

## レーザーポインタとすりガラスを用いた大面積光センサの開発

### Development of Optical Sensor with Large Area Using a Laser Pointer and Frosted Glass

北園優希, 中島翔太, 張力峰, 芹川聖一 (九州工業大学)

Yuhki Kitazono, Shota Nakashima, Lifeng Zhang, Seiichi Serikawa (Kyushu Institute of Technology)

Recently, for people who can not operate remote controller easily a simple operated one is needed. This paper proposed a wireless remote controller system using large area optical sensor. When one of the sensors is indicated with a laser pointer, a signal of remote control is transmitted to the electric appliance. The optical sensor which has a large sensing area can be easily indicated with a laser pointer. However, there is a problem that the cost is high to make an optical sensor with large area. Therefore, it is developed that the optical sensor with large area using a laser pointer and frosted glass. The area of the optical sensor can be enlarged easily by consisting of frosted glass and a small photodetector. The sensor is cheap and can receive light of large area.

#### 1. 背景

家電製品の多様化と高機能化に伴い、リモコンの操作も複雑になっている<sup>(1)</sup>。このため、操作が単純なリモコンが必要とされている<sup>(2)</sup>。このため、操作が単純なリモコンや、高齢者や非健常者が操作しやすいリモコン等、様々なリモコンが研究されている<sup>(1)</sup>。しかし、単純な装置で誰もが簡単に操作できるリモコンは存在しない。

そこで我々は、装置が単純で操作しやすい、レーザーポインタによるリモコンシステムを提案する。本リモコンシステムは、レーザーポインタで光センサを指示することで、リモコン送信部からリモコン信号を送信する。また、レーザーポインタで指示しやすくするため、光センサの受光面積を拡大させる必要があるが、コストがかかる<sup>(3)</sup>。そこで本論文では、レーザーポインタとすりガラスを用いた大面積光センサを開発した。本センサは、安価なすりガラスと受光素子を組み合わせることで、安価に受光面積を拡大させることができ、レーザーポインタで指示しやすくなる。

#### 2. レーザーポインタとすりガラスを用いた大面積光センサ

(2.1) センサの基本構成 □ □ 図1に提案する大面積光センサの基本構成を示す。図1に示すように、すりガラスの粗面の中央に受光素子を配置している。図2に示すように、すりガラスの一部に光が照射されると、すりガラスの粗面で光が乱反射(図2の下の拡大部)される。その光が表面で反射(図2の上の拡大部)、粗面で乱反射を繰り返すことで、受光素子に光が到達する。このように、小面積の受光素子で、より広範囲の光を受光することができる。つまり、すりガラスの面積が本センサの受光面積となるため、大面積化が容易である。よって、安価なすりガラスと受光素子を組み合わせることで、光センサの受光面積を容易に拡大させることができる。

(2.2) 外枠 □ □ 図2に示すように、本センサは光が反射する度に外部に光が漏れてしまう。このため、光が照射された部分から離れるほど、すりガラス内の光が弱くなる。外部に漏れる光を低減し、すりガラス内で乱反射する光を強くするため、すりガラスの受光素子の受光面以外の粗面と側面を外枠で囲う。すりガラス、受光素子、外枠を組み合わせた構成を図3に示す。外枠に反射率のよい材質を用いることで、図4に示すように、すりガラスの粗面および側面から外部に光が漏れにくくなる。よって、図2と比較するとすりガラス内で乱反射する光が強くなり、受光素子に到達する光が強くなるため、受光感度が増す。

(2.3) 文字の記入 □ □ 本センサをリモコンシステムで使用する場合、どのセンサに何のリモコンコマンドが割り当てられているかを、使用者が認識しやすいにする必要がある。そのため、本センサは表面に文字や絵等を書くことができる構成にする。しかし、すりガラスの表面に文字を書き、書かれた文字の部分に外部から光が照射されると、その光が文字で反射、吸収されてしまう。よって、何も書かれていない部分に光を照射することを条件とする。一般的には文字が書かれたとしても、余白の部分の面積は多い。また本リモコンシステムを使用する場合、使用者は離れた位置からセンサ

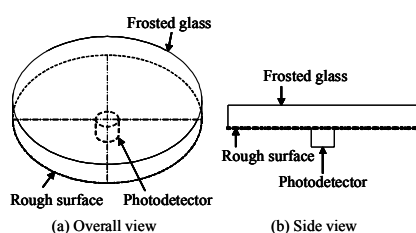


Fig. 1. Basic structure of the sensor.

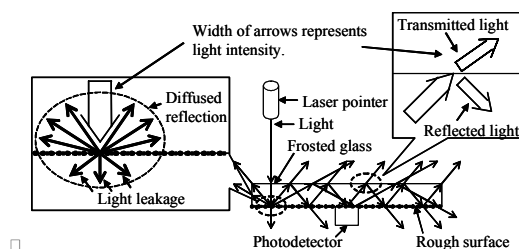


Fig. 2. Appearance of reflection in the frosted glass.

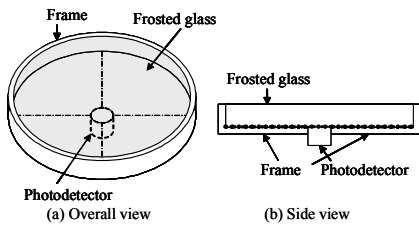


Fig. 3. Structure of the sensor and the frame.

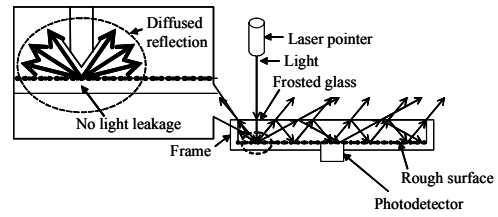


Fig. 4. Appearance of reflection in the frosted glass.

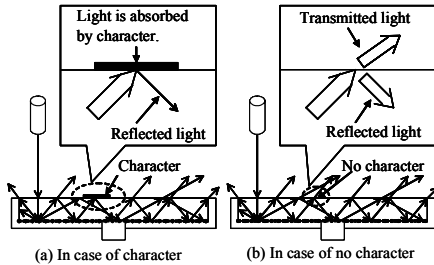


Fig. 5. Influence of character on reflection.

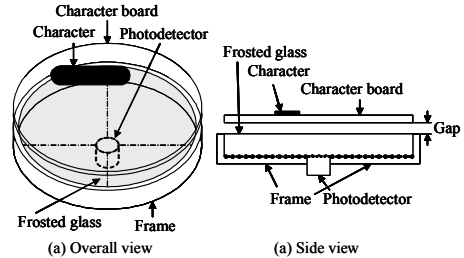


Fig. 6. Structure of the sensor and the character board.

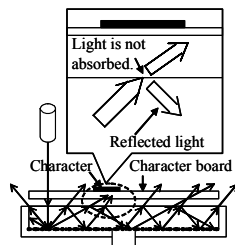


Fig. 7. Appearance of reflection in frosted glass.

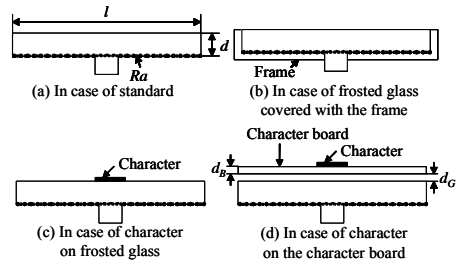


Fig. 8. Side view of the sensors used in the experiments.

をレーザーポインタで指示するが、人の手は振動により震えるため<sup>(4)</sup>、レーザーが照射される位置も振動する。よって、高い確率で文字以外の部分にもレーザーが照射されると考えられる。このため、何も書かれていない部分に光を照射するという条件は、あまり意識せずに使用できると考えられる。しかし、図5(a)に示すように、すりガラスの表面に文字を書き、何も書かれていない部分に光が照射されても、すりガラス内での反射光は弱くなる。これは、すりガラス内で乱反射した光が文字に吸収されるためである。そのため、文字を書いていない場合（図5(b)）に比べて、受光感度が低下してしまう。そこで、受光面の前面に隙間をあけて文字板を設置し（図6）、そこに文字を書く構成にする。図7に文字板を設置した場合の、すりガラス内での光の反射の状態を示す。これより、すりガラス内での反射（図7拡大部）が、文字を書いていない場合の反射（図5(b)拡大部）と同じ状態となる。このため、直接文字を書いた場合（図5(a)拡大部）に比べ、反射光が弱くならない。よって、本センサの表面に文字を書いた場合でも、文字が書かれていない部分に光が照射されると、受光感度がほとんど低下しない。

〈2・4〉 レーザの変調 □ □ 本リモコンシステムは、室内等の明るい場所で使用すると想定される。そのため、蛍光灯や太陽光といった外乱光がある状態で本センサを使用することになる。外乱光とレーザーを区別するために、レーザーを変調（本論文では10[kHz]）し、センサの出力から変調した周波数成分だけをフィルタを用いて抽出する。

### 3. 実 験

本実験では、直径 $l=300$ [mm]、厚さ $d=5$ [mm]、粗さ（算術平均粗さ<sup>(5)</sup>） $Ra=4.0$ [ $\mu$ m]の図8(a)の構成のすりガラスを基準とし、外枠、すりガラスの厚さ、粗さ、外乱光、文字板の影響を確認した。また、受光素子にはフォトダイオード（浜松ホトニクス、S1226-8BK）を、レーザーポインタには赤色レーザー（Wentai Enterprise, LM-101-A2, 1[mW]）を採用した。

〈3・1〉 外枠の影響 □ □ ここでは、すりガラスと受光素子だけの場合（図8(a)）と、外枠を付けた場合（図8(b)）の面積積光センサの出力の違いを測定した。外枠にはアルミを採用した。実験方法として、レーザーをすりガラスの中心から20[mm]毎に照射し、センサの出力を測定した。測定回数は各10回とした。実験場所は明るさ300[lux]の室内とした。実験結果を図9に示す。中心から離れていても受光できるように感度を高くしているため、近い距離（図9の0~80[mm]）では出力が飽和してしまい、違いが見られない。遠い距離（図9の100~140[mm]）では外枠を付けている方が出力が高くなっており、外枠により受光感度が上がっていることがわかる。また、いずれの距離においても、レーザーが照射されている場合の出力（図9の0~140[mm]）は、レーザーが照射されていない場合の出力（図9のNo laser）より高い。よって、「レーザー

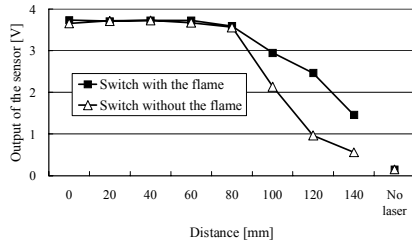


Fig. 9. Influence of the frame on output of the sensor.

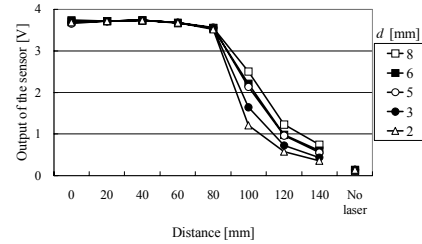


Fig. 10. Influence of the thickness on output of the sensor.

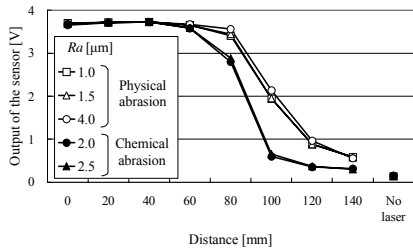


Fig. 11. Influence of the roughness on output of the sensor.

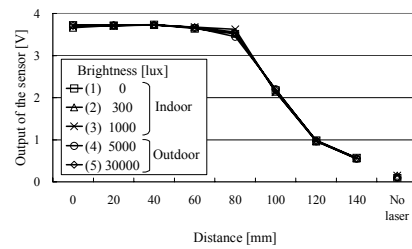


Fig. 12. Influence of lighting on output of the sensor.

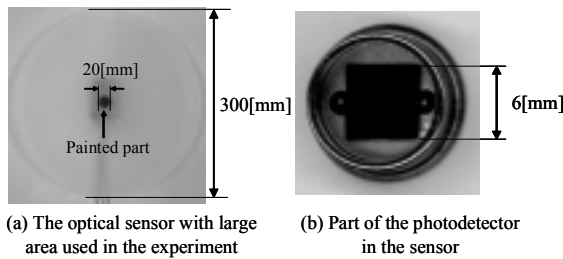
が照射されている」ことを判別することができる。本実験より、外枠により受光感度が増すことが確認できたため、より大面積化するには外枠を使用した方がよいと考えられる。

〈3・2〉 すりガラスの厚さの影響 □ □ ここでは、すりガラスの厚さ（図8(a)の $d$ ）が変化した場合に、出力がどのように影響されるか検証する実験を行った。すりガラスの厚さは、 $d=2, 3, 5, 6, 8$ [mm]の5種類とした。実験方法、測定回数および実験場所は〈3・1〉と同様とした。実験結果を図10に示す。結果より、実験で用いた範囲では、厚さが厚いほど、出力が高いことが確認できる（図10の100~140[mm]）。また、実験で用いた全ての厚さにおいて、レーザが照射されている場合の出力（図10の0~140[mm]）は、レーザが照射されていない場合の出力（図10のNo laser）より高い。よって、「レーザが照射されている」ことを判別することができる。本実験では、厚さが厚いほど受光感度が増すことが確認できた。しかし、すりガラスを厚くすると重くなるため、本センサを設置することが困難になる。実験で用いた範囲では、全ての厚さで「レーザが照射されている」ことを判別できたため、薄くて軽いすりガラスを使用するとよいと考えられる。

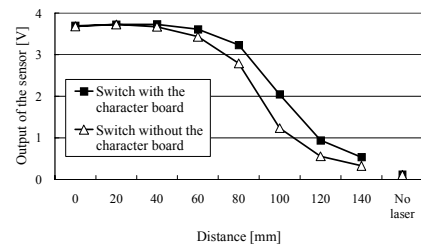
〈3・3〉 すりガラスの粗さの影響 □ □ ここでは、すりガラスの粗さ（図8(a)の $Ra$ ）が変化した場合に、出力がどのように影響されるか検証する実験を行った。また、すりガラスの粗面の加工方法には、砂等で物理的に研磨する方法と、フッ化水素等で化学的に研磨する方法がある。このため本実験では、粗面の加工方法の違いによる影響も検証した。実験には、物理的に研磨した粗さ（算術平均粗さ） $Ra=1.0, 1.5, 4.0$ [ $\mu\text{m}$ ]のすりガラスと、化学的に研磨した粗さ $Ra=2.0, 2.5$ [ $\mu\text{m}$ ]のすりガラスの5種類を用いた。実験方法、測定回数および実験場所は〈3・1〉と同様とした。実験結果を図11に示す。結果より、すりガラスの粗面の加工方法の違いによる影響については、物理的に研磨した方が化学的に研磨した方より出力が高くなっていることがわかる（図11の80~140[mm]）。また、本実験では、出力と距離の関係は、すりガラスの粗面の加工方法には影響されるが、粗さの違いにはあまり影響されないことも確認できる。さらに、実験で用いた全ての粗さにおいて、レーザが照射されている場合の出力（図11の0~140[mm]）は、レーザが照射されていない場合の出力（図11のNo laser）より高い。よって、「レーザが照射されている」ことを判別することができる。本実験より、粗面を物理的に研磨した方が受光感度が増すことが確認できた。また、物理的に研磨したすりガラスの方が、化学的に研磨したすりガラスより安価に作成可能である。よって、安価で高感度である物理的に研磨したすりガラスを使用した方がよいと考えられる。また本実験では、粗さ $Ra$ にはあまり影響されなかったため、特に粗さを意識する必要はないと考えられる。

〈3・4〉 外乱光の影響 □ □ ここでは、外乱光が変化した場合に、出力がどのように影響されるか検証する実験を行った。外乱光は、(1)0[lux]の外乱光なし（暗室）、(2)約300[lux]の蛍光灯（一般的な室内）、(3)約1000[lux]の蛍光灯（明るい室内）、(4)約5000[lux]の太陽光（日陰）、(5)約30000[lux]の太陽光（屋外）の5種類とした。実験方法および測定回数は〈3・1〉と同様とした。実験結果を図12に示す。結果より、外乱光が変化しても、出力と距離の関係には、ほとんど影響しないことも確認できる。また、実験で用いた全ての外乱光において、レーザが照射されている場合の出力（図12の0~140[mm]）は、レーザが照射されていない場合の出力（図12のNo laser）より高い。よって、「レーザが照射されている」ことを判別することができる。本実験より、本センサは外乱光に影響されにくいことが確認できたため、任意の場所で使用できると考えられる。

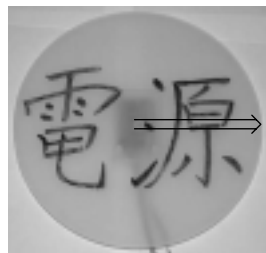
〈3・5〉 文字板の影響 □ □ ここでは、すりガラスに直接文字を書いた場合（図8(c)）と、受光部の前面に文字板を貼り、



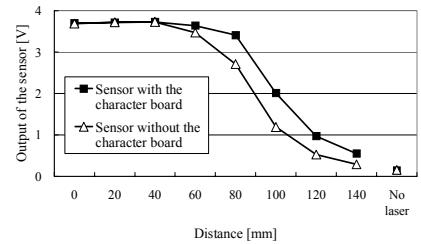
□ □ Fig. 13. □ Picture of the sensor and the photodetector.



□ □ □ □ Fig. 14. □ Influence of the character board on output of the sensor.



□ □ Fig. 15. □ Picture of the sensor used in the experiment.



□ □ □ □ Fig. 16. □ Influence of the character board on output of the sensor.

そこに文字を書いた場合（図8(d)）での出力の違いを測定した。文字板には全光透過率93[%]、厚さ $d_B=2$ [mm]の亚克力板を用い、すりガラスと文字板の隙間 $d_G$ を2[mm]とした。すりガラス表面に文字を書いた場合、〈2・4〉で述べたように、レーザは照射された位置から反射を繰り返して受光素子に光が到達する途中で、文字の部分で光が吸収される。よって、レーザが照射された位置と受光素子の間に文字が書かれた場合が、文字の影響を受けやすいと考えられる。本実験では、どの位置にレーザが照射されても、文字による影響を受けやすくするため、すりガラスの中心部に「●」を書いた。実験に使用したセンサの写真を図13(a)に、本センサに使用した受光素子の写真を図13(b)に示す。また、文字の色によって光の吸収が異なるため、出力が変化すると考えられる。本リモコンシステムでは、文字の色に制限を設けないため、使用者が任意の色で文字を書くと想定される。黒が最も光を吸収する色であるため、黒の文字を書いた場合に、センサの出力が最も低下すると考えられる。本実験では文字の色を黒とし、文字板を設置することで出力が向上するか確認した。実験方法、測定回数および実験場所は〈3・1〉と同様とした。実験結果を図14に示す。また、図15に示すような文字を書いた場合でも同様の実験を行った。レーザの照射方向は矢印(⇒)の方向とした。実験結果を図16に示す。結果より、文字板を付けている方が、出力が高くなっていることがわかる。本実験より、文字板を付け、そこに文字を書くことで、すりガラスに直接文字を書いた場合より、受光感度が高くなると考えられる。よって、レーザを認識しやすくなる。

#### 4. まとめ

本論文では、レーザポインタによるリモコンシステムのために、レーザポインタとすりガラスを用いた大面積光センサを提案した。本センサは、安価で受光面積を拡大させることが可能であり、容易にレーザポインタで指示することができる。また、すりガラスの厚さ、粗さおよび外乱光が変化しても、正しくレーザを受光できることを示した。さらに、外枠および文字板により、受光感度が向上することも確認した。本論文では、大面積光センサのすりガラスの直径を300[mm]として実験を行った。一般的な家庭内において、本センサをレーザポインタで指示するには、この大きさは十分であるとされる。

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金（基盤研究（C）19500478）を受けたものである。

#### • □ 文 □ □ 献

- (1) 吉田諒・安村通晃：「触覚と音声を用いた視覚障害者用家電リモコンの提案と評価」, 信学技報SLP, Vol.2007, No.11, pp.11-16 (2007)
- (2) 児玉千恵・秋月有紀・井上容子：「リモコン操作に対する明視性の寄与に関する検討」, 照明学会全国大会講演論文集, Vol.35, pp.192-193 (2002)
- (3) 伊庭信吾・加藤祐作・関谷毅・川口博・桜井貴康・染谷隆夫：「有機トランジスタと有機光センサの集積化:シート型スキャナーへの応用」, 信学技報OME, Vol.104, No.688, pp.19-22 (2005)
- (4) T. Iwata, K. Nakai, M. Sakamoto, M. Dakeichi, H. Satoh, and K. Murata: “Factors Affecting Hand Tremor and Postural Sway in Children” , Environmental Health and Preventive Medicine, Vol.11, No.1, pp.17-23 (2006)
- (5) 成瀬哲生・張牛牛・伊藤吉郎・中村和弘・本郷琢磨：「表面粗さの異なるアルミニウムの分光反射率の測定」, 日本建築学会技術報告集, No.13, pp.113-118 (2001)