

密封容器X線自動高速選別装置

Automatic High Speed X-ray Level Selector for Containers

馬場勝彦* 出来丈弘*
Katsuhiko Baba Takehiro Deki
野村康次* 長沢康夫*
Yasuji Nomura Yasuo Nagasawa

要 旨

清涼飲料、液体洗剤、殺虫剤などは、その輸送および取扱いの便宜のためその多くが、適当な缶容器中に詰め込まれた製品として、市販されている。その生産には、高速度詰め込み流れ作業方式が、採用されており、その速度は毎分数百缶程度である。したがってすべての容器を高速で検査し、量目不足の容器を排除する装置が、必要となる。この目的に合致するものとして密封容器X線自動高速選別装置を開発し、今回缶ビールの製品検査用として、サッポロビール株式会社目黒工場に納入した。この装置の概要について述べる。

1. 緒 言

不透明容器内に密封された内容物の量を測定するためには、大別して重量の秤量による方法と、液面の位置を検出する方法がある。前者は測定系の慣性などのため、比較的低速のものに限られる。

後者はX線が物質中を透過する際に、減衰する性質を利用するもので、放射線を水平方向に照射し、液面の高低によって得られる透過線量差を計測して、液面位置を検出するもので、高速度の検査を行なうことができる。今回われわれが開発した装置は、一般に市販されている缶ビールを、毎分600缶の速度で選別することができる。精度としては、液面高さ $\pm 0.5\text{mm}$ である。

2. 装置の概要

2.1 装置の構成

本装置はX線発生器、X線制御器、X線検出器、位置検出器、演算器、および不良缶排斥器によって構成される。その外観を図1、各機器の配置を図2に示す。

2.2 動作の概要

図2において缶ビールがコンベヤで送られて検査位置にくると、位置検出器の光をさえぎり検査開始の信号が演算器に送られる。この信号により、100 c/s のパルス状のX線が発生する。

発生されたパルス状X線は、缶ビールを透過し、差動イオン槽で液面の高さに応じたパルス状の電流に変換される。演算器はこのパルス状電流の大小とその数の多小により検査中の缶ビールの液面が適当であるか否かを決定する。

缶ビールが検査位置を離れると、位置検出器の受光部に光が再び入射し検査期間終了の信号が、演算器に送られる。検査終了の信号によりX線の発生は停止される。一方それと同時に検査期間中に演算器により缶ビール液面が、不適という判断が下されているときは、演算器から高速電磁弁に信号が送られ、その不適当な缶はコンベヤ外に圧縮空気により吹き落される。

2.3 おもな仕様

(1) 選別方式

上下限差動式 } 任意に切換可能
下限単一動作方式

(2) 許容限界設定幅

差動選別幅: 2~8mm 調整可能
下限選別レベル: 適宜設定可能

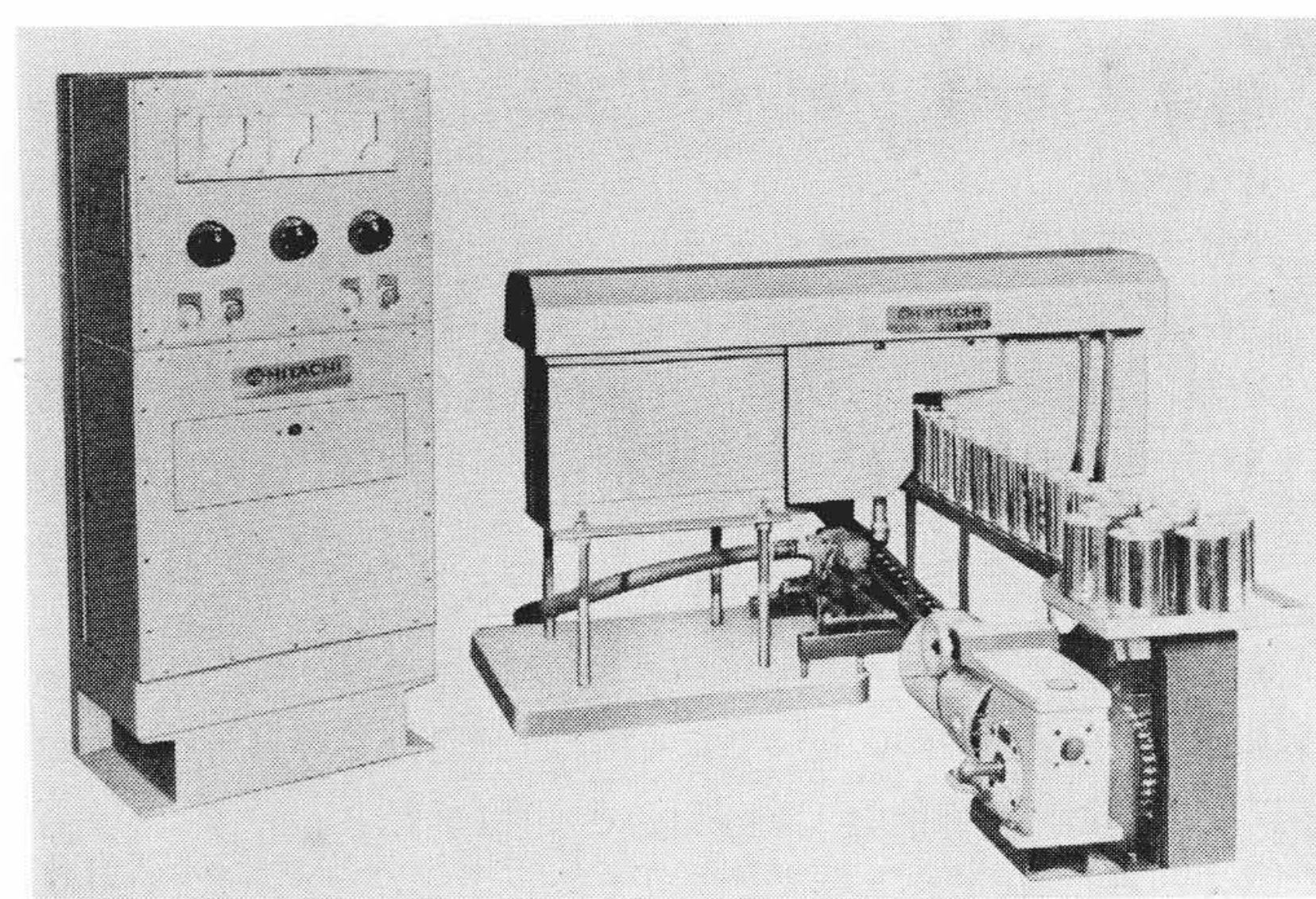


図1 密封容器X線自動高速選別装置

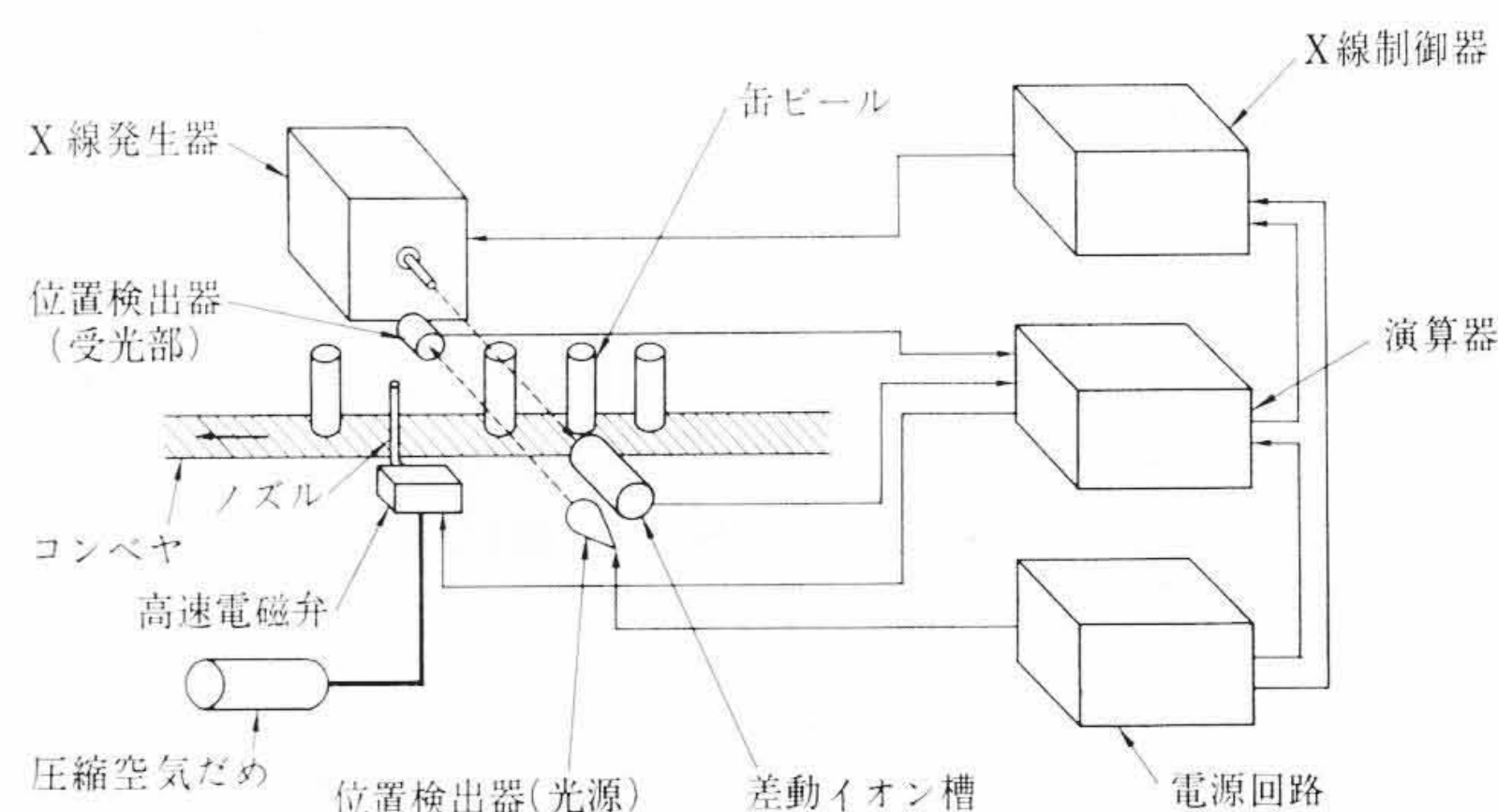


図2 動作説明図

(3) 精 度

設定値に対し $\pm 0.5\text{mm}$

(4) 選別速度

直径68mmの缶の場合 600 缶/min

(5) 電 源

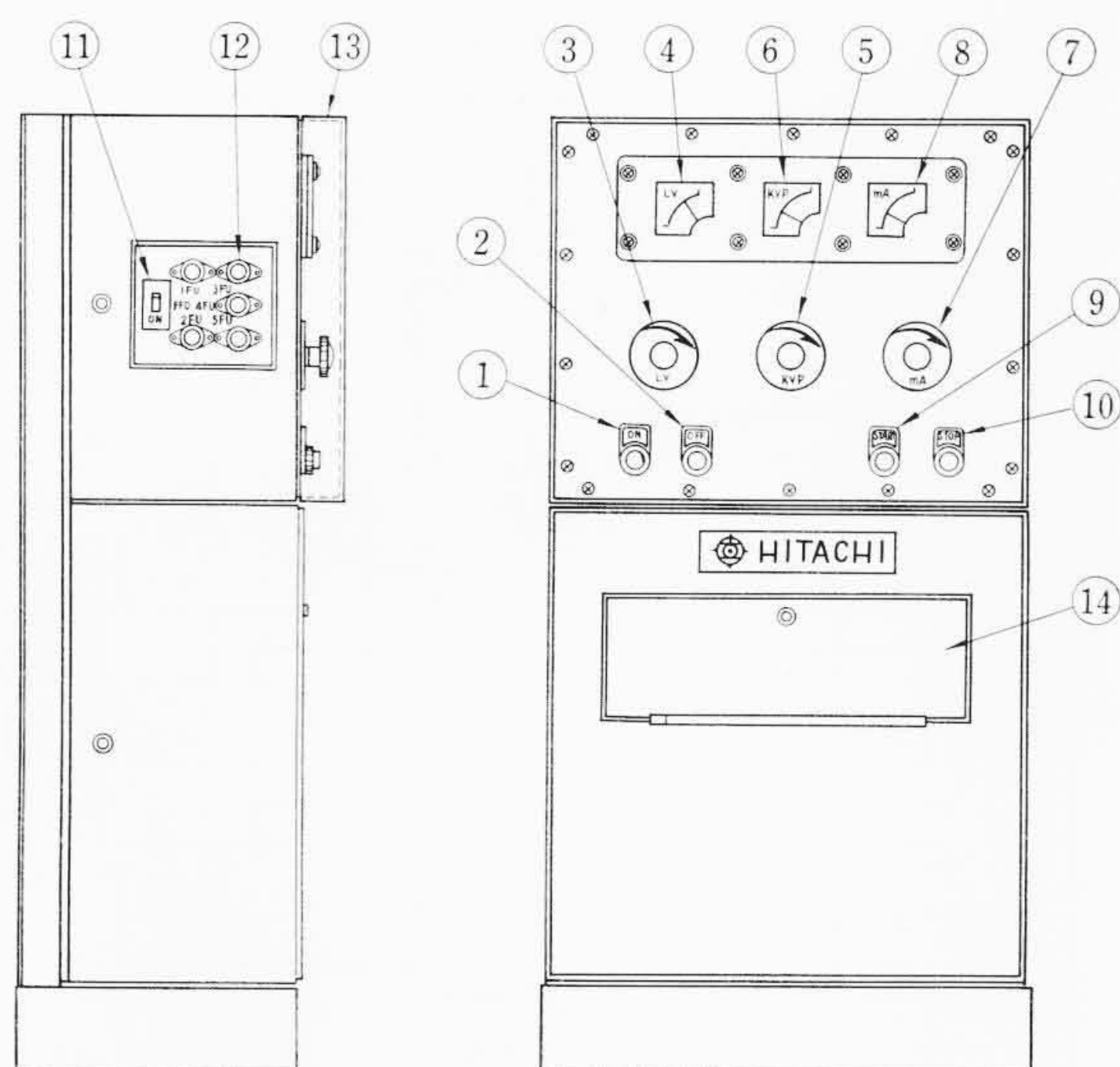
200V 50/60 c/s 1 kVA

3. 各部の説明

3.1 X線発生器および制御器

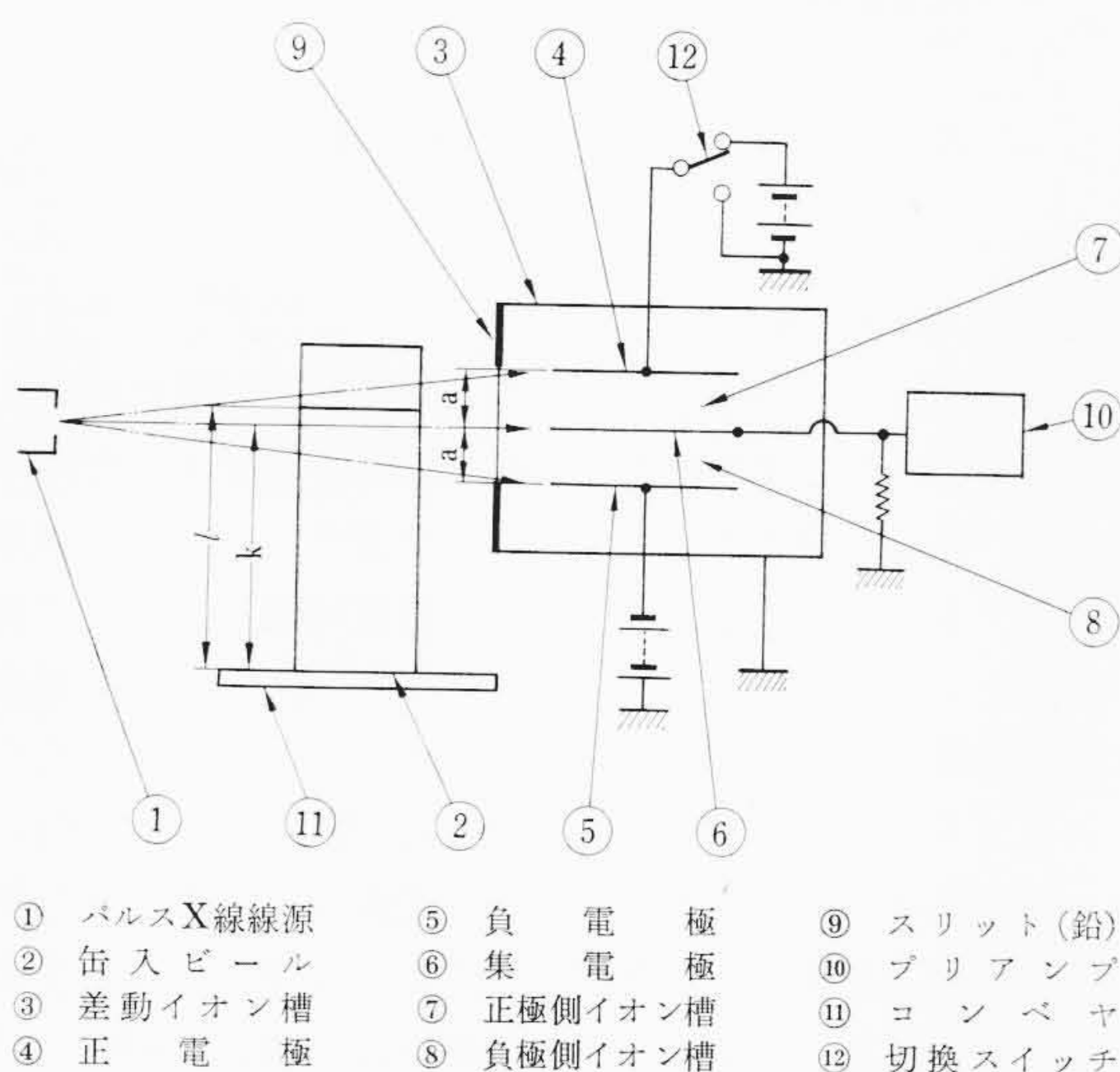
1個の缶に対し何回かの検査を行なうためには、パルス状のX線を連続的に発生する必要がある。本装置では100 c/s のパルス状にX線を発生するために、全波整流回路を用いた。

* 日立製作所亀戸工場



- | | |
|------------------|----------------|
| ① 電源 ON 押ボタンスイッチ | ⑧ X線管電流計 |
| ② 電源OFF押ボタンスイッチ | ⑨ 動作開始押ボタンスイッチ |
| ③ 電源電圧調整器 | ⑩ 動作停止押ボタンスイッチ |
| ④ 電源電圧計 | ⑪ ヒューズフリー遮断器 |
| ⑤ X線管電圧調整器 | ⑫ ガラス管ヒューズ |
| ⑥ X線管電圧計 | ⑬ 透明防じんカバー |
| ⑦ X線管電流調整器 | ⑭ チェック調整盤(内蔵) |

図3 制御器盤面



- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ① パルスX線線源 | ⑤ 負電極 | ⑨ スリット(鉛) |
| ② 缶入ビール | ⑥ 集電極 | ⑩ プリアンプ |
| ③ 差動イオン槽 | ⑦ 正極側イオン槽 | ⑪ コンベヤ |
| ④ 正電極 | ⑧ 負極側イオン槽 | ⑫ 切換スイッチ |

図4 差動イオン槽構造図

X線発生器として高性能小形X線管および高圧シリコン整流素子を用いるなど小形化、長寿命化をはかった。

X線放射孔部には、遮へい筒およびフィルタを取り付け、装置全体の遮へいを完全なものとし、利用X線以外の漏えいおよび二次散乱線の漏えいを防止している。

X線発生器は、上部で充てん液量検出装置と一体に結合され、設置精度を上げるため、独特の水準器を内蔵している。冷却は、水冷と内部かくはんの二方式を併用しており、連続運転が可能である。

X線制御器は、X線発生器と低圧ケーブルによって接続され、箱体は据置式として設置される。盤面には、図3に示すように各種メータ類および調整器類、スイッチ類が操作しやすく配置されている。

電源ボタンは、コンベヤシステムとインターロックされX線放射を缶ビールの走行によって行なわせるようにしてある。

X線発生器および制御器の性能は下記のとおりである。

- | | |
|---------|-----------------|
| X線管回路方式 | グレッツ結線全波整流回路 |
| X線管電圧範囲 | 60~100 kVP 連続可変 |
| X線管電流範囲 | 2~5 mA 連続可変 |

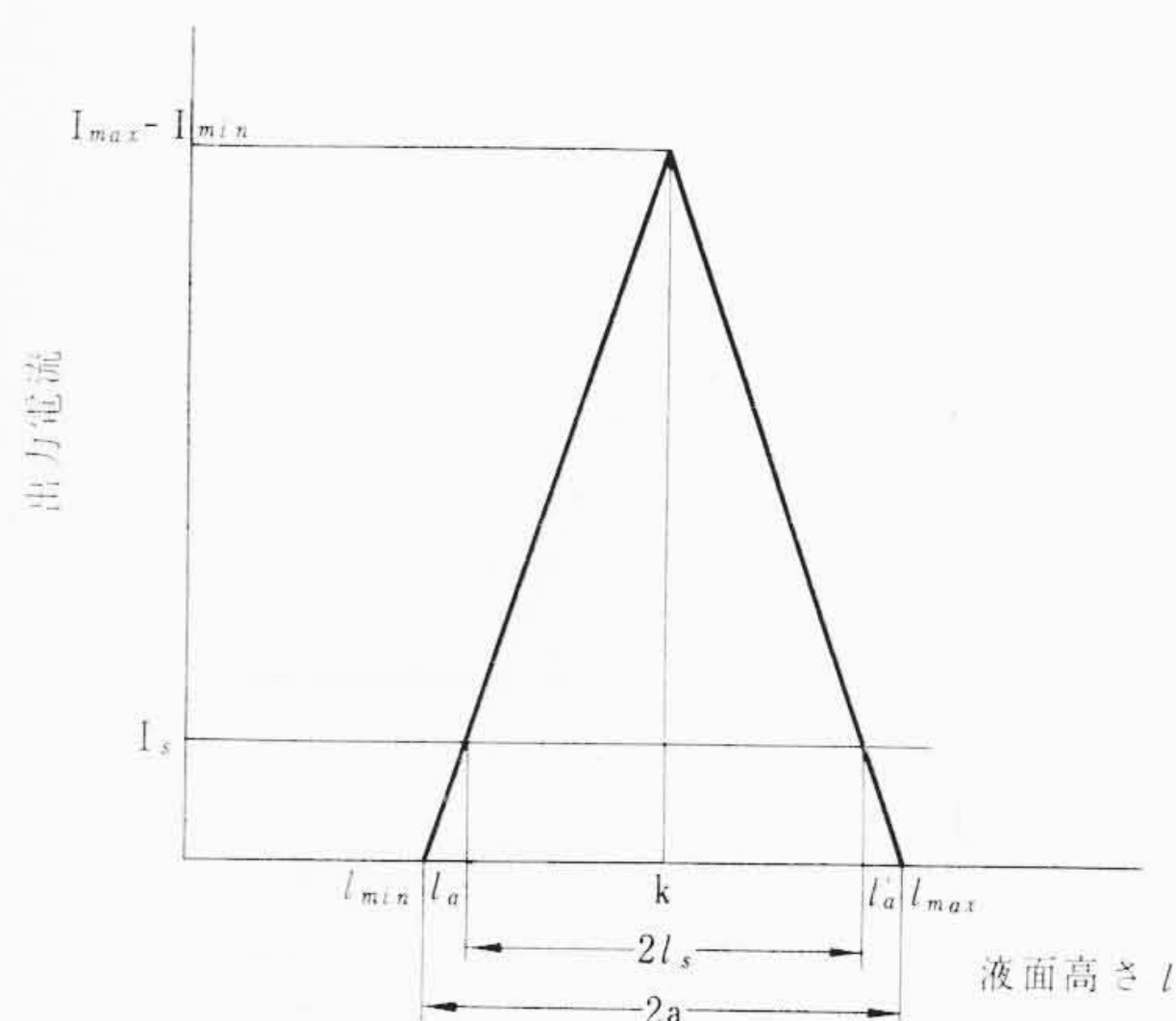


図5 差動イオン槽出力特性

X線管	SI0-160-5B
焦点	1.5×1.5mm
冷却方式	強制水冷方式と内部かくはん方式の併用
X線放射制御	缶ビールの流れと電源位相に同期して、高圧回路を開閉
保護回路	過電圧、過電流リレー、温度リミッタ、水流リレー

3.2 X線検出器

3.2.1 X線検出器の構造

図4に本装置のため開発された差動イオン槽の原理的構成図を示す。差動イオン槽③は正電極④と集電極⑥で作られる正極側イオン槽⑦と負電極⑤と集電極⑥で作られる負極側イオン槽⑧とに分けられる。上記⑦⑧のイオン槽の形状、体積を等しくすると⑦⑧に同一線量のX線が入射している限り両槽のイオン電流は、相殺され、出力は現われない。

上記イオン槽③は、被検査容器搬送用コンベヤ⑪をはさんでパルスX線線源①と差動イオン槽③とをおき差動イオン槽③の集電極⑥の位置が、缶ビール②の標準となる液面レベルと一致する高さにおく。さらに差動イオン槽③の正負両極側イオン槽⑦⑧にX線が対称的に入射するようX線源を設置する。

図4差動イオン槽構造図に置かれたスリット⑨の上下幅が k を中心として $2a$ の幅だけ開いていることにした場合の差動イオン槽③の出力と缶入ビール②の液面レベル l との関係は、図5差動イオン槽出力特性で示す曲線により示される。すなわち缶入ビール②の液面レベルが、スリットの下限高さ $(k-a)$ とX線源を結ぶ平面に接する位置 l_{min} に来ると前記差動イオン槽③の正負極側両イオン槽⑦⑧に入射するX線に、アンバランスをきたし、差動イオン槽③に出力が現われる。上記液面レベル l が、 k に等しくなると差動イオン槽出力は最大となり、さらに液面レベル l が、スリットの上限高さ $(k+a)$ とX線源とを結ぶ平面に接する高さ、すなわち l_{max} 以上においては、出力は、零に戻る。

さてこのようにして得られる出力電流を基準値 I_s と比較することにより、ビール液面高さ l が、 $l_a < l < l'_a$ にあるか否かを、区別することができる。

被検査容器の液面が、基準液面より下でないことを検査したいときは、図4の切換スイッチ⑫を切換え、正極側イオン槽を動作させないようにする。こうすると負極側イオン槽⑧は、通常の二極式イオン槽として動作する（以後単一動作という）。

単一動作をさせた場合のビールの液面高さ出力電流の関係を示したのが図6である。この場合被検査容器の液面が下るにしたがって、出力信号が大きくなる。

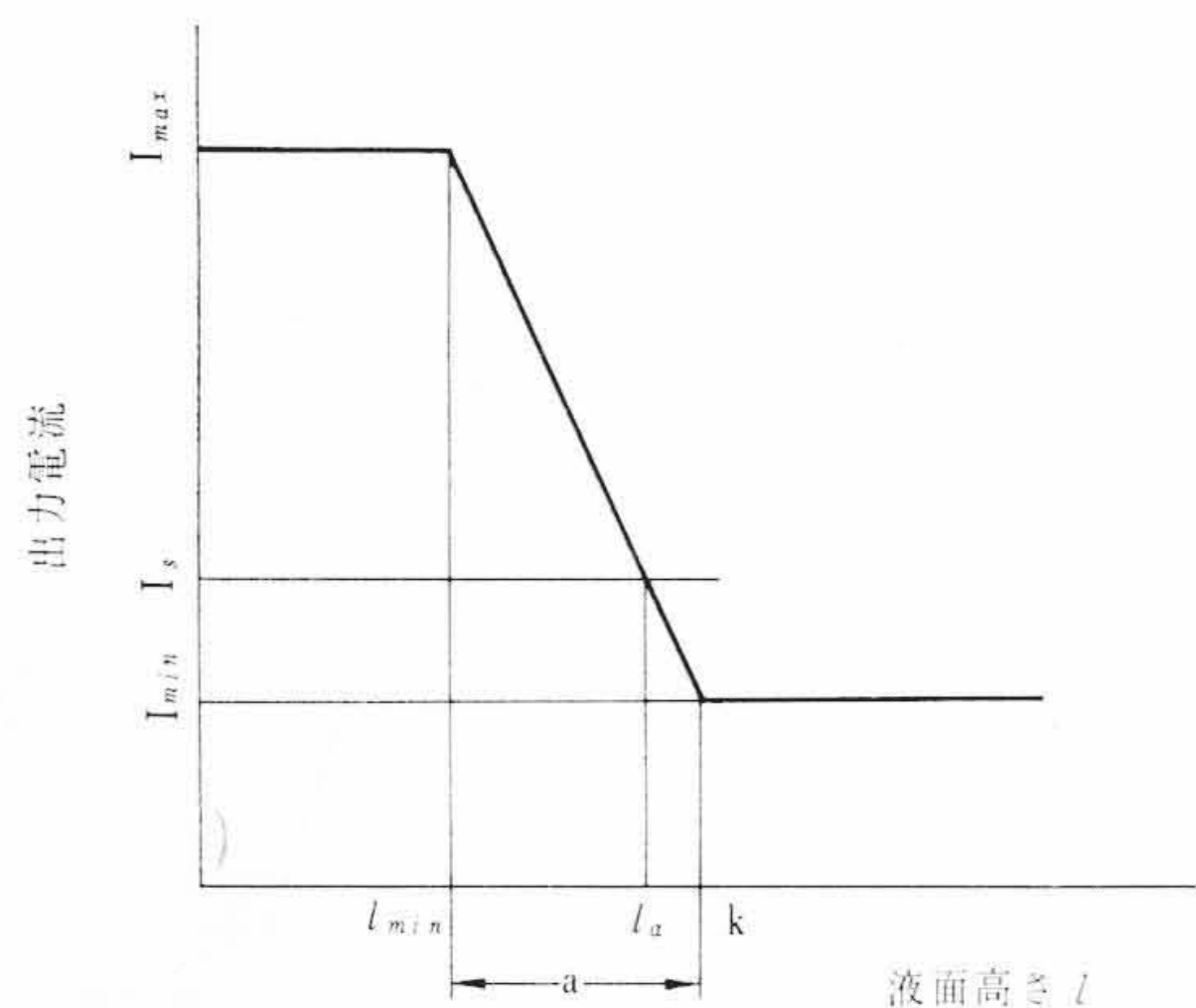


図6 単一動作イオン槽出力特性

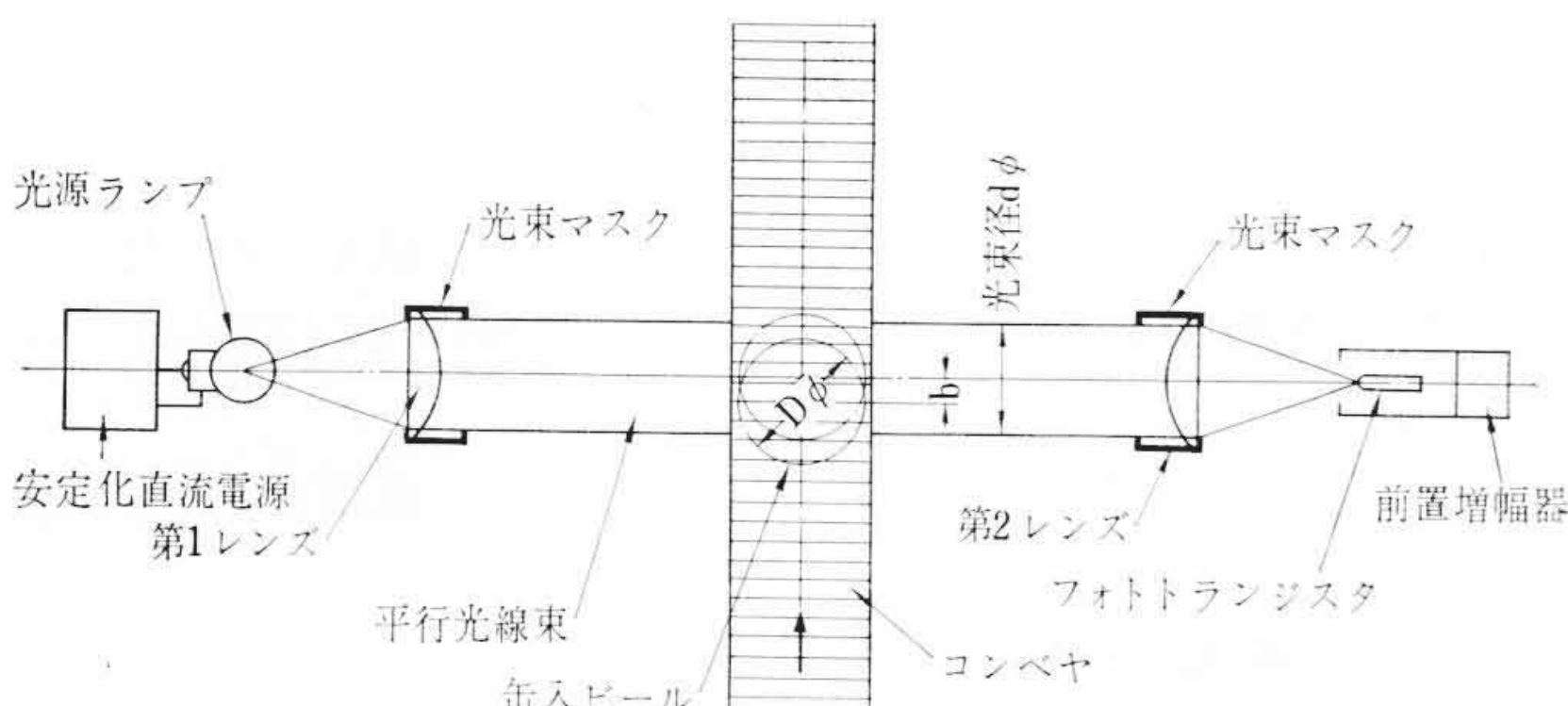


図7 位置検出器構造図

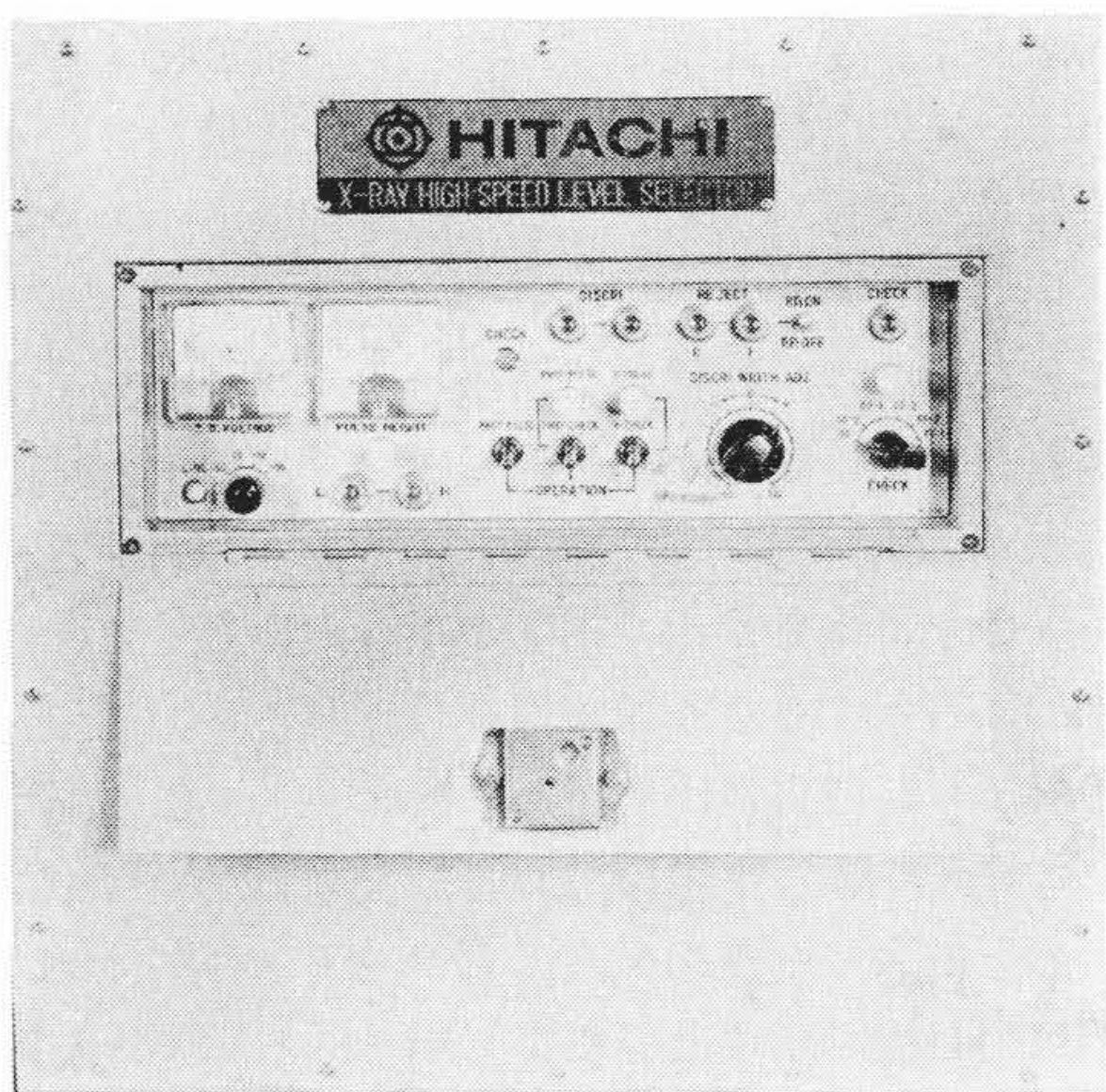


図8 演算器

3.2.2 イオン槽およびプリアンプの問題点

X線発生器は、100 c/s または 120 c/s のパルス状X線を発生する。したがってイオン槽出力もパルス状のものであるため、プリアンプは、交流増幅器を安定に動作させることができた。

本装置が使用される場所が、高温多湿なので、入力インピーダンスを比較的低い値に設定した。このためイオン槽の出力電流が大きいことが望まれる。出力電流を大きくするためには、X線量の増大、イオン槽有効容積の増大、イオン槽の量子効率の増大が考えられる。X線量を増大することはX線発生器の容量で制限されるとともに、X線防護の点からも、制限される。またイオン槽有効容積は、液面の測定精度、機械的な構造上の制約をうける。ここでは、量子効率を上げるため、特殊なガスを用いて良結果を得た。

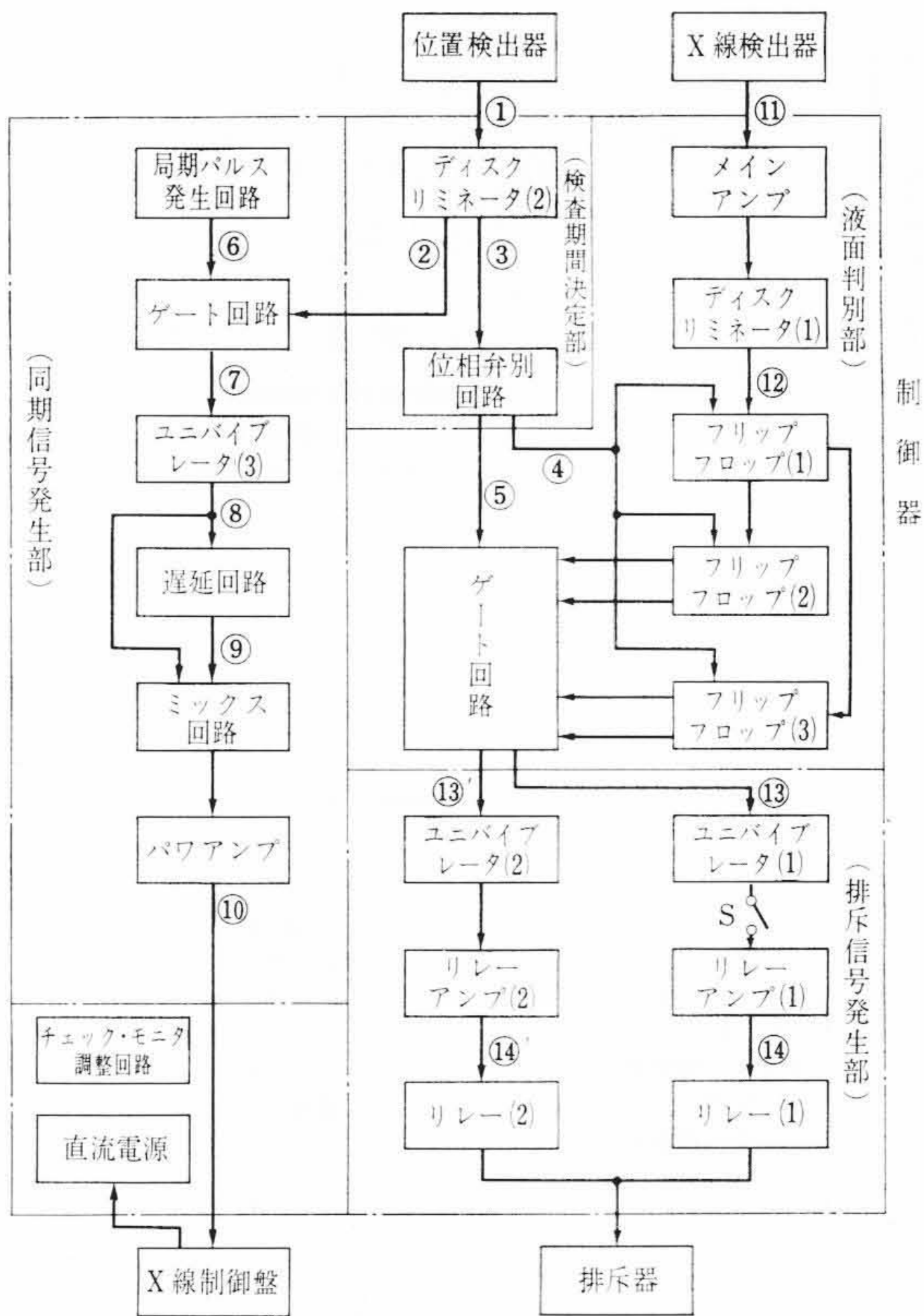


図9 演算器ブロック線図

3.3 位置検出器

位置検出器は、コンベヤ上の缶入ビールが検査位置にはいったときと検査位置を出たときを検出し、検査期間を決定するための信号を発生する。構造は図7に示すように、光源ランプ、レンズ系、光束マスク、フォトトランジスタ、および前置増幅器によって構成される。光源ランプには、小さいフィラメントのものを用い、電源には安定化直流電源を用いて光量を一定にした。レンズ系は、凸レンズ2個をタンデムに組合せ、おのこの焦点位置に光源ランプおよび、フォトトランジスタ受光部を配置して、光源ランプ光が平行光線となってコンベヤ上を横切り、効率よくフォトトランジスタ受光部に集束する構造である。フォトトランジスタは、前置増幅器と一体で、防湿構造になっている。

3.4 演算器

演算器の外観を図8に示す。演算器を小形化するとともに信頼性を高めるため全トランジスタ化した。回路をブロック別に、プリント基板に配線し一枚のプリント基板に同一構成の二つの回路を設け、各回路のリード端子を、それぞれ各回路ごとのグループに区画した線に対して対称となるように配列した。通常は一方の回路を使用し、この回路が不良になったときは、プリント基板を反転し故障時の保守が迅速に行なえるようにした。

演算器の構成は図9演算器ブロック線図で示される。

図中各ブロック間で送受される信号波形は、図9に記入された数字と図10演算器内信号波形のそれとが同一番号で示される。

図9,10により演算器の動作原理を説明する。

缶ビールがコンベヤにより運ばれて検査位置にはいるにつれて位置検出器の出力が負の方向へ変化する(波形①)。

被検査容器がX線検出器の前面をおったとき、すなわち位置検出器の出力が V_D となったとき、検査期間決定部のディスクリミネータ(2)が動作し、波形②で示す信号とその微分波形③が作られる。②の信号は、同期信号発生部に送られ③の信号は、位相弁別回路を

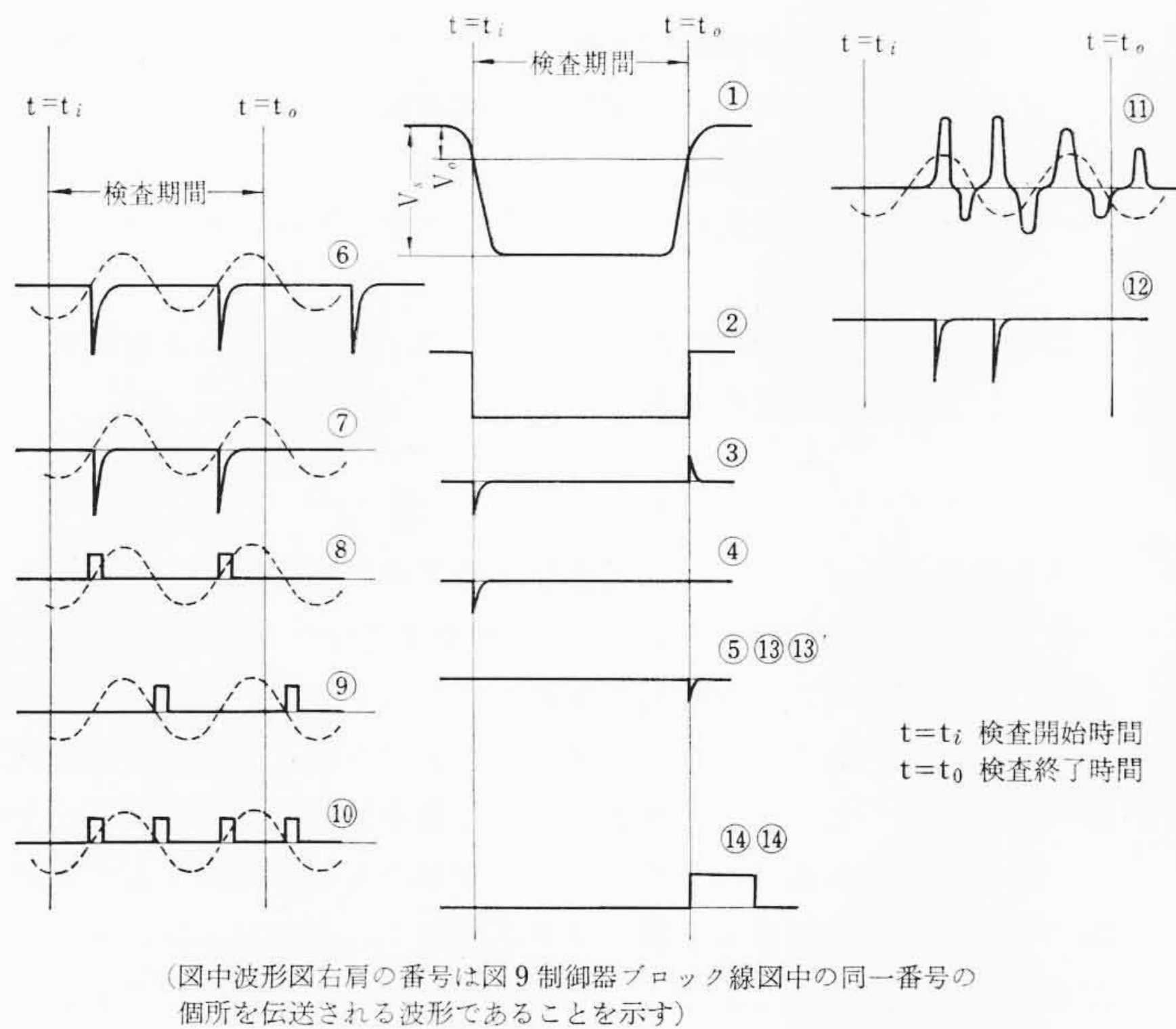


図10 演算器内信号波形

経て液面判別部に送られる (波形④)。

同期信号発生部の同期パルス発生回路では、波形⑥で示すように電源電圧が負から正へ変化する瞬間にパルスを発生している。このパルスは、検査期間決定部で作られた②の信号によりゲート回路が開かれた期間だけユニバイプレータ(3)へ送られる (波形⑦)。

⑦の信号で励起されたユニバイプレータは約3msのパルスを発生する (波形⑧)。このパルスはミックス回路と遅延回路に送られる。

遅延回路で電源周波数の半サイクル分だけ遅らされた⑨の信号はミックス回路で⑧の信号で組み合わせられ一連のパルス群となりパワーアンプで増幅され、X線制御器に送られる (波形⑩)。X線制御器では1個のパルスにつき半サイクル分だけ、高圧電源が投入される。同期信号発生部のパルスの作られ方からわかるとおり、高圧電源は、缶入ビールが検査位置にはいって、電源電圧が、正の半サイクルの立上りに投入され必ず負の半サイクルの終わりに遮断される。このようにして高圧電源の投入遮断に関する種々のトラブルを避けることができた。さて一方検査期間決定部で作られた④の信号は液面判別部のフリップフロップ(1)～(3)をリセットする。同時にX線発生器から発生したX線は缶入ビールを透過してX線検出器により⑪で示すような100c/sの交流信号に変換されて、液面判別部に送られて来る。この信号は主アンプでそのまま増幅され、その波高値が基準値以上のものは、ディスクリミネータ①によりパルス化され、フリップフロップ(1)～(3)に送られる (波形⑫)。フリップフロップ(1)～(3)はそのパルスの数を0、1または2以上であるかを区別して記憶していき、その記憶した数によりゲート回路を、適宜開閉する。缶入ビールが検査位置をはずれるとき、位置検出部の出力電圧は上昇し (波形⑬) ディスクリミネータ(2)の信号電圧も上昇する。このとき同期信号発生部のゲート回路が閉じられ、X線の発生は停止される。同時にディスクリミネータの微分出力 (波形⑭) は位相弁別回路を経て⑤で示す信号波形に変換され液面判別部のゲート回路に送られる。このときまでにフリップフロップ(1)～(3)により記憶されたパルス数により、ゲートが開閉されているので検出期間決定部で作られたパルス⑤は排斥信号発生部のユニバイプレータ(1)または(2)に送られるかあるいは、ゲート回路で阻止される。排斥信号発生部に上記パルスが送られるとユニバイプレータ(1)または(2)が励起され10～20msのパルスを作る。このパルス幅の時

表1 イオン槽動作方式とゲート回路開閉の関係

検査期間中に得られたパルス数		0	1	2以上
イオン槽：差動動作させた場合	可否の判定	不良	疑問	合格
	ゲートの開閉	ユニバイプレータ(2)に対し開	ユニバイプレータ(1)に対し開	閉
イオン槽：単一動作させた場合	可否の判定	合格	疑問	不良
	ゲートの開閉	閉	ユニバイプレータ(1)に対し開	ユニバイプレータ(2)に対し開

間だけ排斥器の高速電磁弁が開かれ、被検査容器はこの電磁弁から吐出される圧縮空気によって、コンベヤ上から吹き落される。X線検出器から送られて来る信号は、X線検出器で述べたようにイオン槽を差動動作させたときは、缶入ビールの液面が標準液面からはずれるほど小さな信号となり、検査期間中に、フリップフロップが記憶するパルス数も少なくなる。X線検出器のイオン槽を差動動作させずに単一動作させた場合は缶ビールの液面が、基準値から下がるほど出力信号は大きくなり、記憶されるパルス数は多くなる。記憶されるパルス数によってゲートは表1に示すように、開閉される。この表からわかるように、イオン槽を差動動作させた場合と単一動作させた場合、ゲート回路の開閉の仕方を変更しなければならない。

本装置では、ゲート回路に組み込まれたプリント基板に切換スイッチを取り付けてこのスイッチを切り換えることによって、上記変更が行なわれるようにした。また図9のSで示すスイッチを閉じておくと、疑問缶、不良缶いずれも排斥することができる。Sを開いておくと、ユニバイプレータ(1)の信号はリレー(1)に送られず、したがって疑問缶は排斥されない。この切換スイッチは、演算器に取り付けられている。演算器パネル面では、装置のモニタ、チェックおよび調整ができるようになっている。

パネル面で行なわれるおもな内容は、下記のようなものである。

- (1) 演算器電源電圧のモニタ
- (2) X線量のモニタ
- (3) 液面判別部演算回路の動作のチェック
- (4) 同期信号発生部パルス発生の有無のチェック
- (5) 疑問缶を排斥するか否かの切換
- (6) 選別液面レベルの微調整

などである。

3.5 不良缶排斥器

不良缶排斥器は、圧縮空気吐出用ノズルを直結した高速電磁弁と、その支持機構、コンプレッサ、圧縮空気だめおよびその配管によって構成され、X線検出器の直後にコンベヤラインに対向して設置される。演算器から送られる排斥信号により、不良缶を圧縮空気によって確実にコンベヤ上から排斥する。圧縮空気圧は約7kg/cm²、高速電磁弁の動作時間は17～20msで安定に動作している。なお高速電磁弁は、500万回の寿命試験においても、なんら異状を認めなかった。

4. 特 長

装置の特長を要約すれば、次のとおりである。

- (1) 透過X線検出部には、イオン槽を採用したので動作が安定で感度低下がなく、その寿命は半永久的である。
- (2) 三極式差動イオン槽を開発し、採用したことにより、液面の上限下限を、1台の装置で検出できる。また切換スイッチにより下限のみを検出することも可能である。
- (3) 全波整流形X線装置により、連続してパルス状にX線を放射し1個の容器に対し多数回の検査を行ない、演算器で合

否の判定をする。多段チェック方式を採用しているので液体の波立ち、缶の継ぎ目などによる誤動作がない。

- (4) X線の放射および、遮断は電氣的に行なわれるので、機械的シャッタを用いた場合のような、動作時間おくれ、バラツキなどによる誤動作および故障がない。
- (5) 電子回路の回路素子に真空管を用いず、すべてトランジスタおよびダイオードを用いて小形安定化してあり、信頼性が高い。
- (6) 電子回路をブロック化し、各段ごとにチェック回路をそう入してあるので、スイッチおよび、表示ランプなどにより、容易に動作状態がチェックできる。
- (7) 電子回路はプリント配線方式で、各ブロックごとに予備を組み込んであるので、故障のさいは、応急修理ができる。
- (8) 電源変動に対しても正常な動作をする安定化回路が採用してある。
- (9) X線量の最適条件をメータおよび、ランプで表示し、そのチェックが容易である。
- (10) 過電圧、過電流、過熱などに対する各種保護回路を内蔵し、装置の保護をした。
- (11) X線発生器には、信頼度の高い長寿命の高電圧シリコン整流器を用いている。
- (12) X線発生器は、信頼度の高い油絶縁方式を採用し、外部水

冷と、内部強制循環冷却を併用しているので、局部的な、温度上昇がなく、安定した連続運転ができる。

- (13) X線管は、単独で遮へいしてあり、ツープス、フィルタの使用、二次散乱線の遮へいなど十分なX線防護が施されており安全である。
- (14) 防湿、防滴構造になっているので、湿度の高いふん囲気中でも動作が安定である。

5. 結 言

本装置はサッポロビール株式会社目黒工場に納入され、缶ビールの量目検査選別を実動しているが、当初要求された 600 缶/分の検査速度と基準液面高さ以下のものを確実に排斥するという検査仕様を満足している。以上このたび開発された密封容器X線高速自動選別器について述べたが、その検査対象は各種液体の缶詰めばかりでなく、粉体や表面が水平に充てんされた固形のものについても十分検出できる。容器の材質も、紙、プラスチック、金属および、ガラスなどについても可能である。したがって今後各方面において本装置の利用が期待される。

おわりに、製品化にあたり種々ご助言、ご協力をいただいた、サッポロビール株式会社目黒工場の関係者のかたがたに厚くお礼申し上げる。また開発についてご指導ご援助をたまわった日立製作所中央研究所の各位に感謝する。

第 29 卷

日 立

第 4 号

目 次

- 随 筆 矢野健太郎
- 働 ら く 町 の 音 楽 の 火
- カ ル テ は コ ン ピ ュ ー タ が 預 り ま す
- 科学的な病歴管理の実現へ——
- 染 色 の 自 動 化 は 進 む
- 北 海 道 ・ 国 鉄 電 化 の う ぶ 声
- 世 界 で も 珍 し い 円 形 エ レ ベ ー タ
- 放 流 水 に 金 魚 が 住 め る
- 画期的な日立浄化槽<ハイバッキ>

- ラ リ ー か ら 学 ぶ も の
- モンテカルロラリー——
- 未 知 へ 挑 む——MHD 発電研究ブームのなかで——
- カ ラ ー スポ ッ ト 「 ら せ ん 道 」
- ハ イ ラ イ ト 「 遠 大 な 計 画 に 生 き る 」
- H ・ S ・ F ・ 「 思 わ ぬ 効 果 」
- 話 の ロ ビ ー 「 科 学 番 組 う ら ば な し 」
- サ イ エ ン ス ジ ョ ッ キ ー

発行所 日 立 評 論 社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地

振替口座 東京 71824 番

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地

振替口座 東京 20018 番