

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-330593  
(P2001-330593A)

(43) 公開日 平成13年11月30日(2001.11.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード*(参考)
G 0 1 N 29/08	5 0 4	G 0 1 N 29/08	5 0 4 2 F 0 6 8
G 0 1 B 17/00		G 0 1 B 17/00	Z 2 G 0 4 7

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-147624(P2000-147624)

(22) 出願日 平成12年5月19日(2000.5.19)

(71) 出願人 393011038

菱栄エンジニアリング株式会社  
愛知県豊田市本地町4丁目52番地

(72) 発明者 佐藤 幸

愛知県豊田市本地町4丁目52番地 菱栄エンジニアリング株式会社内

(72) 発明者 オスカル パネガス

愛知県豊田市本地町4丁目52番地 菱栄エンジニアリング株式会社内

(74) 代理人 100078101

弁理士 綿貫 達雄 (外2名)

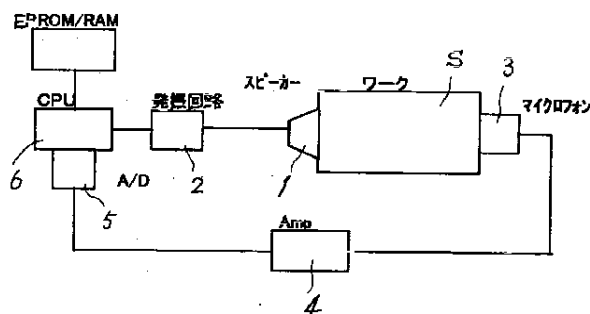
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋳造成形品の連通孔検査方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 確実に連通孔の良否を判定できる鋳造成形品の連通孔検査方法およびその装置を目的とする。

【解決手段】 鋳造成形品の連通孔Hの一端から可聴音波を放射し、連通孔Hを通過してきた可聴音波を他端の連通孔Hで受信し、受信した可聴音波の周波数スペクトルを参照用周波数スペクトルに基づいて演算処理して連通孔Hの良否判定を行う方法と、鋳造成形品の連通孔Hの一端に可聴音波の発信器1を配置するとともに連通孔Hの他端に可聴音波の受信器3を配置し、連通孔Hを通過してきた発信器1からの可聴音波を受信器3より受信し、受信された可聴音波の周波数スペクトルを参照用周波数スペクトルに基づき演算処理装置6によって演算処理し連通孔の良否判定を行う装置である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 鑄造成形品の連通孔の一端から可聴音波を発射し、連通孔を通過してきた可聴音波を他端の連通孔で受信し、受信した可聴音波の周波数スペクトルを参照用周波数スペクトルに基づいて演算処理して連通孔の良否判定を行うことを特徴とする鑄造成形品の連通孔検査方法。

【請求項2】 鑄造成形品の連通孔の一端に可聴音波の発信器を配置するとともに連通孔の他端に可聴音波の受信器を配置し、連通孔を通過してきた発信器からの可聴音波を受信器より受信し、受信された可聴音波の周波数スペクトルを参照用周波数スペクトルに基づき演算処理装置によって演算処理し連通孔の良否判定を行うことを特徴とする鑄造成形品の連通孔検査装置。

【請求項3】 発信器の可聴音波が低周波数から高周波数または高周波数から低周波数となるよう掃引されるものである請求項2に記載の鑄造成形品の連通孔検査装置。

【請求項4】 可聴音波が1～20000Hzの周波数である請求項2または3に記載の鑄造成形品の連通孔検査装置。

【請求項5】 発信器または受信器が複数設けられる請求項2から4のいずれかに記載の鑄造成形品の連通孔検査装置。

【請求項6】 ニューラルネットワークにより受信された可聴音波の周波数スペクトルを演算処理する請求項2から5のいずれかに記載の鑄造成形品の連通孔検査装置。

【請求項7】 良品の目標値に合致する確率の低いものを不良品とする請求項6に記載の鑄造成形品の連通孔検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は鑄造成形品に形成される連通孔の閉塞度を検査する鑄造成形品の連通孔検査方法およびその装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】自動車のシリンダブロックやシリンダヘッド等の鑄造成形品の内部には冷却水用の連通孔を張りめぐらせる必要がある。この連通孔は鋳型内に中子を配置させることにより得られるが、鑄造成形時の熱や溶湯流により、中子が折れたり崩れたりして連通孔が塞がれたり狭窄されると、冷却不良を生じさせ、エンジン効率を低下させたり、焼き付けを起こす恐れがあるため、鑄造成形後、連通孔を全製品検査しなければならなかった。しかし、目視確認できる連通孔はともかく、鑄造成形品内部に複雑に張りめぐらされている連通孔は曲がりくねっていたりするため、人手により光を連通孔の開口から照射して通過してくる反射光を見て良否を判断したり、針金等を通して連通孔の良否を判断する他、複雑な

連通孔は先端を屈曲させることができる内視鏡の光源を用いて良否を判断したり、光ファイバーで内部を観察することが行われているが、針金を通して調べる方法では、複雑な連通孔に針金を通すことが難しいうえに狭窄を知ることが難しかった。しかも、操作が煩雑であるという問題があった。また、複雑な連通孔には内視鏡や光ファイバーを内部まで挿入することができないうえに、人手に頼らざるを得ず大きな労力を要するという問題があった。

【0003】さらに、音波、超音波を発射して連通孔を通過してきた音量から連通孔の閉塞や狭窄を検査する方法では、バイパスが多いと測定が困難であるという問題があり、検査を自動化できる装置の開発が要望されていた。そこで、連通孔開口から連通孔内に照射された光を隣接する連通孔開口に配置させた光センサで検出した、連通孔開口から連通孔内にエアを供給して隣接する連通孔開口におけるエア圧力やエア流量をセンサで検出装置も考えられるが、連通孔内は変色したり粗面となっているため、通過光は1/100以下に減衰して良否を判定できるレベルになく、また、圧力も他の連通孔からエアも漏れるため、分岐点では1/1000以下に減衰して良否を判定できるレベルになく、いずれも実用化は難しいと考えられている。しかも、測定の際、連通孔開口にエア供給孔や圧力センサを密接させてエアが漏れないようにしたり、連通孔開口に光源や光センサをできる限り近接させて減衰を抑える必要があり、測定前の段取りに手間と時間がかかるという問題もあった。そこで本出願にはエスエムシー株式会社と共同で特公平7-76694号公報の目詰まり測定装置を開発し、検査自動化を図ったが、複雑で分岐の多い連通孔での検査には適用できなかった。しかも、エアを利用するため、エア源が必要になり装置が大型化するうえ、重くて取り扱いが厄介となる問題があった。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は確実に連通孔の良否を判定できる鑄造品に形成される鑄造成形品の連通孔の検査方法およびその装置を提供することを目的とするものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】前述の目的を達成するため本発明は、鑄造成形品の連通孔の一端から可聴音波を発射し、連通孔を通過してきた可聴音波を他端の連通孔で受信し、受信した可聴音波の周波数スペクトルを参照用周波数スペクトルに基づいて演算処理して連通孔の良否判定を行う鑄造成形品の連通孔検査方法を請求項1の発明とし、鑄造成形品の連通孔の一端に可聴音波の発信器を配置するとともに連通孔の他端に可聴音波の受信器を配置し、連通孔を通過してきた発信器からの可聴音波を受信器より受信し、受信された可聴音波の周波数スペクトルを参照用周波数スペクトルに基づき演算処理装置に

よって演算処理し連通孔の良否判定を行う鑄造成形品の連通孔検査装置を請求項2の発明とし、請求項2の発明において、音波発信器の可聴音波が低周波数から高周波数または高周波数から低周波数となるよう掃引されるものである鑄造成形品の連通孔検査装置を請求項3の発明とし、請求項2または3の発明において、可聴音波が1～20000Hzの周波数である鑄造成形品の連通孔検査装置を請求項4の発明とし、請求項2から4の発明において、受信器が複数設けられる鑄造成形品の連通孔検査装置を請求項5の発明とし、請求項2から5の発明において、ニューラルネットワークにより受信された可聴音波の周波数スペクトルを演算処理する鑄造成形品の連通孔検査装置を請求項6の発明とし、請求項6の発明において、良品の目標値に合致する確率の低いものを不良品とする鑄造成形品の連通孔検査装置を請求項7の発明とするものである。

#### 【0006】

【発明の実施の形態】次に、シリンダヘッドの水孔の検査を行なう本発明の好ましい実施の形態を図に基いて詳細に説明する。1は可聴音波を発信する発信器であり、該発信器1は非直線状の連通孔Hが形成された検査品（以下、シリンダヘッドSという）の一端に形成された連通孔開口端に取り付けられるスピーカである。また、前記発信器1は発振回路2に接続されて1～6000Hzの可聴音波を発信するものであるが、連通孔Hの径によっては1～20000Hzの可聴音波を用いてもよいものである。1～6000Hzの可聴音波は低周波数から高周波数となるよう周波数を掃引させているが、逆に6000～1Hzとなるよう高周波数から低周波数に掃引させるものとしてもよい。また、複数の発信器1をシリンダヘッドSの一端の複数の開口端に取り付けたものとして、各発信器1から掃引させた可聴音波を発信し、他端の開口に設けたひとつの受信器3により各発信器1からの掃引した可聴音波を受信したり、発信器1の数に対応させてシリンダヘッドSの他端の開口端に取り付けた受信器3により掃引した可聴音波を受信することにより、検出精度を向上させることができる。さらに、複数の発信器1や受信器3は連通孔H内の分岐路等に配置させて検査を行ってもよい。

【0007】前記した受信器3はシリンダヘッドSの他端に形成された連通孔Hの開口に取り付けられるマイクロフォンであり、該マイクロフォンは発信器1により掃引される1Hzから6000Hzの可聴音波が連通孔Hを通じて伝播されてきたとき、その可聴音波を検出するものである。連通孔Hを通過してきた可聴音波は直接連通孔Hの開口に到達した音波もあれば、反射を繰り返して連通孔Hの開口に到達した音波もあり、さらには連通孔内で共鳴して連通孔Hの開口に到達した音波もあるため、これらの音波には連通孔Hの情報を含んでいることとなり、この音波を解析すれば連通孔内の状態を知るこ

とができる。また、検出された周波数スペクトルにノイズが多い場合はフィルターを通してノイズを消したり波形を整形してもよい。

【0008】4は受信器3により検出された電圧信号を増幅する増幅器である。5は増幅器4により増幅されたアナログの電圧信号をデジタル化するA/D変換器である。6はA/D変換器によりデジタル化された信号が入力される演算処理装置であり、該演算処理装置6にはEPROMとRAMが接続されている。そして、A/D変換されてデジタル化された可聴音波の電圧データはRAMに一時的に記憶される。EPROMにはニューラルネットワークの演算式や周波数スペクトルの波形の各点における「重み」式、操作アルゴリズム、掃引周波数データ等が記録されている。前記各点における「重み」はニューラルネットワークの学習過程で求められるものであり、検査品の良品グループは良品の出力層12において目標値1に収束するように「重み」式を学習して求めるものであり、検査品の不良品グループ(1)は不良品の出力層12において目標値1に収束するように「重み」式を学習して求めるものである。このとき連通孔の欠陥タイプが異なる不良品の場合は、そのタイプの不良品グループ(2)が出力層12において目標値1に収束するように「重み」式を学習して求めるものである。すなわち、良品および不良品の出力層12が目標値1に収束するように周波数スペクトルの波形の各点に付ける「重み」式データが参照用周波数スペクトルとなるものである。

【0009】また、前記演算処理装置6は、検出されてRAMに記憶された周波数スペクトルを演算して連通孔Hの良否判定を行なうものである。図8に示される周波数スペクトルは良品の場合のスペクトルであり、図9に示される周波数スペクトルは2箇所閉塞がある不良品のスペクトルであり、図10に示される周波数スペクトルは1箇所閉塞がある不良品のスペクトルであり、図11に示される周波数スペクトルは1箇所閉塞が別の不良品のスペクトルである。この良否判定をニューラルネットワークにより行なうことにより、類似性を学習させてばらつきを容認できるようになり検査精度と検査速度を向上させることができる。また、ニューラルネットワークにより良否判定は、図12の原理図のように、入力層10と中間層11と出力層12とからなるバックプロバケーション（誤差逆伝播法）により行うものとしている。

【0010】バックプロバケーションは検査済みの良品と不良品のシリンダヘッドSに基づいて学習を行い、良品では良品の出力層12が目標値1に収束するようにし、不良品では不良品の出力層12が目標値1に収束するよう「重み」式を求めるものである。しかし、大量に鑄造されるシリンダヘッドSには良品でもなく、不良品でもない出力値を出力することがある。たとえば、出力層12の良品の出力値が0.3となり、不良品が0.2

3となった場合、良品とも不良品とも判定しがたい値となるので、このような場合は作業員は不良品と判定する。さらに、鋳造ライン上には気温等によりシリンダヘッドSの温度が高いものや低いものが混じって流れてくる。この温度差により周波数特性が横にずれることが発生するので、このようなときには演算処理装置6による相互相関関数を求めて補正を行うか、シリンダヘッドSの温度を測定して演算処理装置6により補正を行なう。

【0011】このように構成されたものは、図2、3に示されるように、シリンダヘッドSに形成された連通路の一端の開口に発信器1を取り付けるとともに、シリンダヘッドSの他端の開口に受信器3を取り付ける。そして、1～6000Hzの可聴音を発信器1から掃引させる。連通路の一方の開口から発信された可聴音波は連通路H内に進入して他方の連通路の開口に向かうこととなるが、可聴音波は非直線状の連通路内で反射したり、共鳴したり、あるいは直接他端の開口に達することとなる。

【0012】そして、シリンダヘッドSの他端の開口に取り付けられた受信器3により掃引された周波数の可聴音波が受信される。受信された可聴音波は電気信号に変換されて増幅器4により増幅され、A/D変換器5によりデジタル信号に変換されて演算処理装置6に入力される。このとき得られる検出値は、良品の周波数スペクトルの場合、図8に示されるように大小のピークが二つあるスペクトルとなる。このときニューラルネットワークの良品の出力層12は目標値1に近い値を出力することとなる。このような良品の周波数スペクトルをもつシリンダヘッドSグループは図4に示されるように学習されて「重み」式が求められることとなる。このような良品の「重み」付けを行ったものを参照用周波数スペクトルとする。また、2箇所欠陥がある不良品の周波数スペクトルの場合、図9に示されるようにピークがないスペクトルとなる。このときニューラルネットワークの不良品の出力層12は目標値1に近い値を出力することとなる。このような不良品の周波数スペクトルをもつシリンダヘッドSグループは図5に示されるように学習されて「重み」式が求められることとなる。このような不良品の「重み」付けを行ったものを参照用周波数スペクトルとする。また、1箇所欠陥がある不良品の周波数スペクトルの場合、図10、11に示されるようなスペクトルとなる。このときニューラルネットワークの不良品の出力層12は目標値1に近い値を出力することとなる。このような不良品の周波数スペクトルをもつシリンダヘッドSグループは図6に示されるように学習されて「重み」式が求められることとなる。このような不良品の「重み」付けを行ったものを参照用周波数スペクトルとする。また、図7は欠陥が不明で、ニューラルネットワークの良品の出力層12が良品と判定できない出力値となり、不良品の出力層12が不良品と判定されるような

出力値となった場合を示すもので、ニューラルネットワークによる学習を行わず照合を行い、良品または不良品でもあるという確率（不明品）を示すこととなるので、作業員はこのような不明品の場合は不良品と判定する。このようにして判定が行われて、良品と決定されたシリンダヘッドSは良品として次工程に搬送され、不良品と決定されたシリンダヘッドSは不良品として工程から排除される。

【0013】なお、前記好ましい実施の形態ではニューラルネットワークを用いて良否判定を行なって良否判定の速度および精度を高めたものとしているが、精度や速度を必要としない場合は、ニューラルネットワークを用いずに演算処理装置により周波数スペクトルのピーク値に基づいて良否判定を行ってもよいことは勿論である。また、好ましい実施の形態では検査する連通路径に応じて1Hzから6000Hzの可聴音を掃引させるものとしているが、連通路Hの径によっては1Hzから20000Hzの可聴音を掃引させて測定を行なうものとしてもよいことは勿論である。さらに、好ましい実施の形態では低周波数から高周波数に向かって掃引を行なっているが、逆に、高周波数から低周波数に向かうよう掃引してもよい。また、好ましい実施の形態では、発信器1や受信器3を1個としているが、発信器1や受信器3を複数取り付けて、一つの発信器1から発信される可聴音を複数の受信器3により受信したり、複数の発信器1から発信される可聴音を組み合わせ得た複合の掃引波形を発信し、一つまたは複数の受信器3により受信することにより、連通路Hの隅部や複雑な流路部、細孔部等の情報を得ることができるので、より検査精度を向上させることができる。さらに、前記好ましい実施の形態では、発信器1や受信器3をシリンダヘッドSの両端に配置させたものとしているが、連通路H内に発信器1や受信器3を適宜配置して、局所的な検査を行ってもよいことは勿論である。

【0014】

【発明の効果】本発明は、前記説明によって明らかなように、連通路の一端から可聴音を発射し、連通路を通過してきた可聴音波を受信し、該可聴音波の周波数スペクトルを参照用周波数スペクトルに基づいて演算処理して連通路の良否判定を行うことにより、従来で困難とされてきた音波による検査を可能とすることができることとなる。また、可聴音を発信することにより、超音波と違って広がりがあるので、広い領域の連通路を検査することができる。また、請求項3のように、周波数を掃引することにより、連通路の孔径サイズが異なる連通路であっても、精度よく検査を行なうことができる。請求項4のように、可聴音を1～20000Hzの周波数とすることにより、大小様々な径の連通路を有する検査品に対応させることができる。請求項5のように、発信器を複数設けることにより、種々の組み合わせの掃引波

形を作ることができるので、離れた位置にある連通孔の隅部や複雑部あるいは狭い部分等の情報を得ることができ、測定精度を向上させることができるうえに、受信器を複数設けることにより情報量が増すので判定の信頼性を向上させることができる、請求項6のように、良否判定をニューラルネットワークで行うことにより、検査精度を高めることができるうえに検査速度が向上するので、生産性を向上させることができる。請求項7のように、良品の目標値に合致する確率の低いものを不良品とすることにより、判定が容易になり検査効率を向上させることができる等種々の利点を有するものである。従って、本発明は従来の問題点を解消した鑄造成形品の連通孔検査方法およびその装置として業界の発展に寄与するところ大なものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好ましい実施の形態を示すブロック図である。

【図2】良品のシリンダブロックの連通孔を示す概略図である。

【図3】不良品のシリンダブロックの連通孔を示す概略図である。

【図4】良品をニューラルネットワークに学習させる状

態を示す説明図である。

【図5】2個所連通孔に欠陥がある不良品をニューラルネットワークに学習させる状態を示す説明図である。

【図6】1個所連通孔に欠陥がある不良品をニューラルネットワークに学習させる状態を示す説明図である。

【図7】ニューラルネットワークにより良否判定ができない状態を示す説明図である。

【図8】良品の周波数スペクトルを示す示すグラフである。

【図9】2個所連通孔に欠陥がある不良品の周波数スペクトルを示す示すグラフである。

【図10】1個所連通孔に欠陥がある不良品の周波数スペクトルを示す示すグラフである。

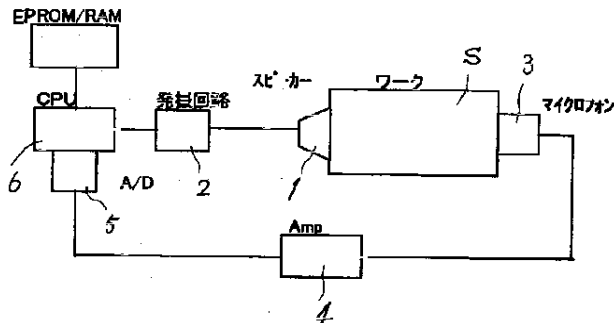
【図11】1個所連通孔に欠陥がある別の不良品の周波数スペクトルを示す示すグラフである。

【図12】ニューラルネットワークの原理を示す説明図である。

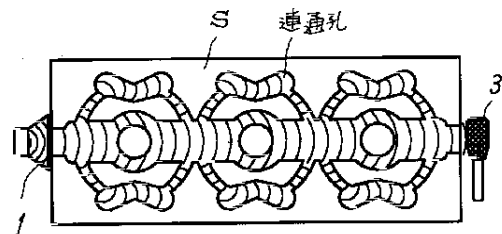
【符号の説明】

- 1 発信器
- 3 受信器
- 6 演算処理装置
- H 連通孔

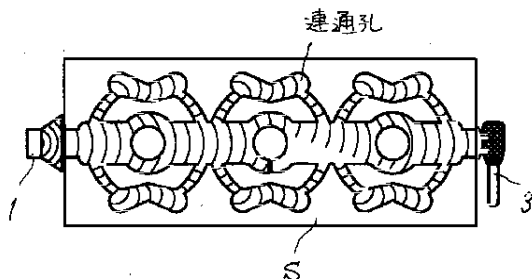
【図1】



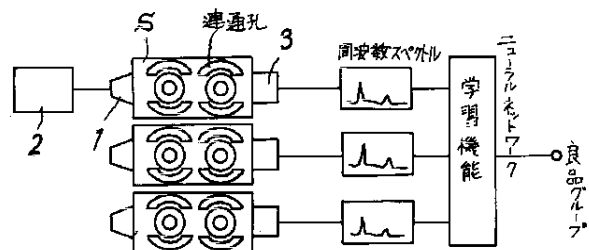
【図2】



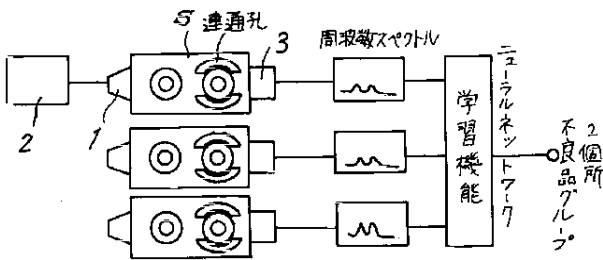
【図3】



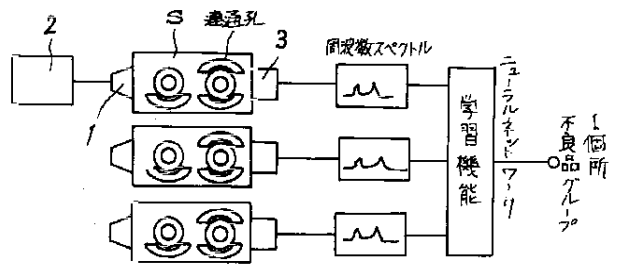
【図4】



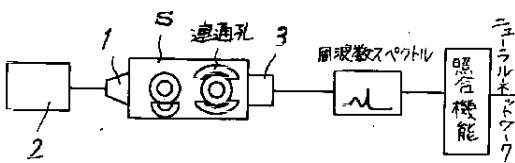
【図5】



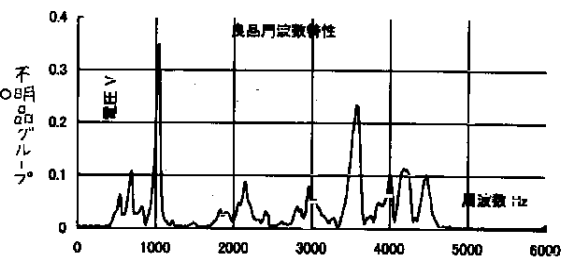
【図6】



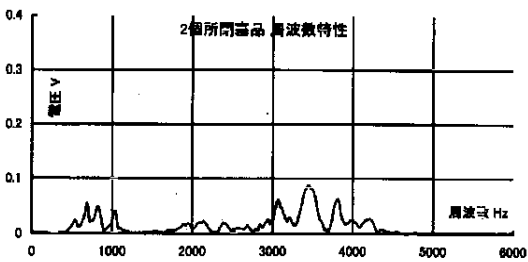
【図7】



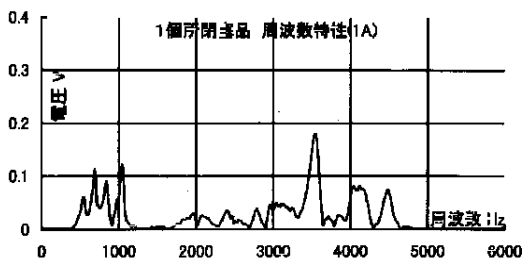
【図8】



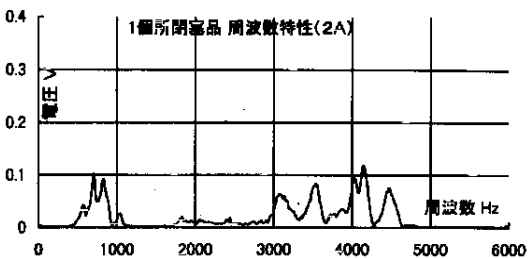
【図9】



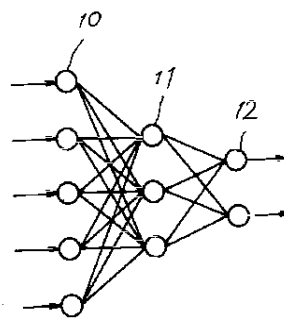
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 豊和  
愛知県豊田市本地町4丁目52番地 菱栄エ  
ンジニアリング株式会社内

Fターム(参考) 2F068 AA48 CC04 FF02 FF11 FF28  
KK15 QQ10  
2G047 AA07 AB01 AB02 AC05 BA01  
BC04 EA10 EA16 GD02 GG10