

2009年 1月 16日

電子情報工学専攻	学籍番号	059303	指導 教員	澤田 和明 高尾 英邦 石田 誠
申請者 氏名	李 承 魯			

論文要旨 (博士)

論文題目	電荷転送技術を利用した医療用バイオセンサに関する研究 (A Study on High Performance Bio-medical Sensor using Charge Transfer Technique)
------	--

(要旨 1,200 字程度)

本論文では2つの手法によりバイオセンサ実現を検討した。まず Au/Ni/copper 電極を利用してブドウ糖センサを開発した。バイオセンサ用電極の抵抗を均一に低い電極を利用することで高性能センサが実現できることを提案した。提案する Au/Ni/copper 電極表面にグルコースオキシターゼを固定化した後、電圧 (0.055V) を印加することで酸化還元反応による電子伝達が容易に起こることを実験的に明らかにし、グルコース濃度を正確に検出することができた。GOD/Au/Ni/copper バイオセンサでは人間の標準的な血糖値である 33mM を測定したところ約 3 秒以内という非常に短時間で正確な測定ができた。Au/Ni/copper 電極の長所は電気抵抗が 0.01Ω 以下と、これまで実現されていたバイオセンサ電極に比べ非常に低く、バイオセンサ用電極としては低い電圧で化学的反応が行えることを提案できた。GOD(glucose oxidase)/Au/Ni/copper 構造のバイオセンサ電極は人間の血液の中のカリウムイオンやカルシウムイオンの影響を最小にして、グルコースを高い検出感度で測定できた。

2 つめの手法としては電荷転送技術を利用した、電荷転送型グルコースバイオセンサ (CTGS: charge transfer technique glucose sensor) の開発をおこなった。提案した CTGS はグルコースとグルコースオキシターゼの酵素反応により生成される D-gluconate と H^+ を検出するセンサである。測定メカニズムは H^+ イオン量を電荷に変換し、その電荷を数回累積してこれを信号出力とする。この様に CTGS は出力信号を時間的に累積することで外部増幅器なしで安定的に信号を増幅させることができ、再現性に関して非常に良い結果が得られた。CTGS は高感度 (7.22mV/m) で再現性良く測定することができる。再現性に関しては電気化学測定法のうちの一つであるアンペアメトリック測定法より 10 倍程度優れている。さらに CTGS は ISFET を用いた場合に比べセンサ感度が 7 倍高かった。次に、電荷転送技術を用いたペニシリンバイオセンサ (CTPS: charge-transfer technique penicillin sensor) の提案・開発をおこなった。CTPS は電荷転送技術を利用して penicilloic acid と H^+ イオンを感知するシステムで、測定原理は CTGS と同様である。提案した CTPS も電荷蓄積技術を利用することで外部増幅器なしに信号を増幅することが可能であり、0.01mM まで測定可能である。最適条件下では ISFET 型ペニシリンセンサより 8 倍の高い感度を持つ。

最後に、電荷蓄積技術を応用してアセチルコリン (ACh) 測定用スマートバイオチップ (CTAS: charge-transfer technique acetylcholine sensor) を開発した。CTAS はアセチルコリンと酵素が反応して生成される choline と H^+ を選択的に感知するセンサである。CTAS は 11.6 mV/mM の高い感度と 537 mV のスパンレンジ、1.5~12.5mM のダイナミックレンジを持つ。測定時間は 20 秒以内と短時間で、0.01mM まで検出が可能であった。また広く使われている (ENFET: enzyme field-effect transistor) と比べると感度は 3 倍以上であった。開発した CTAS は高感度、高分解で再現性が良いという多くの長所を持っているため将来医療分野で非常に期待できるセンサとなると考えられる。以上のように電荷転送技術を用いることで高感度なバイオセンサを実現できることを示すことが出来た。