

フリー電源形光電スイッチ ISFシリーズ

辻 義孝*1)・鷹尾 健*2)・庄司克博*3)・樋口親吾*4)

1. まえがき

光電スイッチは、近接スイッチと並び自動化、FA化における検出スイッチとして重要な存在である。非接触での検出が出来、耐環境性にも優れているので広範囲な場所での使用が可能である。特に光電スイッチにおいては、以下のような特長がある。

- 1) 長距離の検出が可能である。
- 2) 光ファイバなどを使って微小物体の検出が可能である。
- 3) 高精度の検出が可能である。
- 4) 検出物体の材質をほとんど選ばない。
- 5) 高速応答が可能である。
- 6) 長寿命である。

これらの長所を生かし、光電スイッチの需要は増々大きなものとなっている。最近では、デバイス・加工技術・実装技術の進歩に伴い、小形で高性能・高機能な光電スイッチが市場へ提供されるようになった。当社においても、増大する需要に答えるべく、新しい光電スイッチの開発が進められており、最近発売となったISFフリー電源形光電スイッチ 図1 とISAアンプ内蔵形光電スイッチは、その第1ステップである。以下、ISFフリー電源形光電スイッチについて紹介する。

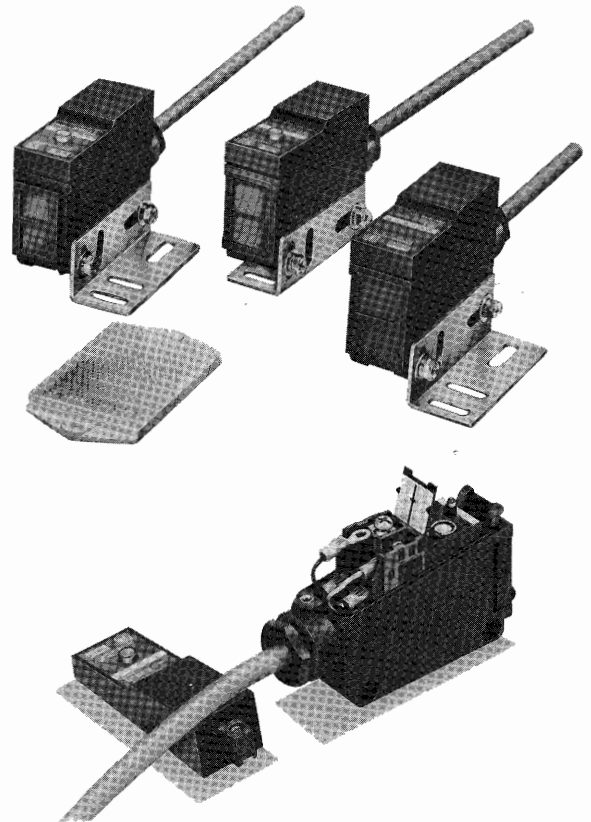


図1. ISF シリーズフリー電源形光電スイッチ

表1. 光電スイッチの分類

(構成)	(検出方式)	(電源)	(出力方式)	(配線)	(光軸)	(形状)
アンプ内蔵形	透過形	直流	直流3線	端子台	サイドオン	箱形
アンプ分離形	回帰反射形	交流	直流2線	コード引出し	ヘッドオン	円柱形
ファイバ形	偏光式回帰反射形	フリー電源	交流3線			
電源内蔵形	拡散反射形		交流2線			
	限定反射形		リレー接点			
	マーク検出用反射形					
	溝形					

*1) 研究部 計測制御第二 担当主任

*2) 同上

*3) 研究部 計測制御第二担当

*4) 同上

2. 開発のねらい

光電スイッチは、その種類により分類すると表1のようにアンプ内蔵形、アンプ分離形、ファイバ形、電源内蔵形の4種類となる。アンプ分離形は、最近ではファイバ形でその一部を代替できるようになって来たため減少の方向にある。ISFシリーズは、電源内蔵形に属し、さらに機能的に分類するとフリー電源、リレー接点出力、端子配線方式ということになる。

検出方式は、基本的に3方式あり、原理を表2に示す。ISFシリーズに採用した偏光式回帰反射形は、回帰反射形の動作であるが光の偏光に着目した点に特徴がある。

このように分類される光電スイッチにおいて、ISFシリーズは、次のような思想のもとに開発された製品である。

2.1 シリーズ化

検出の多様化に対応して、表2に示す透過形、回帰反射形、拡散反射形に加えて鏡面体が検出可能な偏光式回帰反射形も採用した。またタイマ機能を付加したタイマ形も用意して、全8品種とした。さらにスリットや小径のリフレクタをオプションとして用意した。

2.2 SAVE-ALLの追求

「和泉セーブオール商品には、「省」に対するさまざまな思想が生かされています。」これは、我社の製品に対するポリシーでもあり、ISFシリーズにもこの思想が生かされている。

1) 省エネ

電源回路にスイッチングレギュレータを採用することにより、高い入力電圧時の消費電流を抑えている。

2) 省工数

リード線配線用端子にタッチダウン端子構造を採用することにより、配線時の工数を削減できる。

3) 省スペース

制御対象となる機械や装置の小形化、集約化に伴い、そこに組み込まれる光電スイッチも小形のものが必要とされる。ISFシリーズは、電源内蔵形としては極力小形化を図り、手の平サイズの扱いやすい大きさ、形状とした。

4) 省メンテ

投光素子にLEDを用い長寿命としたのはもちろん、レンズ面の汚れに対しては、平面形状のレンズを用い、ゴミ、ホコリなどが付着しにくくした。また汚れた場合でも水洗いすることも可能で、メンテナンスも容易となる。

5) 省ストック

交流、直流共用で電圧範囲も24~240VAC、12~240VDCと広範囲であり、使用電源電圧に合わせた在庫を持つ必要がなく、メーカー、代理店においては在庫削減に有利である。またタイマ形においては時限動作をしないノーマルモードの設定もできるので、タイマ形のみを在庫することで全てに対応が可能となる。

2.3 ローコスト化

製品には、高機能、高信頼性を満足して、かつ使い易いローコストが要求される。ISFシリーズにおいては、部品点数の削減と部品コストの削減、および各構成要素のユニット化を行い、材料費の削減と組立て易さを追求することにより、ローコストを実現した。

表 2. 検 出 方 式

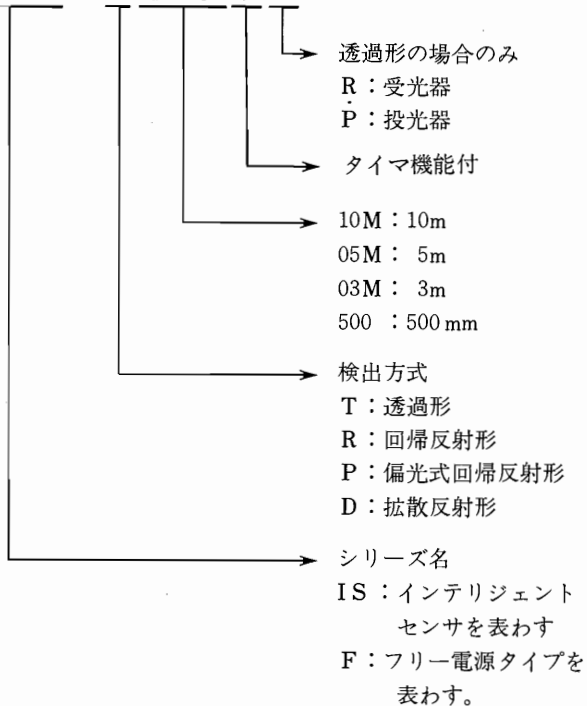
検 出 方 式	検 出 原 理 図	検 出 原 理
透 過 形		投光部からの光が検出体でしゃ断されたときの、受光部に到達した光量を検出する方式。
回帰反射形 (リフレクタ形)		リフレクタ (リフレックス・リフレクタ) から反射された投光部からの光が、検出体によりしゃ断されたときの、受光部に到達した光量を検出する方式。
拡散反射形 (反射形)		投光部からの光が、検出体で反射されたときの受光部に到達した光量を検出する方式。

表 3 仕 様

項目	透過形		回帰反射形	偏光式回帰反射形	拡散反射形
	ISF-T10M □		ISF-R05M □	ISF-P03M □	ISF-D500 □
電源電圧	AC24~240V±10%(50/60Hz)/DC12~240V±10%共用				
消費電力	投光器：3VA以下 受光器：3VA以下		3VA以下		
検出距離	10m		0.1~5m (付属リフレクタ(有効反射面40×59mm)使用時)		50cm (白色画用紙20×20cm)
検出物体	不透明体φ16mm以上		不透明体φ60mm以上		不透明体・透明体
応差(ヒステリシス)	—		—		15%以下(定格検出距離において)
制御出力	リレー接点 1a 開閉容量：AC250V・1A(抵抗負荷)、DC30V・2A(抵抗負荷) 最小適用負荷(参考値)：DC5V・1mA以上 寿命：電氣的 10万回以上(AC定格負荷)・50万回以上(DC定格負荷)、機械的 5000万回以上				
動作形態	ライトON(入光時ON)またはダークON(しゃ光時ON) (切換スイッチにて選択)				
動作表示	赤色LED(出力ON時点灯)				
応答時間	20ms.以下				
投光用素子	赤外LED(変調式)		赤色LED(変調式)		赤外LED(変調式)
感度調整	—		—		連続可変ポリウム装備
タイマ機能	ON ディレイ、OFF ディレイ、ワンショット (切換スイッチにて選択) ノーマルモードにも設定可能				
タイマ動作時間	0.1~5秒 (連続可変ポリウムにて調整)				
耐環境性	使用周囲照度	太陽光：受光面照度10000lux以下、白熱ランプ：受光面照度3000lux以下			
	絶縁抵抗	20MΩ以上(DC500Vメガにて)、電源-出力リレー接点端子間			
	耐電圧	電源-出力間：1500V・1分間、リレー接点端子間：1000V・1分間			
	耐振動(耐久)	10~55Hz、複振幅1.5mm、X・Y・Z各方向2時間			
	耐衝撃(耐久)	300m/s ² (約30G)、X・Y・Z各方向3回			
使用周囲温度	-10~+60℃(ただし、氷結しないこと)、保存時：-20~+70℃				
使用周囲湿度	35~85%RH(ただし、結露しないこと)				
接続方式	端子台式/TDT(タッチダウン)構造・M3.5ねじ				
適合ケーブル	外径φ8~φ10mmの丸形ケーブル(心線：0.25~0.75mm ²)				
ケーブル延長	0.3mm ² 以上のキャブタイヤケーブルにて全長100mまで可能				
ケース材質	PBT、(レンズ：アクリル、表示灯カバー：ポリカーボネイト)				
重量	投光器：約75g、受光器：約100g		約100g		
保護構造	IP66(IEC規格)、耐水形(JIS C 0920)				

(注) 形番の末尾の□内にT があれば、タイマ付きを表わし、タイマ機能を有する。

I S F - T 1 0 M T R



3. 仕様と特長

3.1 仕様

ISFシリーズの仕様は表3に示す通りである。製品の形番がそれぞれの基本性能を表わす。

表3を見ながら一部補足説明を加える。

1) 制御出力

最小適用負荷(参考値)として、DC5V 1mA以上としてあるが、これはリレー接点に金メッキ接点を使用しており、プログラマブルコントローラの入力などの小容量の開閉にも適している。

2) 感度調整

拡散反射形のみであるが、ポリウムの回転角度と検出距離の関係は、図2のようにリニアな特性に近い形となっている。

3.2 特長

ISFシリーズの特長を以下に列記して簡単な説明を加える。

1) 上面端子配置とタッチダウン端子構造

リード線配線用端子を上面に持つてくることにより、光電スイッチを据付けた状態で端子への接続を

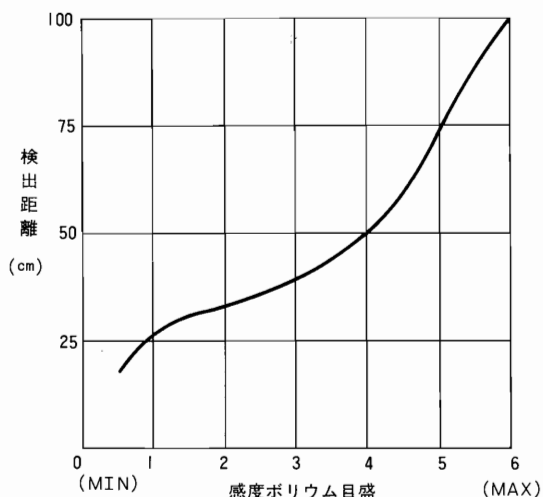


図2. 感度ポリウム対検出距離特性

容易にした。また、端子には和泉パンブロックターミナルで好評のタッチダウン端子構造を採用することにより、さらに省工数で配線が可能となるようにした。

2) フィンガープロテクトと配線図

光电スイッチの上面には、上記の配線用端子部と動作モードの切換スイッチや感度調整ポリウムなど操作部がある。通電状態で、スイッチの切換やポリウムの調整を行なうとき、端子部での感電を防止するために、フィンガープロテクト用の端子カバーを設けた。

この端子カバーを利用して、カバーを開いた状態では端子配線図が見えるようになっており、また、タイマモードの場合にはカバーを閉じた状態で、切換スイッチの設定が分かるタイマモード設定表が見えるようになっている。

3) 耐水性能と本体カバーの着脱

配線を施し、ケーブルを所定の方法でグラウンド部

に固定し、本体カバーを止めビスで固定すれば、IEC規格の保護構造IP-66をクリアする。本体カバーの着脱は、1本の止めビスで出来、操作性も良くした。

4) 鏡面体の検出が可能

偏光フィルタを投光部、受光部にそれぞれ配置することにより、鏡面体からの反射光と付属のリフレクタからの反射光とを区別でき、他のしゃ光物体と同様に鏡面体の検出が可能となった。この場合、偏光フィルタはレンズの外側に配置するが、特殊な処理をすることにより、耐水性もクリアしている。

4. 電子回路の構成と機能

図3に拡散反射形光电スイッチの回路ブロック図を示す。以下各ブロックごとの概略の動作を説明し、最後に、今回の開発時に最も注意を払った電源部について詳しく説明を加える。

4.1 投光素子

投光素子には受光素子の感度対波長特性などにより発光効率の良い950nm付近の赤外発光ダイオードを使用している。ただし偏光式回帰反射形のみ、光学的な特性により赤色発光ダイオード(波長660nm)を使用した。

4.2 発振回路

耐外乱光特性や応答速度そして消費電力の関係より、発振周波数を決める。またパルス幅については、受光素子と増幅回路の応答(周波数特性)の許す、できるだけ短いパルス幅に設定する。デューティ比を透過形では1:200、その他の機種では1:30位に設定した。

4.3 受光素子

赤外の波長帯にピーク感度を持つフォトダイオードを使用した。赤外の投光素子に対して、耐外乱光特性を向上

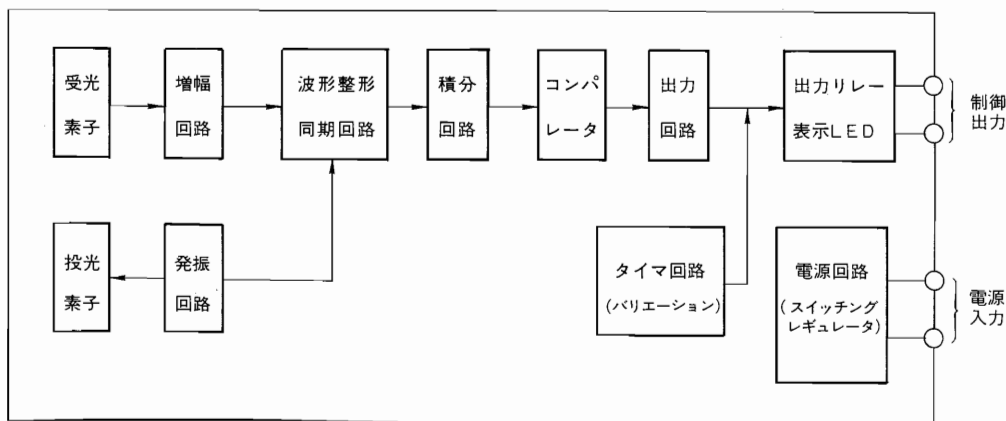


図3. 回路ブロック図(拡散反射形)

させるために、受光素子の前面に赤外透過フィルタ（IRフィルタ）を使用し、短波長側を光学的にカットした。

4.4 増幅回路

フォトダイオード出力を直接増幅する初段増幅回路と次段の交流増幅回路で構成している。初段増幅回路は、周囲照度に対して飽和しにくく、交流信号を通過し易くした回路である。次段増幅回路は、低域（商用周波数）と高域（500kHz以上）をカットする帯域増幅回路であり、トランジスタ2段で構成した。

4.5 波形整形、同期回路

投光パルスに同期して、投光素子が発光している期間だけレベル弁別を行ない、一定の幅を持ったパルスを出力する回路である。外乱光など投光パルスに同期しないノイズは、この回路を通過しない。

透過形は、非同期式となるのでこの回路方式とは異なるが、投光パルスの周期が固定であるので、投光パルスを受けて一定期間（投光パルスの周期よりもやや短い期間）入力を禁止する回路を設けて、耐ノイズ性を向上させている。

4.6 積分回路、コンパレータ

前段を通過して来たパルス列を積分回路において積分する。連続的なパルス列に対してパルス数がいくら来ると積分レベルがコンパレータのしきい値を越えるかにより、回路の応答速度も決定される。離散的なパルス列（外乱光などによる）が来た場合は、積分レベルはコンパレータのしきい値に達せず出力されない。

4.7 出力回路（タイマ回路）

コンパレータを通ったON/OFF信号をスライドスイッチの切換により、ライトONまたはダークONモードに設定する。またバリエーションであるタイマ動作は、スライドスイッチ2個のON/OFFの組合せによりノーマルを含むONディレイ、OFFディレイ、ワンショットと4つのモードに切換設定が可能である。

4.8 出力リレー、表示LED

赤色の動作表示LEDは、出力リレーの動作時点灯する。出力リレーは、我社開発のRSE形リレーを採用している。接点は1aであるが、リレー単独での性能は、110V、5Aまでの開閉が可能である。

4.9 電源回路

電源回路に要求される性能は、

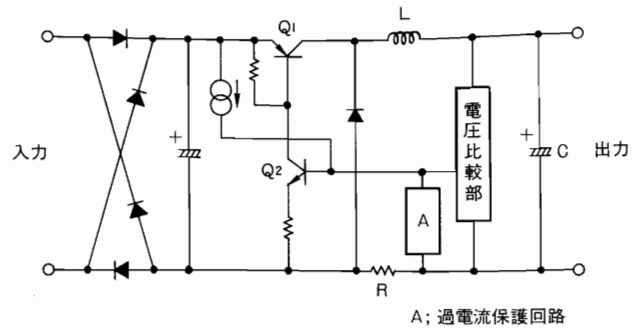


図4. 電源回路

- 1) DC12~240V, AC24~240Vの電圧範囲で使用できること。
- 2) 高安定性
- 3) 確実な過電流保護
- 4) 体積ができる限り小さいこと
- 5) 損失が小さいこと

これら5つがポイントとなる。電源回路の出力電圧および出力電流は、約9Vで出力リレー駆動時に約50mA必要となる。一桁以上も違う入力電圧に対してこの出力条件を満足し、かつ上記の性能を実現するために、電源電圧の広範囲化、高変換効率化に工夫をこらしたチョップパ式スイッチングレギュレータを考案した。なお透過形投光器の電源回路は、回路の消費電力が少ないためシリーズドロップ方式を採用した。

図4にISFシリーズで採用したチョップパ式スイッチングレギュレータの概略回路図を示し、以下動作を説明する。スイッチングトランジスタQ₁がON、OFFを繰り返し、出力回路に必要なだけ電力を取り込み、インダクタンスLとコンデンサCで平滑する。Q₁のON/OFFのタイミングはCの電圧が一定となるように電圧比較部によりON/OFFを制御されるトランジスタQ₂により制御される。

入力電圧が低電圧時と高電圧時で20倍も違うため、スイッチング周波数は、出力リレー駆動時、DC12Vで約2KHz、DC240Vで約18KHzとなる。またQ₂のベース電流は定電流回路によって供給されているが、これも20倍もの差を緩和させるためのもので、より安定な動作となる。

出力側での短時間の短絡等による過電流の検出は、抵抗Rにより行なわれ、過電流保護回路により確実に動作する。この過電流保護回路を入れることにより、電源投入時の突入電流も抑制される。

電源部でよく問題となるのは、高電圧入力時のトランジスタQ₁およびQ₂の発熱であるが、本回路ではDC240V、出力リレー駆動時で35deg.程度の温度上昇に抑えられた。

5. 機構系の構成と機能

図5にISFシリーズの代表構造例として、偏光式回帰反射形の断面図を示す。本体ケース、本体カバー、収納ケース等の主な構造部材として、GF入りPBTを、レンズとカバープレートの光学部材には、PMMAを使用した。

今回の製品開発にあたって構造の面で考慮したポイントは、

- 1) 耐環境性の向上
- 2) 組立て易さ
- 3) 配線のし易さ
- 4) 操作の安全性

についてであった。これらは、そのまま製品の特長にもなり市場で好評を得ている。以下項目別にその特長を説明する。

5.1 耐環境性の向上

図5に示すように、本体ケースとレンズ部の接合にはパッキンを挿入した後、超音波溶着を実施した。また、本体カバーとケース間やケーブルとケース間の接合部にはパッキンを配置し、使用者がそれぞれのネジ部を締付けることによりパッキンを圧縮し、耐水性等の耐環境性のUPを可能とした。IEC規格の保護構造IP-66をクリアする。

5.2 組立て易さ

図6に示すように、収納ケース内に電気回路基板、出力リレー、光学素子ユニットなどを組込んだ収納ケースユニットをまず生産する。収納ケースユニットの段階で電氣的、光学的スペックに対する各種の検査を行なった後、良品については本体ケースユニットにワンタッチで

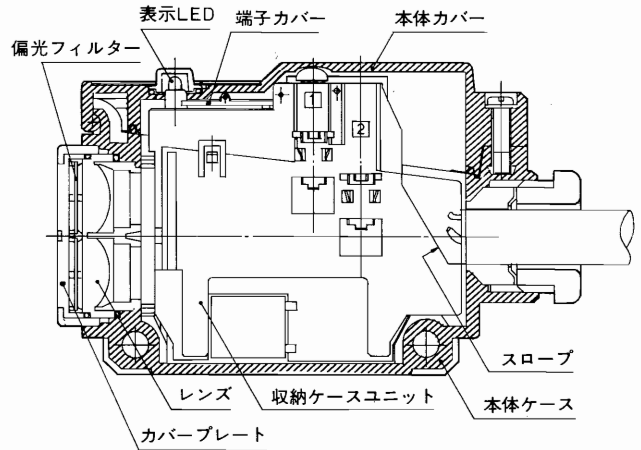


図5. 偏光式回帰反射形光電SWの構造図

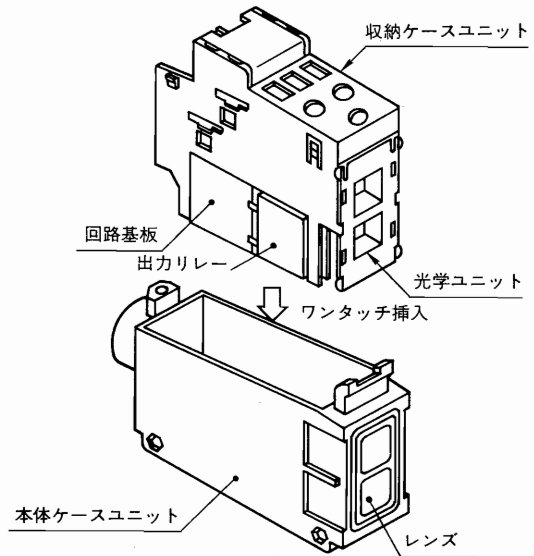


図6. ケース組立て図

組込み、組立を完了する。

上記の組立て方法によると、最終製品段階での不良品を削減することが可能となり、また不良品のメンテナンスについても収納ケースユニットの取替えにて、簡単に出来ることから生産上での工数削減が可能となった。

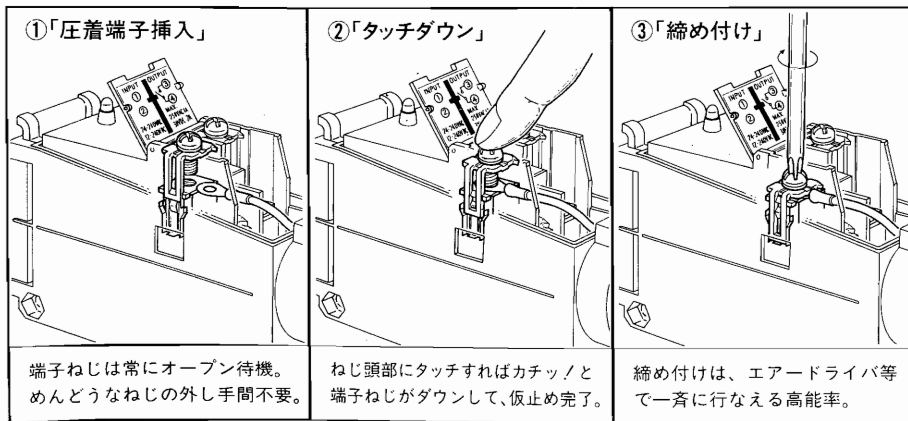


図7. 省工数・TDT タッチダウン構造

5.3 配線のし易さ

配線用リード線は、グランド部より押し込むと、図5に示すスロープを滑り端子部へ向かって上がって行く。ネジ端子部は図7に示すように、タッチダウン(TDT)構造となっており、製品の納入段階で既にネジアップ状態であるため丸形アンプ端子を使用する時には、従来の1/6に配線工数を削減することができる。また端子ネジが収納ケースからはずれない構造となっているため、配線時に端子ネジを紛失することもない。さらに端子カバーの裏面に、端子配線図を貼付することにより、端子配線図を視認しながら配線ができるため、誤配線を防止でき安全でスムーズな配線が可能となる。

5.4 操作の安全性

配線後、端子カバーにて端子ネジ部を蓋う構造となっているため、通電状態で感度調整ボリュームの調整やライトON/ダークONなどのモード切換えを行なう時、通電部に触れることなく安全に操作することが可能となった。

6. 光学系の構成と機能

投、受光用のレンズに要求される性能は、

- 1) 単レンズで球面収差が小さく焦点効率が高いこと
- 2) 焦点距離が短いこと
- 3) 前面がフラットであること
- 4) 量産性を有し安価であること
- 5) レンズ本体が機構部品の一部として機能することである。

発光ダイオードから放射される光をできるだけ短い焦点距離で有効に平行光線化し、受光素子には同様に逆の光路で集光させなければならない。またレンズ前面には、ホコリ、ゴミ等の付着やキズの防止のためフラットな形状が望ましい。これらの条件を満足するために、小口径で高性能な非球面前面フラットレンズが必要となる。

また機構部品として考えた場合、耐水性能や組立て易さの面から単レンズよりも、2光軸レンズのほうが適しており、複雑な面形状を有する非球面レンズを量産しコストを下げるためには、プラスチック射出成形技術を用いて対応する。

実際のレンズ設計は、CADを利用して行なった。

XYZの右手直交座標系でのCADに於ける非球面の面公式としては、一般的に下記の公式が用いられる。

(Z軸に回転対称)

$$Z = \frac{cp^2}{1 + [1 - (K+1)c^2p^2]^{1/2}} + A \cdot p^4 + B \cdot p^6 + C \cdot p^8 + D \cdot p^{10}$$

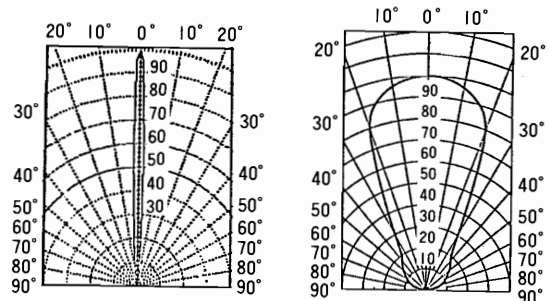
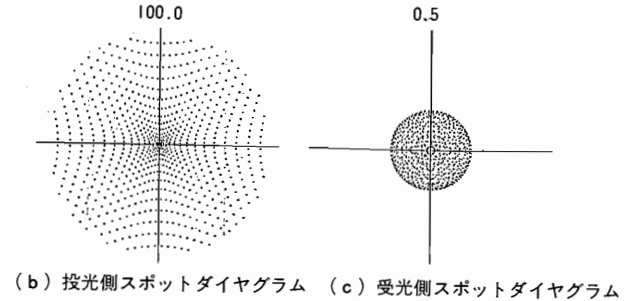
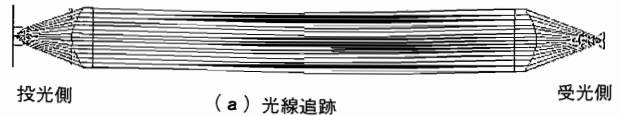
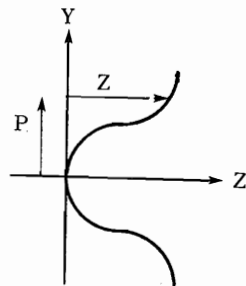


図8. 光線追跡、スポットダイヤグラム、指向特性図



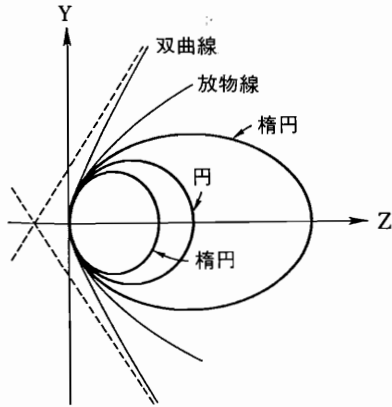
- c : 頂点曲率[1/r]
- K : 円錐定数
- A : 4次非球面展開係数
- B : 6次 " "
- C : 8次 " "
- D : 10次 " "

上式でA, B, C, Dがすべてゼロならば円錐曲面であり、次のようになる。

$$Z = \frac{c[p^2 + (K+1)Z^2]}{2}$$

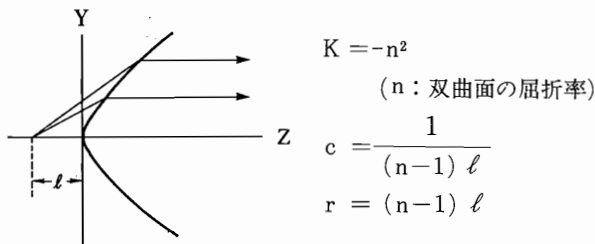
円錐定数Kの値により下記に示す面形状となる。

- K < -1 双曲面
- K = -1 放物面
- 1 < K < 0 楕円面 (長軸に回転対称)
- K = 0 球面
- K > 0 楕円面 (短軸に回転対称)



ここでY-Z断面に於いて、Y軸方向のZの変化量で面形状が決定される。

例として、面形状が双曲線である場合、点光源から出た光は屈折率nの双曲面で屈折後、光軸と平行になる場合の条件は



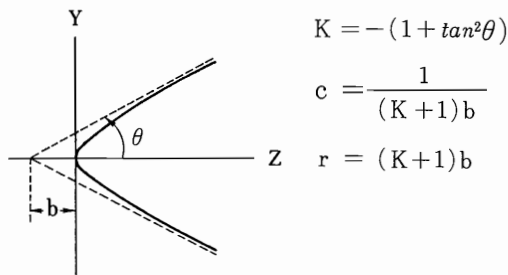
$$K = -n^2$$

(n: 双曲面の屈折率)

$$c = \frac{1}{(n-1)l}$$

$$r = (n-1)l$$

となり、平凸双曲レンズでは完全無収差の平行光線が得られることになる。



$$K = -(1 + \tan^2 \theta)$$

$$c = \frac{1}{(K+1)b}$$

$$r = (K+1)b$$

一例として、平凸球面レンズに平行光線が入射し、上記の逆の過程で焦点fに集光した場合のY-Z断面光線追跡による球面収差の発生状況と、これを非球面化して無収差とした場合を、CADの光線追跡結果を用いて代表例として図に示す。

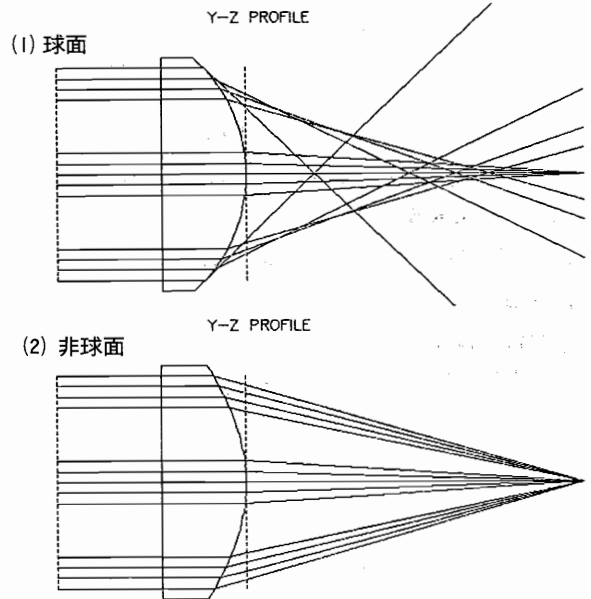
面形状としては

$$r \doteq 7 \quad \text{片面} \infty \text{平面} \quad f \doteq 16 \text{ (Bf)}$$

(2)に示す非球面は、上記球面レンズの面形状を基本とし非球面化した場合の例である。

1) 球面レンズの場合

Y-Z断面図の光線追跡は、開口半径の最大を±1.0



とし、±1,0.9,0.8,0.7,の周辺光線と±0.2,0.1の軸上光線に分けて、収差の状況をプロットする。

2) 非球面レンズの場合

1),と同様の入射光線の高さの点の光線追跡

• 球面レンズの問題点

ここで図に示した各面の面構成(平凸単レンズ)の場合、球面レンズでは、軸上付近の光線は近軸焦点距離に焦点をむすぶが、周辺光線は球面収差の為に焦点位置より大幅に前方で光軸と交わるため、焦点距離が短い、曲率半径の小さい小口径のレンズでは、球面収差のため焦光効率が大きく低下してしまい効率が悪い、非球面化はこの問題点を改善するためには大きな効果があり、小口径で焦点距離の短い高効率のレンズが得られる。

しかし、ここで説明した光源の条件は完全な点光源での話しであって、受光光学系については、これで問題はないが、投光光学系のレンズについては、光源が光電SWの場合一般的にLEDを用いるが、LEDの発光パターンは面発光であるため、ある幅を有する点光源の集合となるため、種々の補正をかけ、光電SWに適したビームパターンをCADを用いシュミレーションを行ない設計する。

図8に、CADによる非球面レンズの光線追跡とスポットダイアグラムのプロット例と投光素子の指向性とレンズ系を通した後の指向性を示す。

次に鏡面体の検出も可能にした偏光式回帰反射形の光学系について図9を見ながら説明する。

投光素子より投光された光は、無偏光状態(A)で投光レンズによって平行光となり、偏光フィルタaを通過し横方向に振動(B)する。この光は付属のリフレクタ

で反射され、入射光に対して90°偏光した縦方向の振動(C)を主体とした光に変換され、受光側へ帰って来る。この反射光は、受光レンズ前面に配置された偏光フィルタbを通過して受光素子に受光される。偏光フィルタbは、縦方向に振動する光しか通さない。

鏡面体の検出は、リフレクタのかわりに鏡面体を置き鏡面体からの反射光を考える。

鏡面体からの反射光は、横方向に振動した入射光に対して、反射光も同じ横方向に振動した光となる。このため、受光部の偏光フィルタbを通過できず、受光素子に受光されないので、鏡面体を確実に検出できる。

7. 適用

ISFシリーズは、以上に述べて来たように、電氣的、機構的、光学的にそれぞれ特長を持ったものである。これらの特長を生かした適用を考えると、

- 1) 海外での使用など、電源事情の異なった場所で使用する場合
- 2) ACマグネットなど比較的大きな負荷を直接開閉する場合
- 3) プログラマブルコントローラ(PC)への入力として使用する場合

- 4) 食品業界など、耐水性能の要求される場所で使用する場合
- 5) コンベアラインなど1台の機械または装置に多数個使用され、配線工数を削減したい場合
- 6) 光沢面を持つ検出体を検出したい場合 (ISF-P03M)

などがある。

応用例を2例下記する。

7.1 偏光式回帰反射形を使った応用例

コンベアライン上を流れるタバコの箱など光沢面を持つ物体の検出に、図10-aのように偏光式回帰反射形 (ISF-P03M)を用いる。回帰反射形だと検出物体がリフレクタとの光路を横切ったにもかかわらず、光沢面からの反射光を受光してしまい検出できない。

7.2 ワンショットタイマモードを使った応用例

図10-bに示すようにホッパの上部に透過形でタイマ付きのISF-T10MTを設置する。ホッパ上方の排出口より、略周期的に落下してくる検出物体をダークON、ワンショットモードで検出する。ワンショットの時限を上記周期よりもやや長目に設定しておくと、物体が落下しているときは、出力リレーがON状態で、物体がホッパ内に溜って来て光電スイッチで設定したレベルまで来て光

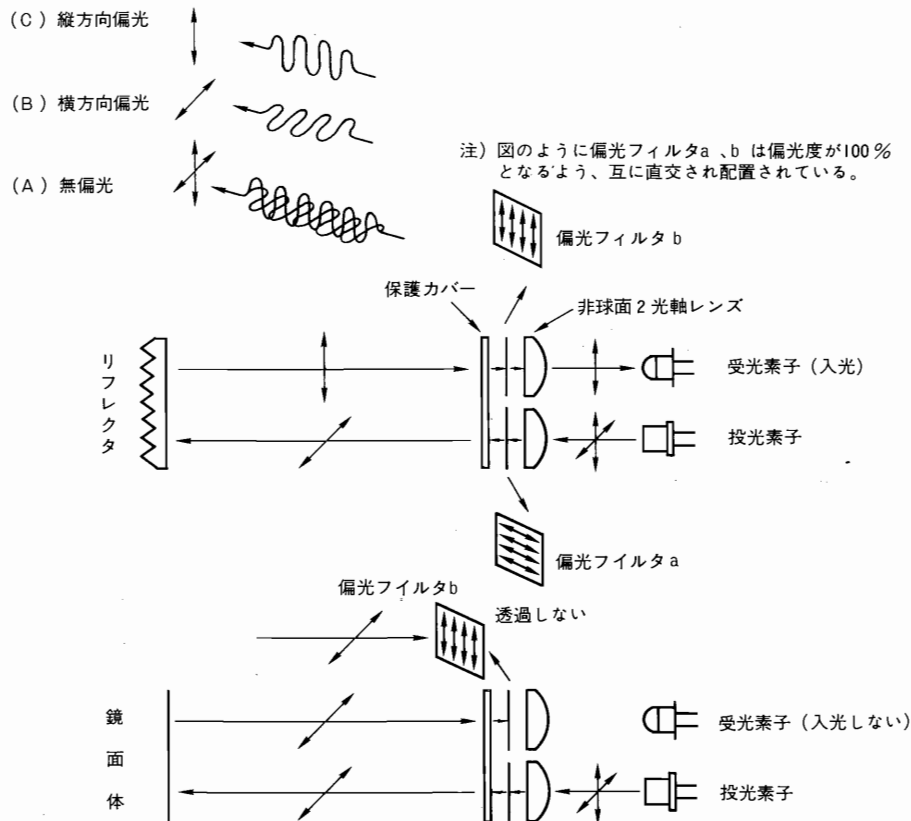


図9. 偏光式回帰反射形の光学系

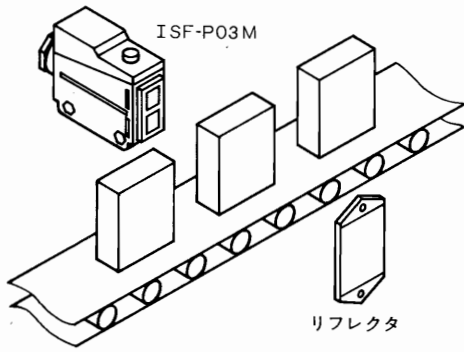


図10-a 応用例 (1)

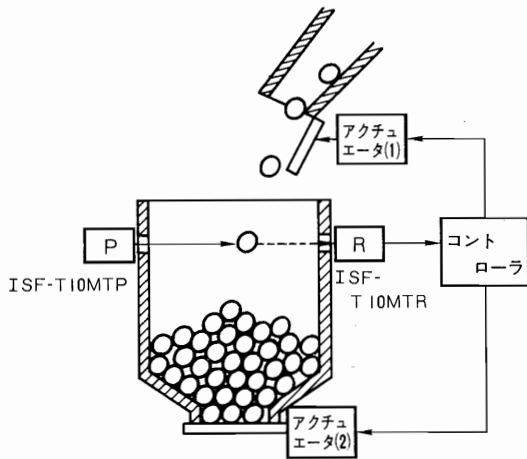


図10-b 応用例 (2)

路を常にさえぎると、出力リレーがOFFし、物体の供給を止めると共に、ホッパ下方の弁を開き、次工程へ物体を流して行く。

8. あとがき

フリー電源形光電スイッチは、昭和57年頃から、すでに市場へ提供されているもので、競合するメーカーも多い。それだけに今回の開発にあたって、特長を持たせるのにいろいろと工夫をこらした。新規性、特異性を持たせるのは、難しいことを痛感したが、特許に関しては実用新案4件、意匠1件を出願した。

製品開発の期間については、信頼性試験研究センター、生産技術センターなど関係各部署の協力を得て、短期間で製品化することができた。