

Poster presentation | 3 Optics and Photonics : 3.10 Photonic structures and phenomena (formerly 3.11)

📅 Thu. Sep 21, 2023 4:00 PM - 6:00 PM JST | Thu. Sep 21, 2023 7:00 AM - 9:00 AM UTC | 🏢 P19 (KJ Hall)

[21p-P19-1~4] 3.10 Photonic structures and phenomena (formerly 3.11)

[21p-P19-1] Fabrication of a two-dimensional photonic crystal nanocavity with a top glass thin film coupled to a Si wire waveguide

○Akinari Fujita¹, Natthajuks Pholsen², Ryusei Kawata¹, Sangmin Ji², Toshihiro Kamei³, Makoto Okano³, Satoshi Iwamoto², Yasutomo Ota¹ (1.Keio Univ., 2.RCAST, U-Tokyo., 3.AIST.)

[21p-P19-2] Experimental investigation of mid-infrared electrically controllable band-pass filters for wavelength superposition (2)

○Yusuke Awane^{1,2}, Takuya Inoue², Susumu Noda² (1.HORIBA, Ltd., 2.Kyoto Univ.)

[21p-P19-3] Observation of visible range topological edge-state propagation in GaN PhC

○Yamato Takano¹, Umito Kurabe¹, Mirai Akimoto¹, Takuto Honda¹, Xiao Hu⁴, Akihiko Kikuchi^{1,2,3} (1.Sophia Univ., 2.Sophia Photonics Reserch Center, 3.Sophia Semiconductor Reserch Institute, 4.WPI-MANA, National Institute for Materials Science)

[21p-P19-4] Detection of ionized space charges using a photonic-crystal-waveguide module (II) ~Multichannel operation~

○Kousei Otsuka¹, Ayumi Ishihara², Kazuya Kikunaga³, Yasushi Takahashi¹ (1.Osaka Met.Univ., 2.Osaka Pref. Univ., 3.AIST.)

シリコン細線導波路と結合した ガラス薄膜装荷 2 次元フォトニック結晶ナノ共振器の作製

Fabrication of a two-dimensional photonic crystal nanocavity with a top glass thin film
coupled to a Si wire waveguide

慶應理工¹, 東大先端研², 産総研³ ○藤田 晃成¹, N. Pholsen², 川田 琉生¹, 池 尚玖²,
亀井 利浩³, 岡野 誠³, 岩本 敏², 太田 泰友¹

¹Keio Univ., ²RCAST, U-Tokyo., ³AIST., °Akinari Fujita¹, Natthajuks Pholsen², Ryusei Kawata¹,
Sangmin Ji², Toshihiro Kamei³, Makoto Okano³, Satoshi Iwamoto² and Yasutomo Ota¹

E-mail: fujitaakinari@keio.jp

はじめに スケーラブルなシリコン量子フォトニクス回路の実現には、決定論的動作が可能な量子光源の集積が必要とされる。これまでに我々は、量子ドット(QD)を埋め込んだ一次元フォトニック結晶(PhC)ナノ共振器を Si 導波路上に転写プリント集積することで、導波路結合型 QD 単一光子源を実証している^[1]。同光源の高効率化には、より強い自然放出抑制効果が望める二次元 PhC の活用が有効である。前回我々は、ガラス上二次元 GaAs-PhC ナノ共振器に追加でガラス薄膜を装荷することで、光源の高効率化に求められる高 Q 値共振を実証した^[2]。今回、同共振器構造を Si 光導波路上に作製し、共振器発光を導波路へ結合することに成功したので報告する。

実験 図 1(a)に検討したデバイス構造を示す。ガラスに埋め込まれた Si 細線導波路上に GaAs を母材としたマルチステップヘテロ型の二次元 PhC ナノ共振器が設置され、さらにその上部にガラス薄膜(厚み 280 nm)が装荷されている。Si 材料としては、900 nm 帯 InAs QD に対して比較的透明な a-Si:H^[3]を用いている。素子作製では、まず独立にガラス埋め込み導波路、共振器、ガラス薄膜を準備し、その後転写プリント法により集積を行なった。図 1(b)に作製した構造を示す。同試料に対し、低温顕微分光法により評価を行なったところ、導波路終端部に設けられたグレーティングから共振器モードに起因する発光スペクトルが観測された(図 1(c))。詳細は当日報告する。

参考文献 [1] R. Katsumi, Y. Ota, *et al.*, APL Photonics **4**, 036105 (2019). [2] 藤田、太田他 前回応物 5p-A501-6 (2023). [3] K. Furuya, *et.al*, APL **100**, 251108 (2012). **謝辞** 有益なご議論をいただいた石田悟己氏、西岡政雄氏、高思源氏、佐藤拓未氏に感謝する。本研究は科研費 (22H01994, 22H00298, 22H04962)および次世代研究者挑戦的研究プログラム (JPMJSP2123) によって遂行された。

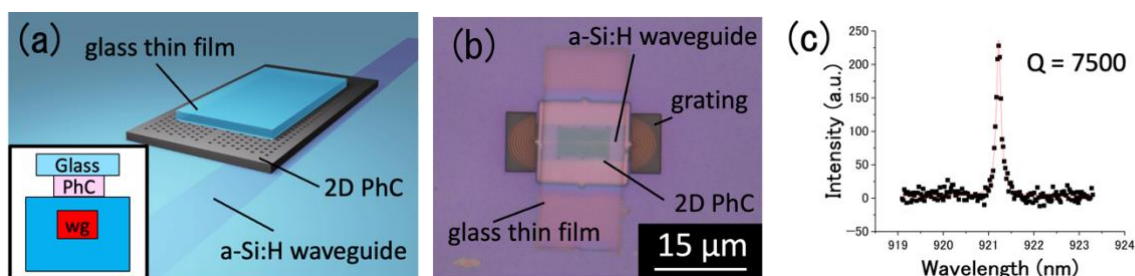


Fig. 1. (a) Schematic image of the investigated PhC nanocavity on a Si wire waveguide. The left bottom inset shows a cross section. (b) Microscope image of a fabricated sample. (c) Emission spectrum from the sample measured through the grating coupler.

電圧変調型中赤外バンドパスフィルタの波長重畳動作の実験的検討(2)

Experimental investigation of mid-infrared electrically controllable band-pass filters for wavelength superposition (2)

堀場製作所¹, 京大院工², °栗根悠介^{1,2}, 井上卓也², 野田進²

HORIBA, Ltd.¹, Kyoto Univ.², °Y. Awane^{1,2}, T. Inoue², S. Noda²

E-mail: yusuke.awane@horiba.com

【序】中赤外領域(3~15 μm)では多くのガスが分子振動による赤外吸収を生じるため、ガスを透過する赤外光の減衰量から、ガスの濃度を定量的に測定することが可能である。本手法は、非分散型赤外吸収法(NDIR)と呼ばれ、特に、測定対象ガスの吸収帯域内と吸収帯域外の2波長の赤外線を利用した NDIR は、各波長の絶対光量が同時に変動した場合でも、その比を取ることで、安定的に濃度測定を行うことが可能となる。これまで、我々は、広帯域熱輻射光源と組み合わせて利用できる非機械式の光学素子として、量子井戸(MQW)のサブバンド間遷移(ISB-T)とフォトニック結晶(PC)を利用した電圧変調型狭帯域バンドパスフィルタ[Fig.1(a)]を設計・実証した^{1),2),3)}。また、前回、透過帯域の異なる2つの電圧変調フィルタを重ねることで、複数波長の透過光強度の同時変調を実現した⁴⁾。今回、上記の2波長電圧変調フィルタと単一検出器を組み合わせ、安定な NDIR 測定が実現できる可能性を確認したため、報告する。

【評価】今回、実験に使用した2つのフィルタの構造は、どちらも p-GaAs 層、GaAs/AlGaAs 量子井戸(MQW)層、n-GaAs 層を積層した薄膜に三角格子円孔 PC を導入した構造である (Fig1 (a))。本フィルタは pn 接合に逆方向電圧を印加することで、MQW 層の電子密度を制御しサブバンド間吸収の大きさが変調されることで透過率が変化する。ここでは、 C_3F_8 ガスの濃度測定に適用することを見据え、MQW 層の ISB-T エネルギー・各層の厚みと PC 格子定数を調整することで、 C_3F_8 の吸収が生じる $f_1=1035\text{cm}^{-1}$ (Filter 1)と、吸収が生じない $f_2=1085\text{cm}^{-1}$ (Filter 2)に各フィルタの変調波数を設定した。2つのフィルタで電圧を印加する前後の透過率スペクトルの FTIR 測定結果を Fig. 2(a), (b)に示す。両フィルタは、上記の目標波数で高い透過率が得られており、かつ電圧印加により 20%以上の透過率変調が得られている。

【結果】本フィルタを用いて Fig.1(b)に示す構成で測定対象を C_3F_8 ガスとした検出実験を行った。Fig.3 に単一検出器から2つの周波数で同期検波して得た信号推移を示す。セル内の C_3F_8 分圧を増加させると、フィルタ1の信号は大きく減少(最大 19%) するのに対し、フィルタ2の信号変化は小さい(最大 1%)。この信号変化は各波長の赤外吸収量に対応していたことから、これら2つの信号比を利用すれば、入射光量に依存せず単一検出器による安定したガス濃度測定が期待できる。【文献】1) 井上他 2018 秋応物 20a-225B-10. 2) 栗根他 2019 春応物 11p-W631-4. 3) 栗根他 2019 秋応物 a21a-E208-5 4) 栗根他 2022 秋応物 22p-A101-3

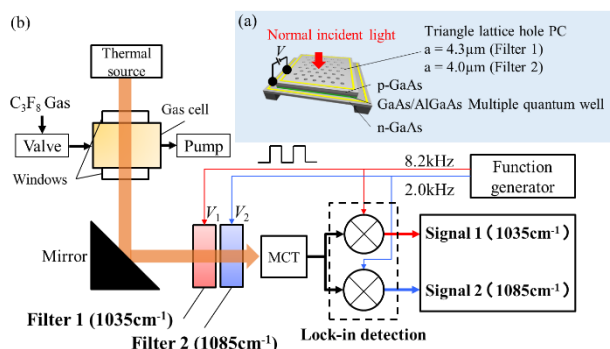


Fig. 1. (a) Bird's eye view of a single electrically controllable filter. (b) Schematic of gas flow measurement system.

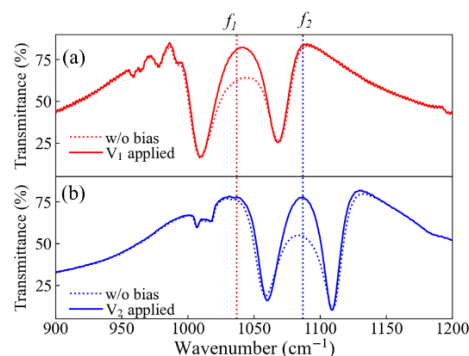


Fig. 2. Transmittance spectra of (a) Filter 1 and (b) Filter 2 as measured with FTIR. Solid and dashed lines indicate spectra without and with bias.

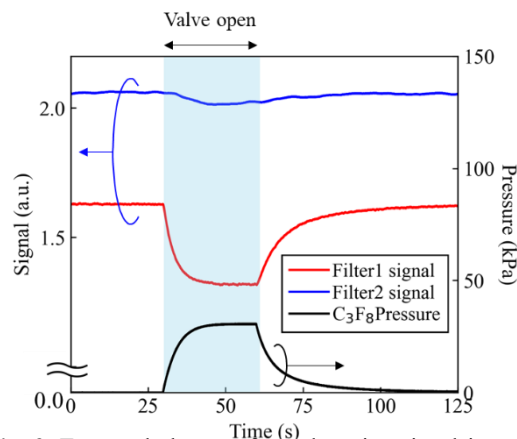


Fig. 3. Temporal change of gas detection signal in response to a pressure change. The red line represents data with Filter 1, blue line with Filter 2, and the black line shows the pressure monitor signal.

GaN フォトニック結晶における可視域トポロジカルエッジ伝搬の観測

Observation of visible range topological edge-state propagation in GaN PhC

上智大理工¹, 上智大フォトリクス研², 上智大半導体研³, 物材機構 WPI-MANA⁴

○高野 大和¹, 倉邊 海史¹, 秋元 弥頼¹, 本多 卓人¹, 胡 暁⁴, 菊池 昭彦^{1,2,3}

Sophia Univ.¹, Sophia Photonics Research Center², Sophia Semiconductor Research Institute³

WPI-MANA, National Institute for Materials Science⁴

○Yamato Takano¹, Umuto Kurabe¹, Mirai Akimoto¹, Takuto Honda¹, X. Hu⁴, Akihiko Kikuchi^{1,2,3}

E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

背景: フォトニック結晶(PhC)にトポロジーの概念を導入したトポロジカル PhC が注目され、PhC 技術が成熟した近赤外領域においてトポロジカルエッジ伝搬の実験的検証^[1]、バルクエッジレーザ^[2]や光渦伝送デバイス^[3]の提案・試作などが報告され急速に進展している。本研究では、低損傷加工技術である水素雰囲気異方性熱エッチング(HEATE)法^[4]と AlInN 犠牲層選択エッチングによりメンブレン型 GaN 系トポロジカル PhC^[5]を作製し、可視域でのトポロジカルエッジ伝搬の観測に成功したので報告する。

実験方法: GaN(200nm)/AlInN(300nm)/GaN(4.8μm)/(0001)Al₂O₃構造のエピウェハ表面に、六つの三角空孔で構成される六角形クラスタを周期 $a_0 = 500 \sim 400 \text{ nm}$ で配列した SiO₂マスクを形成した。三角空孔の重心と六角形クラスタ中心の距離 R が $R < a_0/3$ のクラスタ領域が Trivial PhC、 $R > a_0/3$ のクラスタ領域が Topological PhC であり、2 種の PhC 境界部にトポロジカルエッジ状態が形成される。HEATE 法を用いて GaN 露出部を垂直にエッチングし PhC 構造を作製した後、熱硝酸で AlInN 犠牲層を選択除去することで、PhC 部が空中に保持されたメンブレン型トポロジカル PhC を作製した。可視域(400-730nm)分光顕微鏡システムを構築し、PhC 領域を照射してフーリエ像を取得し、その積層断面からフォトニックバンド構造を構成した。また、PhC 境界部に配置した垂直結合用欠陥キャビティー部に偏光光を集光照射してトポロジカルエッジ伝搬の観測を試みた。

結果と考察: Fig1 は $a_0 = 450 \text{ nm}$ の Topological PhC と Trivial PhC の境界部の SEM 像であり、一辺長 172nm、頂点部曲率半径 19nm、メンブレン厚さ 174nm の良好な形状の三角空孔の形成が確認された。この試料の PhC 境界領域のフォトニックバンドを観測したところ、626nm 近傍にフォトニックバンドギャップとエッジモードの形成が確認された。Fig2 に PhC 全体の顕微鏡像(a)、欠陥キャビティーに波長 626nm の直線偏光(b)、左回り円偏光(c)、右回り円偏光(d)を照射した際のトポロジカルエッジ伝搬の実空間画像を示す。偏光の回転方向に依存する明瞭なトポロジカルエッジ伝搬が生じていることがわかる。GaN 系材料を用いた可視域トポロジカルエッジ伝搬の実証は初めてであり、可視域トポロジカル PhC デバイスへの展開が期待される。

謝辞: 本研究の一部は、JST CREST JPMJCR18T4、JSPS 科研費 JP17H02747、JP19K22147 の援助を受けた。

参考文献: [1]Sabyasachi Barik et al., New J. Phys., 18(2016) 113013. [2]Zeng-Kai Shao et al., nature Nanotechnology., 62-72 (2020) . [3]H. Kagami et al., Optics Express., 28(2020) 22. [4] R. Kita et al. Jpn, J. Appl. Phys., 54 (2015) 046501. [5] K. Yoneta et al. Jpn. J. Appl. Phys., 61 (2022) SC1078.

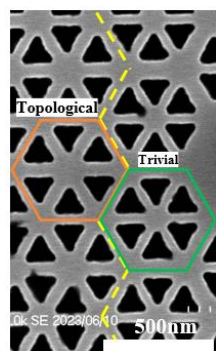


Fig.1 SEM image of GaN topological PhC membrane.

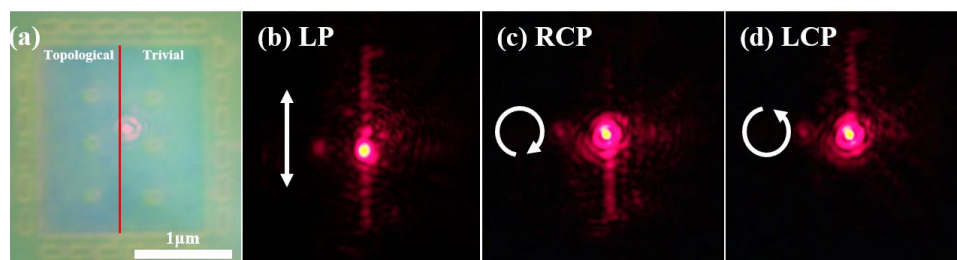


Fig.2 (a) Optical microscope image of GaN topological PhC membrane. Red line indicates the interface between trivial PhC and topological PhC. Real space optical images of topological edge state propagation by irradiating with (b) linearly (c) right-handed circularly, and (d) left-handed circularly polarized light of 626nm in wavelength.

Detection of ionized space charge using a photonic-crystal-waveguide module (II)

~Multichannel operation~

Osaka Met. Univ.¹, Osaka Pref. Univ.², AIST.³

○Kosei Otsuka¹, Ayumi Ishihara², Kazuya Kikunaga³, and Yasushi Takahashi¹

E-mail: si23040s@st.omu.ac.jp

Introduction We challenge to develop the compact space-charge sensors using silicon photonic crystal devices, which can be used in the cosmic space [1-3]. Various charged particles with the high speeds exist in the space. They adversely affect the electronic devices installed in the spacecraft. Serious failures of the satellite caused by the electrostatic discharge have been reported for national projects in Japan. Detailed measurement data for the distribution of space-charges in the cosmic space will be an indispensable piece in the new space age.

We recently reported the space charge detection using the photonic-crystal-waveguide fiber module shown in Fig. 1(a) [4]. When the module was irradiated with the ionized space charges, the output intensity from the fiber module was decreased due to the free carrier absorption by the carrier transferred from the ionized air molecules to silicon photonic crystal. In the future, it is envisioned that several modules will be installed on the surface of spacecraft to detect the charged particles. Here, we report the demonstration of multi-channel operation of the space-charge sensors using four modules.

Experimental Methods and Results Figure 1(b) shows the experimental setup. Excitation light from a super-luminescent diode (SLD) was split to four channels using a fiber splitter and injected into each module. The light intensity of 100 μ W, that is irradiated to each module, is sufficient for the sensor. Therefore, only a light source is used. The reason for using the SLD instead of a laser diode (LD) is to stabilize the output intensity from the module [5]. Figure 1(c) shows the results of the irradiation of ionized air to the four modules. Each curve show the time variation of the transmitted light intensity where the ionized air was irradiated from 30 to 32 seconds, indicated in gray. The experimental method is the same as that in the previous report [1]. In all modules, the light intensity decreased immediately after the irradiation and then recovered after the stop of the irradiation, which is the same behavior as previously reported. The above results indicate that space charge detection is possible at multiple locations.

[Acknowledgement] This research was supported by JST-START : JPMJST2111.

[References] [1] S. Yasuda, *et al.*, Opt. Express **29**, 16228 (2021). [2] Y. Takahashi, *et al.*, Opt. Express **30**, 10694 (2022). [3] M. Fujimoto, *et al.*, Opt. Continuum **2**, 349 (2023). [4] K. Otsuka, *et al.*, The 70th JSAP Spring Meeting, 2023, **17p-PA05-2**. [5] R. Shiozaki, *et al.*, J. Lightwave Technol. **37**, 2458 (2019).

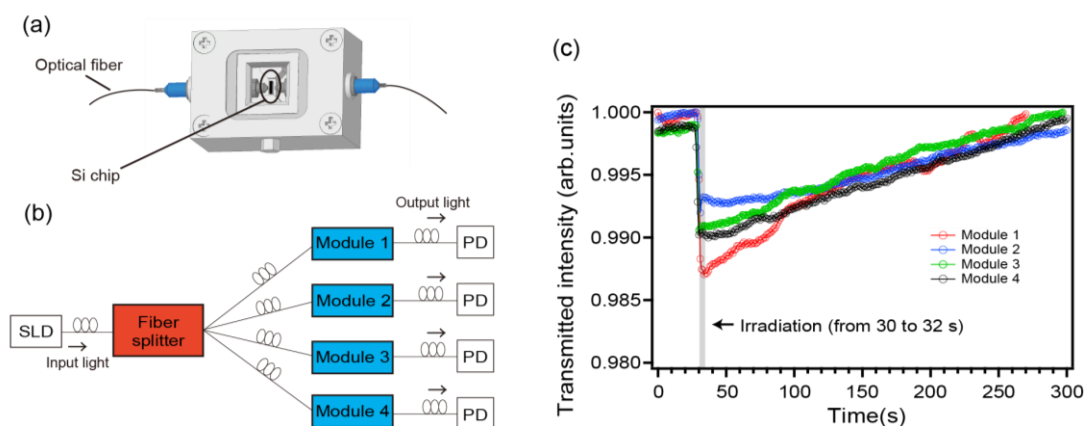


Fig. 1. (a) Photonic-crystal-waveguide module. (b) Experimental setup using four modules. (c) Temporal changes of the intensity of the light transmitted through the modules with the space charge irradiation.