

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20760031

研究課題名（和文）光周波数コム光源を用いた 3 次元顕微鏡の分解能向上と計測の高速化

研究課題名（英文）Development of spatial resolution and measurement speed of 3-dimensional optical microscopy using optical frequency comb

研究代表者

塩田 達俊（SHIODA TATSUTOSHI）

長岡技術科学大学・産学融合トップランナー養成センター・産学融合特任准教授

研究者番号：10376858

研究成果の概要（和文）：非線形ファイバを含み光パルスシンセサイザによる任意波形生成システムを光源とする 3 次元形状計測の実験系を組み、効率よく広帯域なスーパーコンティニューム光が得られる条件を確定した。3 nm 程度であった種光源のスペクトル帯域は、上記システムにより 80 nm 程度まで拡大することがわかった。このとき、分解能は 35 micron となった。

研究成果の概要（英文）：We have developed an arbitrary waveform generator using an optical synthesizer consisting of a nonlinear optical fiber, which was applied for a microscopy. The experimental condition for generating the wideband supercontinuum spectrum was confirmed. The 80 nm spectral band was generated from the 3 nm band comb light source.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎・応用光学・量子光工学

キーワード：光計測

## 1. 研究開始当初の背景

光を用いた 3 次元顕微鏡は非侵襲に物体の観測を行うことができる。近年、特に生体内の微視的観察を目的として盛んに研究されている光コヒーレンストモグラフィ（OCT）は、Time-domain（TD）法と Fourier-Domain（FD）法に大別される。TD 法は、白色光源と干渉計に可動の参照ミラーを用いる白色干渉の原理を用いている[1]。FD 法は、白色干渉計の出力を分光することで断層画像を得るもの

で可動部を持たない計測が可能である[2]。しかし、TD 法も FD 法も点走査するのが一般的で計測時間が長い。これに対して、Beaupaireらは、2 次元画像を一括して取得するフルフィールド OCT を提案した[3]。しかし、白色光源の光強度には限界による感度の不足から、フレームレートを落とさざるを得ない。一方、周波数コム光源と光学干渉計を合わせた手法では、機械的な可動部が無い上、RF 周波数のみの制御で画像が取得できるので

計測を高速化できる。本提案では検出器に2D-CCDを用いて2次元画像を一括で取得できるので高速な計測が可能となる。

## 2. 研究の目的

物体の3次元形状を高速かつ安定に計測する技術の開発が、医療・生命科学・製品検査などの多くの分野から期待されている。そこで本研究の目的は、スーパーコンティニューム(SC)光コム(帯域 100 THz)の発生法を新たに開発して広帯域化し空間分解能を向上すると共に、光検出器に2次元固体イメージセンサ(2D-CCD)を導入して計測時間を短縮することにある。具体的には、光パルスシンセサイザにより光波の位相と振幅を厳密に制御することで非線形ファイバ内に最適化パルスを入射する。これにより、25GHz 間隔、100THz の SC 光コムを発生することで、空間分解能の向上をはかる。

## 3. 研究の方法

平成20年度は、深さ分解能の改善を目指して光周波数コム(帯域)の広帯域化、および光学干渉計の構築を主眼とした。

### (1) 光パルスの波形整形

光位相変調器を用いて発生したコムを、時空間変換技術を用いた光シンセサイザにより、振幅と位相を調整してパルス波形の最適化を行った。

### (2) 高非線形ファイバによるスーパーコンティニューム(SC)光コムの発生

高非線形ファイバ内での光パルス波形を光シンセサイザにより最適なパルス波形に波形整形することで、周波数帯域が100THzのSCコム光を発生した。また、光位相変調器を駆動するRF周波数の走査によりSCコム光の周波数間隔を制御できることを確認した。光シンセサイザによる波形整形により高非線形ファイバ内を伝播するパルスを最適な波形に整形して広帯域SC光コムを発生し、スペクトルの大幅な広帯域化を図った。最終的に、25GHz間隔100THz帯域のSC光コム生成を目標に、上記検討を進めた。

### (3) 光学系の設計・製作

2次元イメージセンサを導入した空間光学干渉計の設計と製作を行った。

平成21年度は、深さ分解能の改善を目指して光源の広帯域化、および光学干渉計の最適化を主眼とした。

### (4) 光コムの発生

光コムの広帯域化を実現した。特に分散デバイスを用いた広帯域光源の発生により高い分解能を実現した。

### (5) 光学干渉計の最適化

光学干渉計をマイケルソン干渉計とマッハツェンダー干渉計の両面で検討した。

### (6) 光学系の設計・製作

2次元イメージセンサを導入した空間光学干渉計の設計と製作を行った。

## 4. 研究成果

物体の3次元形状を高速かつ精密に計測する技術の開発が、製品検査・医療・生命科学などの多くの分野から期待されている。本課題ではこの要求に役立つ3次元動画顕微鏡を開発した。本計測器は光周波数コムを光源とした光学干渉計による3次元形状を観測する手法であり、従来の白色光源を用いた手法とは全く異なる。具体的には、ミクロン精度の3次元像を観察できる計測器を実現した。図1の様に、光周波数コム光源を非線形ファイバに通して、スーパーコンティニューム光として発生させた。光源の帯域が広いほど計測の空間分解能は向上するためにスーパーコンティニューム光の帯域拡大を図った。

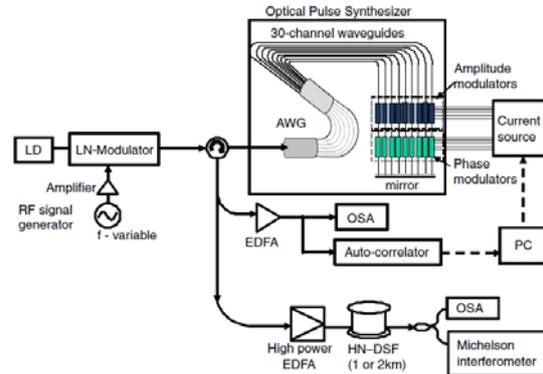


図1. 実験系

非線形ファイバを含み光パルスシンセサイザによる任意波形生成システムを光源とする実験系を組み、効率よく広帯域なスーパーコンティニューム光が得られる条件を確定した。

3 nm 程度であった種光源のスペクトル帯域は、図2の様に上記システムにより80 nm 程度まで拡大することがわかった。

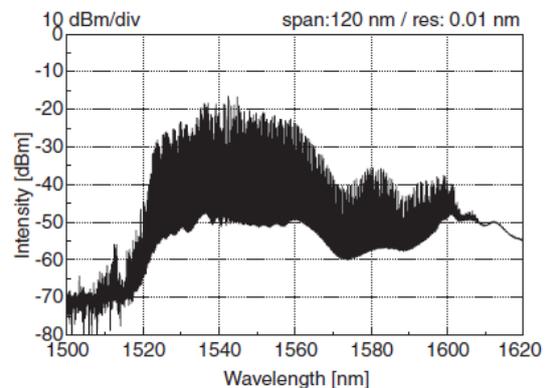


図2 スーパーコンティニューム光のスペクトル

さらに、非線形ファイバに入射する光強度を変化させて周波数帯域の拡大を図った(図3)。

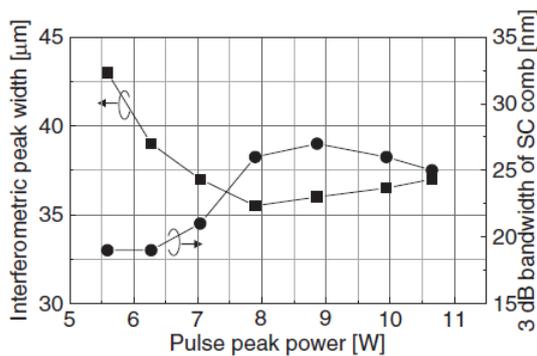


図 3 入射光のパルス光強度を変化させたときのスーパーコンティニューム光のスペクトル幅。さらに、スーパーコンティニューム光の幅が広いほど、干渉ピークの幅は向上する様子がわかる。

このとき、分解能は 35micron となった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 17 件)

- Ken Kashiwagi, Yuichiro Kodama, Ryo Kobe, Tatsutoshi Shioda, Yosuke Tanaka, and Takashi Kurokawa, "Fiber Transmission Characteristics of Optical Short Pulses Generated by Optical Pulse Synthesizer," Japanese Journal of Applied Physics 48 article number 09LF02 (2009).
- Yosuke Tanaka, Yu Matsunaga, Takahiro Hoshi, Tatsutoshi Shioda, and Takashi Kurokawa, "Multi-Carrier Light Source with 50 GHz Spacing and its Application to DWDM System," Japanese Journal of Applied Physics 48 article number 09LF04 (2009).
- Samuel Choi, Naoyuki Tamura, Ken Kashiwagi, Tatsutoshi Shioda, Yosuke Tanaka, and Takashi Kurokawa, "Supercontinuum Comb Generation Using Optical Pulse Synthesizer and Highly Nonlinear Dispersion-Shifted Fiber," Japanese Journal of Applied Physics 48 pp.09LF01-05 (2009) SEP.
- Akira Emoto, Taro Matsumoto, Ayumi Yamashita, Tatsutoshi Shioda, Hiroshi Ono, and Nobuhiro Kawatsuki, "Large Birefringence and Polarization Holographic Gratings Formed in Photo-cross-linkable Polymer Liquid Crystals Comprising Bistolane Mesogenic Side Groups," J. Appl. Phys., 106, article number 073505 (2009).
- Hiroshi Ono, Kakeru Suzuki, Tomoyuki Sasaki, Takanori Iwato, Akira Emoto, Tatsutoshi Shioda, and Nobuhiro Kawatsuki, "Reconstruction of polarized optical images in two- and three-dimensional vector holograms," J. Appl. Phys., vol. 106 article number 083109 (2009).
- Tatsutoshi Shioda, Takayoshi Mori, Tatsuya Sugimoto, Yosuke Tanaka, and Takashi Kurokawa, "High-Resolution Spectroscopy Based on Optical Phase Modulator and Optical Frequency Comb," Optics Communications, vol. 282, pp.2909-2912 (2009).
- Akira Emoto, Tadayoshi Kamei, Tatsutoshi Shioda, Hiroshi Ono, and Nobuhiro Kawatsuki, "Two-dimensional patterning of colloidal crystals by means of lateral auto-cloning in edge-patterned cells," Journal of Applied Physics, vol. 105, article number 123506 pp.1-5 (2009).
- Akira Emoto, Sayaka Manabe, Emi Uchida, Tatsutoshi Shioda, Hiroshi Ono, and Nobuhiro Kawatsuki, "One- and two-dimensional anisotropic diffractive gratings formed by periodic orthogonal molecular alignments in hydrogen-bonding liquid crystalline polymers," Journal of Applied Physics, vol. 105 article number 103514 (2009).
- Yosuke Tanaka, Tatsutoshi Shioda, Takashi Kurokawa, Junji Oka, Kazuyuki Ueta, and Toshiharu Fukuoka, "Power Line Monitoring System Using Fiber Optic Power Supply," Optical Review, vol. 16 no.3, pp.257-261(2009).
- Hiroshi Ono, Masakata Hishida, Akira Emoto, and Tatsutoshi Shioda, and Nobuhiro Kawatsuki, "Elastic continuum analysis and diffraction properties of two-dimensional liquid crystalline grating cells," Journal of Optical Society of America B, vol. 26, no. 6, pp.1151-1156 (2009).
- Hiroshi Ono, Tomoyuki Wakabayashi, Tomoyuki Sasaki, Akira Emoto, Tatsutoshi Shioda, and Nobuhiro Kawatsuki, "Vector holograms using radially polarized light," Appl. Phys. Lett., vol. 94, article number 071114 (2009).
- Tomoyuki Sasaki, Akira Emoto, Tatsutoshi Shioda, and Hiroshi Ono, "Transmission and reflection phase gratings formed in azo-dye-doped chiral nematic liquid crystals," Appl. Phys. Lett., vol. 94, article number 023303 (2009).
- Yosuke Tanaka, Member, Ryo Kobe, Tatsutoshi Shioda, Hiroyuki Tsuda, and Takashi Kurokawa, "Generation of 100-Gb/s Packets Having 8-Bit Return-to-Zero Patterns Using an Optical Pulse Synthesizer With a Lookup Table," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 21, No. 1, pp.39-41 (2009).
- Hiroshi Ono, Takeshi Shinmachi, Akira Emoto, Tatsutoshi Shioda, and Nobuhiro Kawatsuki, "Effects of phase shift between two photo-alignment substrates on diffraction properties in liquid crystalline grating cells," Applied Optics, vol. 48, No.2, pp.309-315 (2008).
- Hiroshi Ono, Takuya Sekiguchi, Akira Emoto, Tatsutoshi Shioda, and Nobuhiro Kawatsuki, "Light Wave Propagation and Bragg Diffraction in Thick Polarization Gratings," Japanese Journal of Applied Physics, vol. 47, no. 10, pp.7963-3967

(2008).

16. Tatsutoshi Shioda, Takeshi Yamamoto, Tatsuya Sugimoto, Yosuke Tanaka, Kaoru Higuma, and Takashi Kurokawa, "1-MHz Resolution Spectroscopy Based on Light Frequency Sweeping Using a Single-Sideband Optical Modulator," Japanese Journal of Applied Physics, vol. 46, no. 6A, pp.3626-3629 (2007).
17. Hiroyuki Tsuda, Yosuke Tanaka, Tatsutoshi Shioda, and Takashi Kurokawa, "Analog and digital optical pulse synthesizers using arrayed-waveguide gratings for high-speed optical signal processing," IEEE Journal of Lightwave Technology, vol. 26, no. 6, pp.670-677 (2008).

[学会発表] (計 50 件)

1. Akira Emoto, Suzana Binti Baharim, Tatsutoshi Shioda, Akifumi Ogiwara, and Hiroshi Ono, "Tailorable optical diffractive gratings using photopolymerization and/or phase separation in polymer/monomer mixtures," Microoptics Conference, J-68 2009 Oct, Tokyo, Japan.
2. Kenichiro Fujii, Ken Kashiwagi, Tatsutoshi Shioda, and Takashi Kurokawa, "Signal to noise ratio improvement in optical fiber loop memory with optical switch and EDFA," Microoptics Conference, K-5 2009 Oct, Tokyo, Japan.
3. Tatsutoshi Shioda, Kenichiro Fujii, Ken Kashiwagi, and Takashi Kurokawa, "High-resolution Spectroscopy Based on Interleaved Optical Frequency Comb," Conference on Lasers and Electro-Optic Pacific-Rim, WE1-2 2009 Aug, Shanghai, China.
4. Toshiaki Yamazaki, Hiroshi Ono, and Tatsutoshi Shioda, "Novel Relative Phase Detection using Dual Heterodyne Mixing Method and its Application to High-speed Waveform Measurement," Conference on Lasers and Electro-Optic Pacific-Rim, WE1-4 2009 Aug, Shanghai, China.
5. Takashi Morisaki, Hiroshi Ono, and Tatsutoshi Shioda, "Scanless Profilometry by means of VIPA Installed Optical Interferometer," Conference on Lasers and Electro-Optic Pacific-Rim, WE2-3 2009 Aug, Shanghai, China.
6. Tatsutoshi Shioda, Kenichiro Fujii, Ken Kashiwagi, and Takashi Kurokawa, "High-Resolution Spectroscopy Combined with Optical Frequency Comb and Heterodyne Detection Method," Conference on Lasers and Electro-Optic, CMII3 2009 June, Baltimore, USA.
7. Kenichiro Fujii, Ken Kashiwagi, Tatsutoshi Shioda, Yosuke Tanaka, and Takashi Kurokawa, "Buffering of 2.5-Gbps optical packets by fiber loop with optical switch and EDFA," Information Topical Meeting on Information Photonics 2008, P1-25 2008 Nov, Himeji, Japan.
8. Naoyuki Tamura, Samuel Choi, Ken Kashiwagi, Tatsutoshi Shioda, Yosuke Tanaka, and Takashi Kurokawa, "Supercontinuum comb generation using optical pulse synthesizer and highly-nonlinear dispersion-shifted fiber," Information Topical Meeting on Information Photonics 2008, 3-P5 2008 Nov, Himeji, Japan.
9. Yu Matsunaga, Takahiro Hoshi, Tatsutoshi Shioda, Yosuke Tanaka, and Takashi Kurokawa, "DWDM transmission of 27-frequency channels with 50-GHz spacing using frequency comb light source," Information Topical Meeting on Information Photonics 2008, 3-P8 2008 Nov, Himeji, Japan.
10. Yuichi Kodama, Ryo Kobe, Tatsutoshi Shioda, Yosuke Tanaka, and Takashi Kurokawa, "Fiber transmission characteristics of optical short pulses generated with optical pulse synthesizer," Information Topical Meeting on Information Photonics 2008, P1-23 2008 Nov, Himeji, Japan.
11. Tatsutoshi Shioda, Takayoshi Mori, Kenichiro Fujii, Yosuke Tanaka, and Takashi Kurokawa, "Frequency Scanning Spectroscopy of Optical Frequency Comb with High-Resolution on an Absolute Frequency Axis," Conference on Lasers and Electro-Optic, 2008 May, San Jose, USA.
12. Samuel Choi, Naoyuki Tamura, Ryo Kobe, Tatsutoshi Shioda, Yosuke Tanaka, and Takashi Kurokawa, "Three-dimensional microscopic interferometer by frequency sweep of supercontinuum frequency comb," Conference on Lasers and Electro-Optic, 2008 May, San Jose, USA
13. 森崎孝、小野浩司、塩田達俊、"1 ショット断層像と空間分解スペクトルの同時計測システム"第 57 回応用物理学関係連合講演会 20a-J-5、2010 年 3 月 20 日、神奈川
14. 森崎孝、小野浩司、塩田達俊、"VIPAを光学干渉計に用いた 1 ショット 2 次元断層計測"第 57 回応用物理学関係連合講演会 20a-J-6、2010 年 3 月 20 日、神奈川
15. 石丸恒、山崎俊明、小野浩司、塩田達俊、"VIPAを光学干渉計に用いた 1 ショット 2 次元断層計測"第 57 回応用物理学関係連合講演会 20a-J-7、2010 年 3 月 20 日、神奈川
16. 山崎俊明、小野浩司、塩田達俊、葛綿充、"2 波長同時ヘテロダイン検波法の位相変調波形観測への応用"第 57 回応用物理学関係連合講演会 20a-J-8、2010 年 3 月 20 日、神奈川
17. 江本顕雄、小坂明正、塩田達俊、小野浩司、石橋隆幸、"磁性ガーネット 2 次元配列からの偏光回折と磁化特性のキャラクタリゼーション"第 57 回応用物理学関係連合講演会 18a-ZJ-9、2010 年 3 月 18 日、神奈川
18. 岩戸孝憲、江本顕雄、塩田達俊、佐々木友之、川月喜弘、小野浩司、"振れ配向アゾ色素ドープ高分子複合体液晶への 3 次元ベクトルホログラ

- ム記録による回折光偏光制御”第 57 回応用物理学関係連合講演会 17p-K-6、2010 年 3 月 17 日、神奈川
19. 森崎孝、小野浩司、塩田達俊、“VIPAを組み込んだ光学干渉計による無走査光形状計測” Optics & Photonics Japan 2009 26aF2、2009 年 11 月 26 日、新潟
  20. 山崎俊明、小野浩司、塩田達俊、“200MHz受信器による 12.5Gbps信号の光波形計測、” Optics & Photonics Japan 2009 25pE10、2009 年 11 月 25 日、新潟
  21. 森崎孝、鈴木康平、小野浩司、塩田達俊、“走査を必要としない反射型光位相変調器を用いた光学干渉トモグラフィ” Optics & Photonics Japan 2009 26aP12、2009 年 11 月 26 日、新潟
  22. 江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“種々の光架橋性高分子液晶材料中での回折格子形成特性、” Optics & Photonics Japan 2009 25aP2、2009 年 11 月 25 日、新潟
  23. 塩田達俊、“低速デバイスにより超高速波形を観測する方法（波形計測と距離計測へ応用可能な技術）”新技術発表会、2009 年 10 月 16 日、東京
  24. 石丸恒、山崎俊明、小野浩司、塩田達俊、“2 波長同時ヘテロダイン検波法の分散計測への応用、”電子情報通信学会ソサイエティ大会C-3-27、2009 年 9 月 15 日、新潟
  25. 山崎俊明、小野浩司、塩田達俊、“2 波長同時ヘテロダイン検波法の光波形観測への応用、Application of two modes simultaneous heterodyne detection method to high-speed waveform detection” 秋季 第 70 回 応用物理学学会 学術講演会 11-p-G-10、2009 年 9 月 11 日、富山
  26. 亀井理祥、江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“帯状積層オパール構造による回折格子の特性、” 秋季 第 70 回 応用物理学学会 学術講演会 8a-A-2、2009 年 9 月 8 日、富山
  27. 若林宏幸、江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“軸対称偏光を用いたホログラムの記録・再生特性” 秋季 第 70 回 応用物理学学会 学術講演会 8a-A-4、2009 年 9 月 8 日、富山
  28. 岩戸孝憲、江本顕雄、塩田達俊、佐々木友之、川月喜弘、小野浩司、“振れ配向アゾ色素ドープ高分子複合体液晶への 3 次元ベクトルホログラム記録” 秋季 第 70 回 応用物理学学会 学術講演会 8a-A-5、2009 年 9 月 8 日、富山
  29. 江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“トラン基を含む光架橋性高分子液晶中での回折格子形成” 秋季 第 70 回 応用物理学学会 学術講演会 10a-ZK-21、2009 年 9 月 8 日、富山
  30. 森崎孝、小野浩司、塩田達俊、“光学干渉計とVIPAの光分散特性を利用した光距離計測装置、” 第 34 回光学シンポジウム、2009 年 7 月、東京
  31. 真鍋清香、塩田達俊、江本顕雄、小野浩司、川月喜弘、“光配向性水素結合高分子液晶を用いた 2 次元偏光回折格子”第 58 回高分子学会年次大会、2009 年 5 月、神戸
  32. 藤井健一郎、塩田達俊、柏木謙、黒川隆志“光周波数コムを用いた絶対周波数高分解能分光法の帯域拡大” 第 56 回応用物理学関係連合講演会、2009 年 3 月、筑波
  33. 森崎孝、小野浩司、塩田達俊、“VIPAと光学干渉計による光距離計測システム、”第 56 回応用物理学関係連合講演会、2009 年 3 月、筑波
  34. 山崎俊明、小野浩司、塩田達俊、“2 波長同時ヘテロダイン検波による相対位相計測システム”第 56 回応用物理学関係連合講演会、2009 年 3 月、筑波
  35. 佐々木友之、江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“光機能性高分子液晶を用いた 3 次元ベクトルホログラム記録への記録波長の影響”第 56 回応用物理学関係連合講演会、2009 年 3 月、筑波
  36. 若林宏幸、佐々木友之、江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“軸対称偏光を用いた多次元ベクトルホログラムの記録・再生特性”第 56 回応用物理学関係連合講演会、2009 年 3 月、筑波
  37. 江本顕雄、真鍋清香、川月喜弘、塩田達俊、小野浩司、“光配向機能を有する水素結合性高分子液晶を用いた 2 次元偏光回折格子”第 56 回応用物理学関係連合講演会、2009 年 3 月、筑波
  38. 江本顕雄、亀井理祥、塩田達俊、小野浩司、“異なるコロイド結晶の横方向接合構造を利用したラテラル自己クローニング法”第 56 回応用物理学関係連合講演会、2009 年 3 月、筑波
  39. 塩田達俊、“絶対周波数保証光スペクトル解析装置”第 4 回シナジェティックデバイスフォーラム、2009 年 2 月、新潟
  40. 塩田達俊、“光周波数コムを利用した高分解スペクトル計測と応用”日本光学会北陸・信越支部講演会、2008 年 11 月、新潟
  41. 塩田達俊、藤井健一郎、黒川隆志、“光周波数コムを用いた絶対周波数保証/高分解分光法の感度向上”Optics & Photonics Japan、5pC8、2008 年 11 月、筑波
  42. 佐々木友之、若林宏幸、江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“光学異方性を有する記録材料を用いた 3 次元ベクトルホログラムの形成”Optics & Photonics Japan、2008 年 11 月、筑波
  43. 若林宏幸、佐々木友之、江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“Z 偏光成分を含む光波の干渉基礎理論の検討とベクトルホログラムへの応用の試み”電子情報通信学会信越支部大会講演会、2008 年 9 月、新潟
  44. Suzana Binti Baharim、江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“レーザービーム描画法を用いた光反応性樹脂への格子形成とその特性”電子情報通信学会信越支部大会講演会、

2008年9月、新潟

45. Azizul Hakimi Mohamad、江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“フレネルレンズ液晶セルの形成と特性”電子情報通信学会信越支部大会講演会、2008年9月、新潟
46. 塩田達俊、“絶対周波数保証/連続周波数可変光源”シナジェティックデバイス研究会、2008年7月、新潟
47. 塩田達俊、“絶対周波数保証/連続掃引可能な周波数可変光源”、新技術説明会、JSTホール(東京・市ヶ谷)、2008年5月30日。
48. Najmiah Radiah Binti Mohamad、江本顕雄、塩田達俊、荻原昭文、川月喜弘、小野浩司、“ホログラフィックPDL形成における格子ピッチと露光エネルギーの影響”日本液晶学会講演会、2008年3月、京都
49. 江本顕雄、Azizul Hakimi Mohamad、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“光配向膜を用いたフレネルレンズ液晶セルの形成と特性評価”日本液晶学会講演会、2008年3月、京都
50. 佐々木友之、江本顕雄、塩田達俊、川月喜弘、小野浩司、“アゾベンゼンをドーブ下カイヤルネマチック液晶へのベクトルホログラム記録”第69回応用物理学会学術講演会、2008年9月、愛知

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計10件)

名称：「走査不要の空間分解スペクトル計測方法及び装置」

発明者：塩田達俊

権利者：国立大学法人長岡技術科学大学

種類：特許

番号：特願 2010-060034

出願年月日：2010年3月17日

国内外の別：国内

名称：「情報読み出し装置」

発明者：塩田達俊

権利者：国立大学法人長岡技術科学大学

種類：特許

番号：特願 2010-84715

出願年月日：2010年3月31日

国内外の別：国内

名称：「液晶光スイッチ」

発明者：黒川隆志、田中洋介、塩田達俊

権利者：国立大学法人東京農工大学

種類：特許

番号：特願 2010-75233

出願年月日：2010年2月

国内外の別：国内

名称：「光分散計測装置」

発明者：塩田達俊

権利者：国立大学法人長岡技術科学大学

種類：特許

番号：特願 2009-212569

出願年月日：2009年9月15日

国内外の別：国内

名称：「光スペクトル計測装置」

発明者：塩田達俊、黒川隆志

権利者：国立大学法人長岡技術科学大学

種類：特許

番号：特願 2009-163206

出願年月日：2009年7月9日

国内外の別：国内

名称：「相対位相検出器及び相対位相検出方法」

発明者：塩田達俊

権利者：国立大学法人長岡技術科学大学

種類：特許

番号：PCT/JP2010/55619

出願年月日：2010年3月29日

国内外の別：国際

名称：「干渉計」

発明者：塩田達俊

権利者：国立大学法人長岡技術科学大学

種類：特許

番号：PCT/JP2010/55771

出願年月日：2010年3月30日

国内外の別：国際

名称：「相対位相検出器及び相対位相検出方法」

発明者：塩田達俊

権利者：国立大学法人長岡技術科学大学

種類：特許

番号：特願 2009-080744

出願年月日：2009年3月29日

国内外の別：国内

名称：「分光デバイスを利用した形状計測装置」

発明者：塩田達俊、森崎孝

権利者：国立大学法人長岡技術科学大学

種類：特許

番号：特願 2009-090747

出願年月日：2009年3月30日

国内外の別：国内

名称：「光ループ装置および周波数変換方法」

発明者：塩田達俊、黒川隆志

権利者：国立大学法人長岡技術科学大学

種類：特許

番号：PCT/JP2009/53359

出願年月日：2009年2月28日

国内外の別：国際

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://optel.nagaokaut.ac.jp>

6. 研究組織

(1)研究代表者

塩田 達俊（SHIODA TATSUTOSHI）

長岡技術科学大学・産学融合トップランナ

ー養成センター・産学融合特任准教授

研究者番号：10376858

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし