

染色フィルターを有する a-Si 色彩センサーの 基礎的研究および応用

高森 勲**・飯田 義直*

Fundamental Research and Application of a-Si Tint Transducer having coloring mater photo Filter

Isao Takamori and Yoshinao Iida

ABSTRACT

The present color transducer having the wave length spectrum of human color sense, is equipped with the interference filter. But, the interference filter is very high cost, so that the present color transducer can not use many usual color informations. The purpose of this research find the coloring mater to make the low cost transducer using a-Si photo diod.

For this purpose, the film having the gelatin layer, was dyed by many coloring maters. These many color filters was measured the spectrum of visible light.

As the result, the suitable coloring maters was found, and the spectrum of the transducer is match the same as the spectrum of human color sense. But, at the present time, these filters have the problem of the lasting quality. Furthermore, we intend to experiment with many coloring maters.

And a plan of the walking stick having the color transducer to sense a yellow ground mark for the sightless handicapped persons, is proposed in this paper.

1. まえがき

情報化時代といわれる現代では、コンピューター、ファクシミリ、コピー機などが発達し、かつ普及してきた。それに伴い各種の情報を送るセンサーの重要性が高まっており、中でも人間の目の働きをする光センサーは、特に注目されている。この光センサーとして、アモルファスシリコン (a-Si) を用いたものが開発され、また更に、色フィルターを装着して、色識別を可能にした a-

Si センサーも開発されている。しかしながら、正しい色彩情報を得るためには、人間の色彩視覚と同様な波長感度特性を有する色彩センサーが必要なことは言うまでもない。現在この様な目的で作製されているセンサーの色フィルターには、干渉フィルターが用いられている。しかし、これは極めて高価であるために、一般に用いられている色センサーから得られる色情報は、色彩視覚とは異なったものである。

* 電子・電気工学科 ** 現在 日新電機株式会社 (院卒)

本研究は、色彩視覚と同様な波長感度特性を有し、かつ安価に作製できる a-Si 色彩センサーの開発を目的とした。

本論文では、2.において、a-Si 光センサーの特性について簡単に述べる。3.には、色彩視感度について説明する。4.では、a-Si 光センサーに装着して、人間の色彩視感度となる様なフィルター（理想フィルター）についての検討結果について述べている。5.では、前述の様な安価に作製できる染色フィルターに対する研究結果を述べる。6.では、これらの研究結果にもとづき、試作した a-Si 色彩センサーの特性に関する検討結果について述べる。7.においては、この様な安価に作製できる色彩センサーの応用例として考案した、視覚障害者用ステッキについても述べる。8.は、これらのまとめについて、述べている。

2. a-Si 光センサーの特性^{1), 2)}

2. 1 a-Si と c-Si の相違

アモルファスシリコン (a-Si) は、従来の光電子材料である単結晶シリコン (c-Si) とは異なった電気的、光学的特性を示す。図 1 は、c-Si、a-Si、および水素化 a-Si の結合状態モデルとバンドモデルを示したものである。a-Si は、図 1(b) のように多数の局在準位を持つため、光センサーとして用いることができない。そのため、図 1(c) のように水素によって補償を行った a-Si (水素化 a-Si) が使用されている。この水素化 a-Si は、c-Si と比べ、キャリアの移動度、寿命、拡散長が小さくなっているという不利な点もあるが、①光吸収係数が大きい、②光学バンドギャップが大きい、③暗低抗が小さい、④可視光域に大なる感度を有している等の特徴を持つので、太陽電池や光センサーなどでは、c-

Si にとって代わりつつある。以下、a-Si と称するものは、水素化 a-Si のことをいう。

2. 2 a-Si 可視光全スペクトルセンサー

① 波長感度

a-Si 光センサーの波長感度を、図 2 に示す。a-Si のバンドギャップは、1.6 ~ 1.8 eV で従来の c-Si の約 1.1 eV より大きく、その感度は 400 ~ 700 nm の間で、最大感度波長は 550 nm 付近にある。これは人間の視感度に非常に近い波長感度である。従来の c-Si 光センサーでは、視感度に合わせるために赤外カットフィルターを設置していたが、a-Si の場合、そのような補正フィルターは不必要である。

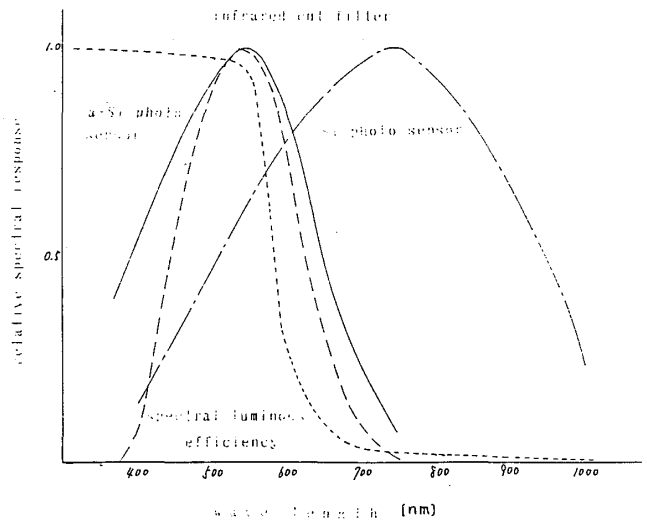


Fig.2 Relation between spectral response of a-Si photo sensor and spectral luminous efficiency.

② 暗電流

光センサーでは、光を照射しない時に流れる電流、つまり暗電流が小さいことが望まれる。それは、暗電流の

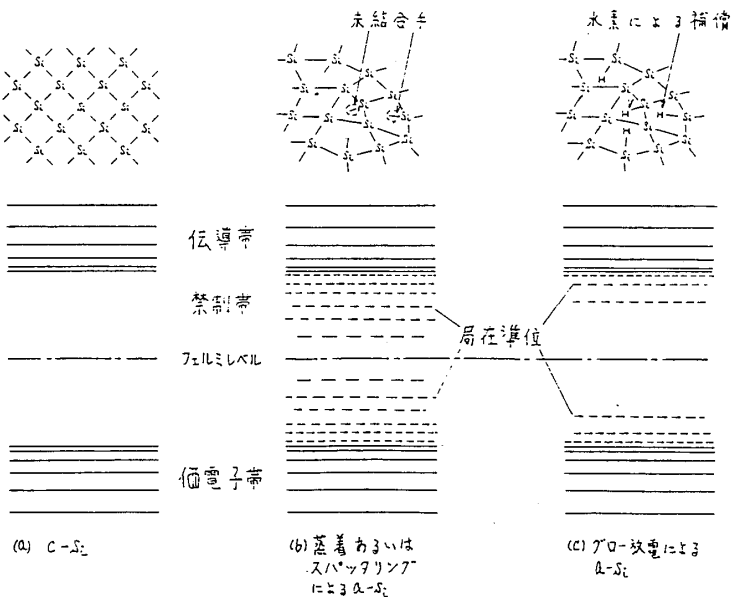


Fig.1 c-Si and a-Si of atomic joint model and band model

値が低照度での出力の直線性の下限を決めるからである。このため、暗電流が小さいほど測定照度範囲の下限が小さくなる。a-Si光センサーの暗電流は、c-Si光センサーに比し、極めて小さく、そのため、低照度に対しても使用できる。

③ 光電流特性

光電流と照度との関係は、優れた比例関係にあり、負荷抵抗と光センサーの両端に発生する電圧の関係は、図3のごとくである。図3から、センサーの両端電圧は、負荷抵抗に依存し、負荷抵抗が小さいほど、出力電圧が小さくなる。しかし、負荷抵抗が小さいほど、センサーの出力と光入力との直線性は良くなる。

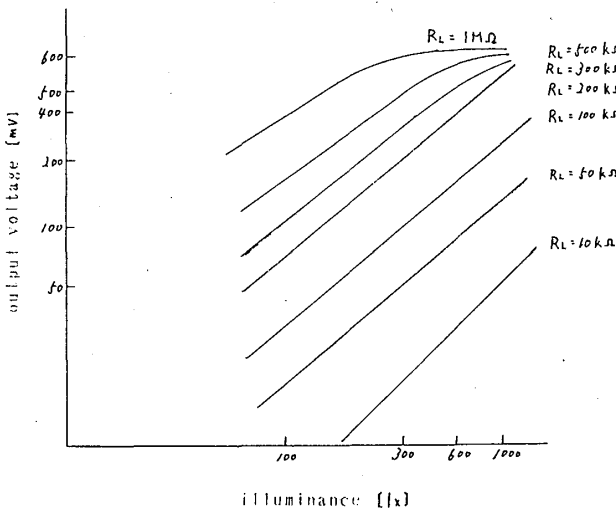


Fig.3 Relation between output voltage of a-Si photo sensor and road resistance. Lamp : cool white fluorescent lamp

④ 応答速度

応答速度は、光センサーの両端に接続する負荷抵抗によって大きく変化する。負荷抵抗が1KΩのとき、応答速度はほぼ2μsで、これは従来のc-Si光センサーとは大差ないが、光導伝効果を用いたCdSやCbSが数10msのオーダーであるのと比べると、非常に速い応答を示す。

3. 色彩視感度³⁾

色は、三つの原色を加え合わせることによって再現しうる(色覚の三色性)。これらについては、CIE(国際照明委員会)により、多くの研究結果を総合してRGB表色系およびXYZ表色系が定められている。RGB表色系のスペクトル三刺激値(等色関数)は、負の部分が生じ使用上不便である。このような欠点を改良したものが、XYZ表色系のスペクトル三刺激値(等色関数)である。このXYZ表色系には、2度視野のもの、10度視野のものがある。本研究は、XYZ表色系10度視野のスペクトル三刺激値にもとづいて行う。図4は、XYZ表色系10度視野のスペクトル三刺激値を示すものである。図4にお

いて、Gは緑に対する視覚刺激値であり、これは、明暗に対する視覚感度スペクトルとほぼ一致している。また赤に対する視覚刺激値スペクトルは、図示のようにR1、

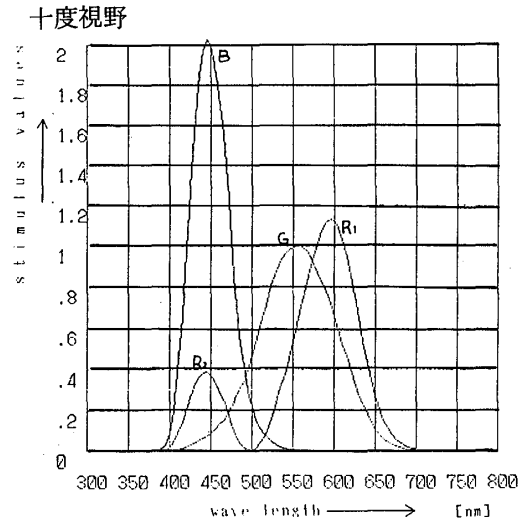


Fig.4 Color matching coefficients of CIE 1964 supplementary standard colorimetric system.

R2に分割されるような結果となっている。したがって正確な色彩センサーでは、R1、R2、GおよびBの4色センサーとしなければならないが、このR2のスペクトルは、図示のようにB(青)のスペクトルと比較的類似(大きさの点を除いては)しているので、色彩センサーとしては実用上、R2にBを代用することもできる。

4. 理想フィルターの検討

図4のごとく、スペクトル三刺激値は、500nmを境として600nmで最大感度を有するR1(赤1)、440nmで最大感度を有するR2(赤2)と、555nmで最大感度を有するG(緑)、および450nmで最大感度を有するB(青)となっている。a-Si色彩センサーを作成するためにはスペクトル三刺激値と同じ波長感度を有するように、光起電力型a-Si可視光全スペクトルセンサーの波長感度を、色フィルターによって補正しなければならない。このような色フィルターを理想フィルターと呼ぶ。理想フィルターの透過率の設計に当たっては、a-Si光センサーの波長感度が、製作時また経時効果などにより、変化する場合も考慮しなければならない。このため、多少波長感度特性の相違する6個のa-Si光センサーについて検討した。図5は、これらのセンサーのうちの代表的な3個の波長感度特性を示している。

理想フィルターの透過率は、次の計算によって得られる。

$$F_x(\lambda) = R(\lambda) / f(\lambda) \dots\dots\dots(1)$$

$$F_y(\lambda) = G(\lambda) / f(\lambda) \dots\dots\dots(2)$$

$$F_z(\lambda) = B(\lambda) / f(\lambda) \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $F_x(\lambda)$ 、 $F_y(\lambda)$ 、 $F_z(\lambda)$ は、赤、緑、青の理想フィルターの透過率である。 $R(\lambda)$ 、 $G(\lambda)$ 、 $B(\lambda)$ は、図4に示すスペクトル三刺激値R、G、Bであり、CIE-1964XYZ表色系10度視野のスペクトル $\bar{x}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{z}_{10}(\lambda)$ を代入する。 $f(\lambda)$ は、a-Si光センサーの波長感

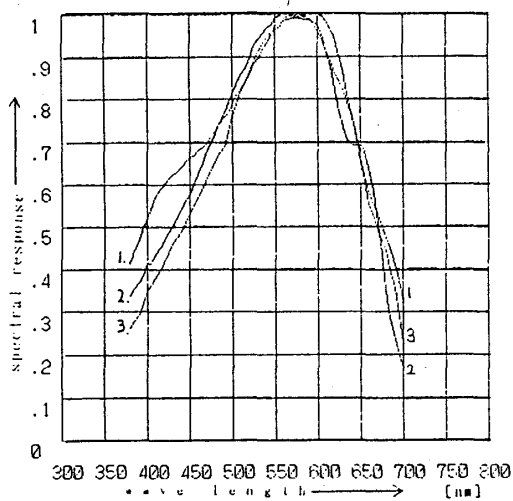


Fig.5 Spectral response of a-Si photo sensors.

度であり、計算に当たっては代表例として図5に示すNo.3の波長感度を用いた。図6は、得られた理想フィルターの透過率を、相対透過特性にして示したものである。

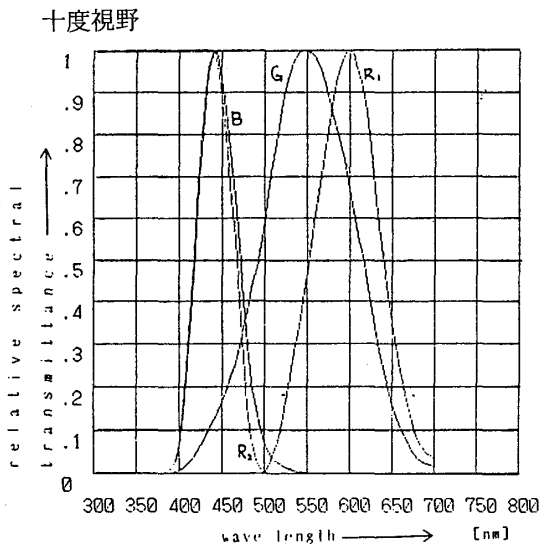


Fig.6 Relative spectral transmittance of ideal filters.

次に、得られた理想フィルターの透過率およびNo.3のa-Si光センサーの波長感度から、三刺激値X、Y、Zは、次式により得られる。

$$X = \int_{380}^{700} F_x(\lambda) f(\lambda) d\lambda \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$Y = \int_{380}^{700} F_y(\lambda) f(\lambda) d\lambda \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$Z = \int_{380}^{700} F_z(\lambda) f(\lambda) d\lambda \quad \dots\dots\dots(6)$$

この三刺激値X、Y、Zから、色度座標x、yは、次式

により得られる。

$$x = X / (X + Y + Z) \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$y = Y / (X + Y + Z) \quad \dots\dots\dots(8)$$

また、波長感度の異なったa-Si光センサーに対しても色度座標x、yを求め、CIE色度図にプロットした結果および、これに対応する単光色波長を示したものが、図7である。図7において、各色度座標は、ほとんど同一座標にプロットされ、単光色波長も、ほぼ同一であることが明らかになった。これらの結果により、a-Si光センサーの波長感度が、図5に示すごとく多少の差異を有する場合においても、設計した理想フィルターと組み合わせることにより、色彩センサーとして使用可能となることが明らかになった。

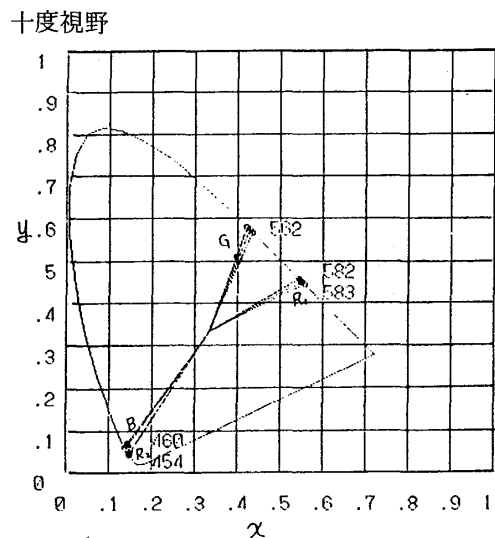


Fig.7 Comparison of chromaticity coordinates by combination between a-Si photo sensors and ideal filters.

5. 染色フィルターの検討

理想フィルターに近い透過率を有する色フィルターは前述のように既に干渉フィルターによっても作製されているが、これは極めて高価であるので、前述したごとく本研究では、安価に作成できるいわゆる染色フィルターについて検討した。

5. 1 市販フィルターの検討

市販されている各種フィルター約70種（主としてエドモンドサイエンス社：ES社）の透過率の測定結果を検討し、次の結果を得た。コンピューター計算によって青、緑、赤2に関しては、数枚重ね合わせるにより、比較的理想的フィルターに近いものが得られるが、赤1に対しては適当なものが見いだされなかった。表1は、理想的フィルターに近かったES色フィルターの組み合わせ結果を示したものである。赤1は、比較的理想的フィルターに近い部分を有するES色フィルターの組み合わせ結果を示した。図8は、組み合わせES色フィルターと理想

Table 1 Combination of ES color filters having nearly ideal spectrum.

フィルター色	減法混色するES色フィルターの フィルター名、及び番号
B (青)	Medium Purple Surprise Blue No.846 * No.861
G (緑)	No Color Amber Yellow Green No.810 * No.878
R2 (赤2)	Medium Purple Daylight Blue Dark Urban Blue No.846 * No.851 * No.866
R1 (赤1)	Medium Lemon Light Amber No.806 * No.813
	Dark Lemon Light Amber No.807 * No.813

フィルターとを相対透過特性にして比較したものである。図8において、(a)は、B(青)に対するもので、両者は良い一致を示している。(b)は、G(緑)に対するもので、短波長側で透過率の減衰がやや急激である。(c)は、R2(赤2)に対するもので、両者はほぼ一致をしている。(d)は、R1(赤1)に対するもので、短波長側は良い一致を示すが長波長側は全く一致しない。これは、黄、赤系フィルターの長波長側の透過特性が、全て赤外線域までフラットに透過してしまうためである。図9は、表1に示したES色フィルターを、更にa-Si光センサーと組み合わせることによって得られるセンサー感度の計算結果と、スペクトル三刺激値とを相対感度特性にして比較したものである。図9において、(a)は、B(青)に対するもので、両者は良く一致している。(b)は、G(緑)に対するもので、短波長側で透過率の減衰がやや急激であるが、長波長側ではほぼ一致している。(c)は、R2(赤2)に対するもので、ほぼ一致している。(d)は、R1(赤1)に対するもので、短波長側は良く一致し、長波長側では透過率の減衰がややゆるやかであるが、両者は相当近づく。これは、赤系フィルターの長波長側の透過率が図8(d)に示すように平坦であるのを、a-Si光センサーの波長感度特性により改善されるためである。以上のように、市販フィルターの重ね合わせによっては、比較的理想的フィルターに近い透過率を示すものが得られることが分かった。しかしながら、a-Si色彩センサー作成上色フィルターを数枚も重ねることは、余り適切でなく、一枚で任意のスペクトルを有する色フィルターを作成することが望ましい。そこで、理想的フィルターに近い透過率が得られるES色フィルターの成分分析を行い、その顔料成分をアクリル系ポリメタクリレート等の溶剤に溶かして、フィルターを試作することが考えられるので、これらES色フィルター

の顔料および基板の成分について、化学分析を行った。その結果、基板は酢酸セルロースであり、その顔料成分は、表2に示すごとくであった。しかしながら、分析結果にもとづく顔料の入手が極めて困難であったため、この試作は、実施することができなかった。

Table 2 Ingredient analysis of ES color filters.

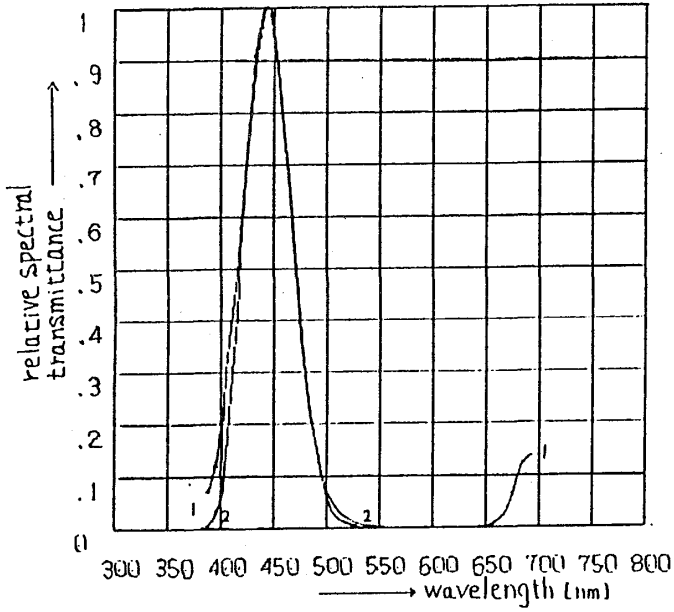
フィルター番号 及び フィルター名	成分分析結果	
	成分	および 基本骨格
No.806 Medium Lemon	Opilas Yellow H140 と考えられる。	R1は置換基
No.807 Dark Lemon	No.806に微量オレンジ成分が入っている。	
No.810 No Color Amber	No.806とNo.813の混合と考えられる。	
No.813 Light Amber	Red 成分は、Kayaset Red 273。 Orange成分は、はっきりしない。	
No.846 Medium Purple	Kyaset Blue 730 と考えられる。	
No.851 Daylight Blue	Spt Blue OA と考えられる。	
No.861 Surprise Blue	Spt Blue H2R と考えられる。	
No.866 Dark Urban Blue	No.861の高濃度品と考えられる。	
No.878 Yellow Green	Spt Green 5G と No.806の混合系 と考えられる。	

5. 2 染色フィルターの検討

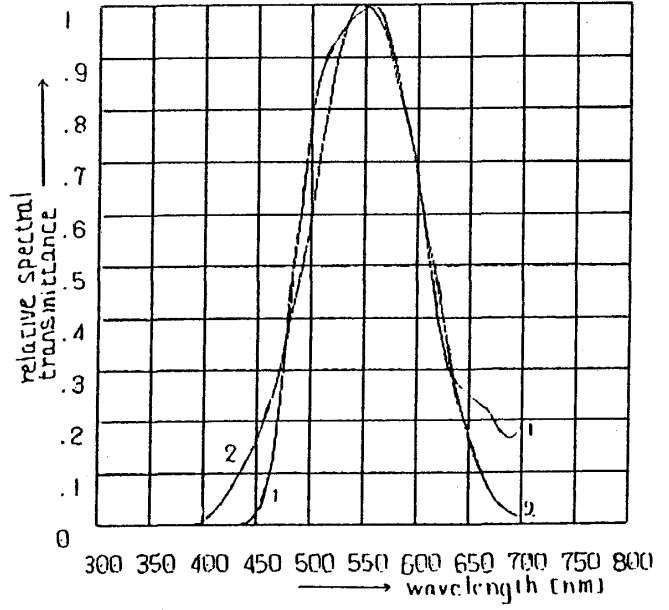
染色フィルターは、次のように写真フィルムのゼラチン層に、染料を吸着させる方法により作成した。

①写真フィルムは、すぐに定着液にいれ、透明フィルムとする。②このフィルムを適当な大きさに切る。③染料は、ビーカーにとった純水(500MQ/cm)に入れ、一度沸騰させ完全に溶解させる。④染液(染料を溶かした純水)は、染色温度まで下げる。⑤透明フィルムを染液の中に入れる。この時、染色温度を保ち、染色時間を計測する。⑥時間が経過したら、フィルムは素早く取り出し、速やかに乾燥させる。⑦このようにしたフィルムはフィルム表面に付着している“むら”を落とすために、軽く一度純水の中をくぐらせ、再度、速やかに乾燥させる。

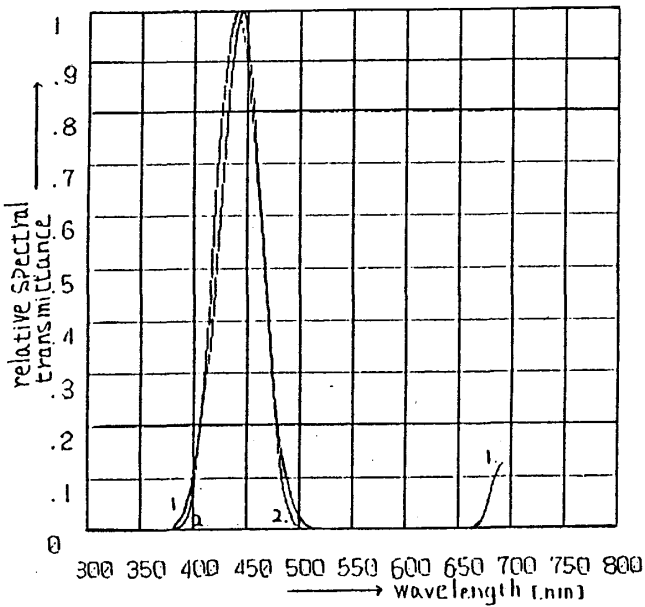
このようにして作成した染色フィルターの透過率を測定検討した結果、次のようなことが分かった。



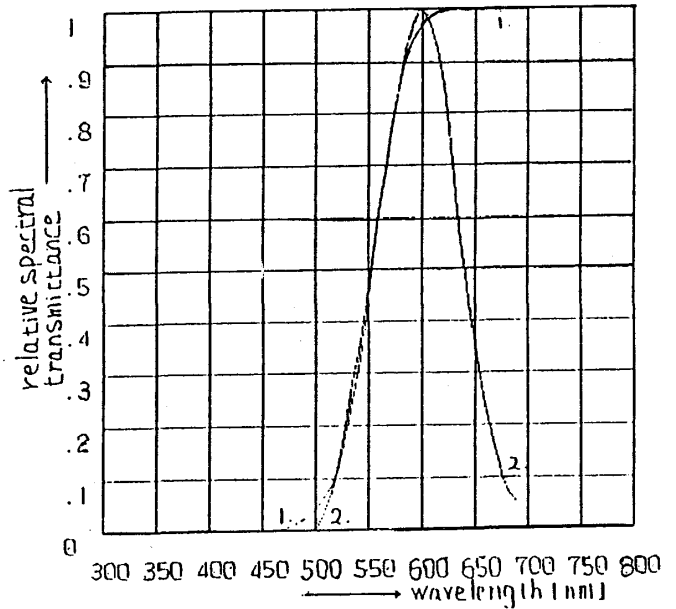
1. Combination of ES color filters,
(No. 846 and No. 861)
2. Blue of ideal filter.
Fig.8 (a) Comparison of spectral
transmittance.



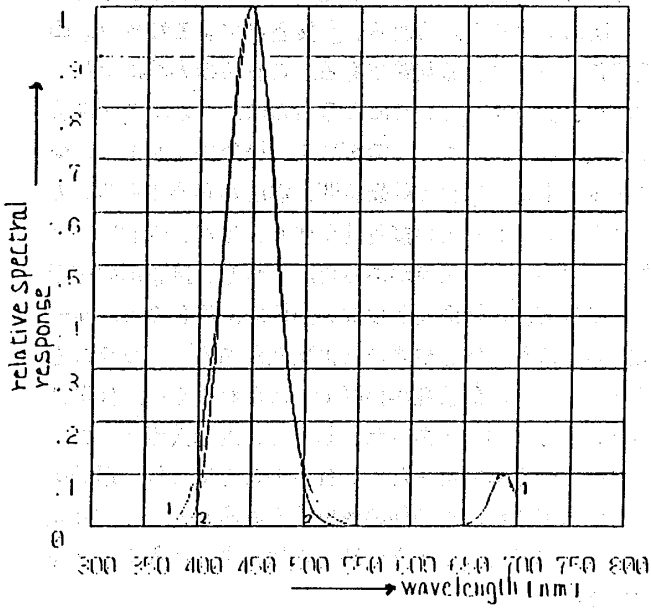
1. Combination of ES color filters.
(No. 816 and No. 878)
2. Green of ideal filter.
Fig.8 (b) Comparison of spectral
transmittance.



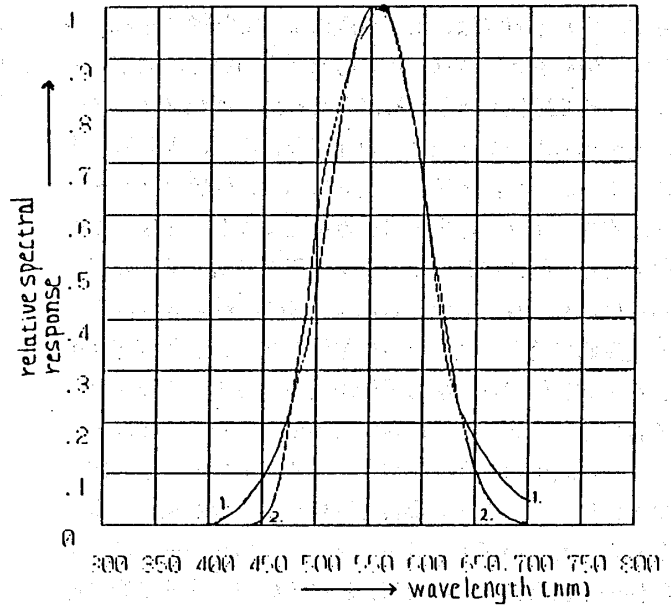
1. Combination of ES color filters.
(No.846 and No.851 and No.866)
2. Red 2 of ideal filter.
Fig.8 (c) Comparison of spectral
transmittance.



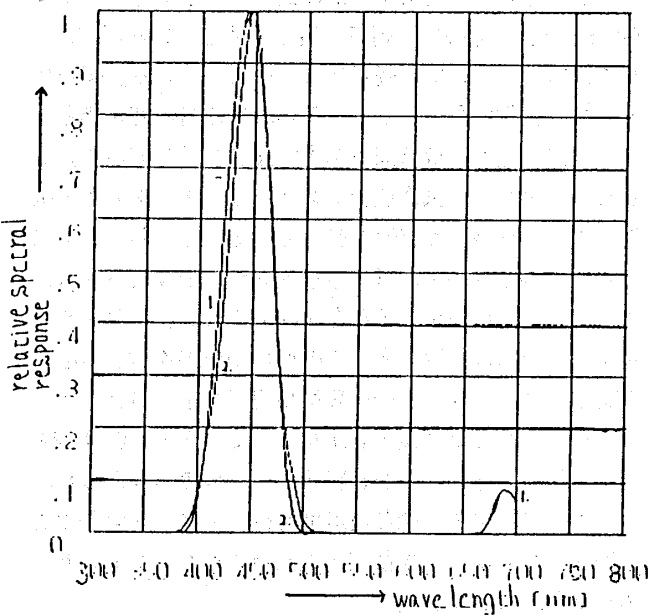
1. Combination of ES color filters.
(No.806 and No.813)
2. Red 1 of ideal filter.
Fig.8 (d) Comparison of spectral
transmittance.



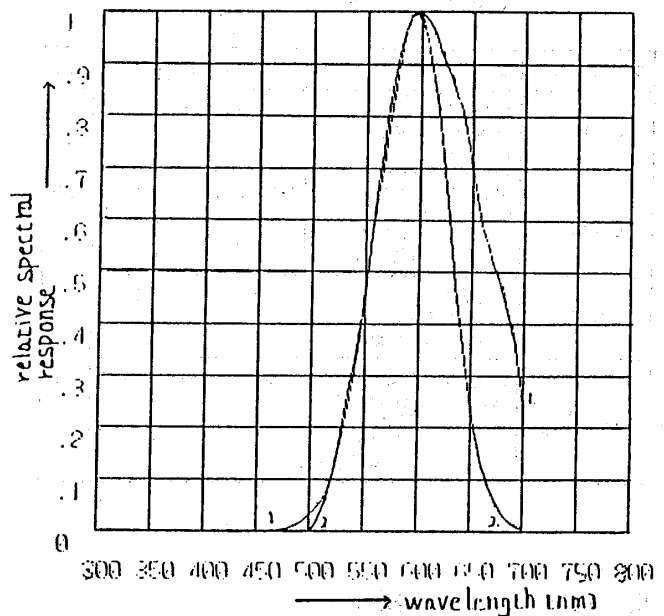
1. Blue by combination of ES color filters at the table 1 and a-Si photo sensor.
 2. $z_{10}(\lambda)$ of color matching function.
 Fig.9 (a) Comparison of spectral response.



1. Green by combination of ES color filters at the table 1 and a-Si photo sensor.
 2. $y_{10}(\lambda)$ of color matching function.
 Fig.9 (b) Comparison of spectral response.



1. Red 2 by combination of ES color filters at the table 1 and a-Si photo sensor.
 2. $x_{10}(\lambda)$ of color matching function. $\lambda = 380 \sim 500$
 Fig.9 (c) Comparison of spectral response.



1. Red 1 by combination of ES color filters at the table 1 and a-Si photo sensor.
 2. $x_{10}(\lambda)$ of color matching function. $\lambda = 500 \sim 700$
 Fig.9 (d) Comparison of spectral response.

染色フィルターの最大透過波長は、染料の配合量によって、また半値幅は、染色温度によって制御できる。そして、染料および植物エキス等28種を用いて、染色フィルターを225枚作成し、検討した結果、理想フィルターの透過率に近いフィルターの作成条件等は、表3に示すごとくであった。図10は、表3に示した染色フィルターと理想フィルターとを相対透過特性に表して比較したものである。図10において、(a)は、B(青)に対するもので、両者は良く一致している。(b)は、G(緑)に対するもので、短波長側で透過の減衰がやや急激であり、また、650 nmより長波長側では急激な透過が見られる等の不都合がある。(c)は、R2(赤2)に対するもので、両者はほぼ一致している。(d)は、R1(赤1)に対するもので長波長側ではES色フィルターの場合と同様な不一致が見られる。これら緑および赤1の染色フィルターの長波長側の透過特性の不都合は、用いた黄、赤系の染料の長波長側の透過特性が、赤外線域まで平坦に透過してしまうためである。これらの不都合は、ES色フィルターの場合と同じように、a-Si光センサーの波長感度によりある程度改善可能であるが、更に各種染料の特性を測定検討することによって、より理想フィルターに近いものが作成可能と思われる。

Table 3 The way of making dyeing filters.

染色フィルター	染料	フィルム	温度	時間
B(青)	日本化薬 Kayanol Blue NR Q-056 1%水溶液	フジOHPカラー	70℃	5分
G(緑)	住友化学+日本化薬 Green Kayanol Yellow NFC R-108 100 : 1(重量比)	フジミニコピー	30℃	1分
R2(赤2)	住友化学 Blue1 + Blue2 4 : 6(重量比)	フジミニコピー	70℃	5分
R1(赤1)	住友化学+日本化薬 Red1 Kayanol Yellow NFC R-108 1%水溶液 1 : 1.75(重量比)	フジミニコピー	30℃	1分

6. 色彩センサーの試作

a-Si光センサーに、試作色フィルター(染色フィルター)を装着することによりa-Si色彩センサーとし、その検討を行う。

色彩センサーは、前述の染色フィルターをa-Si集積型可視光全スペクトルセンサーの受光素子の保護層として用いているガラス表面に装着することにより作製できる。

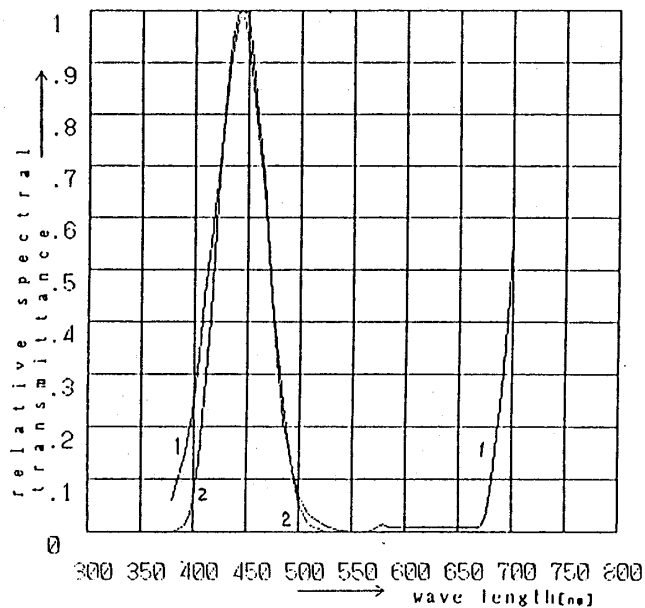
そこで、染色フィルターを光センサーに装着する方法は、次の2通り考えられる。①接着剤による装着、②両面接着テープによる装着である。これらの方法により、次のことが分かった。①によるものは、フィルター接着時に気泡が入る。また、溶剤により染色フィルターの染料が流れ出る。任意の乾燥時間、温度が必要である。ガラスとフィルターとの接着性が悪く、はがれやすい。作業性が悪い。等の欠点があった。しかし、接着剤の透過率は90%で、透過損失が少ない。②によるものは、同一状態のものが製作しやすい(再現性がある)。ガラスとフィルターとの接着性が良好で、はがれにくい。作業性が良い。等の利点があった。しかし、両面接着テープの透過率は87%程であった。これらのことにより、透過率は僅かに劣るが、その他の優位性を考慮して、a-Si光センサーの染色フィルター装着には、両面接着テープを用いる。

a-Si色彩センサーは、a-Si集積型可視光全スペクトルセンサーに、先に示した染色フィルターを両面テープによって装着して、試作した。図11は、この試作色彩センサーの波長感度を測定し、それとスペクトル三刺激値とを相対波長感度特性にして比較したものである。また、図12は、これらの色度座標を計算によって求めCIE色度図にプロットした結果および、これに対応する単光色波長を示したものである。図11において、(a)は、B(青)に対するもので、両者は非常に良く一致している。(b)は、G(緑)に対するもので、両者は良く一致している。(c)は、R1に対するもので、両者はほぼ一致している。図12において、試作色彩センサーと三刺激値の各色度座標とは座標位置が近く、ほぼ同一単光色波長を示している。これらの結果から、試作色彩センサーは、スペクトル三刺激値に近い波長感度特性を有していることが明らかになった。しかしながら、試作色彩センサーの波長感度は、細部については多少の不都合が認められる。これらを改善するためには、更に多くの染料について検討する必要がある。また現在、a-Si集積型可視光全スペクトルセンサーの受光部は3素子しかないので、赤1、赤2、緑、青の4枚のフィルターを装着することはできなかった。したがって、更に正確な色識別を行うには、4素子の受光部を有するa-Si集積型可視光全スペクトルセンサーの実現が望まれる。

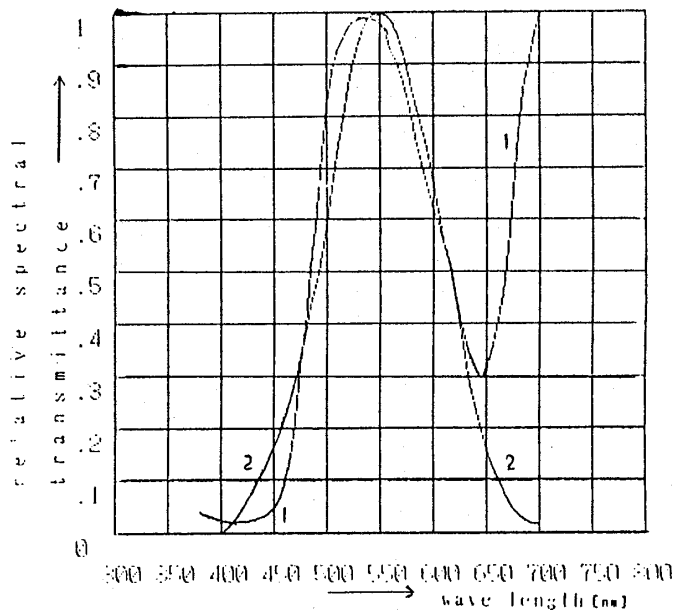
7. 応用例案 ^{4),5),6),7)}

安価に作製できるa-Si色彩センサーを用いた応用例として、次のような視覚障害者用ステッキを考案した。

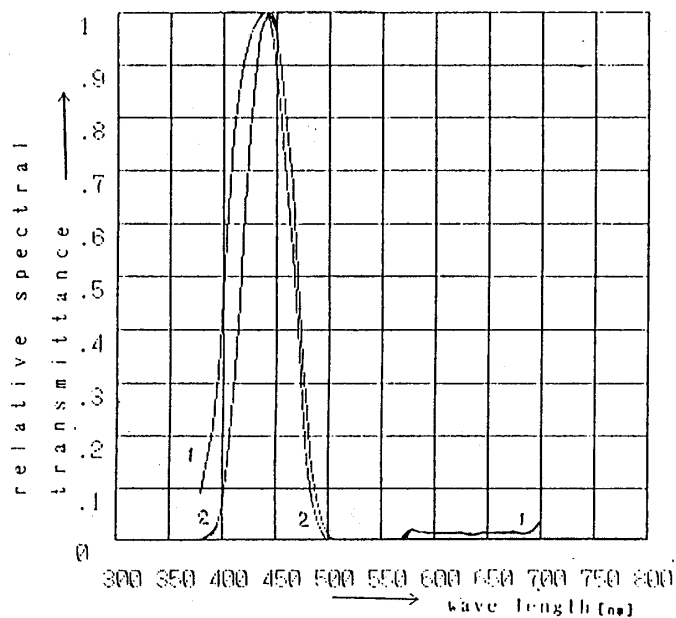
歩道、駅などに、表面デザインが凹凸状の黄色い路上表示(点字タイル)がある。視覚障害を有する方は、自分の触覚で点字タイルを探って移動する。この点字タイ



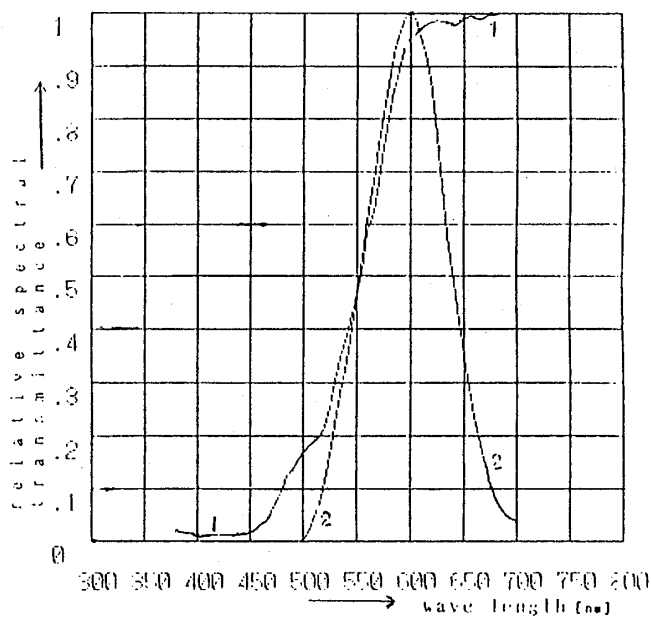
1. Blue of dieing filter.
 2. Blue of ideal filter.
 Fig.10 (a) Comparison of spectral transmittance.



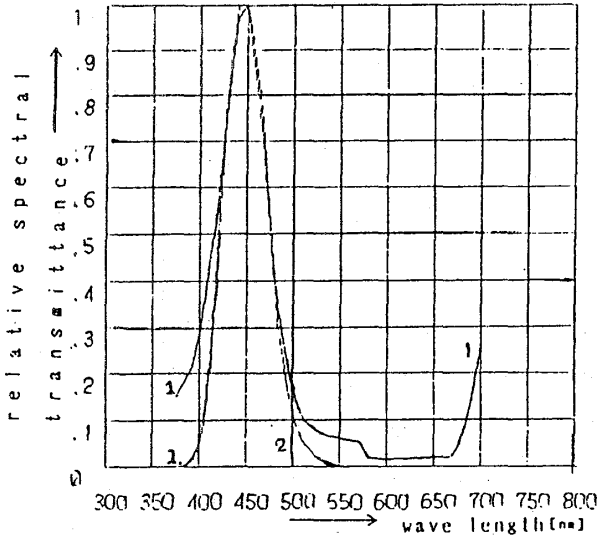
1. Green of dieing filter..
 2. Green of ideal filter.
 Fig.10 (b) Comparison of spectral transmittance.



1. Red 2 of dieing filter.
 2. Red 2 of ideal filter.
 Fig.10 (c) Comparison of spectral transmittance.

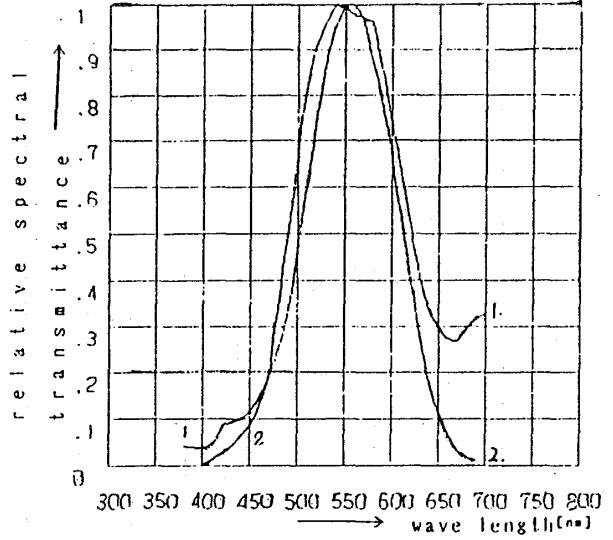


1. Red 1 of dieing filter.
 2. Red 1 of ideal filter.
 Fig.10 (d) Comparison of spectral transmittance.



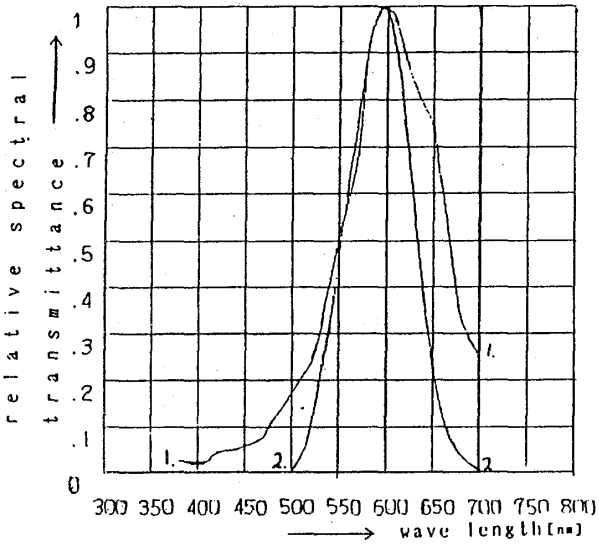
1. Dieing filter having color sensor. (part of blue)
2. $\bar{z}_{10}(\lambda)$ of color matching function.

Fig.11 (a) Comparison of spectral response.



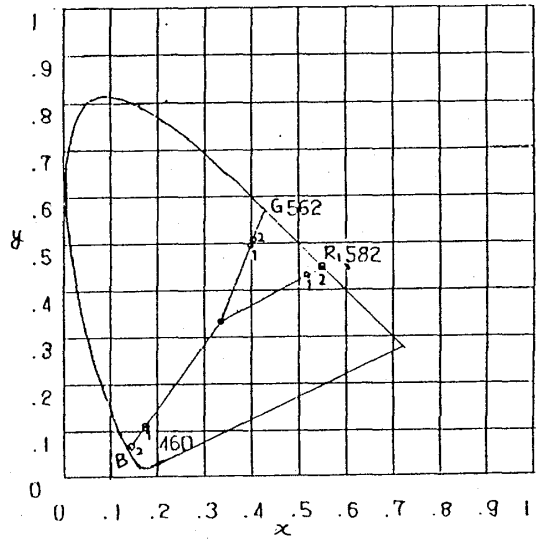
1. Dieing filter having color sensor. (part of green)
2. $\bar{y}_{10}(\lambda)$ of color matching function.

Fig.11 (b) Comparison of spectral response.



1. Dieing filter having color sensor. (part of red 1)
2. $\bar{x}_{10}(\lambda)$ of color matching function. $\lambda = 500 \sim 700$

Fig.11 (c) Comparison of spectral response.



1. Chromaticity coordinates of dieing filter having tint sensor. parts of red 1, green, blue.
2. Chromaticity coordinates of color matching function. parts of $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$

Fig.12 Comparison of chromaticity coordinates.

ルの色彩を、ステッキに装備した色彩センサーが識別し警報として出力すれば、視覚障害を有する方は、今までの触覚に加えて、聴覚によっても情報を得ることができ更に安全性が得られる。

まず、現在用いられている点字タイルの色彩について検討した。点字タイルには、3種類あり、①材質がコンクリートで、表面デザインが円形凸型のもの、②材質がビニール系で、表面デザインが円形凸型のもの、③材質がビニール系で、表面デザインが台形棒型のものがあった。この3種の点字タイルの色度座標を、多光源分光測色計を用いて求めた。その際、6種の光源（標準照明光A、C、D₆₅、蛍光ランプF₆、F₈、F₁₀）を用いて測定した。図13は、得られた色度座標をCIE色度図にプロットしたものである。図13において、3種の点字タイルともその色彩の相違は、ほとんどないことが明らか

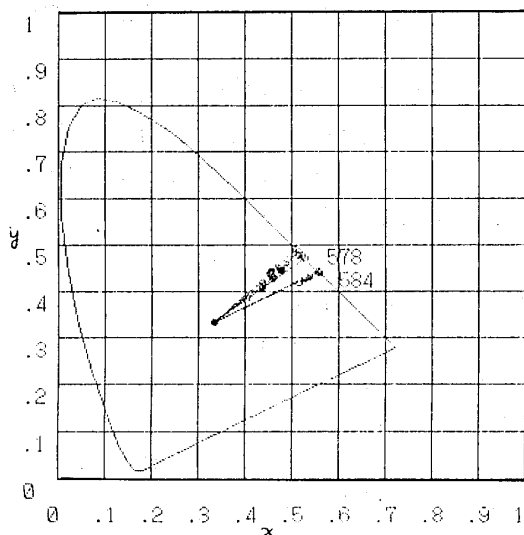


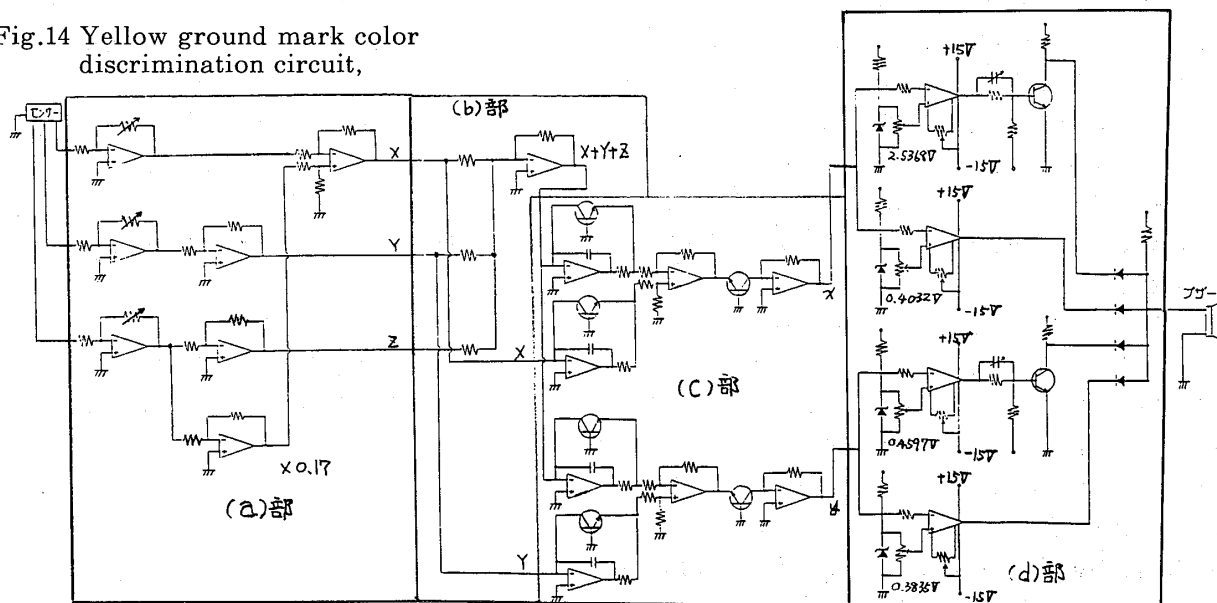
Fig.13 Chromaticity coordinates of yellow ground mark. Lamp: A, C, D₆₅, F₆, F₈, F₁₀.

になった。そして、色度座標 x 、 y が、 $0.4032 \leq x \leq 0.5368$ 、 $0.3835 \leq y \leq 0.4597$ の範囲内であれば、点字タイルの色彩であるということが分かる。

これらの結果より、色彩センサーを用いて点字タイルの色彩を識別する回路を設計した。図14は、その回路図を示したものである。図14(a)部は、利得調整回路である。これは、白色光をセンサーに照射したときのセンサー出力を、同一値（例えば1,000V）に調整する回路である。ここで、a-Si色彩センサーは、受光部を赤1、緑、青の3素子しか有しない。したがって、赤2は、波長感度が比較的類似している青の出力を約0.17倍したものを代用する。そして、この赤2と赤1の出力とを加え合わせたものが、赤の出力となる。利得調整後の赤、緑、青の出力は、三刺激値X(赤)、Y(緑)、Z(青)となる。図14(b)、(c)部は、色度座標を求める回路である。(b)部は、加算回路で、利得調整回路の出力X、Y、Zを加え合わせ、 $X+Y+Z$ とする。(c)部は、除算回路で、利得調整回路の出力XおよびYと、加算回路の出力 $X+Y+Z$ とを割り算する。その結果、色度座標 $x = X / (X+Y+Z)$ 、 $y = Y / (X+Y+Z)$ は、除算回路の出力として得られる。図14(d)部は、比較回路で、色度座標 x 、 y が、 $0.4032 \leq x \leq 0.5368$ 、 $0.3835 \leq y \leq 0.4597$ の範囲に計測された場合には、この比較回路によりブザー警報が発せられる。

色彩センサーと前述の回路をステッキに装備することにより、点字タイルの色彩を識別する視覚障害者用ステッキが、作製できる。しかし、ここで問題となるのは、点字タイルの色彩が汚れにより変色し、色度座標が設定した範囲外に計測される場合である。このことを検討することによって、視覚障害者用ステッキは、実用可能となる。（この装置の実際の試作は、未実施である。）

Fig.14 Yellow ground mark color discrimination circuit,



8. ま と め

本論文では、光学的に優れた特性を有する a-Si 光センサーを用いて、人間の色彩視覚と同様な波長感度特性を有し、かつ安価に作製できる色彩センサーについて検討した。その結果を要約すると次のごとくである。

- ① a-Si 光センサーは、標準比視感度に近い波長感度特性を有する。(図2、図5参照)
- ② 肉眼のスペクトル三刺激値は、B(青)、G(緑)、R1(赤1)、R2(赤2)となっている。(図4参照)
- ③ a-Si 光センサーの波長感度が、スペクトル三刺激値と同じ波長感度特性を有するように補正するフィルター(理想フィルター)の透過率を計算により求めた。(図6、図7参照)
- ④ 市販フィルターは、数枚重ね合わせることで理想フィルターに近い透過特性を有するものがあることが、計算によって明らかになった。これらのフィルターの成分分析を行った結果、顔料および基板材質が明らかになった。(表1、図8、表2参照)
- ⑤ 染色フィルターの透過特性は、染料の配合によって最大透過波長を、また染色時間によって半値幅を制御することができる。そのため染色フィルターは理想フィルターに近い透過特性を有するものが試作できる。(表3、図10参照)
- ⑥ 前述の染色フィルターを、両面接着テープを用いて a-Si 光センサーに装着することによって、スペクトル三刺激値に近い波長感度を有する安価な色彩センサーが作成できる。(図11、図12参照)
- ⑦ この色彩センサーを用いた応用例として、黄色の路上表示(点字タイル)の色識別を行う視覚障害者用ステッキを考案し、その色彩識別回路の設計を行った。(図13、図14参照)
- ⑧ 本文中では触れなかったが、染色フィルターの昼夜法による露光試験を行った結果、緑の染色フィルターの透過特性が変化し、黄色に変色することが明らかになった。青、赤2、赤1に対しては、著しい変化は見られなかった。しかしながら、室内光照射試験では、各染色フィルターにそのような変化は見られなかった。

本研究で得られる染色フィルターは、細部の点においては、多少の不都合がある。これらの改善には、更に多くの染料について検討する必要がある。このため、現在更に、約360種の染料について検討準備中である。なお、ゼラチン層の染色による色フィルターは、カラー CCD、カラー液晶表示器などにも用いられているので、多くの染料に対する検討は、これら、CCD、カラー表示器の特性改善にも極めて有益なものと考えられる。

【謝 辞】

本研究に当たり、試料の提供および分析の協力を得ました住友化学工業株式会社大阪研究所の中野正秀氏、竹山尚幹氏ならびに、三洋電機株式会社機能材料研究所の中野昭一郎長、能口 繁氏に深く感謝の意を表します。また、研究に協力された本学学部生小川史洋君、片岡裕治君、田代詔也君、門田喜一君に謝意を表する。

【参考文献】

- (1) RESEARCH REPORT Vol.2 April 1980-July 1981
KUWANO LABORATORY OF THE RESEARCH CENTER
SANYO ELECTRIC CO., LTD
- (2) RESEARCH REPORT Vol.6 July 1984-June 1985
RESEARCH DEPARTMENT No.5 KUWANO LABORATORY. NAKANO LABORATORY. YAMAZAKI LABORATORY OF THE RESEARCH CENTER.
SANYO ELECTRIC CO., LTD
- (3) 照 明 工 学 (改訂版)
著作者 電気学会通信教育会
出版社 電気学会
昭和53年9月12日発行
- (4) J I S ハンドブック 光学 1985
編 集 日本規格協会
発行所 財団法人 日本規格協会
1985年4月12日 第1版第1刷発行
- (5) 色彩関連 J I S 解説書
編集者 日本色彩学会 J I S 解説書作成委員会
発 行 (財)スガウエザリング技術振興財団
昭和63年3月1日 第1版
- (6) 実用電子回路ハンドブック(1)
編 者 トランジスタ技術編集部
発行所 C Q 出版株式会社
昭和52年3月25日 第12版発行
- (7) 実用オペアンプ回路
著 者 角田秀夫
発行所 東京電機大学出版局
昭和60年2月20日 第1版 3刷発行