

# 半導体素子の実用性能に関する若干の実験

木村久男\*

Several Experiments on the Availability of the Semi-Conductor Elements.

by Hisao KIMURA

## Summary

If the surges apply on the power source of the electronic apparatus using Semi-Conductor elements, the internal voltage oscillations take place. This paper reports the confirmation by the experiments, that the larger voltages than the withstand voltages of the semiconductor elements take place between its terminals by the internal voltage oscillations.

1. まえがき
2. 基礎的実験（内部電位振動）
3. 印加周波数による内部電位振動の変化
4. 印加電圧による内部電位振動の変化
5. 結 言

## 内容梗概

半導体素子を用いた電子装置に対して、電源から Surge が襲来すると、内部電位振動が発生する。それにより半導体素子の耐電圧値以上の電位差が発生することを、実験により確かめたことを報告している。

### 1. まえがき

#### 〔1〕 半導体半絶縁体の焼損事故

半導体素子の誤動作や焼損事故が甚だ多いのは、誠に困ったものである。しかし、その原因を追究すると、誤動作すべくして誤動作し、焼損すべくして焼損している。

半導体というものは、交流を印加した時、ある半サイクルは導体であるが、残る半サイクルは絶縁体である。即ち半導体絶縁体と称すべきものを、半導体と略称しているものである。

#### 〔2〕 あまりに低い逆耐電圧

まず、弱電関係に導入せられた時に、その動作が極めて鋭敏であるので、電力関係の制

\* 理工学部電気工学科教授 電気応用特論

御にも用いられないであろうかと考え、その特性をしらべたところ、逆耐電圧があまりにも低く、20V 又は 30V という数値では、電力関係における実用性能としては、絶縁協調の見地から、不可能と判断し、あきらめたことがあったのである<sup>(1),(2)</sup>。

半導体の素材が、ゲルマニウムからシリコンに変化し、焼損に対して多少強化された結果かどうか分からないが、とにかく電力関係の制御にも数多く使用され始めているわけであるが、実はその無鉄砲さには、少々あきれている次第である。もっと系統内のサージなどに耐えるものを使用すべきではないかと感じ、甚だ驚いているわけである。

### 〔3〕 米国発電所の Control Computer の事故統計

しかし、米国の発電所、特に新鋭火力や、原子力発電所においては、相当に Computer Control の経験があり、その信頼度についての調査報告が IEEE に掲載せられた<sup>(3)</sup>。この調査においては 40 箇所位の発電所で、延べ使用時間にすると、70 年分位の事故記録であった。

Hardware Error というのは、Hardware の故障であって、そのために生ずる停電時間を除いた使用時間が Reliability である。Hardware Error が発生すると、停電時間が長く、回数が少なくとも、全停電時間を除いた使用時間は、平均 99% と報告されている。

Software Error というのは、半導体素子は焼損しないけれども、誤動作によって、結果に誤差を生ずる場合で、原因点検などのために停電時間を必要とする。この場合の 1 回当たりの停電時間は短い、発生回数が多いために、Software Error に関する Reliability も平均 99% と報告されている。

Hardware Error と Software Error の合計による Reliability は、結局 98% という結果になっている。

1 年間の停電時間は  $365日 \times 0.02 = 7.3日 = 175.2時間$  ということになる。この数値で、「十分に信頼度がある」という見解と、「これでは信頼出来ない」という見解との、両論がある。

### 〔4〕 Software Error の他の例<sup>(4)</sup>

半導体素子の感度がよくなり過ぎたためか、その Software Error が日常茶飯事になっている。たとえば、新幹線のパンタグラフのスパーク電流による誘導で、タクシーのメーターが誤動作したり、我々の周辺にある自然放射能や、1 秒間に  $1\text{cm}^2$  に 1 個ずつ落ちるといわれる宇宙線によっても、半導体素子の Software Error は発生している。

### 〔5〕 $\gamma$ -Ray における Software Error

人身事故を伴わない核戦術の 1 つの方法といわれているものがある。地表上 300~500 KM 上空で、原爆が作動すると、 $\alpha$ -Ray や  $\beta$ -Ray は空気層に衝突して、 $\gamma$ -Ray に変換され、元々の  $\gamma$ -Ray と共に地表に到達する。その様な場合は、直径数百 KM にわたって、すべての半導体素子が Hardware Error と Software Error を発生し、通信も途絶し、制御もすべて不能になるが、しかし、大量の人身事故は伴わない、といわれている。

昭和 57 年に函館に降りた「ミグー25」には、半導体素子の代わりに、「メタルチューブ入りの真空管」が使われていたのは、 $\gamma$ -Ray による Software Error を防止するためだ、との解釈もある。

我国の防衛庁も、米国の軍部も、高空の原子爆発の  $\gamma$ -Ray による Hardware Error と Software Error を避ける 1 つの手段として、今後は出来るだけ半導体素子の代わりに、「メタルチューブ」を使用する方針になっているそうである。

### 〔6〕 商用周波電源よりの Surge

半導体素子を用いる装置の大部分のものは、その電源が、商用周波電源から供給されていることは、よく知られている。

しかるに、この商用周波電源には、外雷、内雷と称する幾種類もの Surge が存在していることも、よく知られている。たとえば、100 V の電灯のスイッチ ON/OFF によっても、300 V 位の Surge は発生する。100 V 回路の Surge の最高電圧は 5000 V といわれている。

これらのサージが、半導体素子に襲来した場合に、Software Error は勿論、Hardware Error に至る場合が容易に予想せられるのである。

### 〔7〕 半導体素子の破壊電圧<sup>(5),(6)</sup>

半導体素子の破壊電圧が測定せられたが、ダイオードには色帯がついていて、その破壊電圧の平均値は、第1表の如くであった。

第1表 (交流 50 Hz による電圧破壊値)

破壊電圧	緑	赤	白	紺	黄	青
	46V	56	73	97	122	128V

トランジスターの衝撃電圧試験結果の1例は次の第2表に示す如くである。

第2表 (衝撃電圧による破壊値)

破壊電圧	E → B 間	C → B 間	C → E 間
	35V	150V	112V

但し、B=ベース、C=コレクター、E=エミッター。

印加電圧波形=波頭 140×波尾 795 μs

### 〔8〕 内部電位振動

商用周波電源を用いる半導体電子装置においては、電源側からの surge を予想しなければならぬ。この surge による内部電位振動において、ダイオードやトランジスターが夫々の破壊電圧以上の電圧が印加されるとすれば、それは Hardware Error の原因の1つとして挙げる事ができる。より低い電圧で、半導体が破壊しなくとも、誤動作して Software Error になることも少なくない。

15 年程前に、3000 枚位の FORTRAN プログラムの問題を、COMPUTER で計算した時の話であるが、5 回の Executions で 5 回とも異なった答が出て来た。結局、そのうちの 4 回は、電源からの Surge による Software Error であると考えられたものである。

本文においては、この内部電位振動の状況を、実験により確認し、それが Hardware Error や Software Error の原因になり得ることを立証することを目的としている。

内部電位振動についての基礎的実験として、E-B、C-B、C-E 等の端子間に生ずる可能性のある電位差を求める実験を行った<sup>(7)</sup>。

次に、印加 Surge の周波を変化させた場合と、印加 Surge の電圧値を変化させた場合の内部電位振動の実験が行われた。

これらの実験の結果から、半導体素子の実用上の性能について、その実状が明らかにせられたと思われる。要するに半導体素子は Hardware Error と Software Error を必ず伴

うものであり、これらの Errors が生じても差支えない場所においてのみ、実用性能が認められるということである。

2. 基礎的実験<sup>(7)</sup> (内部電位振動)

〔1〕 襲来する Surge 電圧

低圧 100 V の商用周波回路に襲来する Surge 電圧は、漏電しゃ断器の誤動作原因や、発電電所の配電盤用低圧回路のレベルから、5000 V の Surge があるとされている。同じ電源に結ばれる電子装置の電源回路にも、最大 5000 V の Surge は予期しなければならぬのである。

〔2〕 測定回路

半導体・電子装置の 1 例として、カラーテレビ受像器の A 社 B 型が選ばれた。

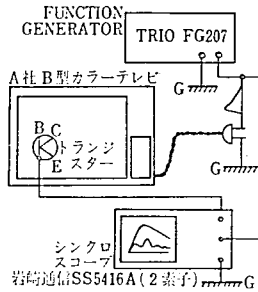


図 1

測定回路は図 1 の如く、テレビの 100V 電源用ソケットの一方に電圧を印加し、他方を接地した。Function 発生器から、カラーテレビのソケットに結び、その電圧を二素子のシンクロで測定した。テレビ内のトランジスターは、B-G、C-G、E-G (夫々の端子の大地電圧) を二素子の他の一素子で測定した。印加電圧と測定値を同時測定したために印加電圧 100% に対し、測定値の百分率値の誤差は、オシロの引伸し率には関係ないようにした。測定点は 15 個のトランジスターを選んだ。

〔3〕 実験結果〔I〕 (シャーシー非接地)

カラーテレビのシャーシーは、一般には接地されていないので、先ずその状態での内部電位振動を測定した。測定点 15 のうち、No. 11 が特に大きい電位差を示したので、その結果を、第 3 表に示す。

なお、この場合のオシログラムは、図 2 の

(a) 11-1 は B-G (ベース対大地)

(b) 11-2 は C-G (コレクター対大地)

第 3 表

写真番号 (図番)	印加電圧値 [mm]	計測値 [mm]	計測値 [%]	端子電圧 [V]	端子間電圧 [V]
11-1	55.75	27.15	48.70	BG 2435	BC +9
2	55.85	27.10	48.52	CG 2426	CE +615
3	55.90	20.25	36.23	EG 1811	BE +624

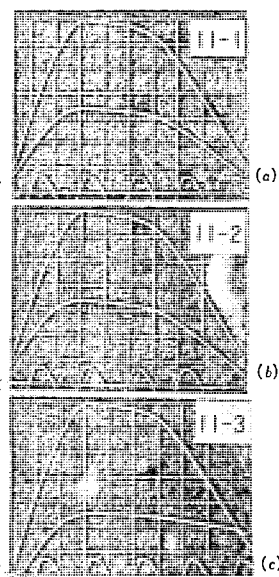


図 2

(c) 11-3 は E-G (エミッター対大地) を示している。

第 3 表の作り方は、先ず印加電圧を mm を単位として測定し、次に測定値を mm を単位として測定する。次に計測値を印加電圧の % で示す。印加電圧を 5000V と仮定し、端子電圧を計算する。端子間電圧  $BC = BG - CG$  で計算したものである。

CE 間が 615 V, BE 間が 624 V という大きい電位差が生ずることがわかる。(破壊値は第 2 表参照)

#### [4] 実験結果 [II] (シャーシー接地)

通常の電子装置は、シャーシーが接地されているので、このテレビのシャーシーも接地して測定した。この場合でも、No. 11 のトランジスターに大きい電位差が生じたので、その結果を、第 4 表に示す。

第 4 表

写真番号 (図番)	印加電圧値 [mm]	計測値 [mm]	計測値 [%]	端子電位 [V]	端子間電圧 [V]
11-1	54.40	1.005	1.847	BG 92.37	BC +3.97
2	54.30	0.960	1.768	CG 88.40	CE +81.94
3	54.20	0.070	0.129	EG 6.46	BE +85.91

なお、この場合のオシログラムは、図 3 の (a) 11-1 は BG, (b) 11-2 は CG, (c) 11-3 は EG を示している。しかしながら図 3 の B-G 等の波形は極めて小さいので、それを 10 倍にして記録したものが、図 4 である。

(d) 11-1' は BG, (e) は 11-2' は CG, (f) 11-3' は EG を示している。

この場合、CE が 82 V, BE が 86 V であって、前項のシャーシー非接地の場合より

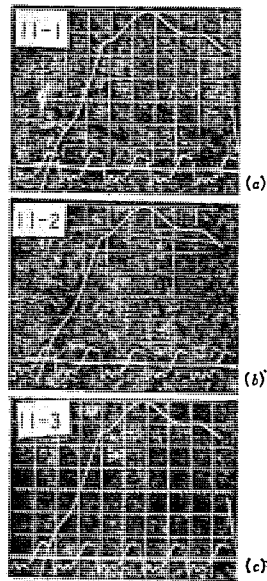


図 3

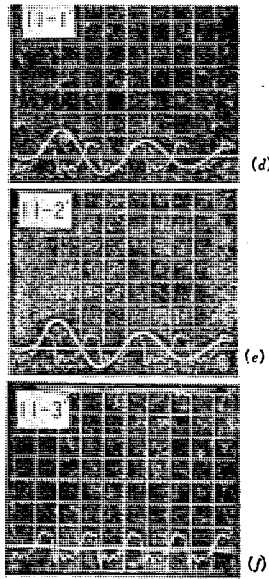


図 4

も、内部電位振動は、少ないようである。

### 3. 印加周波数による、内部電位振動の変化

#### [1] 測定端子について

A社B型のCD基板に使われている2SC403©というトランジスターを対象に、このB型カラーテレビの内部電位振動を測定した。

2SC403 © を、何故測定の対象にしたかという点、B型テレビの内部電位振動に関する基礎実験において、このトランジスタの端子に最も高い電位分布を生じたからである<sup>(7)</sup>。

カラーテレビ受像器の100V電源の1部を接地し、他端に電圧(サージに相当する)を印加した。(図1参照)

この印加電圧は、測定端子と共に、二素子のシンクロを写真に記録し、寸法mmを比較して、測定端子の印加電圧に対する割合を%で表わすように、計算した。

本実験では、印加電圧の周波数を变化させ、端子大地間、端子相互間の電位差が、どのような変化をするかを、観察することを目的としていた。

印加電圧は、100 Hz から 650 kHz まで、ファンクション・ゼネレーターの発生範囲の全部の周波数变化の影響を見た。

一般にカラーテレビ受像器のシャーシは接地せず、浮かしているわけであるが、電子回路としては、シャーシが接地されている場合も多いので、実験としては、接地しない場合と接地した場合の両方の測定が行われた。

## 〔2〕 実験結果〔Ⅲ〕(シャーシ非接地)

シャーシを接地せず、浮かしたままで測定が行われたが、実験室の大地電位と、ファンクション・ゼネレーターおよびシンクロの接地は結線してある。

第5表は、100 [Hz] から 650 [kHz] まで8種類の周波数によって、内部電位分布の変化が比較された。

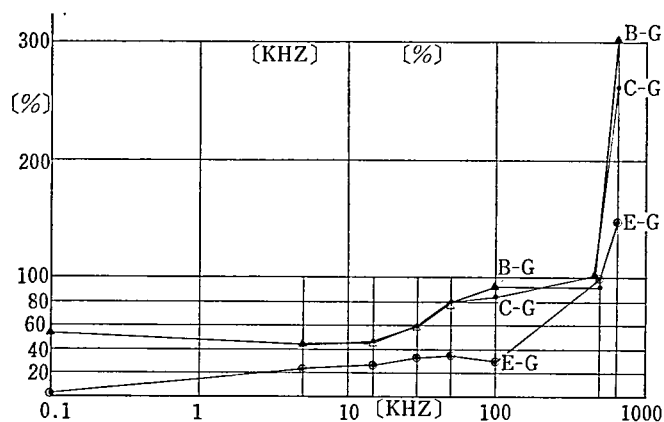


図5 周波数—端子大地間

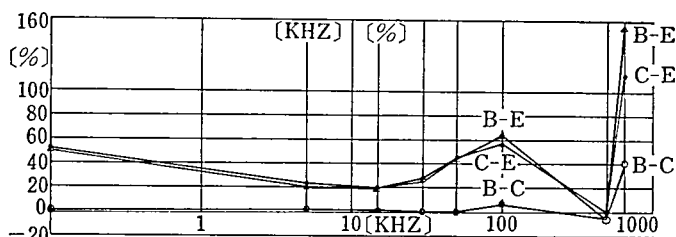


図6 周波数—端子相互間

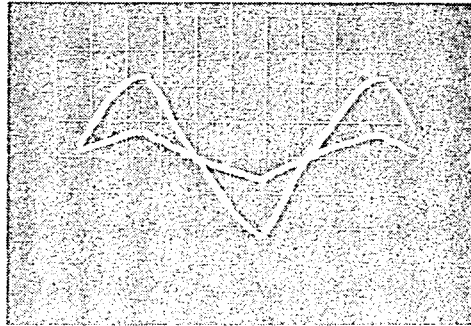


図 7 15 [kHz], E-G (1 V/div, 10  $\mu$ s/div)

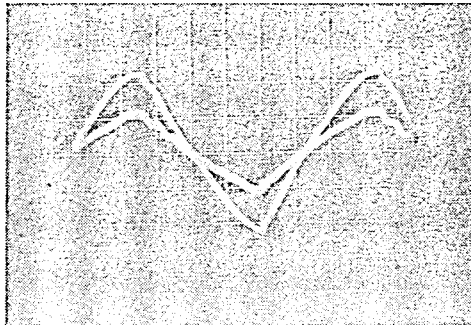


図 8 15 [kHz], B-G (1 V/div, 10  $\mu$ s/div)

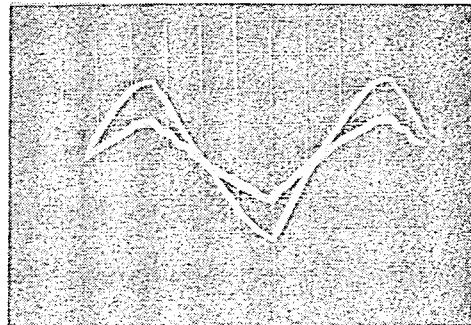


図 9 15 [kHz], C-G (1 V/div, 10  $\mu$ s/div)

図 5 は、周波数と端子大地間の関係を示し、図 6 は、周波数と端子相互間の関係を示している。

図 7, 8, 9 は、15 [kHz] の場合の、シンクロに現われた波形であるが、夫々 E-G, B-G, C-G の入力波形と端子の波形である。

図 10, 11, 12 は、30 [kHz] の場合の、E-G, B-G, C-G の入力波形と端子の波形である。

他の周波数の場合のオンロ波形は割愛した。

図 5, 6 から見ると周波数が高くなると内部電位振動が大きくなる傾向が見られた。



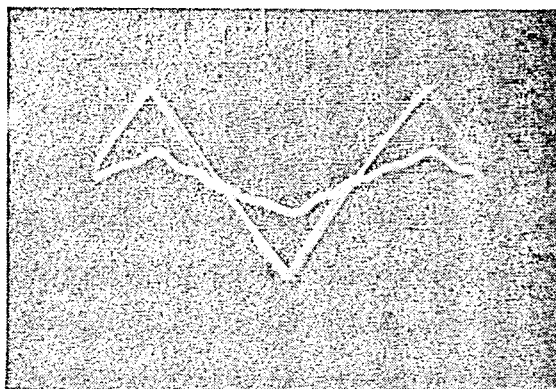


图 10 30 [kHz], E-G (0.5 V/div, 5  $\mu$ s/div)

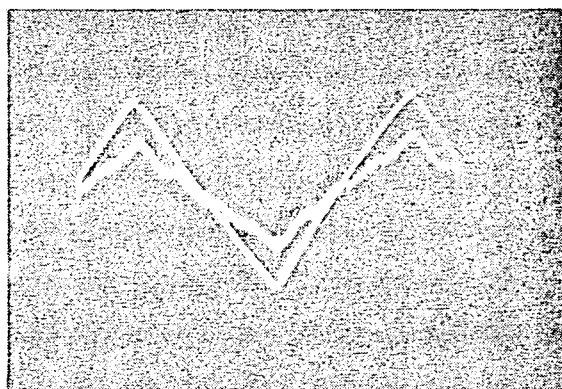


图 11 30 [kHz], B-G (0.5 V/div, 5  $\mu$ s/div)

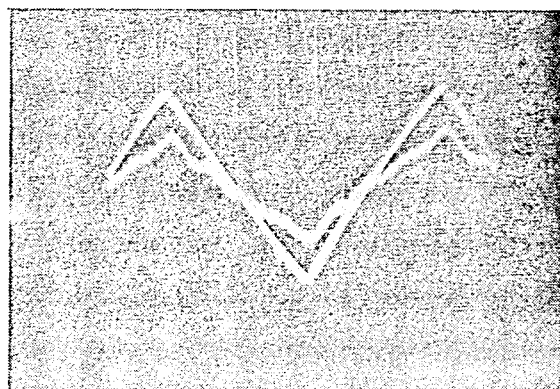


图 12 30 [kHz], C-E (0.5 V/div, 5  $\mu$ s/div)

第5表 (シャーシー非接地)

印加周波数	測定値			端子大地間 [%]	端子間	端子相互間 [%]
	入力電圧 [mm]	端子 大地間	端子電圧 [mm]			
100 [Hz]	18.3	E-G	0.6	3.3	B-E	49.8
	17.7	B-G	9.4	53.1	B-C	-1.0
	18.1	C-G	9.8	54.1	C-E	50.8
5 [kHz]	27.2	E-G	6.2	22.8	B-E	20.5
	27.5	B-G	11.9	43.3	B-C	0.1
	27.8	C-G	12.0	43.2	C-E	20.4
15 [kHz]	16.7	E-G	4.5	26.9	B-E	19.8
	16.7	B-G	7.8	46.7	B-C	0.9
	16.8	C-G	7.7	45.8	C-E	18.9
30 [kHz]	17.8	E-G	5.8	32.6	B-E	26.1
	18.4	B-G	10.8	58.7	B-C	-1.0
	18.1	C-G	10.8	59.7	C-E	27.1
50 [kHz]	19.7	E-G	6.9	35.0	B-E	43.7
	19.7	B-G	15.5	78.7	B-C	-0.4
	19.6	C-G	15.5	79.1	C-E	44.1
100 [kHz]	12.5	E-G	3.5	28.0	B-E	64.5
	13.3	B-G	12.3	92.5	B-C	7.3
	13.5	C-G	11.5	85.2	C-E	57.2
500 [kHz]	4.0	E-G	4.0	100	B-E	-6.8
	4.4	B-G	4.1	93.2	B-C	-6.8
	4.3	C-G	4.3	100	C-E	0
650 [kHz]	4.6	E-G	6.7	146	B-E	154
	2.3	B-G	6.9	300	B-C	40
	2.5	C-G	6.5	260	C-E	114

## 〔3〕 実験結果〔IV〕(シャーシー接地)

シャーシーを接地した場合の測定も行われた。

第6表は、100 [kHz] から 650 [kHz] までの6種類の周波数における、内部電位分布の変化が比較された。

図13は、周波数と端子大地間の関係を示し、図14は、周波数と端子相互間の関係を示している。

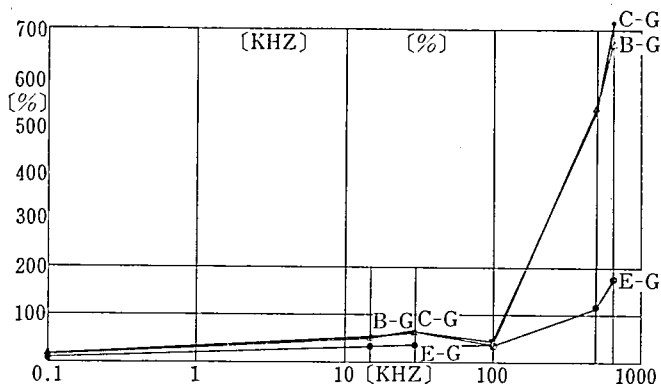


図 13 周波数—端子大地間

第6表 (シャーシー接地)

印加周波数	測定値			端子大地間 [%]	端子間	端子相互間 [%]
	入力電圧 [mm]	端子 大地間	端子電圧 [mm]			
100 [Hz]	14.8	E-G	1.4	9.5	B-E	5.8
	15.0	B-G	2.3	15.3	B-C	-1.3
	15.1	C-G	2.5	16.6	C-E	7.1
15 [kHz]	17.8	E-G	5.5	30.9	B-E	23.1
	17.4	B-G	9.4	54.0	B-C	0.2
	17.3	C-G	9.3	53.8	C-E	22.9
30 [kHz]	18.5	E-G	7.0	37.8	B-E	22.7
	18.5	B-G	11.2	60.5	B-C	-1.5
	18.4	C-G	11.4	62.0	C-E	24.2
100 [kHz]	13.2	E-G	4.5	34.1	B-E	0.9
	12.0	B-G	4.2	35.0	B-C	-5.4
	10.4	C-G	4.2	40.4	C-E	6.3
500 [kHz]	7.3	E-G	8.4	115	B-E	420
	6.3	B-G	33.7	535	B-C	5.4
	6.1	C-G	32.3	530	C-E	414
650 [kHz]	5.0	E-G	8.8	176	B-E	494
	5.3	B-G	35.5	670	B-C	-44.8
	4.8	C-G	34.3	715	C-E	539

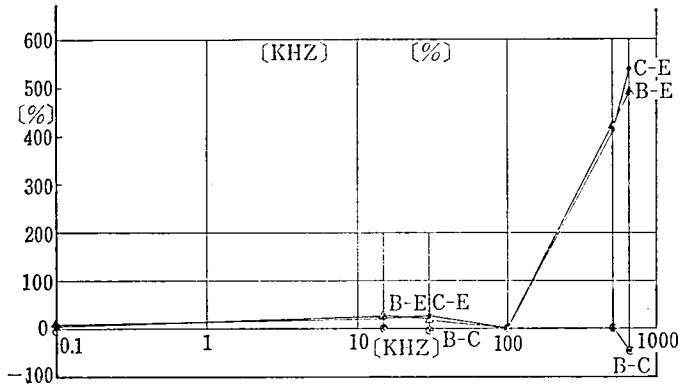


图 14 周波数一端子相互間

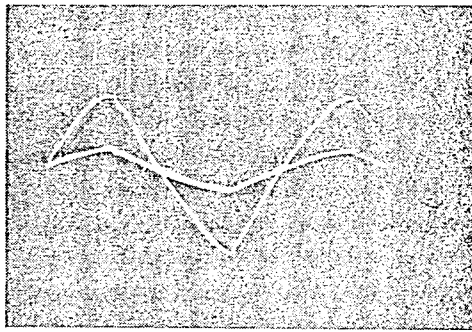


图 15 15 [kHz], E-G (1 V/div, 10 μs/div)

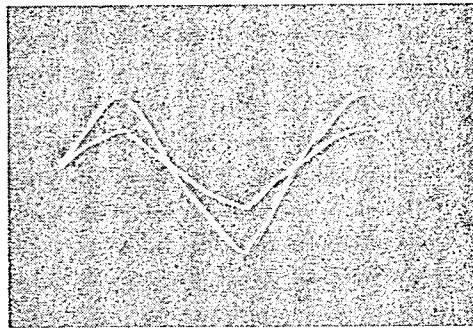


图 16 15 [kHz], B-G (1 V/div, 10 μs/div)

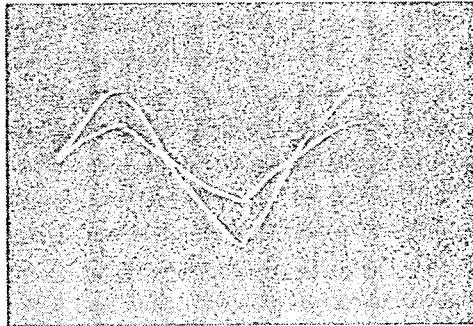


图 17 15 [kHz], C-G (1 V/div, 10 μs/div)

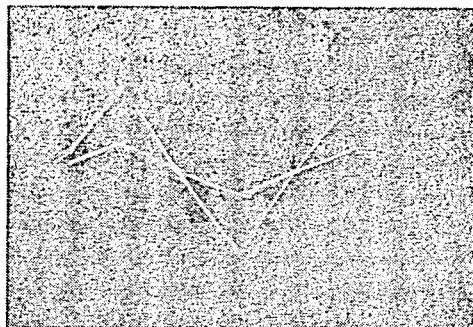


図 18 30 [kHz], E-G (0.5 V/div, 5  $\mu$ s/div)

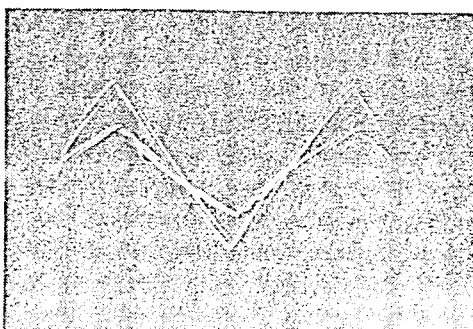


図 19 30 [kHz], B-G (0.5 V/div, 5  $\mu$ s/div)

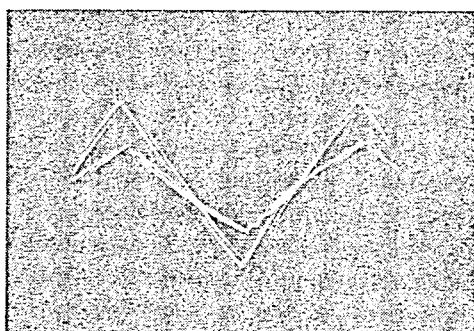


図 20 30 [kHz], C-G, (0.5 V/div, 5  $\mu$ s/div)

図 15, 16, 17 は, 15 [kHz] の場合の, E-G, B-G, C-G の入力波形と端子の波形である。

図 18, 19, 20 は, 30 [kHz] の場合の, E-G, B-G, C-G の入力波形と端子の波形である。

他の周波数の場合のオシロ波形を割愛した。

図 13, 14 を見ると, この場合も周波数が高くなると, 内部電位振動は大きくなる傾向が見られ, これはこのテレビの回路の性質であろうと思われる。又, この実験では, シャーシーを接地した場合の方が, 内部電位振動が大きい結果となった。

## 4. 印加電圧による、内部電位振動の変化

## 〔1〕 印加電圧の範囲

カラーテレビの内部電位分布を測定する場合に、ファンクション・ジェネレーターの印加電圧が 0.5~2.9V 程度であり、カラーテレビの構成部品のトランジスターの動作電圧が 0.5~1.0V 前後であるとする、複雑な回路に多数のトランジスターが用いられている場合には、その内部電位分布が、印加電圧に影響されて、その分布が変化することが予想せられた。

そこで、内部電位分布の他の測定において最も大きい端子間電位差を示した、A社B型カラーテレビのトランジスター 2SC 403 に注目して、印加電圧による電位分布の影響を調査したのが、本実験である。

カラーテレビのアースは日常の使用状態と同様に浮いた状態で実験された。

第7表

電源印加電圧 〔V〕	測定値			端子大地間 〔%〕	端子間	端子間電圧 〔%〕	印加電圧 〔V〕
	印加 〔mm〕	端子	端子大地間 〔mm〕				
0.43	4.3	E-G	1.8	41.9	B-E	9.1	0.47
0.51	5.1	B-G	2.6	51.0	B-C	-13.4	0.48
0.45	4.5	C-G	2.9	64.4	C-E	22.5	0.44
0.96	9.6	E-G	3.4	35.4	B-E	19.2	0.97
0.97	9.7	B-G	5.3	54.6	B-C	1.5	0.97
0.96	9.6	C-G	5.1	53.1	C-E	17.2	0.96
1.42	14.2	E-G	4.8	33.8	B-E	18.5	1.49
1.55	15.5	B-G	8.1	52.3	B-C	5.1	1.57
1.59	15.9	C-G	7.5	47.2	C-E	13.4	1.51
1.95	19.5	E-G	7.6	39.0	B-E	9.5	1.98
2.00	20.0	B-G	9.7	48.5	B-C	2.7	2.02
2.03	20.3	C-G	9.3	45.8	C-E	6.8	1.99
2.28	22.8	E-G	10.3	45.2	B-E	4.2	2.39
2.49	24.9	B-G	12.3	49.4	B-C	0.4	2.48
2.47	24.7	C-G	12.1	49.0	C-E	3.8	2.38
2.91	29.1	E-G	11.7	40.2	B-E	10.3	2.91
2.91	29.1	B-G	14.7	50.5	B-C	1.0	2.91
2.91	29.1	C-G	14.4	49.5	C-E	9.3	2.91

〔注〕 右端の印加電圧は、測定値左端の印加電圧の平均値である。例えば、B-E の印加電圧は、B-G と E-G の印加電圧の平均値をとった。

## 〔2〕 実験結果〔V〕(シャーシー非接地)

印加電圧波形は 100 Hz の方形波とした。測定結果は第 7 表に示す如くであるが、E はエミッター、B はベース、C はコレクターの測定値である。

測定用のシンクロスコープは 2 素子であったため、入力電圧と端子電圧の 2 つの対地電位差が測定され、夫々オシログラム上の寸法、mm で記録した。端子大地間の電圧は、入力電圧の % で表わすこととした。

E 端子の測定時には、B、C 端子は測定出来なかったため、夫々別々に入力電圧と端子電圧が測定されたので、入力電圧の多少の差が示された。しかし、相対的な値 % にすればこの印加電圧の僅少な差は、結果における誤差の原因にはならないものと考えられる。

端子間電位差 [%] 例えば B-E は、(B-G) - (E-G) でオシログラムの上から計測せられ、計算された。

カラーテレビのシャーシーは浮いたままで測定されたが、実験室の大地電位に対し、ファンクション・ジェネレーターの大地側と、シンクロの大地側は、確実に接続されていたわけである。

なお、印加電圧は、電源 100 V、50 Hz 回路の一端接地し、他端に印加したものである。

図 21 は、端子大地間電圧対印加電圧の測定結果を曲線で示している。

図 22 は、端子間電圧対印加電圧の測定結果を曲線で示している。

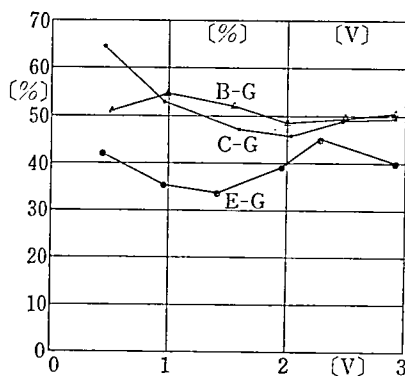


図 21 端子大地間電圧対印加電圧

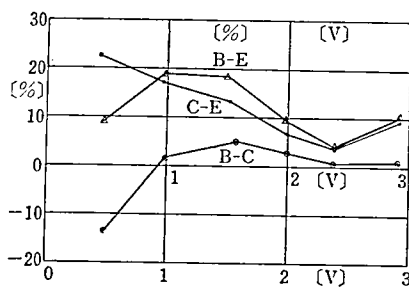


図 22 端子間電圧対印加電圧

図 21, 22 を見ると、印加電圧 1V 以下の時に、内部電位振動が大きく、印加電圧が高くなると振動が減少している傾向が見られる。これはシステムにあるトランジスタが動作して、Arrester の役目をしたのではないかと考えられる結果であった。

## 5. 結 言

1935 年の頃、大学を卒業して 2 年目に米国 Westinghouse 社の Apprentice Course を勉強している時に、真空管や放電管 (Grid Glow Tube) の Filament の加熱回路が目ざわりで、これらに代るものはないものかと、資料を探し求めたことがあった事を思い出す。その頃は何も見付けることが出来ず、帰国している。

戦後になって、1956 年の Transistor<sup>(6)</sup>、1957 年の Thyristor<sup>(6), (10)</sup> の発明を知り、「正にこれだ」と感じたものである。

ところが、その特性を調べてゆくと、制御特性などは極めて鋭敏であったが、その頃に筆者が研究していた「絶縁協調」という点から眺めると、電力回路の制御には全く使用不可能なような、低い絶縁耐力しか持っていなかったのである。一時はあきらめていたのであるが、その後、シリコンなどの材料の進歩で、多少事故率が減じたためか、何時の間には、相当に広範囲に、半導体電子機器が使用され始めていることがわかった。

性能は鋭敏であるが、電源からの荒っぽい Surge に対しては、全くぜい弱な性格を持つものが、半導体素子であることは明らかであった。

絶縁協調とは、襲来する Surge に対して、機器や装置の絶縁耐力が、すべて一様に協調 (Coordination) して、対抗し、事故を防止するということである。特別に絶縁耐力の強いものがある意味が少なく、この場合は多くの場合不経済になるので、そうなれば逆効果になる。又、逆にレベルより低い、絶縁耐力の弱いものがあると、事故がそこへ集中して絶縁協調が保たれていない。換言すれば、故障が続出する不経済なシステム構成ということになる。

この意味で、半導体素子を眺めてみると、これを用いた電子装置は、一般的に「絶縁協調」は保たれていないようであり、事故は半導体素子に集中するようになっていく。このことは、約 20 年前の 1960 年頃に、筆者は、過度の半導体素子の使用を警告していたので<sup>(1), (2)</sup>、当時はあまり効果がなかった。

抽象的ではなく、具体的な実験データを示す一つ的手段として、電子装置に印加された Surge による内部電位振動の測定することを試みた。予想通りの結果が得られ、通常考えられている様な Surge 電圧が印加されれば、装置内部のトランジスタは、ほぼ確実に、Hardware Error を生ずるし、更に低い Surge でも Software Error が生ずることが認められたわけである。

昭和 58 年初頭にわかったことであるが、我国の防衛庁も、米国軍部も、トランジスタや、SSI, MSI, LSI, VLSI の Hardware Error や Software Error の対策に手こずったために、遂に半導体素子の使用をあきらめ、昔の真空管、即ち Metal Tube に戻ることになったということである。

内部電位振動による絶縁協調を保つことの困難さと、大量の  $\gamma$ -Ray による全面的機能停止などの対策は、考えただけでも困難を極めるであろうことは想像がつくものであり、投げ出すのも無理はないと思われる。

著者が 20 年前に警告したことが、現実化してしまったように見えるのは、喜ぶべきこと



なのか、又は喜ぶべからざることなのであろうか。

要するに、半導体素子というものは、必ず Software Error と Hardware Error を伴うものであるから、「使ってよい場所」と「使ってはいけない場所」を明確に区別する必要がある。半導体は「何処へでも、便利に使うことが出来る」という考え方は、「誤謬」である。

「使ってよい場所」は、例えば家庭用電機品がまず挙げられる。ラジオ、テレビ、VTR等は、Error が発生しても、「人身事故」にはならず、「寿命」と認定して、「買換え需要の原因」として尊重されるような、「実用性能」をもつ。

「使ってはいけない場所」は、Errors が発生すれば、それが「人身事故」になる虞のある場合、それから重大なる「経済的損失」を伴う場合などである。例えば防衛用の COMPUTER や通信施設、電力用の Control Computers などが「使ってはいけない場所」に含まれるのではないかと思われる。〔終〕

#### 参考文献

- (1) 木村：「電子系統工学における有効接地問題の位置付け」，アイピーシー社版，昭和55年5月，第20章，p. 151.
- (2) 木村：「半導体応用品の絶縁協調」，電設工業，昭和54年1月，p. 3.
- (3) 「Power Plant Computer Reliability Survey」，IEEE，PAS-97，July/August (1978)，No. 4，p. 1115. [Members of the IEEE Power Generation Committee，Power Plant Computer Application Working Group.] (電気学会，電算機性能評価調査専門委員会，資料，昭和56年3月提出)
- (4) 山崎：「ノイズの魅力」，Ohm Bulletin，(1981)，Vol. 17，p. 5.
- (5) 木村：「ダイオードの電氣的破壊試験」，家電製品解体技術データ集，No. 1，アイピーシー社，昭和58年1月，p. 178.
- (6) 木村：「トランジスターの衝撃電圧破壊試験」，家電製品解体技術データ集，No. 1，アイピーシー社，昭和58年1月，p. 229.
- (7) 木村：「半導体，電子装置の内部電位分布」，家電製品解体技術データ集，No. 1，アイピーシー社，昭和58年1月，p. 243.
- (8) W.H. Fonger: Transistor I, (1956), R.C.A. Lab.
- (9) A.K. Jonscher: Electronics and Control, 3, p. 573, (1957).
- (10) I.M. Mackintosh: Proc, IRE, 46, p. 1229, (1958).