## シリコンマイクロリング装荷型 マッハ・ツェンダー光干渉計バイオセンサの特性評価

Characteristics of Optical Biosensor Based on Silicon Microring Resonator-Loaded Mach-Zehnder Interferometer <sup>o</sup>吉田 草一郎、石原 慎太郎、荒川 太郎、國分 泰雄(横浜国大院工)

 $^\circ$ Soichiro Yoshida, Shintaro Ishihara, Taro Arakawa, Yasuo Kokubun (Yokohama National Univ.)

E-mail: {yoshida-soichiro-nj, arakawa}@ynu.jp

【はじめに】 我々は、 ラベルフリーセンシングが可能なセン サデバイスとして、これまでシリコンマイクロリング共振器 装荷型マッハ・ツェンダー干渉計(MRR-MZI)型光学式バイ オセンサの提案を行ってきた[1,2].本センサは、MRRの共振 効果と MZI の干渉効果により、MRR 単体センサ等より高感 度なセンシング動作が期待できる.

本発表では、原理実証実験として、MRR-MZI によるアビジン溶液のセンシング特性を評価したので報告する.

【センサ構造と動作原理】本センサの上面模式図をFig.1に, センサ部のMRR光導波路の断面図をFig.2に示す.コア層は, 幅0.4 µm,高さ0.2 µm のシリコン細線導波路で,下部クラッ ドはSiO<sub>2</sub>,上部クラッドは除去されている.このMRR セン サ部分に測定対象の溶液を流し、シリコン細線導波路上への タンパク質付着量の屈折率変化をセンシングする.

周回長の MRR の1周当たりの位相変化 $\phi$ に対する実効的 な位相変化 $\phi_{eff}$ の特性を一例として Fig.3 に示す. 導波損失は 23.4 dB/cm と仮定した. K は MRR と MZI アーム導波路間の 光パワー結合率である. このように実効位相変化はマイクロ リング共振器の共振波長付近において急峻な変化を生じ、タ ンパク質付着による光導波路のわずかな等価屈折率変化を大 きな実効位相変化としてセンシングできる. K が小さいほど MRR のQ値は大きくなり、実効位相変化も急峻になる. さ らに、リングが装荷されていないもう一方のアームの透過光 との干渉効果により、等価屈折率変化を大きな透過光強度に 変換して出力としてタンパク質濃度のセンシングを行う.

【測定結果】シリコン CMOS 互換プロセスを用いて, MRR の周長が 69.3 µm, 光パワー結合率 K が 0.2 のセンサを作製し た.まず, MRR センサ部の光導波路上面および側面に予めビ オチンを吸着させた.次に, MRR センサ部に PDMS (ポリジ メチルポリシロキサン) 製の流路を設け, 200 pM のアビジン 溶液を注液した後,出力光のスペクトル測定を行った結果を Fig.4 に示す.アビジンの吸着に対し,波長 1532.9 nm の透 過光は 17 dB 以上の透過光強度の大きな変化が生じており, タンパク質に対して高感度センシングが行えていることがわ かる.この結果から,20 pM 程度の濃度でもセンシング可能 であると予想される.また,MZ 干渉計の入力側 3dB カプラ の分岐比を最適化することで,さらなる透過光出力変化が得 られるので,更なる高感度かも期待できる.

## 謝辞

アビジンを用いた実験にご協力いただいた横浜国大・荻野俊 郎教授,大和田永作氏,有益な議論をいただいた Harvard Univ. の北翔太博士に感謝する.本研究の一部は,科研費(15H03577) の助成を受けて行われた.

## 参考文献

- [1] 石原他, 第60回春季応物, 29a-G17-2 (2013).
- [2] S. Ishihara *et al.*, Intern'l Symp. Materials Science and Surface Technol. (MSST) 2014, PB06 (2014).



Fig. 1. (a) Schematic top view of proposed MRR-MZI biosensor (b) micrograph of silicon microring sensing region (round trip length of ring resonator is 69.3 μm).



Fig. 2. Schematic cross-sectional view of silicon MRR waveguide in sensing region.



Fig. 3. Effective phase shift  $\phi_{eff}$  vs. single-pass phase shift  $\phi$  in MRR with round trip length of 69.3  $\mu$ m.



Fig. 4. Measured optical transmittance responses of fabricated MRR-MZI for avidin solution.