

透明色素増感素子を用いた眼鏡型装着式視線検出システムの研究開発 (062103002)

Wearable Line-of-Sight Detection System Using Dye-Sensitized Photovoltaic Devices

研究代表者

三木則尚 慶應義塾大学理工学部機械工学科

Norihisa Miki Department of Mechanical Engineering, Keio University

研究期間 平成 18 年度～平成 20 年度

概要

視線検出は、重度障害者のコミュニケーションツール、新たなヒューマンインターフェース、安全・安心な都市計画など様々な分野での応用が期待される。本研究開発では、瞳検出センサとして機能する透明色素増感素子アレイを眼鏡レンズ上にもつ、眼鏡型装着式の視線検出システムを実現する。透明色素増感素子アレイは MEMS 技術を用い、酸化チタン、透明導電膜のパターニング、および電解液の封入により実現する。検出した瞳位置と、眼鏡に取り付けた小型カメラの映像から、装着者の視線を検出する。本システムは、被験者の移動を制限しない、視野を妨げない、さらに眼鏡のように装着可能なため心理的圧迫が軽微、という長所をもつ画期的な視線検出システムである。

Abstract

Detection of the line-of-sight (LOS) has various applications in communication and welfare field. To realize such applications, there is a strong demand for an LOS detection system that does not restrict users' activities and inflicts no mental stress. In this paper, we propose a novel wearable pupil position detection system, featuring minimum disturbance to users, both physically and mentally, via the use of dye-sensitized photovoltaic devices. These devices are transparent and generate voltage according to the incident light intensity. Arraying the devices on eyeglasses, this system detects the difference in the reflection light from the pupil and the white of the eye and hence determines the position of the pupil.

1. まえがき

視線検出技術は、重度の障害者のためのコミュニケーションツール、マウスやキーボードに代わる新たなインターフェースなど様々な応用が可能である。従来の視線検出装置は外部カメラを用いて瞳位置を撮影し、視線方向を導出する方法が主流である。しかし、視野が阻害される、被験者の行動範囲を制限する、被験者への精神的圧迫等の問題を抱えている。そこで我々は、より負担の少ないシステムとして、眼鏡型の視線検出システムを提案する。図.1 に示すように眼鏡上に透明な光センサアレイを製作し、瞳の位置を検出する。黒目の上方にある光センサの出力は、白目の光センサの出力よりも小さい。この出力差により瞳位置を検出する。瞳位置情報と外部カメラにより取得した被験者前方画像を統合することで視線を検出できる。本研究で開発するシステムは眼鏡型のため、(1)自由な行動が可能、(2)視野を妨げない、(3)被験者への精神的負担を軽減する、といった特徴をもち、視線検出におけるブレークスルーとなる。本研究開発では透明な光センサとして色素光電変換素子を用い、MEMS 技術を用いてこれを微細、アレイ化した。瞳位置の検出およびその情報を用いた視線検出に成功した成果を発表する。

2. 研究内容及び成果

2. 1. 透過型瞳位置検出デバイスの開発

本研究ではまず透過型瞳検出デバイスの開発に注力した。ガラス基板上に、色素増感素子がアレイ上に配置されている。色素増感素子は図.2 に示すように、透明導電膜をコートしたガラス板に酸化チタンナノ粒子を焼結し、これに色素を吸着させた半導体電極と、もう 1 枚の透明導電性ガラスの対極を貼り合わせ、間隙に電解液を封入した構造になっている。光が照射されると色素が励起され電子を放出する。その電子が半導体の酸化チタンを介し対極へ移動し、電解質溶液により受け取られる。色素は電解質溶液から電子を得て基底状態に戻る。この電子の授受を繰り返す

事により発電する。この素子は酸化チタン電極側からの光に強く反応するという特徴を持つため、瞳位置検出においては、酸化チタン電極側を瞳に向けることで、外界からの入射光の影響は小さく、目からの反射光のみを検出することが可能となる。

太陽電池として色素増感素子を用いる場合は 1 素子でよいが、本研究のように光センサとして用いる場合、色素増感素子を微細、アレイ化する必要がある。このようなプロセスはいまだ実現されていない。微細、アレイ化プロセスにおいては、導電性ガラスのパターニング、酸化チタンナノ粒子のパターニング、電解液封入の 3 つが大きな問題となる。これらのプロセスは研究者のグループが有する MEMS (Micro-electro-mechanical Systems) 技術を用い

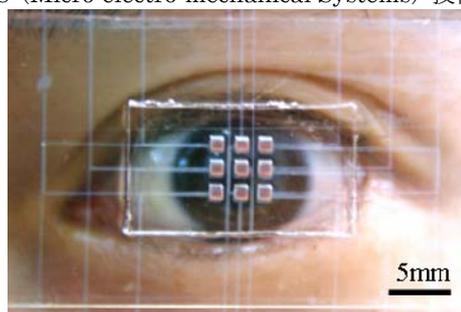


図.1 透過型瞳位置検出デバイス

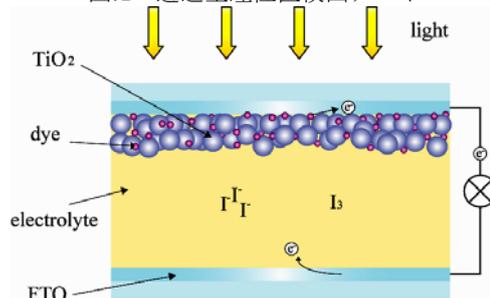


図.2 色素増感素子の構造と動作原理

て行った。導電性ガラスは、亜鉛粉末と塩酸、塩化第二鉄をエッチャントとして使い、また酸化チタンナノ粒子は、リフトオフによりパターンニングを行った。液体である電解液をリークフリーで各素子に封入するプロセスの開発は極めて困難であった。本研究では、図.3に示すように(a) 熱溶解封止シートを電極の外周を覆うように切り出し、エタノールで洗浄後、酸化チタン電極側基板および対極側基板上に載せ基板裏側から加熱し熱溶解封止シートを接着する。電解質溶液 (Solaronix 社 Iodolyte TG-50) を接着した封止シート上に少量滴下し、対極を載せる。(b) ホットプレート上で、6~8barの圧力をかけながら、100°Cで1分間加熱し、電解質溶液を封入した。本プロセスにより、リークフリーに、各素子の電氣的絶縁を保った電解液溶液封入が成功した。図.1に製作した1mm角アレイセンサを示す。

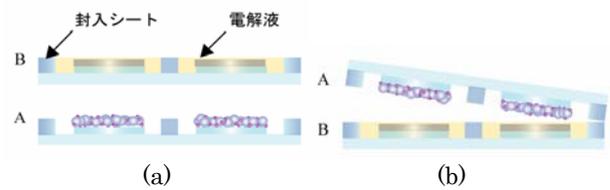


図.3 電解液封入プロセス

2. 2. 瞳位置および視線検出実験

製作したアレイセンサを用いて瞳位置検出実験を行った。まずアレイセンサの酸化チタン側を下に向けて固定し、センサ下に配置した擬似瞳(瞳大の黒円)を動かして白紙部分と黒紙部分での出力電圧を測定した。光源には蛍光灯を用いた。色素増感素子アレイの下10mmにおいて、擬似瞳を下、上、右、左と動かした。そのときの各素子の出力を図.4に示す。尚、素子A~Cが第1段目の左から順の3素子となっている。擬似瞳の動きに伴い、すべての素子において出力が変化している。擬似瞳が素子の下にあるとき、反射光が小さく素子の出力が小さいことから、擬似瞳の位置を推定できた。また応答速度は100ms以内であり、視線検出には十分である。

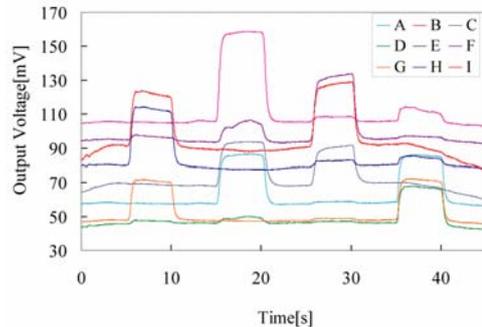


図.4 擬似瞳検出実験結果

次に図.1に示すように瞳前方10mmの位置にデバイスを設置し、1m前方にあるスクリーン上の正面、400mm右、800mm右の3箇所のマークを被験者が見たときの視線推定を行った。図.5に実験時の瞳位置検出デバイスの出力を示す。出力は素子それぞれの白紙上での出力を1として規格化してある。瞳の位置に対応して素子の出力が変化している。また瞳位置検出デバイスの出力から推定された瞳位置情報と、前方画像を統合することで、図.6に示すように被験者の視線を推定することに成功した。

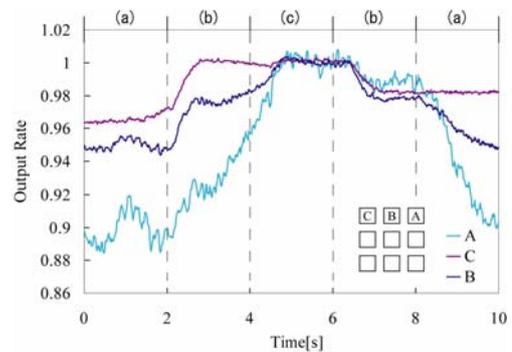


図.5 瞳位置検出デバイス出力

3. むすび

本研究では、被験者への負荷が極めて小さい透過型視線検出デバイスの実現に向け、MEMS技術を用い色素増感素子アレイを製作、それを用いた瞳位置検出、視線検出に成功した。このようなシステムは過去になく、極めて新規性が高く、独創性、革新性に富んだものであり、視線検出システムを新たなコミュニケーションツール、ヒューマンインターフェースとして実用化するためのプラットフォームになり得るものである。最後に本研究を助成していただいた総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)に深く感謝する。

【誌上発表リスト】

- [1] T. Shigeoka and N. Miki, "Wearable Line-of-Sight Detection System Using Dye-Sensitized Photovoltaic Devices," 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'07) (Rome, Italy) (2007年4月11日)
- [2] T. Shigeoka and N. Miki, "Wearable Line-of-Sight Detection System Using Dye-Sensitized Photovoltaic Devices," 14th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (Transducers'07) (Lyon, France) (2007年6月12日)

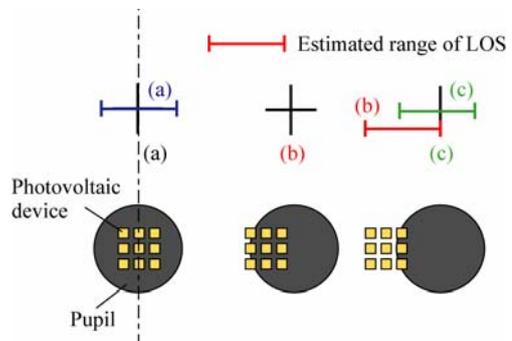


図.6 視線推定結果

- [3] T. Shigeoka, T. Muro, T. Ninomiya, and N. Miki, "Wearable Pupil Position Detection System Utilizing Dye-Sensitized Photovoltaic Devices," Sensors and Actuators A, Vol.145-146, pp103-108, 2008.

【受賞リスト】

- [1] Norihisa Miki, Best Poster Presentation Award, "Nano/Micro Fabrication Enabling Technology" 2006年11月11日, 2006 Japan-America Frontiers of Engineering Symposium (JAFoE)での発表に対して。
- [2] T. Shigeoka, 2007 IEEE Robotics and Automation Society Japan Chapter Young Award, 2007年4月11日, ICRA'07での発表論文に対して。
- [3] 室貴之、学術奨励賞(口頭発表部門)、2008年3月27日、日本バーチャリアリティ学会第11回大会での発表論文に対して。

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.miki.mech.keio.ac.jp>