

タッチセンサー式白熱電灯火災の原因解明について

Analysis of Fire Cause in Touch-sensor Incandescent Lamp

櫻 井 和 敏*
 高 見 治 樹*
 渡 辺 孝 夫*
 森 幹 雄**

There are many electric appliances on the market which utilize semiconductors. Semiconductor is a small tip of several millimeters square, which has tens to hundred thousands transistors on it, each connected by thin lines, width of which is measured in microns.

This mechanism needs enough noise elimination measures.

The illumination appliance, which we analyzed this time, also has an IC as a switch sensor. The sensor is to be activated by the threshold voltage. The noise, generated by the other electric appliance, ran on the power line to the illumination appliance, and made the voltage below the threshold at the sensor. This apparently activated the switch.

The hood of the illumination appliance was removed by the owner, and the lamp was in direct contact with a mattress. The mattress was heated by the lamp and caused a fire, damaging the mattress and the illumination appliance.

1. はじめに

最近、ホームオートメーションやインテリジェントビルなどが普及し始め、快適な生活空間が身近かなところに来ている。そこで使われている機器の大部分には、IC等の半導体が多数使われている。私達の身の回りにも、ハイテク技術を使った製品が必ず幾つか見つけることができる。それらは、半導体製造技術やその応用技術の飛躍的な発展により可能となった。

半導体は数mm角のチップに電子回路を数ミクロンの幅の線で接続しているので、プリント基板の回路設計や機器内蔵場所等の違いにより、内部でノイズが発生したり、外来ノイズを受けやすくなったりする。

最近の例では、工業用ロボットの誤動作やオートマチック車の暴走等のノイズが原因ではないかと見られる事故が発生している。

今回、半導体を使用した電気器具が、ノイズが原因で誤動作し火災にいったと思われる火災鑑定

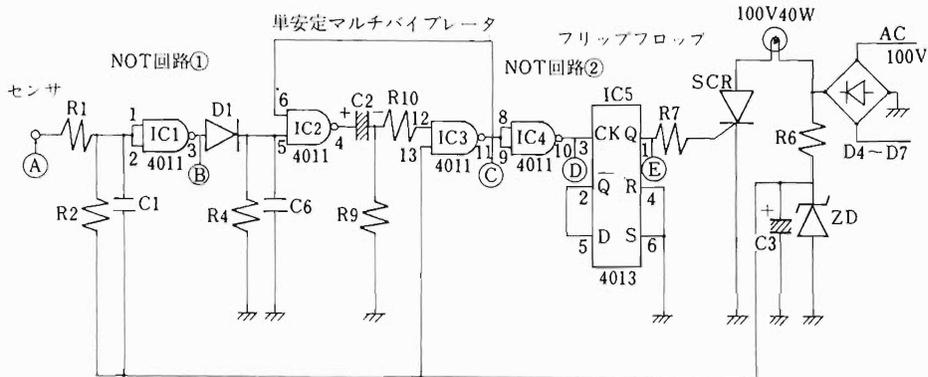


図1 回路図

*第二研究室 **本田消防署

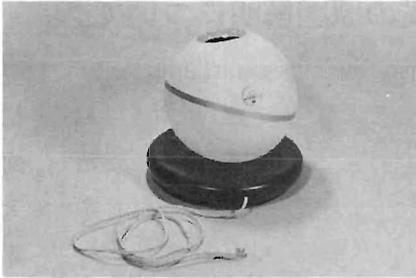


写真1 スタンド外観

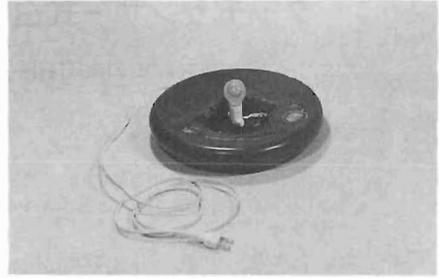


写真2 スタンドの焼き状況

事例があったので報告する。

2. 火災の概要

ある男性(31歳)が使用していた“タッチセンサー式白熱電灯”(100V40W白熱灯使用,以下「スタンド」という。写真1参照)は、笠をつけた状態では暗いので普段から笠を外し、枕もとに置き電源コードはコンセントに差し込んだまま使用していた。

出火当日も枕もとにあり、ふとんをたたんだ際にスタンドがふとんの下になったのに気づかず出勤し、その数時間後に出火しスタンドとふとんが焼損した。

3. 動作原理

(1) 図1のIC1からIC4まではC-MOSIC(4011)1個から成り、IC1及びIC4はそれぞれNOT回路(入力信号と逆の信号を出力する。)として、また、IC2及びIC3とで単安定マルチバイブレータ(入力パルスが入ると1のパルスを出力する。)を構成している。

図1のNOT回路①の入力側(端子1,2)は常に9Vの電圧が印加され、ハイインピーダンス(ON)となっており、出力(B点)は0V(OFF)である。

A点は通常図2の波形①の電圧変化をしているが、A点(タッチセンサー)を指先等で触れると波形②のように変化する。これは、人体に数十から百数十PFの静電容量があり、リップル分のある電流が人体を流れる。

NOT回路①の出力(B点)は、入力波形がスレシホールド電圧(threshold:デジタル回路で信号レベルがローからハイまたは、ハイからローへと変化する境目の電圧)のことで素

子の特性と電源電圧によって決ってくる。この回路の実測値は5.1V)に達している間ONとなり、9.37Vのパルス波が出る。パルス波の幅はスレシホールド電圧に達している時間だけ出力される。図2の場合3.5mSである。

- (2) 単安定マルチバイブレータの入力(端子5)にパルス波が1波入ると、パルス波の幅に関係なく(図3,4参照)出力(C点)は常に43.3mSの間だけ電圧が9V(ON)から0V(OFF)に変化する。入力信号が、OFFの場合出力は常に9V(ON)となっている。
- (3) NOT回路②は単安定マルチバイブレータの出力を反転しフリップフロップ(D型:4013)に信号を送っている。

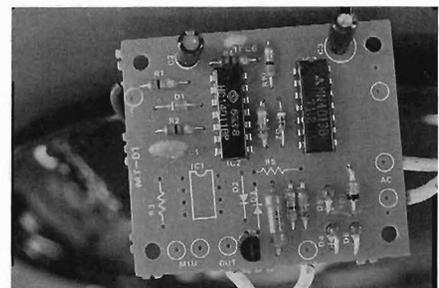


写真3 制御基板

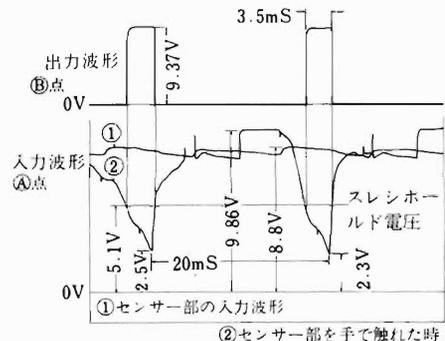


図2 回路図A点及びB点の電圧波形

(4) フリップフロップ (D型) は、入力信号が入るまでは出力が ON (9V) または OFF (0V) の状態を継続し、次のパルス波が入ると逆の状態を保持する。

(5) サイリスタ (M21CA) のゲートには、フリップフロップ (D型) の出力 (E点) が接続されており、出力が ON の時 9V の電圧が印加され、サイリスタは導通状態になり、カソードに接続されている白熱電灯回路に電流が流れ点灯する。

フリップフロップ (D型) の出力が OFF になった時、ゲート電圧は 0V になるのでサイリスタも OFF となり、ランプは点灯しない。

以上のように、A 点の電圧が 5.1V 以下になることによって B 点にパルス波が発生し、フリップフロップ回路の出力が 0V から 9V、または、9V から 0V へと変化しサイリスタを ON、OFF させる。

4. 作動実験及び結果

(1) センサー作動電位容量について

ア 図 5 と図 6 の波形を比較すると、本体上部の黒い円盤状の上蓋 (樹脂製でこの部分がセンサーとなっている。以下「樹脂製センサー」という。) が付いているときは、センサー部の電圧波形は最大 9V、最小 7.8V、



図3 通常時の動作波形



図4 電源ラインにノイズがある時の動作波形

周期 20mS でリップルしているが (図 5 参照), 樹脂製センサーを外したときは, 電圧波形は最大で 8.6V になり, リップルは小さくなった (図 6 参照)。

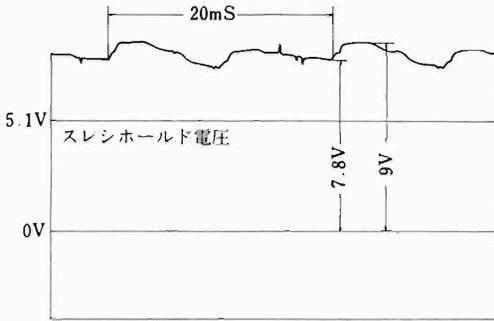


図 5 樹脂製センサーがある時の①点の電圧波形

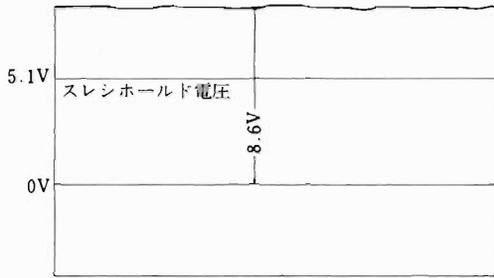


図 6 樹脂製センサーを外した時の①点の電圧波形

図 5 及び図 6 のそれぞれの状態で, センサー部を手で触れたときのセンサー電圧の変化は, 樹脂製センサーが付いている方が 0.9V 程大きく変化した。(図 7, 8 参照)

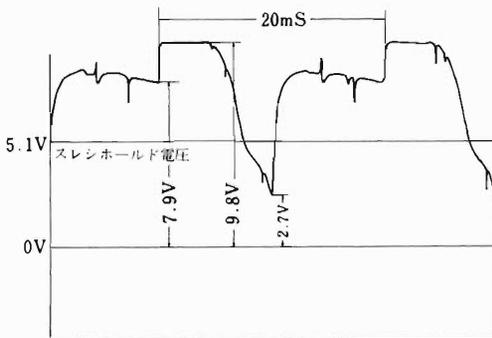


図 7 樹脂製センサーを手で触れた時の①点の電圧波形

いずれの場合も, スレシホールド電圧以下になりスタンドは点滅した。

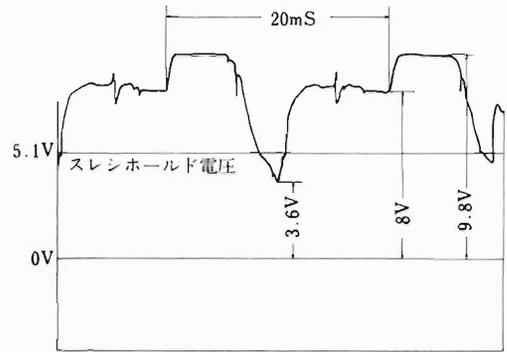


図 8 樹脂製センサーを外し, センサーリード線に触れた時の①点の電圧波形

イ スタンドのケースと静電気の帯電したふとんの接触で誤動作が生じるかを見るため, ふとん (帯電電圧 1.5kV) 及びアクリル板 (900×700×3mm 帯電電量 40kV) に静電気を帯電させ, スタンドの樹脂製センサーに直接接触させたが点滅しなかった。また, センサー部の電圧変化は生じなかった。

しかし, 図 9 のように 3 kV に帯電したアクリル製毛布やアクリル板を持ち, 木台

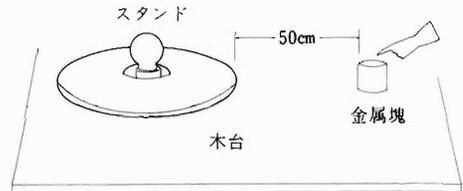


図 9 スタンドの近くで静電気を放電

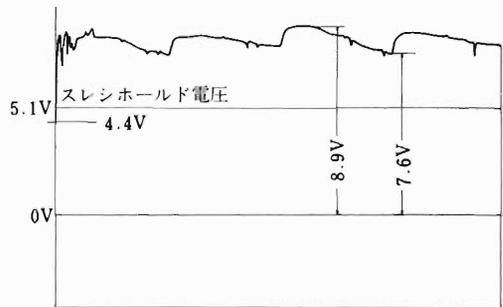


図 10 スタンドの近くで静電気が放電した時の①点の電圧波形

上50cmの間隔をとって置いた金属塊に手で触れて放電させた時、スタンドは点滅した。この時、センサー部の電圧は最大4.4Vまで減少した。(図10参照)

(2) 電気ノイズによる作動について

電気製品とスタンドを同一電源回路のコンセントに入れて、家庭にある各種電気製品の電源スイッチの点滅によって、スタンドが点滅するかを見た。

ア カラーテレビ(三菱14CT-14FS100V75W)

乾燥機(サンヨーCD-250L(A)100V1200W)

以上の器具は、電源スイッチを入れた時に発生する電気ノイズ(図11参照)によってスタンドは点滅した。

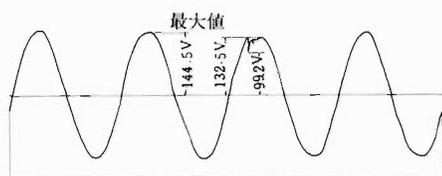


図11 カラーテレビで発生したノイズ

イ 洗濯機(三菱AW-310G)

ワープロ(オアシス100J)

写真用照明電球(100V1000W)

以上の器具は、電気ノイズが発生しても、スタンドは点滅しなかった。

ウ 3相200Vの動力回路にスライダックを通し100Vに降圧した電源回路を別に設け、前ア、イで実験した機器を接続しスタンドと別の電源回路として、スタンドと電気製品を接近させて各機器の電源スイッチをON、OFFさせたが、スタンドは点滅しなかった。

(3) スタンドの内的要因について

ア センサー部の電源は、交流電源を全波整流し、ツェナーダイオード(MA1091)で9Vに電圧降下させ供給しているの、電源電圧の変動の影響を受けやすくなっている。

同一電源回路にあるカラーテレビの発する電源ライン上のノイズは、図11のように瞬間的に約32Vrmsの電圧降下が見られ、

この時センサー印加電圧はスレシホールド電圧以下となりスタンドは点滅した。

電源回路を別とした時は、誤動作しないことから、テレビ本体から発する電気ノイズ、静電気等が空中を伝播することなく、電源ラインを伝播して影響したものである。イ 同様に同一電源回路上にある洗濯機や写真用照明電球で、電気ノイズを発生させてもノイズの電圧変動が小さく、センサー部の電圧変動は生ずるが、スレシホールド電圧に達しないため、スタンドの点滅は生じない。

ウ 樹脂製センサーを取り外し、制御回路とセンサーをつなぐリード線にケースと同程度の大きさ(500×300×1mm)のアルミ板を接続し、電源ノイズを与えても、センサー部の電圧変動は小さく、スレシホールド電圧に達せず、スタンドは点滅しなかった。



写真4 スタンドを分解したところ

5. 試料の成分分析について

スタンドの樹脂製ケース及びふとんの成分分析を赤外分光光度計で、また発熱点は示差熱天秤を用いて測定した。

(1) 成分分析

スタンドの樹脂製ケースは、メチルエチルケトンで溶解し、ふとんについてはクレゾールで抽出した物と綿(わた)そのままの物を分析した。結果は表1並びに図12, 13, 14, 15に示す。

(2) 発熱点

分析結果は表1に示す。

表1 成分分析結果

試料名	成分分析	発熱点	
ふとん皮	縦糸	セルロース系繊維	294°Cで小発熱
	横糸	セルロース系繊維	409°Cで発火
綿	そのまま	セルロース系繊維主体の混合物	460°Cで発火
	クレゾール抽出物	ポリエステル	——
ケース	上部	AAS樹脂	432°Cで発火
	下部	AAS樹脂	——

AAS樹脂：アクリロニトリル・アクリル酸・スチレン共重合体

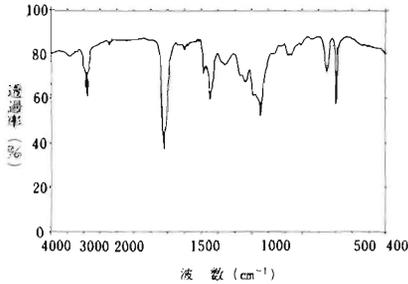


図12 本体上部樹脂

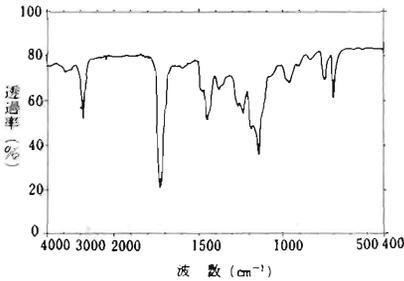


図13 本体下部樹脂

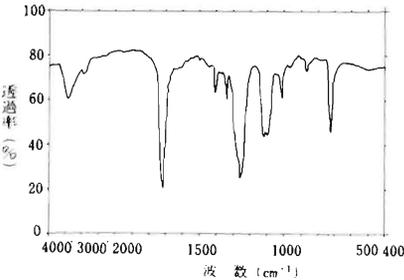


図14 ふとん綿(ポリエステル)クレゾール抽出物

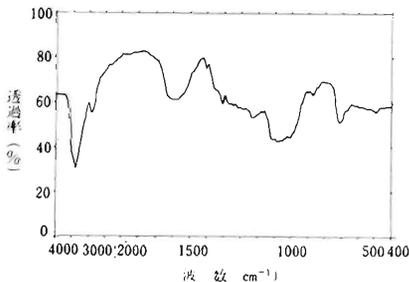


図15 ふとん綿(綿)

6. 考察

静電気が帯電した綿やアクリル板（不導体）がスタンドに直接接触しても、スタンドが点滅しないのは、静電気の充放電の変化が穏やかなので、ノイズが発生しないためである。

しかし、静電気の放電がスタンドの近くで発生するとノイズが発生し、樹脂製センサー（表面に導電性物質が塗られている。）が内部配線系に誘導結合してセンサー部の電圧が変化し、スレシールド電圧以下となり、スタンドが点滅したと思われる。

樹脂製センサーをアルミ板に変えた場合誤動作が無くなったが、ストレーキャパシタンスが変化したものと思われる。

今回の実験ではセンサー部のストレーキャパシタンス及びブストレーインダクタンス等の測定は行っていないので、空間を伝わるノイズの影響については今後の課題である。

また、電源ラインからのノイズについては、この回路のセンサー部は、人体のキャパシティ（人体と大地間）の作用を、センサー用ICのスレシールド電圧を利用して制御パルスが発生させている。この回路の場合、電源ライン上にノイズがあると、センサーに供給する電源電圧もツェナーダイオードで安定化できず一緒に変動してしまい、センサー部の電圧も一瞬スレシールド電圧以下になり、パルスが発生しスイッチ回路が働きランプが点滅する。

また、火災となったのは、使用者がスタンドの笠（写真1参照）を取り外して使用していたため、ランプが直接可燃物に接触したためであり、笠がついていればスタンドが誤動作して点灯したとしても、火災に至る事は無かった筈である。

7. おわりに

今回鑑定した事案は特殊なケースであった。しかし、同時期にセンサー式白熱電灯の火災が他に2件発生している。他の2件は、やはり使用者が笠を外して枕もとで使用しており、就寝中体が触れたりして点灯しふとん等が焼損している。

いずれの場合も、正しい取扱いを守っていれば、火災にはならなかった筈である。