

【助成 39-05】

糖尿病予防に向けた無線式糖度計測レンズの開発

代表研究者 早稲田大学大学院情報生産システム研究科 教授 三宅丈雄

〔研究の概要〕

コンタクトレンズは、屈折異常を矯正して視力を補強するウェアラブルな高度医療機器としての利用が一般的であったが、近年、これらレンズと電子デバイスを組み合わせることで「見る」から「診る」を実現可能なスマートコンタクトレンズの開発が盛んである。このような背景の中、申請者は世界で失明原因第一位である糖尿病網膜症を検出するための涙中糖度を無線で計測するためのスマートコンタクトレンズを開発している。本研究課題では、糖度計測可能な酵素修飾アンテナ素子の開発を主たる目的とし、さらに共振結合回路と組み合わせることで、無線で糖度情報を計測することに挑戦した(図1)。

〔研究経過および成果〕

本課題で開発する眼レンズは、糖尿病に関わる生体情報を手軽に取得できることに加え、疾患予防や治療効果を数値データとして見える点に優れるため、健康寿命の延伸や医療費削減に対する社会的貢献への期待が持てる。これは、近年開発が盛んな IoT (インターネット・オブ・シングス) に Health の H を加えた IoHT を実現するものであり、高齢化社会における在宅診断・治療へのビジネス展開が可能になる。また、労働者を見守る Industry4.0 や Society5.0 に向けたサービスビジネスへと展開できることが予想される。

グローバルにおける失明原因第1位は、糖尿病(網膜症)であり、涙中グルコース濃度をモニタリングすることが出来れば、より正確な眼診断が可能となる。東京医科歯科大学三林研究グループの成果によると、血中と涙中糖度は高い相関性があり、大よそ 8 分程度遅れて涙中糖度が変化する。しかしながら、涙成分は、分泌量が $3 \mu\text{l min}^{-1} \text{cm}^{-2}$ と少なく、血中濃度と比べると約 2 桁低い値(13-51 μM 糖度)で変化するため計測が極めて困難であった。一般的に血糖値を

始めとする糖度計測においては、正確性という観点で酵素を用いたバイオセンサが古くから開発されてきた。我々は、酵素/メディエータ/カーボンナノチューブが分子レベルで配列した 3 次元集積化酵素フィルムを開発することで、糖度計測の高感度化と世界最高性能のバイオ発電を実現することに成功した(図2)。

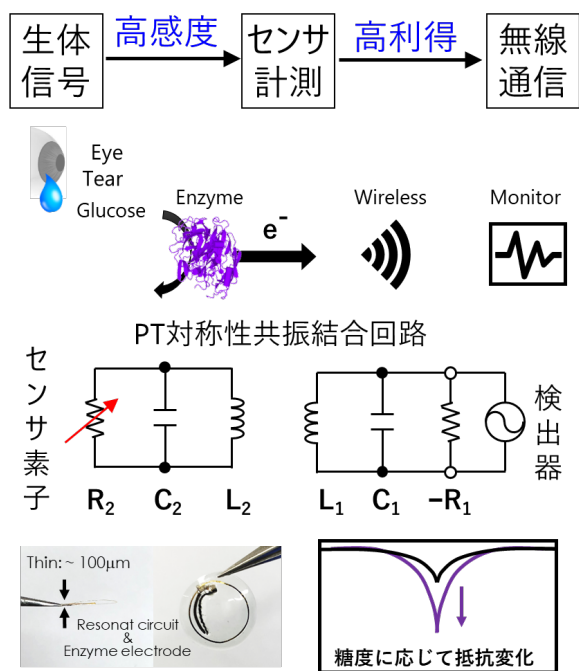


図1. 無線式糖度計測レンズの概要

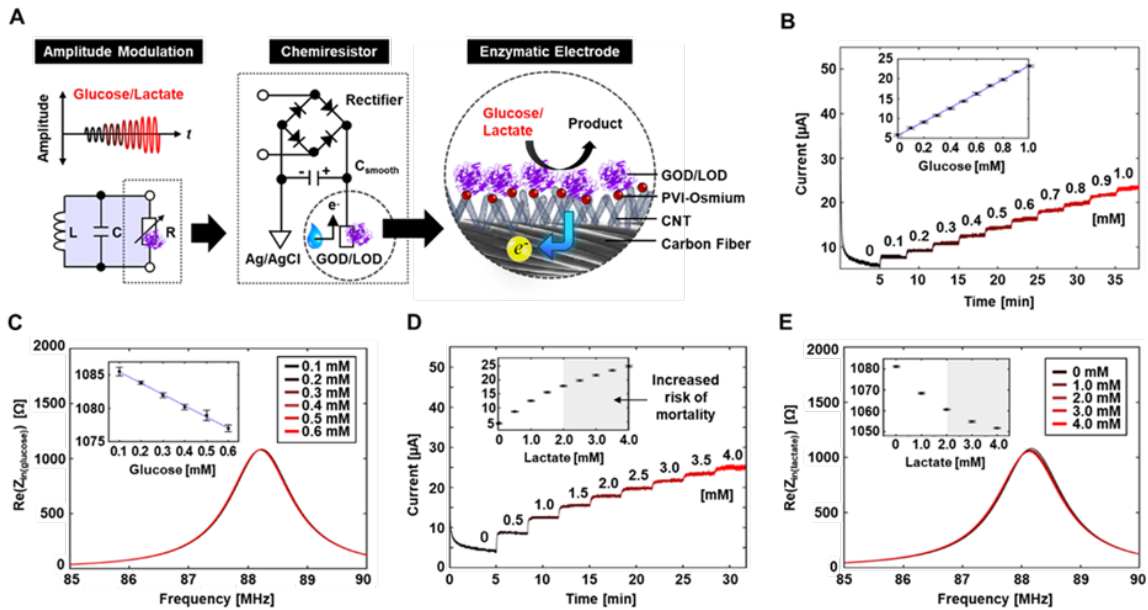


図2. グルコース(糖度)に応じた振幅変調および糖度計測レンズの開発

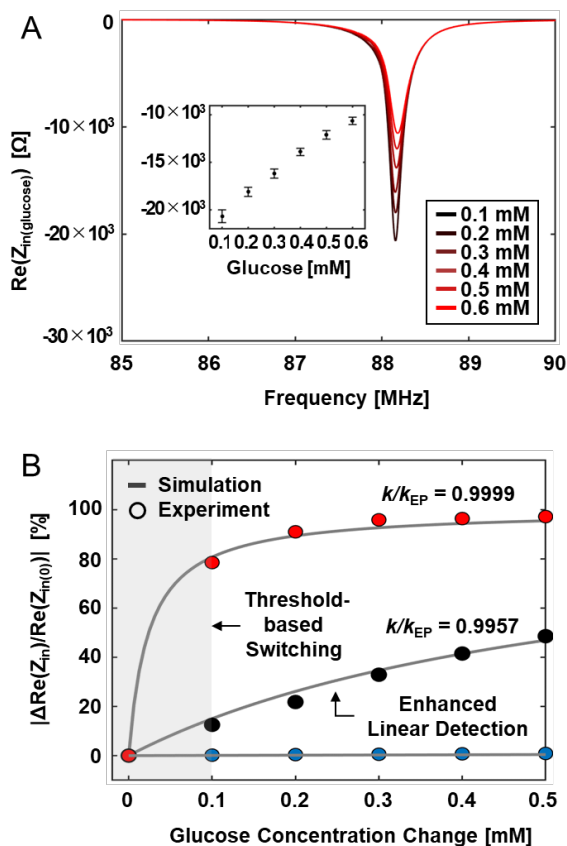


図3. 糖度の無線計測結果

特筆すべき点は、グルコースオキシダーゼ酵素とメディエータが静電相互作用で密に結合しているため、

大気中酸素と反応することなく電子伝達可能な高感度グルコースセンサを実現したことである。さらに、酵素を修飾したマイクロ繊維を開発し、コンタクトレンズ上で利用した世界初の無線給電と生体電池を組み合わせ合わせたハイブリッド電源の開発に取り組んできた。この高感度な酵素センサと従来型 LC 共振回路を統合されることで無線式糖度計測が可能であることを確認した。ただし、損失を多く含む従来型の無線システムを用いて、これら微弱な生体信号を無線で計測することは極めて困難であった。そこで申請者は、新しい原理の共振結合回路を用いることで無損失化(ほぼ100%利得)が実現出来ることに加え、涙中糖度を無線で計測できることを実験的に確かめた(図3)。

[発表論文]
投稿中