

Title	パッケージングした光共振器素子を利用した呼吸中の揮発性有機化合物のセンシング
Sub Title	Sensing of volatile organic compounds in breathing air by using packaged optical microcavity device
Author	田邊, 孝純(Tanabe, Takasumi)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2018
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2017. )
JaLC DOI	
Abstract	<p>微小光共振器素子を用いると光を究極的に閉じ込めることができるので、物質の分極と強く相互作用させることができる。すなわち単一分子や単一粒子の検出が可能となる。既に高Q値微小光共振器を用いてこうした単一パーティクルセンシングが多くのグループによって報告されてきている。しかしながら、このような実験は原理実証にとどまっており、実用的な応用への展開がなされてこなかった。それは、微小光共振器に光を入れるためには、精密に位置制御されたナノファイバを共振器の側壁に近接させる必要があり、それは実験室でしか実現できなかったからである。そこで本研究では共振器をテーパ光ファイバとパッケージングすることを目指した。</p> <p>テーパ光ファイバを共振器に接近させ光の入力を確認しながら、適切な硬化剤を用いて固定することで、光の共振器への結合を実現しながら、パッケージングすることに成功した。パッケージングした共振器デバイスは、実験室外に持ち出しても特性が劣化することにはなかった。実際に実験室の外で、共振器の非線形光学効果を発現し、光周波数コム状の光を発生させることに成功した。シリカトロード微小光共振器を実験室外に持ち出して、光入出力を実現した世界初の成果であるといえる。シリカ微小光共振器の表面をpHに感度のある膜で覆い、pH検出とアンモニアガス検出を実現させた。その感度は市販のセンサを超えることが確認され、最適に設計すれば、きわめて高感度センサが実現できることが確認できた。</p> <p>本成果は、微小光共振器素子の光センサ応用において、真に実用的な素子を開発するために必要となる基盤的技術である。</p> <p>We can confine line in a very small space by using an optical microcavity. So the interaction between the dipole of the material and light will be significantly enhanced. As a result, we are able to use microcavity devices for the detection of single molecules and single nanoparticles. Indeed, single particle detection has been demonstrated by numerous groups by using high-Q optical microcavity systems. However, until now only proof-of-principle experiments has been performed and no (or at least small number of) attempts have been made to demonstrate this in a more practical way. It is because of the precise alignment that is needed to couple light from the input/output waveguides into the microcavity. And this can only be demonstrated in a well-controlled lab environment. With this in mind, we tried to package an optical microcavity with a tapered nanofiber in order to bring this device out from the lab.</p> <p>We successfully packaged a tapered optical fiber with an optical microcavity by fixing a tapered nanofiber with UV curing agent, while making sure that light couples with the optical microcavity. The packaged microcavity was able to operate outside the lab. Indeed we demonstrated the generation of the optical frequency comb, which is the result of light-matter interaction in a microcavity device. We believe this is the first demonstration of such silica toroid microcavity operating outside the laboratory.</p> <p>By coating the surface of a silica optical microcavity with membrane that is sensitive to the pH, we were able to demonstrate pH sensing and ammonium gas detection. The sensitivity of these sensor were far beyond the sensitivity of the state-of-the art detectors.</p> <p>We believe that this results will pave the way toward the practical implementation of optical microcavity sensing.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2017000001-20170254">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2017000001-20170254</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究代表者	所属	理工学部	職名	准教授	補助額	300 (A) 千円
	氏名	田邊 孝純	氏名 (英語)	Takasumi Tanabe		
研究課題 (日本語)						
パッケージングした光共振器素子を利用した呼吸中の揮発性有機化合物のセンシング						
研究課題 (英訳)						
Sensing of volatile organic compounds in breathing air by using packaged optical microcavity device						
1. 研究成果実績の概要						
<p>微小光共振器素子を用いると光を究極的に閉じ込めることができるので、物質の分極と強く相互作用させることができる。すなわち単一分子や単一粒子の検出が可能となる。既に高 Q 値微小光共振器を用いてこうした単一パーティクルセンシングが多くのグループによって報告されてきている。しかしながら、このような実験は原理実証にとどまっており、実用的な応用への展開がなされてこなかった。それは、微小光共振器に光を入れるためには、精密に位置制御されたナノファイバを共振器の側壁に近接させる必要があり、それは実験室でしか実現できなかったからである。そこで本研究では共振器をテーパ光ファイバとパッケージングすることを目指した。</p> <p>テーパ光ファイバを共振器に接近させ光の入力を確認しながら、適切な硬化剤を用いて固定することで、光の共振器への結合を実現しながら、パッケージングすることに成功した。パッケージングした共振器デバイスは、実験室外に持ち出しても特性が劣化することはない。実際に実験室の外で、共振器の非線形光学効果を発現し、光周波数コム状の光を発生させることに成功した。シリカトロイド微小光共振器を実験室外に持ち出して、光入出力を実現した世界初の成果であるといえる。</p> <p>シリカ微小光共振器の表面を pH に感度のある膜で覆い、pH 検出とアンモニアガス検出を実現させた。その感度は市販のセンサを超えることが確認され、最適に設計すれば、きわめて高感度センサが実現できることが確認できた。</p> <p>本成果は、微小光共振器素子の光センサ応用において、真に実用的な素子を開発するために必要となる基盤的技術である。</p>						
2. 研究成果実績の概要 (英訳)						
<p>We can confine line in a very small space by using an optical microcavity. So the interaction between the dipole of the material and light will be significantly enhanced. As a result, we are able to use microcavity devices for the detection of single molecules and single nanoparticles. Indeed, single particle detection has been demonstrated by numerous groups by using high-Q optical microcavity systems. However, until now only proof-of-principle experiments has been performed and no (or at least small number of) attempts have been made to demonstrate this in a more practical way. It is because of the precise alignment that is needed to couple light from the input/output waveguides into the microcavity. And this can only be demonstrated in a well-controlled lab environment. With this in mind, we tried to package an optical microcavity with a tapered nanofiber in order to bring this device out from the lab.</p> <p>We successfully packaged a tapered optical fiber with an optical microcavity by fixing a tapered nanofiber with UV curing agent, while making sure that light couples with the optical microcavity. The packaged microcavity was able to operate outside the lab. Indeed we demonstrated the generation of the optical frequency comb, which is the result of light-matter interaction in a microcavity device. We believe this is the first demonstration of such silica toroid microcavity operating outside the laboratory.</p> <p>By coating the surface of a silica optical microcavity with membrane that is sensitive to the pH, we were able to demonstrate pH sensing and ammonium gas detection. The sensitivity of these sensor where far beyond the sensitivity of the state-of-the art detectors.</p> <p>We believe that this results will pave the way toward the practical implementation of optical microcavity sensing.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			
S. Fujii, T. Kato, R. Suzuki, and T. Tanabe	Third-harmonic blue light generation from Kerr clustered combs and dispersive waves	Optics Letters	2017 年 4 月			
田邊孝純, 鈴木良, 藤井瞬, 久保田啓寛, 堀敦裕	微小光共振器によるマイクロコム発生(解説記事)	レーザー研究	2018 年 2 月			
田邊孝純, 鈴木良, 鐵本智大, 柿沼康弘	高 Q 値微小光共振器の作製と応用(解説記事)	応用物理	2018 年 3 月			
T. Okamura, M. Kobayashi, S. Fujii, and T. Tanabe	Highly sensitive ammonia gas detection with a silica toroid microcavity packaged in a box	Frontiers in Optics/Laser Science Conference	2017 年 9 月			