

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3714745号  
(P3714745)

(45) 発行日 平成17年11月9日(2005.11.9)

(24) 登録日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

H05G 1/08

H05G 1/08

Z

H05G 1/20

H05G 1/20

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平8-299297	(73) 特許権者	000153498
(22) 出願日	平成8年10月24日(1996.10.24)		株式会社日立メディコ
(65) 公開番号	特開平10-125492		東京都千代田区内神田1丁目1番14号
(43) 公開日	平成10年5月15日(1998.5.15)	(72) 発明者	高橋 順
審査請求日	平成15年10月8日(2003.10.8)		東京都千代田区内神田一丁目1番14号
			株式会社 日立メ
			ディコ内
		(72) 発明者	高野 博司
			東京都千代田区内神田一丁目1番14号
			株式会社 日立メ
			ディコ内
		(72) 発明者	坂本 和彦
			東京都千代田区内神田一丁目1番14号
			株式会社 日立メ
			ディコ内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インバータ式X線高電圧装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直流電源と、この直流電源を高周波の交流に変換するインバータ回路と、このインバータ回路の出力電圧を昇圧する高電圧変圧器と、この高電圧変圧器の出力を整流してX線管に印加する高電圧整流回路とを備えてなるインバータ式X線高電圧装置において、前記インバータ回路のスイッチング素子をその素子と比較してより熱伝導率の高い金属板に固定し、その固定された金属板を前記高電圧変圧器タンクのー外壁面に密着させて前記スイッチング素子の発熱を前記高電圧変圧器タンク内の絶縁油に伝導することを特徴とするインバータ式X線高電圧装置。

【請求項2】

前記直流電源は、商用電源を受電してこれを整流する整流回路からなり、この整流回路のスイッチング素子を前記高電圧変圧器のタンクのー外壁面に取り付けて前記スイッチング素子の発熱を前記高電圧変圧器タンク内の絶縁油に伝導することを特徴とする請求項1に記載のインバータ式X線高電圧装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、直流電源を高周波の交流に変換し、その出力電圧を高電圧変圧器で昇圧した後整流して直流の高電圧を発生し、これをX線管に印加してX線を放射するインバータ式X線高電圧装置に関するものである。

10

20

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

図 6 に従来技術によるインバータ式 X 線高電圧装置の主回路図を示す。

図 6 において、商用の電源電圧を整流回路 1 で直流電圧に変換し、これを平滑コンデンサ 11 で平滑してインバータ回路 2 に入力する。このインバータ回路 2 は、コンデンサ 10 と高電圧変圧器 3 の漏れインダクタンスとの共振現象を利用して高周波の交流に変換し、これを高電圧変圧器 3 で昇圧し、この出力を高電圧整流回路 4 で直流の高電圧に変換して高電圧ケーブル 5 を介して X 線管 6 に印加して X 線を放射するものである。X 線管に印加する高電圧（管電圧と略記）は、インバータ回路 2 の位相差や周波数あるいはパルス幅等の制御により可変する。なお、高電圧変圧器 3 は、通常絶縁耐压の確保と冷却を目的として高電圧整流器 4、後述する管電圧検出器 8 等と共に絶縁油を満たしたタンク 12 内に設置される。また、高電圧ケーブル 5 は静電容量を持っており、これが管電圧の平滑作用をもたらす。

10

## 【 0 0 0 3 】

管電圧を安定化するための管電圧フィードバック制御回路 9 は、実際の管電圧  $V_x$  を管電圧検出器 8 で検出し、これと目標管電圧信号  $V_r$  とを入力して前記インバータ 2 の位相差や周波数あるいはパルス幅を求め、検出した管電圧  $V_x$  が目標管電圧  $V_r$  と一致するようにこれを制御する。管電流はフィラメント加熱回路（図示省略）を用いて X 線管 6 のフィラメントの温度を調節することによって制御する。

## 【 0 0 0 4 】

従来の上記構成のインバータ式 X 線高電圧装置において、インバータ回路 2 のスイッチング素子、例えば絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ IGBT は、X 線曝射中スイッチング損失及び導通損失によって発熱するが、通常それらの IGBT は放熱フィンを伴うヒートシンクと呼ばれる熱容量が大きい金属に固定され、それと同時に冷却ファン等を用いて前記ヒートシンクを強制空冷する手法を用いて冷却している。前記ヒートシンク及び冷却ファンは比較的大きな体積と重量とを要するので、高電圧変圧器タンク 12 とインバータ回路 2 を含むそれ以外の回路 31 を分離配置し同一の筐体内に収納していた。

20

## 【 0 0 0 5 】

## 【発明が解決しようとする課題】

このように、上記冷却用部品は大きなスペースを要するのみでなく高価なものであった。さらに X 線高電圧装置には、大出力を短時間曝射する撮影モードと小出力を長時間曝射する透視モードがあるが、撮影モードにおいては前記 IGBT の損失が大きいため IGBT の温度は急激に上昇するが、高電圧変圧器タンク 12 の温度は、容積が比較的大きい（熱容量が大きい）と同時に油冷式であるために、ほとんど上昇することはない。

30

## 【 0 0 0 6 】

一方、透視モードにおいては電力損失が小さいためにインバータ 2 はほとんど温度上昇はせず、また高電圧変圧器タンク 12 も撮影時よりは若干温度上昇はするもののその上昇は非常に僅かなものであった。従って、上記ヒートシンク及び冷却ファンは主に撮影時のインバータ 2 の温度上昇の抑制のため必要であった。一方、高電圧変圧器タンク 12 内に注入される絶縁油は上述したように絶縁耐压の確保と同時に高電圧変圧器 3 の冷却という二つの目的を有するものであったが、注入される絶縁油量は絶縁耐压の確保の点からのみ決定されていた。すなわち、例えば最高 150 kV に達する高電圧変圧器の二次巻線と、通常アース電位とする高電圧変圧器タンク 12 との絶縁耐压を確保するためにはそれ相応の大きな絶縁距離を設けなければならず、そのスペースに絶縁油が満たされていた。

40

## 【 0 0 0 7 】

しかし、上述したように絶縁油及び高電圧変圧器タンク 12 の温度上昇は非常に小さく、単に冷却という目的からのみ見れば、注入される絶縁油は必要以上に多量であり、その意味でオーバースペックであった。

## 【 0 0 0 8 】

また、一方において最近の医用 X 線装置においては、診断能の高い、鮮鋭な X 線写真を

50

撮るためにX線高電圧装置には高精度で再現性の良い大電流、短時間制御が要求されており、立ち上がりが高速で脈動の無い管電圧波形が求められている(図7に理想的な管電圧波形と実際の管電圧波形とを比較して示す)。したがって、管電圧の立ち上がり、立ち下がり的高速化は同時に写真効果の向上及び軟X線による被爆低減の意味からも強く要求されており、それらを実現する手段としてインバータ回路の動作周波数の高周波化が進んでいる。ところが、その高周波化の障害になる一つの要因として、インバータ回路から高電圧変圧器に至る配線の存在がある。もしこのインダクタンスが大きいままにインバータ回路の動作周波数を高くすると、インダクタンスのインピーダンスは周波数に比例するから、負荷に電流が十分に流れず、所定のX線出力が得られなくなってしまうことになる。従って、高周波化のためにはこのインダクタンスの低減が不可欠の課題となっていた。さらに、最近の医用X線装置は、上述したような性能面だけでなく、設置面積の縮減、小型軽量化、低価格化に対する要求が益々強まる一方であり、中でも高電圧変圧器が装置体積に占める割合は高く、高電圧変圧器を小型化するためにも高周波化が求められている。

10

#### 【0009】

このように上記従来技術では、以下のような課題及び改善されるべき点などがあった。

(1) インバータ回路のスイッチング素子がヒートシンク及び冷却ファンによって冷却されているが、これら冷却部品の占めるスペースは非常に大きくまた高価である。

(2) 高電圧変圧器タンク内に注入される絶縁油は絶縁耐圧の確保と同時に高電圧変圧器の冷却という二つの目的を有するものであるが、注入される絶縁油量は従来絶縁耐圧の確保の点からのみ決定され、冷却という目的からのみ見れば絶縁油は必要以上に多量であり、絶縁油を十分有効に活用できてはいない。

20

(3) インバータ回路2と高電圧変圧器タンク12とを分離配置していたため、インバータ回路2と高電圧変圧器3との間の配線のインダクタンスの低減に限界があった。このため高周波化に限界があり、要求される理想に近い管電圧波形を得て、同時に高電圧変圧器の小型化を図るためにはこの距離を短縮する必要がある。

#### 【0010】

本発明の目的は、小型、安価で医用X線装置に要求される理想に近い管電圧波形を得ることのできるインバータ式X線高電圧装置を提供することにある。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

30

上記目的は、直流電源と、この直流電源を高周波の交流に変換するインバータ回路と、このインバータ回路の出力電圧を昇圧する高電圧変圧器と、この高電圧変圧器の出力を整流してX線管に印加する高電圧整流回路とを備えてなるインバータ式X線高電圧装置において、前記インバータ回路のスイッチング素子をその素子と比較してより熱伝導率の高い金属板に固定し、その固定された金属板を前記高電圧変圧器タンクの一外壁面に密着させて前記スイッチング素子の発熱を前記高電圧変圧器タンク内の絶縁油に伝導することによって達成される。

#### 【0012】

また、上記直流電源は、商用電源をIGBTを用いたパルス幅変調制御方式のコンバータ(特願平6-71303号)やダイオードあるいはサイリスタによる整流回路等を用いて直流に変換する場合において、上記IGBTやダイオード、サイリスタ等の発熱が問題になる場合も上記と同様に上記やダイオード、サイリスタ等をそれらと比較してより熱伝導率の高い金属板に固定し、その固定された金属板を前記高電圧変圧器タンクの一外壁面に密着させて、前記スイッチング素子での発熱を前記高電圧変圧器タンク内の絶縁油に効率よく伝導させることにより達成される。

40

#### 【0013】

このように構成された本発明のインバータ式X線高電圧装置は、

(1) 整流回路(コンバータ回路)やインバータ回路のヒートシンク及び冷却用ファンが除去できるために小型・軽量化と同時にコストの低減が可能になる。

(2) 撮影時において整流回路(コンバータ回路)やインバータ回路のスイッチング素子

50

で発生した熱を高電圧変圧器タンク内の絶縁油に効率よく伝導させることができ、前記スイッチング素子の温度上昇を最小限に抑制できる。また同時に、従来冷却の面では必要以上に多量であった絶縁油を有効に整流回路（コンバータ回路）やインバータ回路の冷却に利用できる。

（３）インバータ回路と高電圧変圧器の配線が短縮できるので、この間のインダクタンスの低減が可能となり、インバータ回路の動作周波数を高くすることによって要求される理想に近い管電圧波形を得ることができ、また高電圧変圧器のさらなる小型化が可能となる。

#### 【００１４】

この結果、設置面積が小さく、小型・軽量、安価で医用Ｘ線装置に要求される理想に近い管電圧波形を得るインバータ式Ｘ線高電圧装置を提供することができる。

10

#### 【００１５】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を添付図面に基づいて詳細に説明する。

図１は本発明によるインバータ式Ｘ線高電圧装置の実装配置の実施例図である。

#### 【００１６】

このＸ線高電圧装置は、整流回路からの直流電圧をインバータを用いて交流電圧に変換し、その出力電圧を昇圧した後整流して直流電圧をＸ線管に供給してＸ線を放射するもので、図６の回路図に示される。整流回路１と、インバータ２と、高電圧変圧器３と、高電圧整流回路４と、高電圧ケーブル５と、Ｘ線管６と、管電圧検出器８と、管電圧フィードバック制御装置９等を備えて構成される。図１はその内、Ｘ線管６は除外して示してある。この回路の機能については、従来と同様であるので説明は省略する。

20

#### 【００１７】

次に、本発明の要部であるインバータ回路２と高電圧変圧器３のタンク１２の構成について先ず大まかに述べる。図１において、本発明によるインバータ回路２は、そのスイッチング素子であるＩＧＢＴ１３が機械的強度に耐えうる程度で比較的熱伝導率が高い金属等の固定板１５にボルトにより平滑コンデンサ１１と共に固定し、その固定板１５がやはり熱伝導率の高い金属などを材料とし高電圧変圧器３及び高電圧整流器４等を内蔵し絶縁油２４を注入する高電圧変圧器タンク１２の一外壁面に密着した状態で固定・保持する。また、インバータ回路２から高電圧変圧器３に至る配線１４は、漏れインダクタンスと配線抵抗の低減のため、ＩＧＢＴ１３の近傍に設けられた接続端子１７を介してタンク内に至り、高電圧変圧器タンク１２内部に設置された高電圧変圧器３に最短距離で達する。一方、Ｘ線制御回路９は、支持具１６に支えられてＩＧＢＴ１３の前面に固定されている。

30

#### 【００１８】

続いて、平滑コンデンサ１１とＩＧＢＴ１３との配置例を図２、図３を用いさらに詳細に説明する。整流回路の出力電圧を平滑するコンデンサ１１は、アルミ電解コンデンサを用いており、配線のインダクタンス成分を低減してＩＧＢＴ１３のスイッチング時のサージ電圧を抑制するためと同時に最小限のスペース内に部品が入るようにＩＧＢＴ１３に可能な限り接近して配置する。また上記コンデンサ１１は耐圧を高くするために２直列とし、その軸を固定板１５の面に沿うよう支持具２２などにより固定板１５に設置する。

40

#### 【００１９】

上記コンデンサ１１は図２のように折り曲がった形状の銅板２１等を用いてＩＧＢＴ１３と電氣的に接続する。図２の実施例では一つのパッケージに２つのスイッチが内蔵されているタイプのモジュールを２個用いており、この２個のモジュールによりフルブリッジのインバータが構成される。３つの端子を有しているこのモジュールの等価回路を図３に示すが、図２における端子は右から順に図３中のＣ１、Ｅ２、Ｃ２Ｅ１の端子にそれぞれ対応している。コンデンサ１１及びＩＧＢＴ１３が固定する固定板１５はねじ穴を設けた高電圧変圧器タンク１２の一外壁面に固定用ボルト２３などにより固定・保持する。

#### 【００２０】

続いて上記の様に構成されたインバータ回路２及び高電圧変圧器タンク１２における熱伝

50

導の経路と I G B T の冷却効果について詳細に述べる。I G B T 1 3 での発熱の一部分は以下に述べる経路の各プロセスにおいて直接周囲の空気や電気配線経路あるいは各部品の支持具等にも伝導されるが、上記発熱の大部分は I G B T 1 3 のケースに、ケースから固定板 1 5 へ、固定板 1 5 から高電圧変圧器タンク 1 2 の壁面に、高電圧変圧器タンク 1 2 の壁面から高電圧変圧器タンク 1 2 内部の絶縁油 2 4 へと順に伝導される。上記 I G B T 1 3 と上記固定板 1 5 とのすき間、及び上記固定板 1 5 と高電圧変圧器タンク 1 2 外壁面とのすき間には、例えばシリコングリース等が塗布されて互いの密着度を高めて（接触面積を大きくすることで接触熱抵抗を小さくして）おり、I G B T 1 3 での発熱が熱容量の大きい高電圧変圧器タンク 1 2 に効率よく伝導され、I G B T 1 3 の冷却効果を高めるようになっている。高電圧変圧器タンク 1 2 内の絶縁油 2 4 は上述したように従来高電圧変圧器 3 のみの冷却という目的から見れば必要以上に多量であり、有効に活用されてはいなかったが、上記の様な構成とすることにより、絶縁油 2 4 は高電圧変圧器 3 のみならず I G B T 1 3 の冷却にも有効に活用でき、インバータ式 X 線高電圧装置にとってバランスのよい熱設計を実現できる。

10

#### 【 0 0 2 1 】

本発明の第二の実施例は整流回路 1 を上記発明のインバータ回路 2 と一体とするものであり、これを図 4 と図 5 を用いて説明する。図 4 は整流回路 1 にパルス幅変調制御方式コンバータ回路（特願平 6 - 7 1 3 0 3 号）を適用した例であり、本発明第二の実施例の要部の構成図、図 5 はその回路図を示している。第一の実施例におけるインバータ回路 2 の場合と同様に前記コンバータ回路のスイッチング素子には一つのパッケージにスイッチが 2 個内蔵された I G B T モジュールを 2 個使用している。上記コンバータ回路用 I G B T モジュールもやはり第一の実施例のインバータ回路用 I G B T モジュールと同様固定板 1 5 に密着した状態で固定し、その発熱が熱容量の大きい高電圧変圧器タンク 1 2 内の絶縁油 2 4 に効率よく伝導するようになっている。配線抵抗やインダクタンス成分を可能な限り小さくするために、上記 I G B T モジュールも平滑コンデンサ 1 1 の近傍に配置し、銅板により電氣的に接続する。I G B T の上面にはスイッチング時のサージ電圧抑制のためのスナバ回路を配置し、I G B T 駆動用の配線（図は省略）などが必要なため、I G B T の上面のスペースはあまり複雑にならないように実装する。このため、図 4 の例ではコンバータ回路用 I G B T モジュールの“E 2”端子は、平滑コンデンサ 1 1 に近い側の I G B T モジュールの側面を沿うように設けられた銅板を介して平滑コンデンサ（2）1 1 のマイナス端子に電氣的に接続する。上記の様な構成とすることにより、絶縁油 2 4 は高電圧変圧器 3 のみならず整流回路 1 及びインバータ回路 2 の冷却にも有効に活用できる。それと同時に省スペース化が図れるのみならず、整流回路 1 からインバータ回路 2 に至るまでの配線を短縮でき、装置の電力損失も低減できる。

20

30

#### 【 0 0 2 2 】

また、第二の実施例において、整流回路 1 にはブリッジの 4 つのスイッチ全てに I G B T を用いるパルス幅変調制御方式のコンバータ回路を適用することとしたが、これは、図 4 のコンバータ回路よりやや力率が低下するものの、二つのコンバータ回路用 I G B T モジュールのうちどちらか一方をダイオードモジュールとするコンバータ回路を適用してもよい。あるいは、一切 I G B T を用いず、I G B T モジュールの代わりにダイオードモジュールあるいはサイリスタモジュールを配置し、その入力側を商用電源に、一方出力側を平滑コンデンサ 1 1 のプラス端子（図 4 中の C 1 端子と接続されている端子）及び同じくコンデンサ 1 1 のマイナス端子（図 4 中の E 2 端子と接続されている端子）と電氣的に接続することにより全波整流回路を構成しても本発明は適用できる。ただし、この場合ダイオードあるいはサイリスタは商用周波数でしか動作しないため発熱はあまり問題にはならず、必ずしも固定板 1 5 に設置して冷却効果を高める必要はなく、他の部品との兼ね合いも考慮して設置しやすい場所に配置すればよい。さらに、上述した実施例において I G B T モジュール同士及び I G B T モジュールと平滑コンデンサ 1 1 との電氣的接続は銅板を用いているが、この電氣的接続には電線を用いても構わない。

40

#### 【 0 0 2 3 】

50

さらに、図 1 においては高電圧整流器 4 の出力電圧は高電圧変圧器タンク 1 2 の上面を介して高電圧ケーブル 5 に出力されているが、高電圧変圧器タンク 1 2 上部のスペースを有効に使用したい場合等には高電圧変圧器タンク 1 2 の側面を介して出力させてもよい。

#### 【 0 0 2 4 】

なお、図 6 においては、インバータ 2 の出力側に共振用のコンデンサ 1 0 を接続したものとして示したが、このコンデンサ 1 0 は、高電圧変圧器 3 の漏れインダクタンスの影響で高周波の電流が上記高電圧変圧器 3 の巻線に十分に流れないことを改善する目的で挿入しており、上記の改善の必要のない場合には挿入しなくてもよい。

#### 【 0 0 2 5 】

#### 【 発明の効果 】

以上で説明したように、本発明によれば、

( 1 ) 整流回路 ( コンバータ回路 ) 及びインバータ回路のヒートシンク及び冷却用ファンが除去できるために小型・軽量化と同時にコストの削減が可能になる。

( 2 ) 撮影時においてインバータのスイッチング素子で発生した熱を熱容量の大きい高電圧変圧器タンクに効率よく伝導することができるために、スイッチング素子の温度上昇を最小限に抑制できる。

( 3 ) インバータ回路と高電圧変圧器の配線が短縮できるので、この間のインダクタンスの低減が可能となり、インバータ動作が高周波化でき、高電圧変圧器の小型化が実現できると同時に要求される理想に近い管電圧波形を得ることができる。

#### 【 0 0 2 6 】

以上の 3 点によって、医用 X 線装置に要求される理想に近い管電圧波形を得ることができ、しかも設置面積が小さく、小型・軽量でしかも安価なインバータ式 X 線高電圧装置を提供することができる。

#### 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の第一の実施例を示すインバータ式 X 線高電圧装置の実装配置図である。

【 図 2 】 本発明の第一の実施例における平滑コンデンサと I G B T の実装状態を示す図である。

【 図 3 】 図 1 に示す実施例に使用する I G B T モジュールの等価回路図である。

【 図 4 】 本発明の第二の実施例におけるコンバータ回路と平滑コンデンサ及びインバータ回路の実装状態を示す図である。

【 図 5 】 図 4 に示す実施例におけるコンバータ回路からインバータ回路まで回路図である。

【 図 6 】 従来のインバータ式 X 線高電圧装置の回路構成図である。

【 図 7 】 医用 X 線装置における管電圧の理想的波形図及び実際の波形図である。

#### 【 符号の説明 】

- 1 整流回路 ( コンバータ回路 )
- 2 インバータ回路
- 3 高電圧変圧器
- 4 高電圧整流器
- 5 高電圧ケーブル
- 6 X 線管
- 8 管電圧検出器
- 1 1 平滑コンデンサ
- 1 2 高電圧変圧器タンク
- 1 3 I G B T
- 1 4 インバータから高電圧変圧器に至る配線
- 1 5 固定板
- 1 9 ヒートシンク
- 2 0 冷却用ファン
- 2 4 絶縁油

10

20

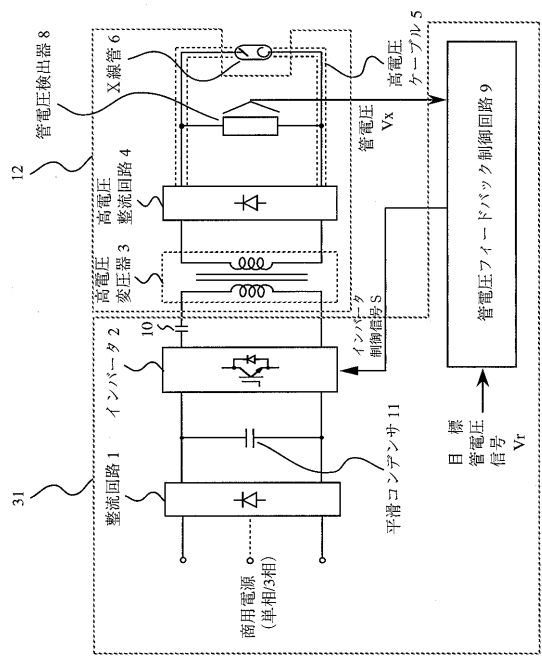
30

40

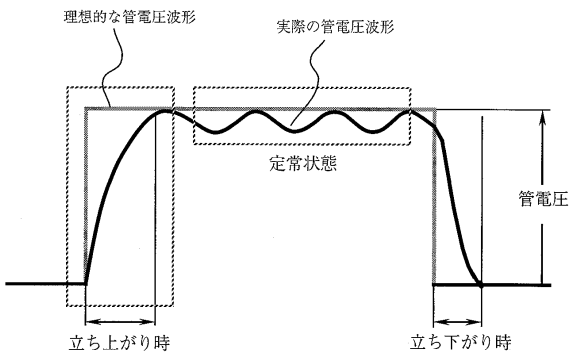
50



【図 6】



【図 7】





---

フロントページの続き

審査官 小田倉 直人

(56)参考文献 特開平 8 - 2 2 8 9 6 ( J P , A )  
特開平 7 - 2 9 5 3 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)  
H05G 1/08  
H05G 1/20