

Development of Fog Sensor by means of Light Absorption
and its Sensitivity Limitation

内山 晴夫・ 川 又 憲・ 十文字 正憲・
Haruo UCHIYAMA Ken KAWAMATA Masanori JYUMONJI

* 八戸工業大学 エネルギー工学科

** 八戸工業大学 電気工学科

* Hachinohe Institute of Technology, Energy Engineering.

** Hachinohe Institute of Technology, Electrical Engineering.

Abstract

We invented a very compact and high sensitive fog sensor. The system is consisted of a LED and a photo-transistor with modulation and demodulation circuits.

In this paper, the principle of this sensor and minimum detectable density of fog is given.

1. はじめに

我々は、簡便な霧センサの試作・開発を行ってきた。今回は、感度の見積もりと、感度を決定する安定度について調べたので報告する。

2. 霧センサの構造

Fig. 1に、霧センサのブロック図を示す。

矩形変調されたLED光を、フォトトランジスタで受光し、その間に霧が存在すれば、Fig. 2に示すように、受光量が霧の濃度に応じて変化するため、霧の濃度が測定できる。

LED光は指向性が悪く、距離が遠くなるほどビームが広がってしまうので、LEDとフォトトランジスタの中央に集光レンズを置き、フォトトランジスタの受光面で焦点を結ぶようにしてある。

また、背景光によるセンサ出力への影響を抑えるため、フォトトランジスタは、真鍮パイプで周囲を囲っている。

3. 変調・復調回路

Fig. 3に、試作したLED変調回路を示す。

C-MOS IC、MC14011Bで矩形発振させ、2SC372でスタンレー社の高輝度LED、EBR-5504Sに、100kHzの矩形変調をかけている。

Fig. 4に、復調回路及び受光検波回路を示す。フォトトランジスタによって受光し、クランプ回路によって背景光による影響を除去した後、

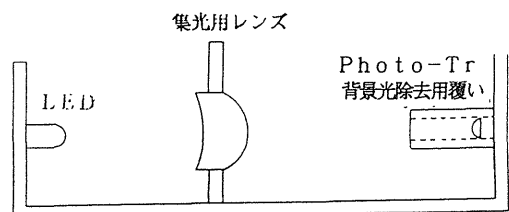


Fig. 1 霧センサの構造

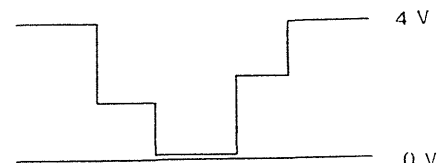


Fig. 2 センサ出力

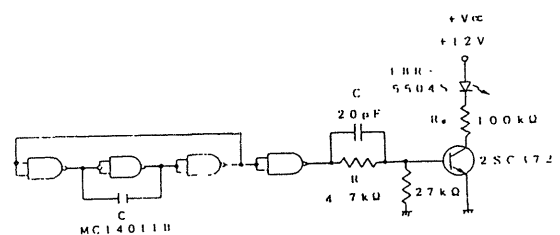


Fig. 3 LDEドライブ回路

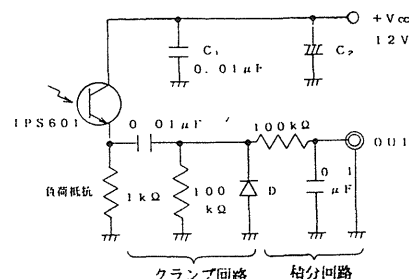


Fig. 4 受光検波回路

積分回路で積分し、DC出力として取り出す。

4. 感度の見積もり

霧センサの感度は、透過率の式から次のように求められる。

$$n = -1.0 \cdot (T) / (\sigma \cdot l)$$

ここで、 n は霧密度(個/cc)、 σ は吸収断面積、 l はLEDとフォトトランジスタの間隔で、この場合9.5cmである。 σ は、実験に用いた超音波式霧発生装置による霧において $8.2 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ である。

Fig. 5に、アナログ方式で、透過率を0.999としたものと、デジタル方式で、0.99999としたものの比較を示す。デジタル方式の方が、2桁感度が高いことが分かる。

Fig. 6に、LEDとフォトトランジスタの間隔を、9.5cmとして求めた最小検出可能密度を示す。透過率を5桁の精度で測れるならば、10~20個/ccの霧密度の測定が可能となる。

5. 霧センサの安定度

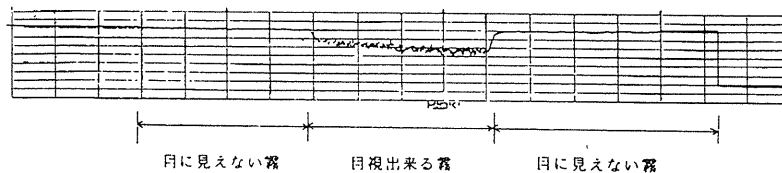
Fig. 7に示すように、センサ出力の変動は約50分間で $\pm 0.75 \text{ mV}$ であった。よって、

$$\begin{aligned} & \pm 0.75 \times 10^{-3} / 3.65 \\ & = \pm 2.05 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

である。これより、アナログ式でも3桁の精度は保証できる。現在、デジタル計測で安定度のチェックを行っている。

6. 人工霧の測定

Fig. 8に、超音波霧発生装置による、霧濃度の測定結果の一例を示す。目に見えない霧は、出力電圧の変化が極めて少ない。目視できる霧は2割~3割ほど出力電圧が低下し、容易に計測出来る事が判る。



電圧感度FS 5V
掃引速度 6cm/min
Fig. 8 人工霧の測定例

7. まとめ

我々は、霧センサにフォトトランジスタとLEDを用い、安定度と測定限界を調べた。安定度は、 2.05×10^{-4} となり、3桁の精度は保証できた。

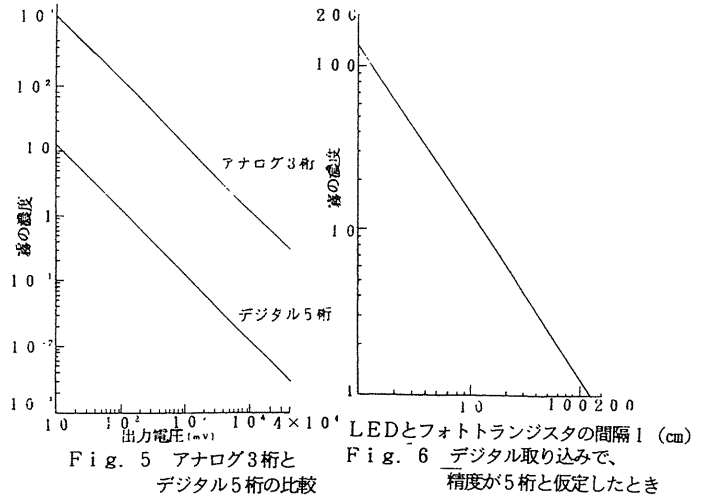


Fig. 5 アナログ3桁とデジタル5桁の比較
Fig. 6 デジタル取り込みで、LEDとフォトトランジスタの間隔1 (cm) 精度が5桁と仮定したとき

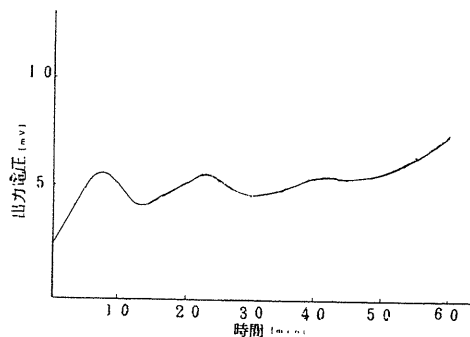


Fig. 7 オシロスコープによる安定度の測定