

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：33924

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25630154

研究課題名(和文)波長可変中赤外コヒーレント光の発生

研究課題名(英文)Generation of tunable mid-infrared coherent light source

研究代表者

大石 泰丈(Ohishi, Yasutake)

豊田工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80360238

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文):(1)テルライトPCFを用いて、高効率DW発生に成功した。励起光からの変換効率は65%であった。この結果より、ソリトン波を利用した高効率波長変換が可能であることを実証した。

(2)As₂Se₃をコアとするカルコゲナイドファイバのSC光発生特性を解析した。その結果、当ファイバの光透過域全体で正常分散特性を実現する構造が存在し、その構造を実現すると3から15μmまでSC光を延ばすことができることを明らかにした。また、コヒーレンス度も上記波長域全体で高く保たれることを明らかにした。さらにAs₂Se₃をコアとするカルコゲナイドファイバを実現して10μmに及びSC光の発生を確認に初めて成功した。

研究成果の概要(英文): Using a tellurite PCF, highly efficient dispersive wave was observed. The conversion efficiency from the pump light to the dispersive wave was as high as 65%. This shows highly efficient wave length conversion from soliton to dispersive wave is possible. Supercontinuum generation in As₂Se₃ chalcogenide fiber was analyzed. It was shown that the normal dispersion range can be realized in the full transparent spectral range of this fiber and supercontinuum covering from 3 to 13 μm with high coherence can be generated in this fiber. In addition As₂Se₃ chalcogenide fiber was successfully generated and supercontinuum extending to 10 μm was generated for the first time.

研究分野：フォトンクス

キーワード：非線形光学 微細構造光ファイバ スーパーコンティニューム 四光波混合 ソリトン

1. 研究開始当初の背景

中赤外域には、多くの応用分野が広がっているが、近赤外域に比較すると未開拓な波長領域といえる。それら新規な応用に使用できるコヒーレント光発生技術が確立されているとは言えない。候補として非線形光学結晶の2次非線形性を利用したパラメトリック発振やパラメトリック波長変換、スーパーコンティニウム (SC : Supercontinuum) 光、量子カスケードレーザー等が研究されている。非線形光学結晶によるパラメトリック波長変換による中赤外光の発生は、発生効率を確保するため疑似位相整合を利用しており、そのためには導波路形成に精密制御が必要であり、発生波長は導波路構造により決まる。したがって、発生波長ごとに構造を変える必要がある。また、広い波長域で波長可変で発生させることも困難である。SC 光は石英ファイバで実用になっているが、発生領域は、石英ファイバの透過域で決まるため、現在 2.4 μm 以下の波長に限られている。また、スペクトルが広く拡がるため、各波長におけるパワーの密度は下がってしまう。量子カスケードレーザーも発生波長が任意という段階には達していない。

石英ファイバ中の SC 光発生の際に観測される Dispersive wave (DW) の発生は、ソリトン波の発生する異常分散領域の短波長域に位置する正常分散領域に限られている。したがって、中赤外光の発生はできない。もし、異常分散領域の長波長域に正常分散領域が設定できたらどうであろうか。この場合、長波長域に正常分散領域で位相整合条件を満たす波長が存在すれば、ソリトンからの共鳴的なエネルギー移動が起き、長波長域の正常分散領域、たとえば中赤外域に、DW が発生し得る。つまり、光ファイバの波長分散の設計次第で中赤外域の DW の発生が可能であるが、これは理論的にも実験的にも検証されていない。

2. 研究の目的

光ファイバ中にソリトンが発生するとソリトンと位相整合がとれる正常分散波長域に DW が発生することが知られている。DW は石英ファイバ中の SC 光が短波長域に拡大する主要なメカニズムである。しかしこれまで、DW がソリトンより長波長域に発生させられることは知られていない。本研究では、中赤外域の新規な高強度波長可変コヒーレント光源を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) DW による中赤外光の発生には、光ファイバの波長分散特性が大いにかかわる。したがって、どのような波長分散特性のときに、中赤外域で DW が発生するための位相整合条件が満足されるかを明らかにす

る必要がある。Photonic Crystal Fiber (PCF) 素材として非線形性が高く、中赤外域の透過特性の優れたテルライト (TeO_2 を主成分とするガラス) やカルコゲナイドガラスを用いて、波長分散を高い自由度で設計できるハイブリッド PCF 構造と特に高次分散を考慮した位相整合条件との関連の解析を進め、中赤外域で DW を可能にする PCF 構造を明らかにする。

(2) 上記の結果をもとにハイブリッド PCF 構造を実現し、中赤外域での DW の発生特性を解明する。ソリトン波から DW への変換効率、コヒーレント特性を理論的・実験的に解明する。中赤外光源としての DW 発生の実用性を明らかにする。

4. 研究成果

- (1) 中赤外領域の光透過特性優れたカルコゲナイドハイブリッド PCF の素材候補として AsSe 系および AsS 系ガラスの研究を進めた。コアガラスとして AsSe_2 系ガラスおよびクラッドガラスとして As_2S_5 系ガラスを用いることにより屈折率差を 0.5 つけること、また両ガラス素材の熱特性も合致させることができ、ハイブリッドガラス素材として応用できることを明らかにした。また、カルコゲナイドハイブリッド PCF の作製を行い、その実現に初めて成功した。4穴および6穴のハイブリッド PCF 構造を実現した。また、ハイブリッド PCF 構造と波長分散特性との関連を詳細解析した。その結果、4穴構造において3波長で零分散かつ低分散な分散特性が実現できることを明らかにした。
- (2) GeTeSe 系のカルコゲナイド光導波路を用いて 10 μm に亘る SC 光の発生に成功した。
- (3) テルライト PCF を用いて、高効率 DW 発生に成功した。励起光からの変換効率は 65% であった。この結果より、ソリトン波を利用した高効率波長変換が可能であることを実証した。
- (4) フィラメンテーションを利用して As_2Ae_3 カルコゲナイドガラス中では 13 μm にまで SC 光が拡張することを確認し、カルコゲナイドガラスが広帯域、特に中赤外 SC 光発生に有効な素材であることを実証した。
- (5) As_2Se_3 をコアとするカルコゲナイドファイバの SC 光発生特性を解析した。その結果、当ファイバの光透過域全体で正常分散特性を実現する構造が存在し、その構造を実現すると 3 から 15 μm まで SC 光を延ばすことができることを明らかにした。また、コヒーレンス度も上記波長域全体で高く保たれることを明らかにした。さらに As_2Se_3 をコアとするカルコゲナイドファイバを実現して 10 μm に及ぶ SC 光発生の確認に初めて成功した。
- (6) AsSe₂-As₂S₅ カルコゲナイドガラスに

よる微細構造光ファイバを実現し 3.42 μm の長波長まで SSFS が起こることを確認し, SSFS が長波長域のコヒーレント光発生に利用できることを示した。

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 23 件)

1. T. Cheng, M. Liao, X. Xue, J. Li, W. Gao, X. Li, D. Chen, S. Zheng, Y. Pan, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "A silica optical fiber doped with yttrium aluminosilicate nanoparticles for supercontinuum generation", *Optical Materials*, Vol. 53, pp. 39-43, March 2016. DOI:10.1016/j.optmat.2016.01.018. (査読有)
2. T. Cheng, T. H. Tuan, L. Liu, X. Xue, M. Matsumoto, H. Tezuka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Fabrication of all-solid $\text{AsSe}_2\text{-As}_2\text{S}_5$ microstructured optical fiber with two zero-dispersion wavelengths for generation of mid-infrared dispersive waves", *Applied Physics Express*, Vol. 9, pp. 022502-1-4, January 2016. DOI:10.7567/APEX.9.022502. (査読有)
3. D. Deng, L. Liu, T. H. Tuan, Y. Kanou, M. Matsumoto, H. Tezuka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Mid-infrared supercontinuum covering 3-10 μm using a As_2Se_3 core and As_2S_5 cladding step-index chalcogenide fiber", *Journal of the Ceramic Society of Japan*, Vol. 124, pp. 103-105, January 2016. DOI:10.2109/jcersj2.15203
4. X. Xue, T. Cheng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Upconversion emissions from high energy levels of Tb^{3+} under near-infrared laser excitation at 976nm", *Optical Materials Express*, Vol. 5, No. 12, pp. 2768-2776, November 2015. DOI:10.1364/OME.5.002768. (査読有)
5. J. Picot-Clemente, C. Strutyński, F. Amrani, F. Desevedavy, J-C Jules, G. Gadret, D. Deng, T. Cheng, K. Nagasaka, Y. Ohishi, B. Kibler, and F. Smektala, "Enhanced supercontinuum generation in tapered tellurite suspended core fiber", *Optics Communications*, Vol. 354, pp. 374-379, November 2015. DOI:10.1016/j.optcom.2015.06.014. (査読有)
6. C. Yao, C. He, Z. Jia, S. Wang, G. Qin, Y. Ohishi, and W. Qin, "Holmium-doped fluorotellurite microstructured fibers for 2.1 μm lasing", *Optics Letters*, Vol. 40, No. 20, pp. 4695-4698, October 2015. DOI:10.1364/OL.40.004695. (査読有)
7. L. Zhang, T. H. Tuan, L. Liu, W. Gao, H. Kawamura, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Widely tunable dispersive wave generation and soliton self-frequency shift in a tellurite microstructured optical fiber pumped near the zero dispersion wavelength", *Journal of Optics*, Vol. 17, No. 12, pp.1-7, October 2015. DOI:10.1088/2040-8978/17/12/125501. (査読有)
8. L. Zhang, T. H. Tuan, H. Kawamura, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Optical parametric oscillator based on degenerate four-wave mixing in suspended core tellurite microstructured optical fiber", *Optics Express*, Vol. 23, No. 20, pp. 26299-26304, September 2015. DOI:10.1364/OE.23.026299. (査読有)
9. 大石泰文, "高非線形微細構造光ファイバによる中赤外スーパーコンティニウム光の発生", *レーザー研究*, Vol. 43, No. 8, pp. 526-531, August 2015. http://www.lsj.or.jp/laser/43/43_8.pdf. (査読有)
10. L. Zhang, T. Cheng, D. Deng, D. Sega, L. Liu, X. Xue, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Tunable Soliton Generation in a Birefringent Tellurite Microstructured Optical Fiber", *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 27, No. 14, pp.1547-1549, July 2015. DOI:10.1109/LPT.2015.2429735. (査読有)
11. T. Cheng, T. H. Tuan, X. Xue, L. Liu, D. Deng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Experimental observation of multiple dispersive waves emitted by multiple mid-infrared solitons in a birefringence tellurite microstructured optical fiber", *Optics Express*, Vol. 23, No. 16, pp. 20647-20654, July 2015. DOI:10.1364/OE.23.020647. (査読有)
12. T. Cheng, Y. Sakai, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Fabrication and characterization of an all-solid tellurite-phosphate photonic bandgap fiber", *Optics Letters*, Vol. 40, No. 9, pp. 2088-2090, May 2015. DOI:10.1364/OL.40.002088. (査読有)
13. T. Cheng, D. Deng, X. Xue, L. Zhang, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Highly efficient tunable dispersive wave in a tellurite

- microstructured optical fiber”, IEEE Photonics Journal, Vol. 7, No. 1, February 2015. DOI:10.1109/JPHOT.2014.2381662. (査読有)
14. T. Cheng, D. Deng, X. Xue, M. Matsumoto, H. Tezuka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Widely tunable third-harmonic generation in a tellurite microstructured optical fiber”, Applied Optics, Vol. 54, No. 6, pp. 1326-1330, February 2015. DOI:10.1364/AO.54.001326. (査読有)
 15. T. Cheng, L. Zhang, X. Xue, D. Deng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Broadband cascaded four-wave mixing and supercontinuum generation in a tellurite microstructured optical fiber pumped at 2 μm ”, Optics Express, Vol. 23, No. 4, pp. 4125-4134, February 2015. DOI:10.1364/OE.23.004125. (査読有)
 16. T. Cheng, H. Kawashima, X. Xue, D. Deng, M. Matsumoto, T. Misumi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Fabrication of a chalcogenide-tellurite hybrid microstructured optical fiber for flattened and broadband supercontinuum generation” Journal of Lightwave Technology, Vol. 33, No. 2, pp. 333-338, January 2015. DOI:10.1109/JLT.2014.2379912. (査読有)
 17. T. Cheng, Y. Kanou, X. Xue, D. Deng, M. Matsumoto, T. Misumi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Mid-infrared supercontinuum generation in a novel $\text{AsSe}_2\text{-As}_2\text{S}_5$ hybrid microstructured optical fiber”, Optics Express, Vol. 22, No. 19, pp. 23019-23025, September 2014. DOI:10.1364/OE.22.023019. (査読有)
 18. T. Cheng, D. Deng, X. Xue, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Continuous-wave four-wave mixing in a single-mode tellurite fiber”, Applied Physics Letters, Vol. 104, No. 25, pp. 251903-1-4, June 2014. DOI:10.1063/1.4884651. (査読有)
 19. T. Cheng, Z. Duan, K. Asano, T. H. Tuan, W. Gao, D. Deng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Design and optimization of tellurite hybrid microstructured optical fiber with high nonlinearity and low flattened chromatic dispersion for optical parametric amplification”, Optics Communications, Vol. 318, pp. 105-111, May 2014. DOI:10.1016/j.optcom.2013.12.3073. (査読有)
 20. T. Cheng, Y. Kanou, D. Deng, X. Xue, M. Matsumoto, T. Misumi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Fabrication and characterization of a hybrid four-hole $\text{AsSe}_2\text{-As}_2\text{S}_5$ microstructured optical fiber with a large refractive index difference”, Optics Express, Vol. 22, No. 11, pp. 13322-13329, May 2014. DOI:10.1364/OE22.013322. (査読有)
 21. T. Cheng, W. Gao, H. Kawashima, D. Deng, M. Liao, M. Matsumoto, T. Misumi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Widely tunable second-harmonic generation in a chalcogenide-tellurite hybrid optical fiber”, Optics Letters, Vol. 39, No. 7, pp. 2145-2147, April 2014. DOI:10.1364/OL.39.002145. (査読有)
 22. T. Cheng, R. Usaki, Z. Duan, W. Gao, D. Deng, M. Liao, Y. Kanou, M. Matsumoto, T. Misumi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Soliton self-frequency shift and third-harmonic generation in a four-hole As_2S_5 microstructured optical fiber”, Optics Express, Vol. 22, No. 4, pp. 3740-3746, February 2014. DOI:10.1364/OE.22.003740. (査読有)
 23. W. Gao, Z. Duan, K. Asano, T. Cheng, D. Deng, M. Matsumoto, T. Misumi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Mid-infrared supercontinuum generation in a four-hole As_2S_5 chalcogenide microstructured optical fiber”, Applied Physics B, Vol. 116, No. 4, pp. 847-853, February 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s00340-014-5771-8>. (査読有)
- 〔学会発表〕(計 28 件)
1. L. Zhang, T. H. Tuan, H. Kawamura, K. Nagasaka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Broadband Fiber Optical Parametric Amplifier Formed by Two Pairs of Four-Wave Mixing in a Tellurite Microstructured Optical Fiber”, Optical Fiber Communication Conference 2016, March 20-22, 2016, Anaheim, USA.
 2. T. Cheng, X. Xue, L. Liu, W. Gao, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Evolution of the mid-infrared higher-order soliton fission in a tapered tellurite microstructured optical fiber”, SPIE Photonics West 2016, February 13-18, 2016, San Francisco, USA.
 3. (Invited) Y. Ohishi, L. Zhang, T. Cheng, T. H. Tuan, L. Liu, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Soft Glass Highly Nonlinear

- Optical Fibers and Their Applications”, 4th Workshop on Specialty Optical Fibers (WSOF2015), November 4-6, 2015, Hong Kong, China.
4. T. Cheng, T. H. Tuan, X. Xue, D. Deng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Experimental Observation of Multiple Dispersive Waves and Mid-infrared Solitons in a Birefringence Tellurite Microstructured Optical Fiber”, *Frontiers in Optics: The 99th OSA Annual Meeting and Exhibit/Laser Science XXXI 2015*, October 18-22, 2015, San Jose, USA.
 5. L. Zhang, T. H. Tuan, W. Gao, H. Kawamura, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Tellurite Microstructured Optical Fiber Based Raman Soliton and Dispersive Wave Generation”, *Frontiers in Optics: The 99th OSA Annual Meeting and Exhibit/Laser Science XXXI 2015*, October 18-22, 2015, San Jose, USA.
 6. T. Cheng, X. Xue, D. Deng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Highly Efficient Dispersive Wave Emission in a Tellurite Microstructured Optical Fiber”, *Frontiers in Optics: The 99th OSA Annual Meeting and Exhibit/Laser Science XXXI 2015*, October 18-22, 2015, San Jose, USA.
 7. T. Cheng, M. Liao, X. Xue, J. Li, D. Deng, X. Li, D. Chen, S. Zheng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Fabrication of an Optical Fiber Doped with Amorphous Yttrium Aluminosilicate Nanoparticles in the Core for Supercontinuum Generation”, *2015 Advanced Solid State Lasers Conference and Exhibition (ASSL)*, October 4-9, 2015, Berlin, Germany.
 8. D. Deng, L. Liu, T. H. Tuan, Y. Kanou, M. Matsumoto, H. Tezuka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Mid-infrared Supercontinuum Covering 3-10 μm Using a As_2Se_3 Core and As_2S_5 Cladding Step-index Chalcogenide Fiber”, *2015 Advanced Solid State Lasers Conference and Exhibition (ASSL)*, October 4-9, 2015, Berlin, Germany.
 9. T. Cheng, T. H. Tuan, X. Xue, D. Deng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Multi-peak-spectra Generation with Multiple Dispersive Waves and Solitons in a Birefringence Tellurite Microstructured Optical Fiber”, *41st European Conference on Optical Communication (ECOC2015)*, September 27th - October 1st, 2015, Valencia Spain.
 10. T. Cheng, T. H. Tuan, X. Xue, D. Deng, K. Nagasaka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Soliton Self-frequency Shift and Supercontinuum Generation in a Tellurite Microstructured Optical Fiber”, *OSA Topical Meeting Nonlinear Optics (NLO) 2015*, July 26-31, 2015, Hawaii, USA.
 11. (Invited), Y. Ohishi, “New Prospect of Soft Glass Microstructured Optical Fibers”, *8th International Conference on Materials for Advanced Technologies of the Materials Research Society of Singapore & IUMRS-International Conference in Asia*, June 28-July 3, 2015, Suntec, Singapore.
 12. D. Deng, K. Nagasaka, T. Cheng, X. Xue, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Optical pulse shaping by modulated Brillouin gain in a tellurite fiber”, *CLEO/Europe-EQEC 2015*, June 21-25, 2015, Munich, Germany.
 13. T. Cheng, D. Deng, X. Xue, M. Matsumoto, H. Tezuka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Experimental observation of tunable third-harmonic generation in a tellurite microstructured optical fiber”, *CLEO/Europe-EQEC 2015*, June 21-25, 2015, Munich, Germany.
 14. D. Deng, L. Liu, T. Cheng, X. Xue, L. Zhang, M. Yamada, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Widely tunable Raman laser in a tellurite fiber cavity”, *CLEO (Conference on Lasers and Electro-Optics) 2015*, May 10-15, 2015, San Jose, USA.
 15. T. Cheng, Y. Kanou, X. Xue, D. Deng, L. Zhang, L. Liu, M. Matsumoto, H. Tezuka, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Hybrid Chalcogenide Microstructured Optical Fiber for Mid-infrared Soliton Self-frequency Shift”, *CLEO (Conference on Lasers and Electro-Optics) 2015*, May 10-15, 2015, San Jose, USA.
 16. T. Cheng, T. H. Tong, X. Xue, D. Deng, T. Suzuki, and Y. Ohishi, “Broad and Ultra-flat Optical Parametric Gain in Tellurite Hybrid Microstructured Optical Fibers”, *2015 Photonics West*, February 7-12, 2015, San Francisco, USA.
 17. (Invited) Y. Ohishi, “New Prospect of Soft Glass Optical Fibers”, *Asia Communications and Photonics*

- Conference (ACP2014), November 11-14, 2014, Shanghai, China.
18. T. Cheng, R. Usaki, X. Xue, D. Deng, Y. Kanou, M. Matsumoto, T. Misumi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Mid-infrared soliton generation in a tapered As₂S₅ microstructured optical fiber", OSA Frontiers in Optics/Laser Science 2014, October 19-23, 2014, Tucson, USA.
 19. (Plenary) Y. Ohishi, "Prospect of mid-infrared supercontinuum generation using soft glasses", Advanced Architectures in Photonics 2014, Prague, September 21-24, 2014, Czech Republic.
 20. T. Cheng, Y. Kanou, D. Deng, X. Xue, M. Matsumoto, T. Misumi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Mid-Infrared Supercontinuum Generation in an AsSe₂-As₂S₅ Hybrid Microstructured Optical Fiber", 5th International Conference on Optical Communication Systems (OPTICS2014), August 28-30, 2014, Vienna, Austria.
 21. (Invited) Y. Ohishi, "New Prospect of highly nonlinear soft glass microstructured optical fibers", 6th International Conference on Optical, Optoelectronic and Photonic Materials and Applications (ICOOPMA2014), July 27-August 1, 2014, Leeds, UK.
 22. (Invited) Y. Ohishi, "Highly Nonlinear Soft Glass Microstructured Optical Fiber", Advanced Photonics 2014, July 28-31, 2014, Barcelona, Spain.
 23. W. Gao, Z. Duan, K. Asano, T. Cheng, D. Deng, M. Matsumoto, T. Misumi, T. Suzuki, and Y. Ohishi, "Supercontinuum Generation in an As₂S₅ Chalcogenide Microstructured Optical Fiber", Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO) 2014, June 8-13, 2014, San Jose, USA.
 24. (Invited) Y. Ohishi, "Soft Glass Highly Nonlinear Microstructured Optical Fibers", 1st Joint Meeting of DGG-ACerS GOMD, May 25-30, 2014, Aachen, Germany.
 25. W. Gao, M. E. Amraoui, M. Liao, H. Kawashima, Z. Duan, D. Deng, T. Cheng, T. Suzuki, Y. Messaddeq, and Y. Ohishi, "Experimental and theoretical study of supercontinuum generation in an

As₂S₃ chalcogenide microstructured optical fiber", 2014 Photonics West, February 1-6, 2014, San Francisco, USA.

26. (Invited) Y. Ohishi, "Supercontinuum Generation in Highly Nonlinear Fibers", OSA Advanced Solid-State Lasers Congress, October 27- November 1, 2013, Paris, France.
27. (Invited) M. Liao, Y. Ohishi, T. Cheng, W. Gao, X. Xue, Z. Duan, D. Deng, H. Kawashima, and T. Suzuki, "Supercontinuum Generation Approaching the Whole Transparent Range of Glass", 6th IEEE / International Conference on Advanced Infocomm Technology, July 6-9, 2013, Hsinchu, Taiwan.
28. (Invited) Y. Ohishi, "New Prospect of Soft Glass Highly Nonlinear Microstructured Optical Fibers", 2013 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim (CLEO-PR), June 30- July 4, 2013, Kyoto, Japan.

〔図書〕(計 1 件)

1. 大石 泰丈 (分担執筆), 丸善出版, "14.4.2 光ファイバーアンプ", 化学便覧 応用化学編 第7版, pp. 828-832, 2014年.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 光ファイバおよび光ファイバの製造方法
 発明者: 大石 泰丈 三角 孝 松本 守男 鈴木 光司
 権利者: 学校法人トヨタ学園、古河電子株式会社
 種類: 特許
 番号: 特願 2013-252716
 出願年月日: 2013年12月6日
 国内外の別: 国内

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

URL:

<http://www.toyota-ti.ac.jp/kenkyu/ken11.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者: 大石 泰丈
 豊田工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号: 80360238