

電子回路環境試験システム

Development of an Electronic Circuit Environment Test System

鈴木 政 善*
Masayosi Suzuki

For the purpose of improving test efficiency and broadening test scope in the specific measurement of electronic circuit elements, electronic appliances, etc. Hitachi has developed an environment test system. This system consists of a control computer, a digital data recorder, a constant temperature and humidity tank group and various control devices.

In developing this system Hitachi not only designed and manufactured such hardware components as an interface between each device, a digital-analog conversion device, a program setting device for data recording, etc., but developed, as a software, a measuring program by adopting the sub-routine integrating system. This system is operated automatically excepting the insertion of specimens and is capable of measuring AC and DC voltages (800 points) and resistance (400 points) under the controlled environmental conditions of temperature (-40°-+80°C) and humidity (20-95 R.H.). After measurement it instantly processes measured data at the computer section.

1. 緒 言

最近、集積回路の開発普及が著しく、これに関する特性の測定および解析の重要度が増している。これまで、このような素子特性測定処理にはデータ集録装置が威力を発揮してきたが、複雑な測定および演算処理を行なわせることは信頼性、融通性などより考えて多くの困難があった。一方、集積回路の素子数が飛躍的に増加するに伴い、これらの処理に要する Man-hour も膨大なものとなり、測定および処理の全自動化が各方面で強く叫ばれてきた。

本環境試験システムは以上のような観点より計画立案稼動されたもので、従来のデータ集録装置を中心とする測定システムに加

えて計算機を導入し、システムの信頼性、融通性を高めている。本報告は上記システムの概要および二、三の実験結果について述べたものである。

本システムはただ単にデータを集録するだけでなく、試験データの結果をすぐ研究開発過程にフィードバックすることによって、より高度な製品開発手法を確立することをひとつの目的とするような積極的使用法をねらっている。

2. 環境試験システムの概要

環境試験システムの構成は図1に示すとおりである。システムはおもに四つの装置（制御用小形電子計算機HIDIC-100、デジタルデータ集録装置、恒温恒湿槽(そう)群、制御用ハードウェア）

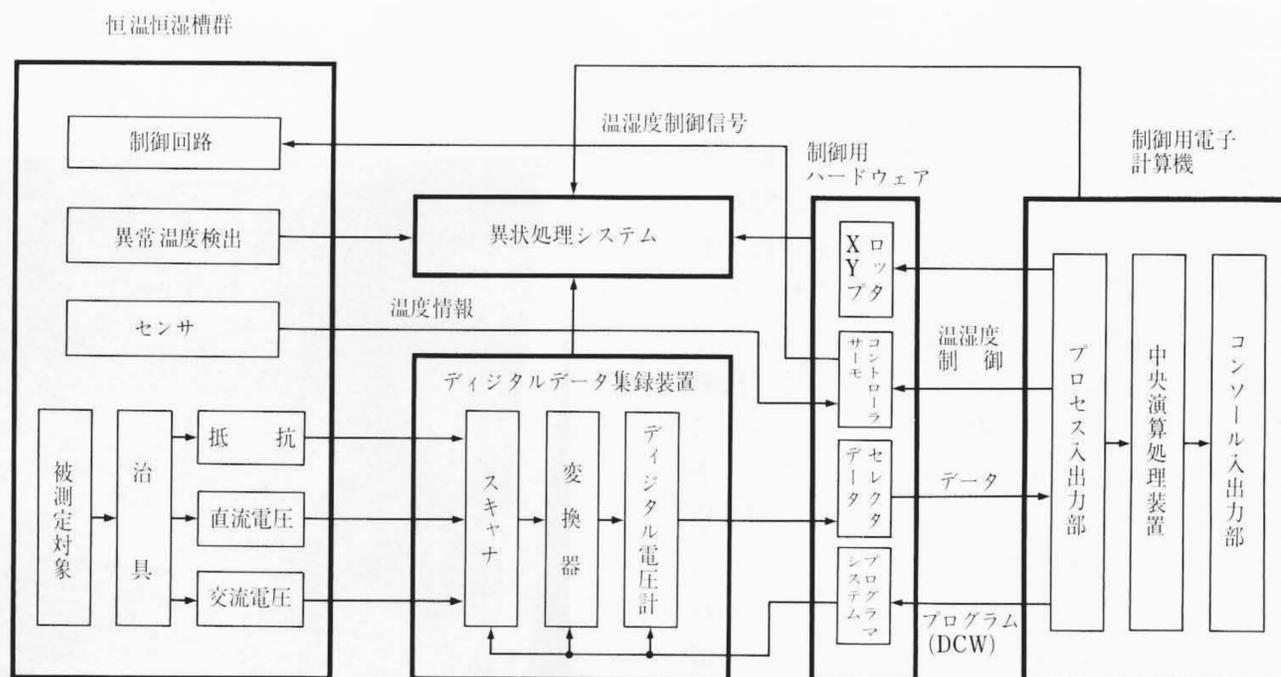


図1 電子装置環境試験システムの概要構成

* 日立製作所日立研究所

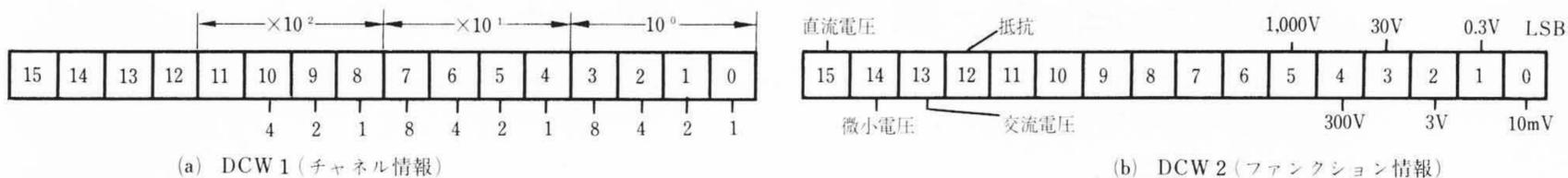


図2 データコントロール語 (DCW) の内容

より成っており、その概要は次のとおりである。

(1) 制御用小形電子計算機

システムの中枢をなし各種試験における各制御装置の入出力動作指令信号はすべてここより発生される。おもに中央演算処理装置 (コアメモリ容量 8k語) とコンソール入出力部より構成されている。

(2) デジタルデータ集録装置

本装置は、被測定対象から発生されるアナログ量をデジタル量に変換するもので、多点測定のためのスキャナとアナログ量をデジタル化するためのマルチメータ (デジタル電圧計に各種の変換器を付したもの) とにより構成されている。

(3) 恒温恒湿槽

試験される各種の回路素子 (抵抗, ダイオード, トランジスタ, 集積回路など) および装置などを本槽内にそう入し槽内の環境 (おもに温度と湿度) を計算機の指令によって制御する。

(4) 制御用ハードウェア

本装置は上記三つの装置を要求される実時間で動作させるためのもので次の四つのハードウェアより成っている。

- (a) システムプログラマ: 計算機よりデータ集録用のプログラムを受け取りこれを集録装置の制御部に伝送する。
- (b) データセクタ: データ集録装置よりのデータを計算機に伝送する。
- (c) サーモコントローラ: 計算機より与えられた情報を基にして恒温恒湿槽の制御を行なう。
- (d) XYプロッタ: 集録した結果をプロットしてグラフ作成を行なう。

本システムにおいて計算機の行なう制御動作は大別して次の二つである。

- (1) 制御用ハードウェアを通してデジタルデータ集録装置を制御しデータの集録を行なう。
- (2) 恒温恒湿槽群の温湿度制御

データ集録の際、測定に対する各種の制御情報は制御用ハードウェアのシステムプログラマに伝送されしかる後、データ集録装置に送られる。このプログラム情報はデータコントロール語 (DCW) と呼ばれ、図2に示すように16ビット2語計32ビットの情報でその内容は測定対象のチャンネル数、測定項目、レンジなどを表わしている。すなわち、該当するそれぞれのビットに対して“1”をたてることで要求される測定を実施する。このデータコントロール語が集録装置に送られると集録装置は自動的に各種の変換器を選択し、チャンネル数、レンジを決定して測定を開始し、被測定対象からの情報 (おもにアナログ量) をデジタル量に変換する。このデジタル化された信号は制御用ハードウェアのデータセクタを通して計算機に送り込まれる。

一方、温湿度の制御はサーモコントローラを通して行なわれる。この場合、2種類の制御信号が槽に伝送される。一つは温湿度を制御するための直流信号で他の一つは冷凍機を制御するためのオンオフ信号である。以上2種の制御を計算機のプログラムに組み込むことによって環境の自動設定ができる。

3. データ集録用および温度制御用プログラム

環境試験としては種々のものが考えられるが、制御動作の点から考えると結局はデータ集録と環境設定の二つに大別される。それゆえ、この二つの動作を実施するプログラムを標準化してサブルーチンとしておくことによって各種の試験プログラムの作成がきわめて簡単となる。表1は標準化サブルーチンの概要の一部を示したものである。

表1 データ集録用および温度制御用サブルーチン概要

種類	データ集録用 サブルーチンDATA	温度制御用 サブルーチンBOX
ステートメント	BSI L DATA DC DCW1 DC N DC DCW2	BSI L BOX DC OND DC TIM
詳細	DCW1: チャンネル先頭番地 N: 測定個数 DCW2: ファンクション情報 以上の情報をプログラムに組み込むことによってDCW2に示された測定を、DCW1のチャンネルよりN個だけ測定する。	OND: 設定温度 TIM: 設定待時間 以上の情報をプログラムに組み込むことによってTIMに示された測定待ち時間以内に、ONDで指定された温度になるようにシステムが制御される。

4. 測定用治具

環境試験に限らず試験における測定を全自動化するには測定用の治具が不可欠のものとなる。本環境試験システムは当初電子回路素子および電子装置の全自動測定および処理をひとつの目標としたので、このための治具を製作した。

図3は槽内部の素子用の治具を示したものである。この場合デ



図3 半導体素子用槽内部

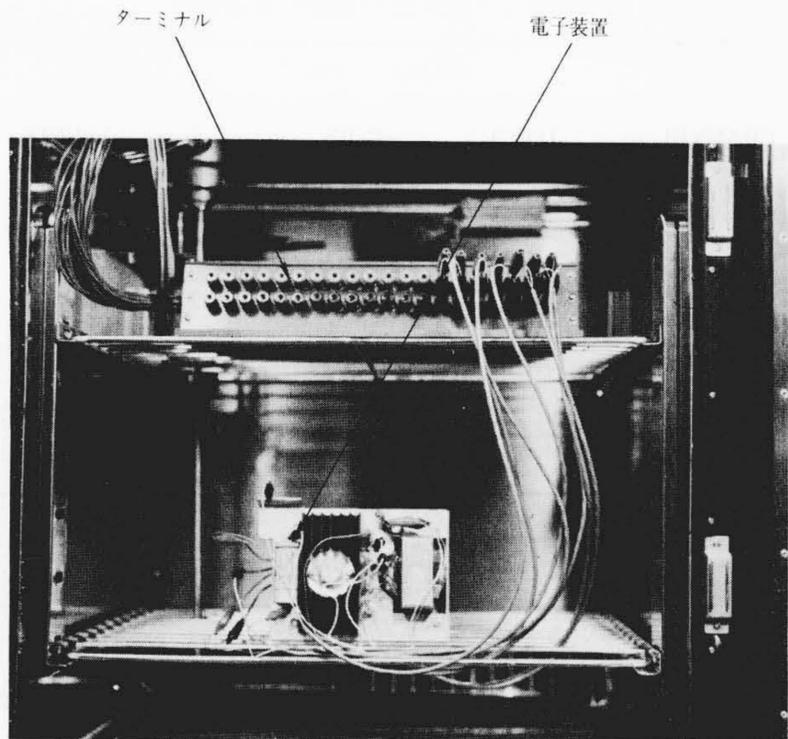


図4 電子装置用槽内部

ユアルインライン・ソケット（16ピン）が24個取り付けられており、この治具の下部配線はデータ集録装置に接続されている。この治具によって抵抗素子で120本の同時測定ができる。図4は槽内部の電子装置用の治具（電子装置が取り付けられている）を示したものである。

5. 一般測定

5.1 温度制御の実験結果

電子素子の測定において、一般に必要な温度制御範囲は $-40 \sim +80^{\circ}\text{C}$ である。これに適した温度検出用素子としてはサーチコイルとサーモカップルがある。これらは精度および取扱いなどに関してはほぼ同じであるが、サーチコイルはサーモカップルに比べて零点補償の必要がないのでここではサーチコイル（白金の 100Ω ）を用いた。図5は計算機よりの温度設定数（温度設定プログラムにおける温度設定のデータ）に対する槽内の温度変化を示したものである。温度設定数 N と恒温槽温度 T はほぼ直線である。すなわち、槽内温度を一定値 T としたい場合はその温度に相当する設定数 N を計算機より槽に送ればよい。

図6はシーケンシャルな温度プログラム（温度範囲 $-10 \sim +80^{\circ}\text{C}$ ）を実行した場合の槽内の温度変化を示したものである。温度設定時間は30分（これは任意に設定できる）で、設定後20分を経過してから、槽内温度の補正を行ない、10分後にデータの集録を行なっている。たとえば図6の時刻 t_{40} において計算機は 40°C の温度に相当する温度設定数 N_{40} を槽に与える。槽はこの情報を受け取り温度を 40°C 一定に制御するが、いろいろの原因によって設定温度よりいくらかずれる場合があるので、設定後20分を経過した時刻 t_{40} において槽内より温度を読み込み、これより設定数の補正を行なって槽内温度を極力 40°C に近づける。

これまでの検討により温度制御については次のことが判明した。

- (1) 槽の温度制御の範囲は $-40 \sim +80^{\circ}\text{C}$ で、精度は $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ である。
- (2) 槽内の同一温度平衡時における温度分布差は最大 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ である。
- (3) 設定温度が 70°C 以上の場合には冷凍機をしゃ断状態にして温度制御を実施するほうが温度が一定になりやすい。
- (4) 高温において温度を短時間に降下させたいときは冷凍機を一定時間（2～5分）動作させるが、このときの温度の行き過ぎおよびはね返り（図6のa点参照）はほぼ15分以内で安定する。

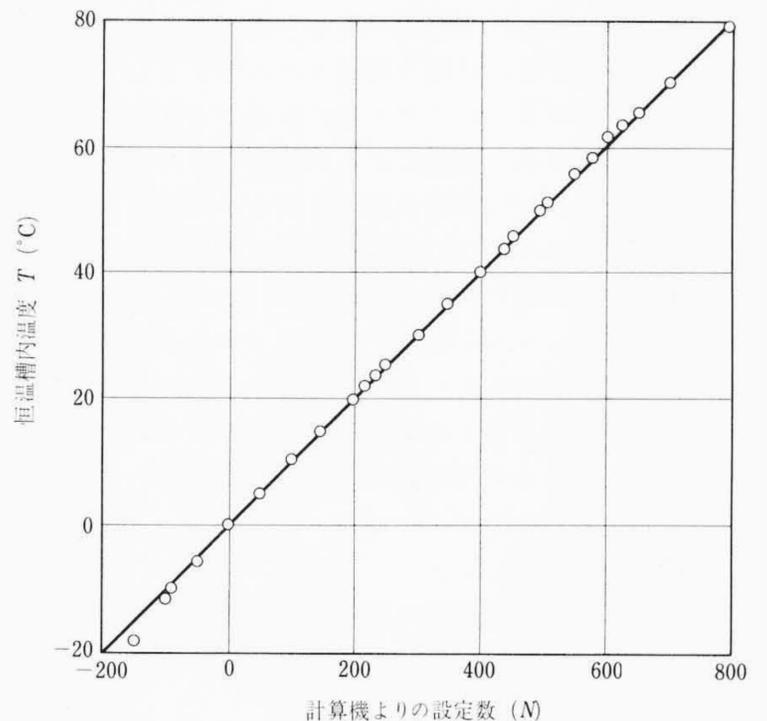


図5 計算機よりの設定数に対する恒温槽内の温度変化

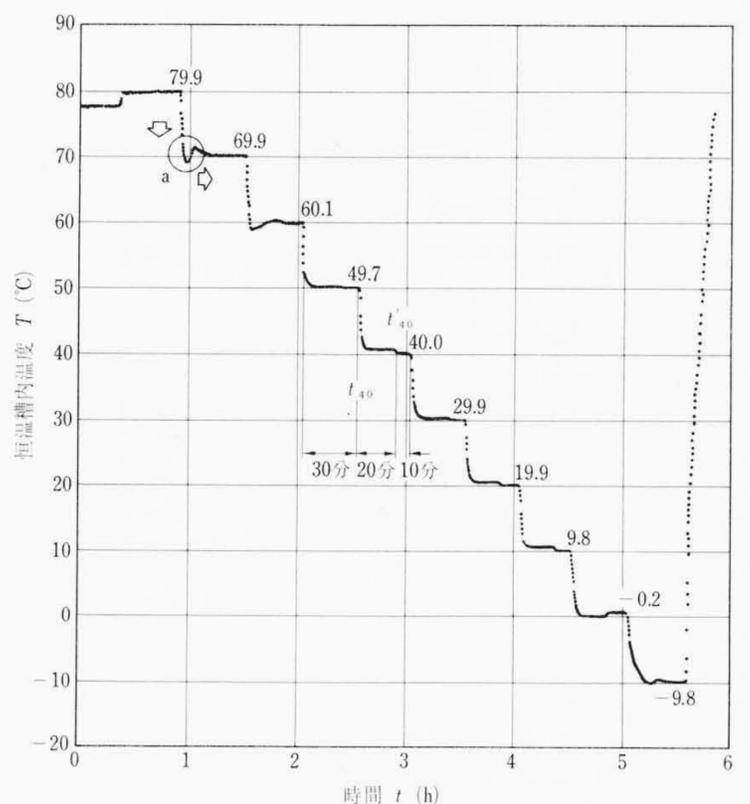


図6 温度制御プログラム実行中における恒温槽の温度変化

5.2 伝送特性

今回の伝送の情報はおもに被測定対象からのアナログ量と集録装置—計算機間のコード信号に大別される。

(1) 被測定対象からのアナログ信号の伝送

この情報はいずれも測定の際の電圧情報で、被測定対象から集録装置までは2心のシールド線を用いた。その結果、電圧測定においては100m、抵抗測定においては20mの長さで所定の精度（電圧測定で $\pm 0.01\%$ 、抵抗測定で $\pm 0.1\%$ ）を保証できることを確認した。

(2) 集録装置と計算機間のコード信号の伝送

これらの信号はプログラムコード信号DCWとデジタル化された測定結果のコード信号で、前者は計算機より集録装置に向って、後者は集録装置より計算機に向かってそれぞれ伝送され、この間の長さはほぼ20mである。

この場合、ハードウェアの簡略化より考えて、伝送情報の中継的役割を果たしている制御用ハードウェアの電圧レベルをすべてTTLレベル（5V）に合わせ、さらにデータ伝送線にはシー

ルド線を用いずビニル被覆のリボン電線とした。一般に最近のデジタル測定器の回路の電圧レベルはTTLレベルがほとんどであり、このレベルでデータの伝送ができれば非常に都合がよいわけであるが、雑音による誤動作が多くなり、これを防止するためにきびしい実装が要求される。今回は次の代表的な2種類の伝送レベルについて集録装置と計算機の間でコード化信号(16ビット1語)の伝送を 10^6 回実施した。

- (a) 伝送電圧レベル：+24V，電流レベル：+100mA
- (b) 伝送電圧レベル：+5V，電流レベル：+50mA

この結果、両者ともそのエラー発生率がほとんど皆無に近く、実用上問題ないことが判明したので、制御用ハードウェアの電圧レベルを+5Vとした。

5.3 測定結果の表示

測定された結果は計算機内に取められた各種のプログラムによって演算処理された後、各種の表示装置に送られる。次に代表的な表示装置について述べる。

(1) 万能入出力装置(ASR-33)による表示

本装置にはデータ集録の際の測定原データと槽内温度とを表示する。通常の温度特性試験ではこの表示だけで十分である。

表2は表示結果を示したものである。本データは集録用サブルーチンDATAを実行した場合の10本の抵抗測定の結果表示である。表中の記号の意味は次のとおりである。

ONDO：データ測定時における槽内の温度で 1°C を10で表示
CHANNEL：測定チャンネル(100~109チャンネルを表示)

DATA：測定されたデータの結果

POINT：データの小数点の位置を表わし、この場合は最下位より数えて三番目に小数点があることを表示。

UNIT：測定した項目とその単位を表わしこの場合は $\text{k}\Omega$ である。

以上のことより100チャンネルのデータ値は $46.75\text{k}\Omega$ であることがわかる。

(2) タイプライタによる表示

集録装置によって集録されるデータは温度ステップなどのパラメータが多くなると飛躍的に増加する。それゆえ、このままではデータの確保のために計算機の中央演算処理装置のコアメモリ(8k語)がいっぱいになり、データの集録が不可能になる。このため一回の環境試験の完了をもって集録データをまとめ各種の計算をしてその結果を表示する。

本タイプライタはこのために使用されるものではほぼ最終的なデータの表示を行なう。表3はタイプライタによる表示結果の一例である。本結果は抵抗の温度係数を求めたもので各記号は次の意味を表わす。

ONDO：温度差(試験温度-基準温度)を表わし、この場合は試験温度が 74.9°C ，基準温度が 25.0°C である。

CHANNEL：測定チャンネル

R25：基準温度(この場合は 25°C)における抵抗の値

RXX：試験温度(この場合は 75°C)における抵抗の値

*R：RXX-R25の値

PPM：*R/R25の値に 10^6 を乗じた値

PPM/DEG：PPMの値を温度差で割った値でこれが最終的な抵抗温度係数を表わす。

(3) XYプロッタによる表示

測定結果をプロットするもので、装置は一般のXYレコーダを改良しそれに制御回路を付したものである。本装置を用いることにより測定結果をただちにグラフ化することができる。図7は本装置による表示結果の一例である。図中X軸、Y軸の長さ、打点数などはプログラムによって任意の値に設定される。

表2 万能入出力装置による表示

CHANNEL	DATA	POINT	UNIT
100	4675	-2	KILO OHM
101	4613	-2	KILO OHM
102	5254	-2	KILO OHM
103	6007	-2	KILO OHM
104	4461	-2	KILO OHM
105	4686	-2	KILO OHM
106	4657	-2	KILO OHM
107	5578	-2	KILO OHM
108	6315	-2	KILO OHM
109	4819	-2	KILO OHM

表3 タイプライタによる表示

CHANNEL	R25	RXX	*R	PPM	PPM/DEG
100	4675	4689	14	2994	60
101	4613	4627	14	3034	61
102	5254	5268	14	2664	54
103	6007	6021	14	2330	47
104	4461	4467	15	3362	68
105	4686	4701	15	3201	65
106	4657	4672	15	3220	65
107	5578	5593	15	2689	54
108	6315	6331	16	2533	51
109	4819	4833	14	2905	59

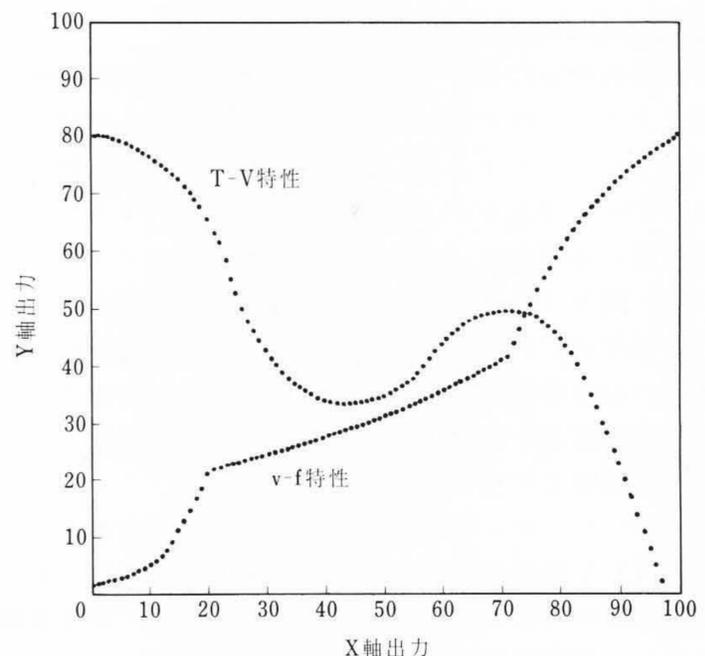


図7 XYプロッタによる表示

6. 異常処理

試験システムをより有効に活用するためには連続運転をする必要がある。そのためには恒温恒湿槽群に対するきびしい温度監視が必要で、具体的にはフェイルセーフの性質を有する異常温度検出装置が不可欠のものとなる。本システムでは次の二種類の感温素子を用いて異常温度を検出した。

(1) 液体封入感温素子：ダイヤル設定形の感温素子で温度設定範囲は $20\sim 120^{\circ}\text{C}$ である。

(2) サーマルリードスイッチ：固定温度設定(45°C , 75°C , 105°C)の感温素子で寸法が非常に小さい(直径8mm, 長さ12mm, 円筒形)

以上の感温素子を用いて独立に二重の異常温度検出を実施している。異常温度などによる異常事態が発生した場合はすぐ電磁閉器を開放して全電源をしゃ断する。

7. 結 言

環境試験システムを開発したため、試験は試料そう入以外すべて自動化することができた。おもな結果を要約すると次のようになる。

- (1) 制御温度範囲：-40～+80°C任意設定，精度±0.5°C
制御湿度範囲：20～95R.H.
- (2) 測定項目：抵抗(400点)，交，直流電圧(800点)
- (3) 測定範囲：抵抗(10～10MΩ)，電圧(10m～1,000V)
- (4) 測定対象：電子装置，集積回路，トランジスタ，ダイオード
- (5) 測定精度：電圧(±0.01%，スキャナ線長100m)
：抵抗(±0.1%，スキャナ線長20m)

- (6) 試験の種類：温度特性試験，恒温放置特性試験，湿度特性試験，恒湿放置特性試験

本システムは稼動以来，現在までにはほぼ20,000本の抵抗，1,000本のダイオードおよび約100台の電子装置に対する各種の環境試験を実施し無故障で動作中である。

終わりに，本研究に対してご指導を賜った日立製作所日立研究所所長小林栄二博士ならびに同所第8部金子英二博士に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) Electronics 43 [2] 82-86P (Janu. 1970)
- (2) Electronic Design 17 [16] 196-201P (Aug. 1969)



特 許 と 新 案



日立製作所所有の特許(主要特許のみを抜すい)

■ 整 流 器

登録番号	公告番号	名 称	登録番号	公告番号	名 称
特 497895	42-1654	タングステンと鋼のロウ付け方法	特 507097	41-18684	超電導材料
特 515175	42-23210	半導体素子の製造法	特 382498	36-4418	インバータの余裕角度測定装置
特 480030	41-5541	半導体整流素子試験装置	特 503273	42-5811	半導体整流器
実 733943	38-11138	半導体整流装置	特 442022	39-6707	半導体整流装置
特 469998	39-18233	金ロウの処理方法	特 486068	41-9454	半導体整流素子試験装置
特 458635	40-5093	半導体処理法	特 553927	43-25362	半導体薄片の製造法
実 859991	43-10513	シリコン半導体素子	特 533382	43-10764	半導体装置の製造法
特 507092	41-11692	半導体装置の製造方法	実 749967	38-18431	半導体整流素子
実 819691	41-15302	半導体整流素子試験装置			

■ 制 御 器

登録番号	公告番号	名 称	登録番号	公告番号	名 称
特 544274	43-26646	搬送保護継電装置	実 566937	36-28712	定張力制御装置
実 722783	38-7259	配線束ね装置	特 470006	40-16569	加速度制御装置
特 494082	41-21851	速度指令装置	特 564056	44-17702	直流電動機速度制御装置
特 553325	43-27975	直流電動機の制御装置	特 494098	41-14207	圧下量補償装置
実 859897	43-11306	扛重電磁石	実 733962	38-22258	端子台
特 278046	35-15962	定張力巻取制御補償装置	実 891847	44-14195	リレー
特 559613	44-10664	転回操作機構制御装置	実 877443	43-29565	プラグイン形継電器
実 838309	42-10579	静止レオナード制御装置	実 882975	44-7460	アルミニウム導体接続用ワッシャー
実 778196	40-8895	接着巻付形マークバンド	実 817787	41-12658	テーパテンション制御装置
特 564056	44-17702	直流電動機速度制御装置	実 801487	40-33976	バルブ切換装置
特 308362	42-14778	電動機速度制御装置	実 778296	40-1244	ケーブルリール
特 515178	42-23829	圧延機の制御装置	実 761391	39-22031	碍子型抵抗管
実 824209	40-31422	電弧電圧検出用変圧器			