2]などの原理解明をおこなって行く予定である。

本研究は、文部科学省「光・量子飛躍フラッグシッププログラム」、「科研費学術変革研究(A)」、および「物質・デバイス領域共同研究拠点」の助成を受けている。

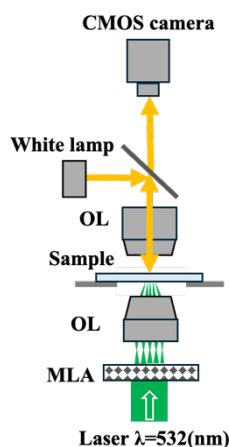


Fig.1 Experimental Setup

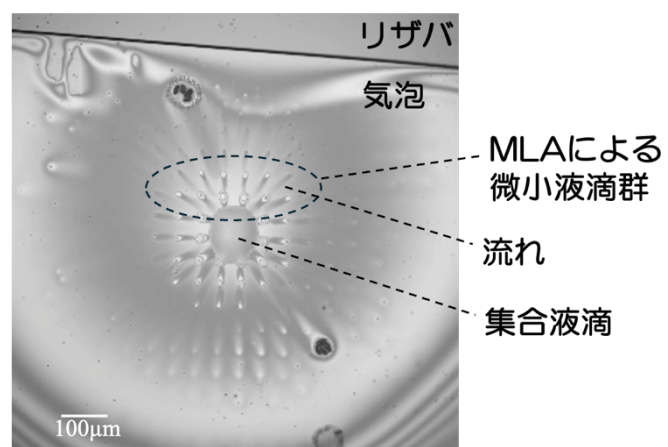


Fig.2 Experimental result

[1] Y. Takamatsu, et al., Micromachines, 14(7), (2023),1460

[2] 納谷昌之他, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会(2023) 講演予稿集 18p-A201-5.

光・機械共振器におけるサイドバンドを利用した非熱効果力検出

Detection of non-thermal affected force using sideband of optical/mechanical resonators

阪公大院工¹/阪大院基礎工², [○]高岡航大¹, 荒張秀樹², 石原一², 有江隆之¹, 秋田成司¹

Osaka Metro. Univ.¹ / Osaka Univ.², [○]K. Takaoka¹, H. Arahari², H. Ishihara²,
T. Arie¹, S. Akita¹

E-mail: sk24275g@st.omu.ac.jp

はじめに 光の吸収・散乱が物質に及ぼす力(光圧), さらには発光によってもたらされる光圧を利用した光・機械共振器として, 発光薄膜が架橋構造かつ鏡面との間に光キャビティ構造を持つデバイスの作製・調査を行ってきた²⁾。このデバイスでは, 光キャビティ中に生じた光定在波の光圧によって機械振動の変調・誘起が起こると理論的に予測されている¹⁾。今回は機械共振周波数シフトとして現れる発光圧効果の観測において, 発光誘起に伴う熱効果の低減を課題とした。各々の時定数の差を考慮し, 位相同期回路(PLL)を用いて薄膜振動子の熱応答性を評価することで, 同様の実験手法による熱効果の低減および発光圧効果の観測を示唆した。しかし, 光圧が主となる変調周波数の高い領域では PLL の帯域制限のため測定条件が限られる問題があった。今回はこの問題を克服するため PLL を用いない新たな方法を提案し検討したので報告する。

実験 前回報告同様, Si_3N_4 正方膜を振動子とする薄膜型機械共振器に対して誘電効果振動駆動を行った(Fig.1)。薄膜に PL 励起のために 405nm CW レーザーを周期 AM 変調 (ω_m) し薄膜に照射する(Fig.2)。この時, 熱を含む効果による周期的な周波数偏移(ω_s), すなわち系のばね定数変動を引き起こす。今回はこの ω_s を PLL により検出したが, 今回は単純なロックイン検出により得た共振スペクトルから ω_s に関する信号の検出を行った。

結果と検討 共振スペクトル Fig.3(a)に示した通り, P_0 と $P_{\pm 1}$ が観測され, P_0 と $P_{\pm 1}$ の間隔は ω_m におよそ等しかった。ここでバネ定数が周期変調 $\{k_0 + k_s \sin(\omega_m t)\}$ を受けるとしたモデルを提案し, 運動方程式を数値計算により解き共振スペクトルを得た(Fig.3(b))。これは Fig.3(a)のスペクトル形状に一致している。また, 先のバネ定数の周期変調から共振特性は $\cos\{\omega t + \frac{\omega_s}{\omega_m} \cos(\omega_m t)\}$ となる事が期待できる。これをベッセル関数で展開したとき, P_0 高さに対する $P_{\pm 1}$ の相対的な高さは $\omega_s/2\omega_m$ となり, これから ω_s を得ることができる。

以上のように, 共振スペクトルのサイドバンドから PLL 法を用いない方法で ω_s の測定が可能であることを示した。これにより, ω_m の高い領域での測定が可能となり, 高い熱効果の抑制によって光圧など他の効果を検出できると考えられる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP 21H05019, JP21K18193, JP21K18880 で行われた。

参考文献 1) 荒張他, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演 21a-A601-9 (熊本, 2023), 2)高岡他, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 24p-13P-8 (東京, 2024)

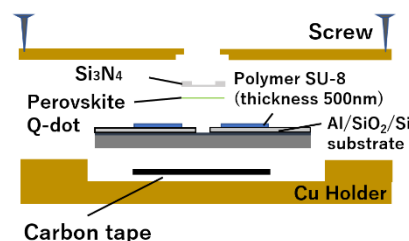


Fig. 1 Schematic of light-emitting opt-mechanical system.

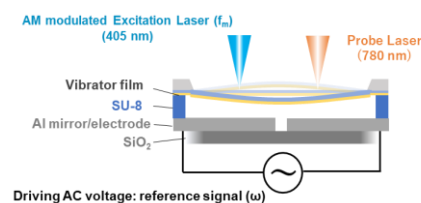


Fig. 2 Measurement setup.

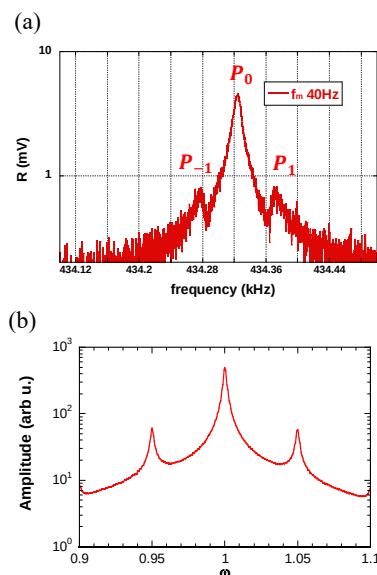


Fig. 3 Resonance spectrum.

(a)Experiment.(b)Numerical calculation ($\omega_0 = 1, \omega_m = 0.05$).

透明マイクロ微粒子近傍におけるアゾポリマー微粒子の光変形 Optical deformation of azo polymer particles near a transparent micro particle

新潟大¹ [○](M2)阿部 千駿¹, 新保 一成¹, 大平 泰生¹

Niigata Univ.¹, [○]Chihaya Abe¹, Kazunari Shinbo¹, Yasuo Ohdaira¹,

E-mail: ohdaira@eng.niigata-u.ac.jp

【はじめに】アゾベンゼンポリマーの微粒子[1]は、光異性化反応により光で形状を操作することができるため、物質の光アクチュエーション、微粒子の光学特性の可変性を利用した光信号制御への応用が期待できる。我々はこれまでに、単一状態のアゾ微粒子を用いて、液中における巨大な光変形のメカニズムについて調べてきた[2]。さらに微粒子やマイクロ構造による光の散乱場を用いることで、ネットワークなどのより高次の微細構造の形成が期待できる。本研究はその基本過程としてマイクロ微粒子の散乱光によるアゾベンゼン微粒子の光異性化反応を明らかにすることを目的としている。ここでは透明マイクロ微粒子の近傍に配置したアゾポリマー微粒子の光変形特性について調べた。

【実験方法】図 1 に実験系を示す。コロイド法により透明 PMMA 微粒子および PMMA-co-DR1 アゾ微粒子を含む純水溶媒をそれぞれ生成した。ガラス基板に PMMA 微粒子溶媒を滴下乾燥させた後、アゾ微粒子を分散させた。透明微粒子とアゾ微粒子の混在した状態に、強度 70 mW、波長 532 nm レーザーを斜め入射し、微粒子系を励起させた。光学顕微鏡により微粒子の形状を評価した。空気中およびセルを用いた液中においてそれぞれ比較した。

【結果と考察】図 2 に P 偏光および入射角 45 deg. で 320 sec. 光励起後のアゾ微粒子の光学顕微鏡像を示す。空気中（図 2(a)）では、粒子径約 1.5 μm の透明微粒子付近のアゾ微粒子は光の進行方向に直線的に大きく延伸した。透明微粒子の前方散乱の方向に対応しており、Mie 散乱による散乱光によりアゾ微粒子が光異性化したものと考えられる。一方、液中（図 2(b)）では、粒子径約 4.5 μm ~ 10 μm の透明微粒子近傍を迂回するように延伸し、湾曲する傾向が確認された。空気中と同様、透明微粒子の前方散乱の方向に変形するとともに、液中によりアゾ微粒子と基板との摩擦が低減することや、液中のブラウン運動により、透明微粒子の迂回や湾曲の構造が生じるものと考えられる。透明微粒子の粒子径や液中の粘性の依存性などの詳細について当日報告する予定である。

【参考文献】[1] Y. Ohdaira et al., Applied. Phys. 103104 (2019), [2]阿部他, 応物秋, 20p-A601-14 (2023)

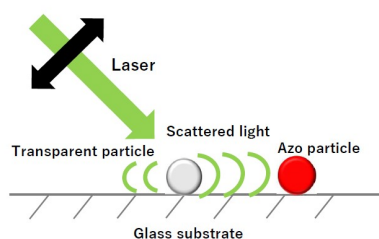


Fig.1 Experimental setup

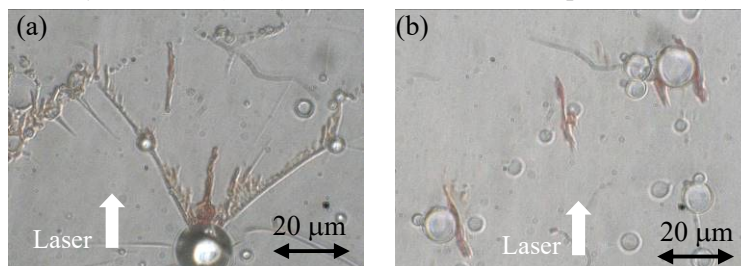


Fig.2 Optical microscope image of azo particles optically deformed near PMMA particles in (a) air (b) water liquid

偏光回折と結像機能を併せ持つハイブリッドフレネルレンズを用いた 空中ディスプレイ方式

Aerial display system using hybrid fresnel lens with both polarization diffraction and
imaging functions

長岡技科大¹, 兵庫県立大², CREST, JST³, [○](M1)飛田 莉玖¹, 坂本 盛嗣^{1,3}, 野田 浩平^{1,3},
鈴木 雅人^{1,3}, 佐々木 友之^{1,3}, 川月 喜弘^{2,3}, 小野 浩司^{1,3}

Nagaoka Univ. of Tech¹, Univ of Hyogo.², [○]Riku Tobita¹, Moritsugu Sakamoto^{1,3},

Kohei Noda^{1,3}, Masato Suzuki^{1,3}, Tomoyuki Sasaki^{1,3}, Nobuhiro Kawatsuki^{2,3},

and Hiroshi Ono^{1,3}

E-mail: onoh@vos.nagaokaut.ac.jp

近年、空中に3次元画像を形成する空中ディスプレイ技術は、エンターテインメント以外の用途でも期待されており、走行中の自動運転車の内部に操作可能なパネルを表示するなど、様々な応用展開が期待できる。これまで我々はパンチャラトナム・ベリー位相光学素子に分類される偏光回折格子、波長板、再帰性反射ミラー、および直角プリズムで構成される空中ディスプレイ方式を提案した[1]。このシステムでは、偏光回折とフレネル反射を組み合わせることで光利用効率を理論上100%に向上できる。また、このシステムに偏光回折フレネルレンズを導入し、光学システムの容積を小さくしつつ画像を拡大する方式も提案した[2]。本発表ではさらなるシステムの小型化と簡素化を目指して偏光回折格子と偏光回折フレネルレンズを一体化したハイブリッドフレネルレンズ[3]を用いた空中ディスプレイ方式を開発したのでそれを報告する。

Fig. 1 にハイブリッドフレネルレンズを使用した空中ディスプレイ方式の概要図を示す。ハイブリッドフレネルレンズは偏光回折とフレネルレンズ機能を併せ持っているため、特定の方向に回転する円偏光を入射すると、入射方向とは異なる方向に伝搬方向を曲げながら焦点距離に対して結像関係を満たす結像位置に物体像を結像する。Fig.2 に空中ディスプレイのデモ実験結果を示す。Fig.2 の各図は空中映像を正面、上下左右の5つの方向から観測した結果である。これらの図から、観察されている像が空中に結像していることが分かる。

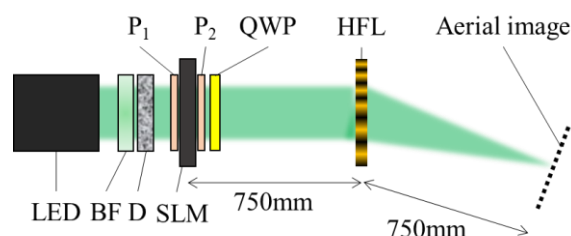


Fig. 1 Schematic diagram of the aerial display system. LED: Light emission diode (530 nm); BF: Bandpass filter (532 ± 0.6 nm); D: Diffuser; P₁, P₂: Polarizer; SLM: Spatial-light modulator; QWP: Quarter wave plate; HFL: Hybrid Fresnel lens.



Fig. 2 Experiment results of aerial display

参考文献 [1] M.Sakamoto *et al.* Appl. Opt. **59**, 4228–4233 (2020). [2] R. Momosaki *et al.* Appl. Opt. **60**, 6748–6754 (2021). [3] Y. Zhou *et al.* Liq.Cryst. **46**, 995–1000 (2018).

ガラスの光渦レーザー結晶化法 ―キラリティ選択性―

Optical vortex induced chiral crystallization of glass

東北大工¹, 千葉大工², 木崎 和郎¹, (M2)小笠原 颯平¹, 尾松 孝茂², 小野 円佳¹Tohoku Univ.¹, Chiba Univ.², [°]Kazuro Kizaki¹, Sohei Ogasawara¹, Takashige Omatsu², Madoka Ono¹

E-mail: kazuro.kizaki.a3@tohoku.ac.jp

キラル物質はその光学活性や薬理活性のためにバイオ・医療・創薬分野で利用されてきた。近年では、光通信などへの期待から円偏光 (CPL) 発光二色性材料が研究されている。ここで、CPL 発光二色性とはキラル物質が発光する際に、放射される左右円偏光の強度に偏りが生じる現象である。キラルな有機化合物や金属錯体が CPL 発光二色性材料として研究されているが、化学的・熱的安定性が低いなどの課題があった。高い安定性をもつセラミックスであればこの課題を克服可能であると考え、発表者らはキラルな結晶構造を持つセラミックス蛍光体単結晶の CPL 発光二色性について研究を進めてきた¹⁾。これまで、発表者らはセラミックス熔融状態からの徐冷によってキラルセラミックス単結晶を析出させてきたが、この方法では左右のキラリティをもつ結晶が 1:1 の割合で析出してしまい所望のキラリティを持った結晶を得ることができなかった。

そこで、キラリティを制御しながらセラミックス結晶を結晶化させるために、キラルな光である光渦を照射しながらガラスを加熱・結晶化させることを考えた。光渦は、光波面がらせんを描きながら伝搬する軌道角運動量を持った偏光であり、これまでに光渦を用いた水溶液中での塩素酸ナトリウムのキラリティ選択的結晶化の例²⁾が報告されている。過冷却液体としてのガラスと熔融状態や水溶液との類似性から、ガラスからでもキラルセラミックス結晶を析出できる可能性がある。LaBGeO₅ (LBGO) はキラルセラミックスであると同時にガラス形成能も有するため、この実験に最適な材料である。これらの背景から、軌道角運動量+1 の光渦特性を持った CO₂ レーザーを LBGO ガラスに照射しガラスの加熱・結晶化を行った結果、光渦レーザーの集光点付近で正の旋光度を有する結晶が析出することが示唆された³⁾。

本研究では、光渦レーザーの照射によって析出結晶のキラリティが制御できるかを明確にするために、さらなる照射実験を行った。LBGO ガラスは La₂O₃, H₃BO₃, GeO₂ を化学量論比で混合し、熔融急冷法によって作成した。LBGO ガラス表面に軌道角運動量+1 の光渦特性を持った CO₂ レーザーを集光しながら照射し加熱・結晶化させたのち、析出した結晶の旋光度を偏光顕微鏡によって評価した。その結果、9 回の照射実験のうち 8 回において光渦レーザーの集光点付近に正の旋光度を有する結晶が析出しており、ガラスのキラリティ選択的結晶化が達成可能であると示された。光渦の軌道角運動量を-1 に反転させて照射した場合についても当日報告する。

1), 木崎和郎、国際光年公開シンポジウム「光がもたらす未来社会～ICO の新たな発展に向けて～」
‘キラルセラミックスを用いた円偏光発光材料の開発’ (2023 年 7 月、ポスター発表)

2), K. Toyoda, et al., *Optica* **2023**, 10, 332.

3), 木崎和郎他、第 71 回応用物理学会春季学術講演会(2024), 23p-12B-12.

プラズモニックチップに固定化された蛍光分子の偏光発光増強評価 Evaluation of Enhanced Polarized Emission of Fluorescent Molecules Immobilized to a Plasmonic Chip

関西学院大 院理工¹, [○](M1) 吉田悠真¹, 名和靖矩¹, 田和圭子¹

Graduate School of Science and Technology, Kwansei Gakuin Univ.¹, [○]Yuma Yoshida¹,

Yasunori Nawa¹, Keiko Tawa¹

E-mail: ktawa@kwansei.ac.jp

当研究室では、金属薄膜で成膜された波長サイズの周期構造をもつプラズモニックチップ(格子結合型表面プラズモン共鳴)による増強蛍光の研究を進めてきた。本研究では、チップ上に固定化された蛍光分子のプラズモン増強発光の偏光特性を明らかにするため、チップのピッチ、銀膜厚、励起偏光軸に対する格子ベクトル(k_g)のなす角($0, 45, 90^\circ$)に依存した蛍光強度を計測し、偏光度 $P = (I_{//} - I_{\perp}) / (I_{//} + I_{\perp})$ と励起増強度 E_x と発光増強度 E_m を調べた。

ピッチ 430 nm (Λ 430)、480 nm (Λ 480)の一次元周期構造レプリカを UV ナノインプリント法で作製し、RF スパッタ法で Ti / Ag / Ti / SiO₂ の成膜を行い、銀膜厚 30 及び 60 nm のチップを調製した。アミノ化したチップに NHS-PEG-NHS ビオチンを修飾し、Cy5 ストレプトアビジン (Cy5-SA) を結合させて発光を測定した。p 偏光レーザー光 (λ 635 nm) は、 Λ 430、 Λ 480 の共鳴角 8° に入射角を固定して、チップ裏面から入射した。チップは k_g とレーザー偏光軸が平行な配置を 0° とし、 $0, 45, 90^\circ$ の 3 種類で設置した。検光子の偏光軸 α を回転させて光電子増倍管で Cy5-SA の偏光発光を計測した。

Ag 膜厚 30 nm の 0° 配置では Λ 430 で $P = +0.37$ 、 Λ 480 で $P = +0.83$ の偏光発光が観察された。共鳴理論から求められる共鳴波長を考慮すると、 Λ 430 では水界面の励起増強効果と樹脂界面の励起・発光増強が、 Λ 480 においては水界面の励起・発光増強効果が期待できる。しかし、 90° 配置では、 Λ 430 で $P = -0.19$ と Λ 480 で $P = -0.74$ と負の値となった。これは、励起増強が起こらない配置で発光増強のみの効果となり、 k_g 方向の増強が見られたと考えられる。一方、 90° 配置で Ag 膜厚 60 nm のチップでは、 Λ 430 で $P = +0.13$ 、 Λ 480 で $P = -0.77$ の偏光発光が観察された(Fig. 1)。構造のない Flat 銀基板とほぼ同じ正の P 値を示した

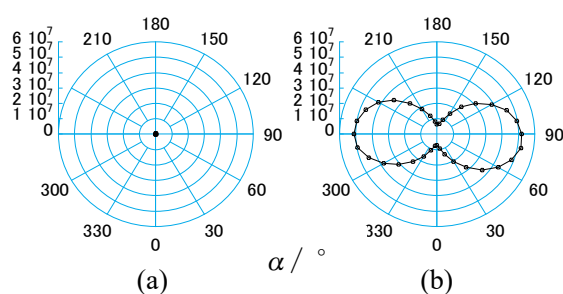


Fig. 1 Polarized emission of Cy5-SA on the (a) Λ 430 and (b) Λ 480.

Λ 430 では、銀膜厚増加に伴って樹脂界面の発光増強効果が消えたためと考えられる。 Λ 480 では、銀薄膜増加に伴い P 値と E_m がともに大きくなることが示された。

光スキルミオン励起による半導体中スピンスキルミオン構造生成

Generation of spin-skyrmion structures in semiconductors by optical skyrmion excitation

千葉大院理工, ○(M2) 明井 翔太, 松元 俊基, 角江 崇, 森田 健

Chiba Univ., ○Shota Akei, Toshiki Matsumoto, Takashi Kakue, Ken Morita

E-mail: morita@chiba-u.jp

近年、トポロジカルに安定した準粒子であるスキルミオンが注目を集めており、特にスピントロニクス分野において高密度磁気メモリへのビットへの応用が期待されている[1]。光学分野においても、「光スキルミオン」が実証されている。この光は、ポアンカレ球で表されるすべての偏光状態を、ビーム断面の空間分布上に包含する。磁気スキルミオンと同様、トポロジカルに保護されたベクトル場テクスチャの自由度を用いることで、新しい光通信プロトコルへの応用が考えられている[2]。また、情報通信・処理の観点から、光子と半導体電子スピン間の量子メディア変換[3]を利用することで、光スキルミオンを用いた半導体中のスピンスキルミオン構造の生成が可能となる。今までにない空間構造を持つ新しい電子スピン状態の実現を可能にし、大容量の量子情報通信への応用が期待できる。

本研究では、光スキルミオンビームの偏光の空間構造を半導体中の伝導電子スピンに転写し、スキルミオン構造を持つ電子スピン構造が生成出来ることをシミュレーション上で確認する。光スキルミオンは右円偏光ガウシアンビームと左円偏光ラゲールガウシアンビーム ($l = \pm 1$) を空間的に重ね合わせることで生成可能である。 $l = +1$ では Neel-type、 $l = -1$ では渦の巻き方の異なる Anti-skyrmion-type の光スキルミオンが生成できる。シミュレーションでは、はじめに光スキルミオンの電場ベクトルを求めた。V 型 3 準位系を仮定した半導体量子井戸中に励起することを想定し、半導体中の光学遷移選択則を考慮して励起直後のスピン空間分布を求めた。

図 1(a),(b)に、Neel-type と Anti-skyrmion-type の光スキルミオンのストークスベクトル場と、それにより生成する電子スピン分布を示す。どちらの場合も、動径方向に依存した面直方向 (S_z) のスピンと方位角に依存した面内方向 (S_x, S_y) のスピンが励起している。ただし、 S_y 方向のスピン分布が反転しており、光スキルミオンのストークスベクトルに対応したスピン分布となっていることが確認できる。また、スキルミオン構造の質を表す指標であるトポロジカル数 N_{sk} を求めると、(a) $N_{sk} \approx -0.971$, (b) $N_{sk} \approx 0.969$ となった。半導体中の光学遷移選択則を考慮すると理論値は (a) $N_{sk} = -1$, (b) $N_{sk} = 1$ となるため、生成したスキルミオンの値と概ね一致することが分かる。

以上により、光スキルミオンビームの偏光空間構造を電子スピンに転写し、スキルミオンの型に応じた半導体中のスピンスキルミオン構造を生成できることを確認した。

[1] A.Fert, *et al.*, Nat. Nanotechnol. 8, 152 (2009). [2] Y. Shen, *et al.*, arXiv:2205.10329 (2022).

[3] H. Kosaka, *et al.*, Phys. Rev. Lett. 100, 096602(2008).

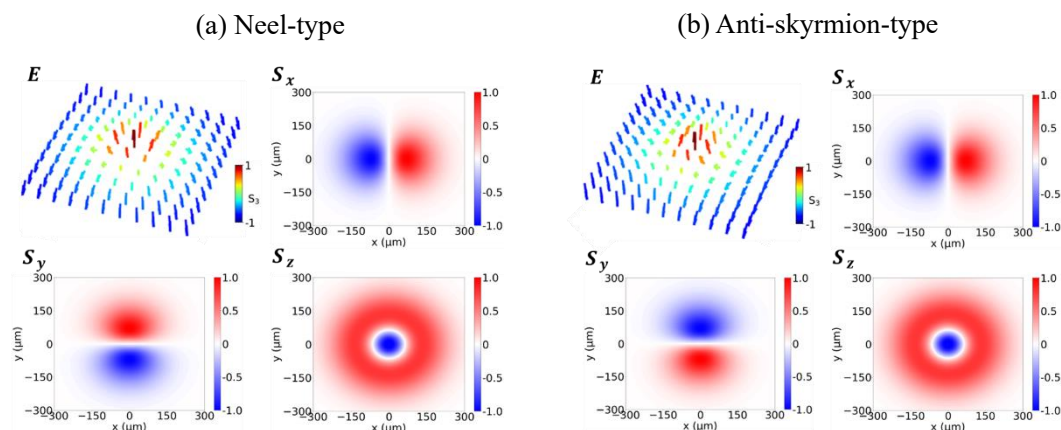


Fig.1 : The stokes vector field of the optical skyrmion and spatial spin distribution in a semiconductor using a V-shaped three-level system. (a) Neel-type, (b)Anti-skyrmion-type.

Classification of Intensity Degenerate Experimental OAM Speckles via Astigmatic Transformation

Department of Physics, National Institute of Technology Warangal India.

Chayanika Sharma, Purnesh Singh Badavath and Vijay Kumar*

E-mail: chayanikasharma101@gmail.com, vijay@nitw.ac.in*

Orbital angular momentum (OAM) beams, pivotal in the realm of optical communications, offer a high-dimensional state space that is ideal for data multiplexing [1]. Identifying these beams from traditional methods based on interference and diffraction poses a substantial challenge due to complex alignment setups and high costs. To overcome these limitations, AI-based demultiplexing techniques have been developed, mitigating alignment issues and enabling the classification of beams even in environments with atmospheric turbulence.

However, the use of direct-intensity images is limited by the small aperture size of the imaging cameras [2]. To address this issue, a speckle-based deep learning approach is presented [3]. Bypassing the beam through a rotating ground glass diffuser (GGD), which introduces random inhomogeneities, speckle patterns are generated that retain essential information about the inherent characteristics of OAM beams.

Nevertheless, the classification of intensity-degenerate OAM modes remains a challenge due to the visual similarity of their speckle patterns. We introduce the use of astigmatic transformation, induced by a cylindrical lens, to break the inherent symmetry in intensity degenerate OAM modes. This study was conducted using two Fourier transform (FT) systems: a 1f FT system, where the cylindrical lens is positioned immediately after GGD, where the beam travels a 1f distance, and a 2f FT system, where the lens is placed at a 1f distance from the GGD, with the beam traveling a total of 2f distance [4].

For classification purposes, we employed a tailored 3-layer convolutional neural network (CNN) with 14.5 million learnable parameters for both setups. The 1f FT system exhibited a remarkable classification accuracy of >95%, while the 2f FT system achieved >89%. Furthermore, we established an optical communication link as a proof of concept, transmitting a 100 by 100, 4-bit image and an alphanumeric string with accuracies of 91% and over 99%, respectively. This research underscores the potential of astigmatic transformation in enhancing the classification of intensity degenerate OAM beams, thereby augmenting the capacity and reliability of optical communication systems.

[1] A.E. Willner et al., J. of Opt. 24, 124002 (2022)

[2] M. Krenn et al., PNAS 113, 13648-13653 (2016)

[3] V. Raskatla et al., JOSA A, 39, 759-765 (2022)

[4] J.W. Goodman, "Introduction to Fourier Optics", 4th Edition (W.H. Freeman, 2017)

Tight focusing of dark C-point singularities with radial or azimuthal polarization

Sushanta Kumar Pal

Centre for Optics, Photonics, and Lasers (COPL), Department of Electrical and
Computer Engineering, University Laval, Quebec, QC G1V 0A6, Canada

E-mail: sushanta1985@gmail.com

Structured light beams embedded with polarization singularities have brought significant breakthroughs to super-resolution imaging, optical communication, optical activity measurements, and atmospheric optics. At a polarization singularity, one or more parameters characterizing the state of polarization (SOP) of the beam, such as azimuth and handedness, are undefined [1]. Polarization singularities are found in the light beams with spatially varying polarization states. The singularities of ellipse fields, in which the predominant SOPs are elliptical, are C-points; at a C-point, the SOP is circular. Tight focusing of polarization singularities [2] has been studied for fundamental and advanced applications.

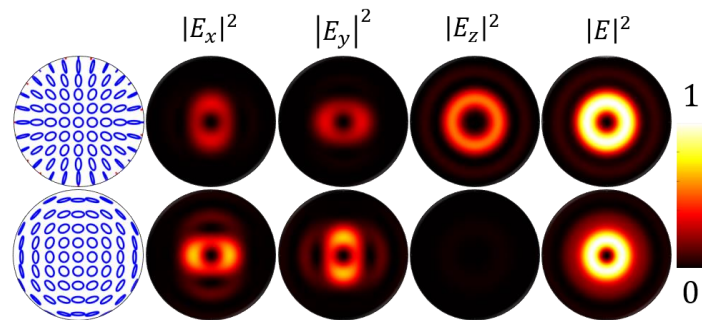


Fig. 1: Tight focusing of right-handed radially and azimuthally polarized dark C-point polarization singularities. Columns show spatial distributions of transverse plane polarization, focal plane constituent intensity $|E_x|^2$, $|E_y|^2$, and $|E_z|^2$, and total intensity $|E|^2$.

In this article, we study the tight focusing of right-handed radially and azimuthally polarized dark C-point polarization singular beams. A radially polarized dark C-point polarization singularity can be generated by the coaxial superposition of two orthogonal circular basis beams with orbital angular momentums 1 and 3 respectively. By introducing a 180-degree phase difference between the orthogonal circular polarization states a radially polarized dark C-point can be converted to an azimuthally polarized dark C-point. Simulation results for right-handed radially and azimuthally polarized dark C-point singularities are presented in the figure. It is shown that, unlike the conventional radially polarized beam the radially polarized dark C-point polarization singular beam generates a donut structure of total intensity distribution and longitudinal intensity distribution at the focal plane.

Reference:

- [1] I. Freund, "Polarization singularity indices in Gaussian laser beams", *Opt. Commun.* **201**, 251-270 (2002).
- [2] S. K. Pal, "Tight focusing of orthogonal C-point polarization states", *Optik* **274**, 170535(2023).