

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-157626

(P2007-157626A)

(43) 公開日 平成19年6月21日(2007.6.21)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05H 7/02 (2006.01)	H05H 7/02	2G085
H05H 9/00 (2006.01)	H05H 9/00	A
H05H 13/04 (2006.01)	H05H 13/04	P

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2005-354588 (P2005-354588)	(71) 出願人	504151365 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 茨城県つくば市大穂1番地1
(22) 出願日	平成17年12月8日(2005.12.8)	(71) 出願人	501137636 東芝三菱電機産業システム株式会社 東京都港区三田三丁目13番16号
		(74) 代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351 弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波制御装置

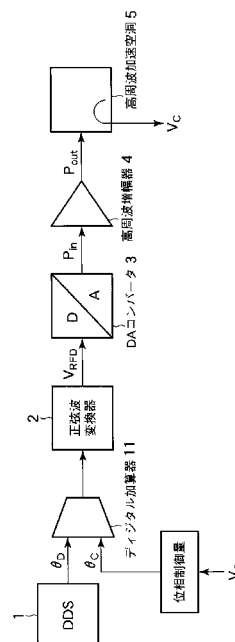
(57) 【要約】

【課題】位相シフタといったアナログ素子を用いることなく高周波電圧の位相を高精度、高安定に制御することができる高周波制御装置を提供する。

【解決手段】デジタルダイレクトシンセサイザ1と、1より出力されるデジタル位相信号を正弦波の振幅デジタル信号に変換する正弦波変換器2と、2からの正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号に変換するDAコンバータ3と、3の出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器4と、4よりの出力を高周波電圧に変換し、荷電粒子を加速する高周波加速空洞5で構成される高周波制御装置において、1の出力部と2の間に1より出力されるデジタル位相信号と、5に発生する高周波電圧の位相を制御するための位相制御量を加算するためのデジタル加算器11を具備したものである。

【選択図】 図1

図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号を正弦波の振幅デジタル信号に変換する正弦波変換器と、前記正弦波変換器により変換された正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号に変換する D A コンバータと、前記 D A コンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換し、荷電粒子を加速する高周波加速空洞で構成される高周波制御装置において、

前記デジタルダイレクトシンセサイザの出力部と、前記正弦波変換器の間に前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号と、前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御するための位相制御量を加算するためのデジタル加算器を具備したことを特徴とする高周波制御装置。

10

## 【請求項 2】

デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号を正弦波の振幅デジタル信号に変換する正弦波変換器と、前記正弦波変換器により変換された正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号に変換する D A コンバータと、前記 D A コンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換し、荷電粒子を加速する高周波加速空洞で構成される高周波制御装置において、

前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧と、高周波電圧によって加速される荷電粒子との位相差を検出する位相差検出器と、前記位相差検出器の出力信号をデジタル信号に変換する A D コンバータと、前記 A D コンバータの出力信号を前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧と、前記高周波加速空洞によって加速される荷電粒子との位相差を一定にする値に制御するコントローラと、前記コントローラよりの出力信号を前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御するための位相制御量としたことを特徴とする高周波制御装置。

20

## 【請求項 3】

デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号を正弦波の振幅デジタル信号に変換する正弦波変換器と、前記正弦波変換器により変換された正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号に変換する D A コンバータと、前記 D A コンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換し、荷電粒子を加速する高周波加速空洞で構成される高周波制御装置において、

高周波電圧に対する荷電粒子の位相差のパターン信号を記憶した記憶装置とを具備し、前記記憶装置に記憶した位相差のパターン信号を、前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御するための位相制御量としたことを特徴とする高周波加速制御装置。

30

## 【請求項 4】

デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号を正弦波の振幅デジタル信号に変換する正弦波変換器と、前記正弦波変換器により変換された正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号に変換する D A コンバータと、前記 D A コンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換し、荷電粒子を加速する高周波加速空洞で構成される高周波制御装置において、

前記高周波増幅器の出力電力を検出する電力検出器と、前記電力検出器の検出信号をデジタル信号に変換する A D コンバータと、前記 A D コンバータの出力信号を高周波増幅器の出力電力に対する位相変化量に変換する電力位相変換器とを具備し、前記電力位相変換器からの電力位相の出力を反転させ位相変化量を打ち消す値を、前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御するための位相制御量としたことを特徴とする高周波制御装置。

40

## 【請求項 5】

50

デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換する位相振幅変換器と、前記デジタル振幅信号をアナログ高周波信号に変換する D A コンバータと、前記 D A コンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換する加速空洞で構成される高周波制御装置において、

前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換するものであって、前記デジタル位相信号を入力として任意の波形を発生する位相振幅変換器を具備したことを特徴とする高周波制御装置。

【請求項 6】

デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換する位相振幅変換器と、デジタル振幅信号をアナログ高周波信号に変換する D A コンバータと、前記 D A コンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換する加速空洞で構成される高周波制御装置において、

前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換するものであって、前記デジタル位相信号に対するデジタル振幅信号を 1 対 1 で記憶した記憶装置とを具備したことを特徴とする高周波制御装置。

【請求項 7】

デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換する位相振幅変換器と、デジタル振幅信号をアナログ高周波信号に変換する D A コンバータと、前記 D A コンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換する加速空洞で構成される高周波制御装置において、

前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換するものであって、前記デジタル位相信号を入力とし、デジタル振幅信号を出力とするデジタル演算装置とを具備したことを特徴とする高周波制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば荷電粒子を高周波電圧を用いて加速するシンクロトロンや、リニアック等の粒子加速器に係わり、特に荷電粒子を適切に加速するため高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御する高周波制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、素粒子物理学分野や工学応用分野、および医療利用の分野において、荷電粒子をシンクロトロンや、リニアックといった高周波電圧を用いて加速する粒子加速器の応用分野が広がっている。

【0003】

このような高周波を利用した粒子加速器においては、粒子を適切に加速するためには加速電圧の位相を高精度かつ高安定に制御する必要がある。

【0004】

このため、高周波信号発生源にはデジタル技術を利用して正弦波を発生する、デジタルダイレクトシンセサイザが適用されてきている。

【0005】

図 9 に従来 of デジタルダイレクトシンセサイザを用いた高周波制御装置を持つシンクロトロン粒子加速器の装置構成の一例を示す。同図において、高周波制御装置はデジタルダイレクトシンセサイザ (D D S) 1、デジタルダイレクトシンセサイザ 1 より出力されるデジタル位相信号  $\phi$  を正弦波の振幅デジタル信号  $V_{RFD}$  に変換する正弦波変換器 2、前記正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号  $V_{RFA}$  に変換する D A コン

10

20

30

40

50

パート3、アナログ位相制御量  $A$  に応じて高周波アナログ信号の位相を制御する移相器 21、移相器 21 の出力の高周波電力  $P_{in}$  を増幅する高周波増幅器 4、高周波増幅器 4 の出力  $P_{out}$  を高周波電圧  $V_c$  に変換し荷電粒子を加速する、高周波加速空洞 5 より構成されている。

【0006】

ここで、移相器 21 のアナログ位相制御量  $A$  は、高周波加速空洞 5 に発生する高周波電圧  $V_c$  と、高周波電圧  $V_c$  によって加速される荷電粒子の電流を CT 6 を用いて検出した電流  $I_B$  との位相差を、検出器 31 を用いて検出し、アナログコントローラ 22 にて前記高周波加速空洞 5 に発生する高周波電圧  $V_c$  と、高周波電圧によって加速される荷電粒子の位相差が一定となるような値とする。

10

【0007】

次に図 10 に従来のアナログ加算器 42 を用いた任意の高周波信号を発生させる方法を示す。一例として基本周波数の高周波に基本周波数の 2 倍の周波数が重畳した高周波信号を得るための方法を示す。

【0008】

デジタルダイレクトシンセサイザ (DDS1) 1<sub>1</sub> より周波数  $f_c$  でデジタル位相信号  $D_1$  を出力するデジタルダイレクトシンセサイザ 1<sub>1</sub> と、デジタル位相信号  $D_1$  を正弦波の振幅デジタル信号  $V_{RFD1}$  に変換する正弦波変換器 2<sub>1</sub> と、前記正弦波の振幅デジタル信号  $V_{RFD1}$  を高周波アナログ信号  $V_{RFA1}$  に変換する DA コンバータ 3<sub>1</sub>、

デジタルダイレクトシンセサイザ 1<sub>1</sub> の 2 倍の周波数  $2f_c$  でデジタル位相信号  $D_2$  を出力するデジタルダイレクトシンセサイザ (DDS2) 1<sub>2</sub>、デジタル位相信号  $D_2$  を正弦波の振幅デジタル信号  $V_{RFD2}$  に変換する正弦波変換器 2<sub>2</sub>、前記正弦波の振幅デジタル信号  $V_{RFD2}$  を高周波アナログ信号  $V_{RFA2}$  に変換する DA コンバータ 3<sub>2</sub>、DA コンバータの出力である高周波アナログ信号を加算するアナログ加算器 42、アナログ加算器の出力の高周波電力  $P_{in}$  を増幅する高周波増幅器 4、高周波増幅器 4 の出力  $P_{out}$  を高周波電圧  $V_c$  に変換し荷電粒子を加速する、高周波加速空洞 5 より構成されている。

20

【0009】

ここで任意の高周波波形を得るためには、デジタルダイレクトシンセサイザ、正弦波変換器、DA コンバータを多段に接続し、デジタルダイレクトシンセサイザの周波数を 2 ~ n 倍にすることで任意の高周波波形を得ることができる。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

ところで、上記のような高周波制御装置においては、高周波信号の位相を制御する際、DA コンバータによって変換された高周波アナログ信号を例えば、移相器といったアナログ素子を用いて制御していた。このため、アナログ素子の温度特性や、周波数特性により、高精度、高安定に制御することが困難であった。

【0011】

本発明は上記の課題を解決するためになされたもので、デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号にデジタル加算器を用いて位相制御量を加算することにより位相を制御できるため、例えば移相器といったアナログ素子を用いることなく高周波信号の位相制御が高精度、高安定に制御することが可能である。

40

【0012】

また、従来技術では任意の高周波信号を発生させる際、DA コンバータによって変換された高周波アナログ信号を、アナログ加算器等を用いて加算することにより希望する波形を得ていた。しかしながら上記方法では、加算する高周波アナログ信号の周波数を増やさないと希望する波形を得られないことが多く、デジタルダイレクトシンセサイザ、位相振幅変換器、DA コンバータの個数が増加する問題があった。加えて、アナログ加算器の温度特性、周波数特性により高精度、高安定に希望する高周波信号を得ることが困難であった。

50

## 【0013】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたもので、デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換する位相振幅変換器に、デジタル位相信号に対して任意の波形を発生する位相振幅変換器を具備することにより容易に任意の波形を発生させることが可能となる高周波制御装置を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0014】

上記課題を達成するために、請求項1に対応する発明は、デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号を正弦波の振幅デジタル信号に変換する正弦波変換器と、前記正弦波変換器により変換された正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号に変換するD/Aコンバータと、前記D/Aコンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換し、荷電粒子を加速する高周波加速空洞で構成される高周波制御装置において、前記デジタルダイレクトシンセサイザの出力部と、前記正弦波変換器の間に前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号と、前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御するための位相制御量を加算するためのデジタル加算器を具備したことを特徴とする高周波制御装置である。

10

## 【0015】

上記課題を達成するために、請求項2に対応する発明は、デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号を正弦波の振幅デジタル信号に変換する正弦波変換器と、前記正弦波変換器により変換された正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号に変換するD/Aコンバータと、前記D/Aコンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換し、荷電粒子を加速する高周波加速空洞で構成される高周波制御装置において、前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧と、高周波電圧によって加速される荷電粒子との位相差を検出する位相差検出器と、前記位相差検出器の出力信号をデジタル信号に変換するA/Dコンバータと、前記A/Dコンバータの出力信号を前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧と、前記高周波加速空洞によって加速される荷電粒子との位相差を一定にする値に制御するコントローラと、前記コントローラよりの出力信号を前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御するための位相制御量としたことを特徴とする高周波制御装置である。

20

30

## 【0016】

上記課題を達成するために、請求項3に対応する発明は、デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号を正弦波の振幅デジタル信号に変換する正弦波変換器と、前記正弦波変換器により変換された正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号に変換するD/Aコンバータと、前記D/Aコンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換し、荷電粒子を加速する高周波加速空洞で構成される高周波制御装置において、高周波電圧に対する荷電粒子の位相差のパターン信号を記憶した記憶装置とを具備し、前記記憶装置に記憶した位相差のパターン信号を、前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御するための位相制御量としたことを特徴とする高周波加速制御装置である。

40

## 【0017】

上記課題を達成するために、請求項4に対応する発明は、デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号を正弦波の振幅デジタル信号に変換する正弦波変換器と、前記正弦波変換器により変換された正弦波の振幅デジタル信号を高周波アナログ信号に変換するD/Aコンバータと、前記D/Aコンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換し、荷電粒子を加速する高周波加速空洞で構成さ

50

れる高周波制御装置において、前記高周波増幅器の出力電力を検出する電力検出器と、前記電力検出器の検出信号をデジタル信号に変換するA/Dコンバータと、前記A/Dコンバータの出力信号を高周波増幅器の出力電力に対する位相変化量に変換する電力位相変換器とを具備し、前記電力位相変換器からの電力位相の出力を反転させ位相変化量を打ち消す値を、前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御するための位相制御量としたことを特徴とする高周波制御装置である。

**【0018】**

上記課題を達成するために、請求項5に対応する発明は、デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換する位相振幅変換器と、前記デジタル振幅信号をアナログ高周波信号に変換するD/Aコンバータと、前記D/Aコンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換する加速空洞で構成される高周波制御装置において、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換するものであって、前記デジタル位相信号を入力として任意の波形を発生する位相振幅変換器を具備したことを特徴とする高周波制御装置である。

10

**【0019】**

上記課題を達成するために、請求項6に対応する発明は、デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換する位相振幅変換器と、デジタル振幅信号をアナログ高周波信号に変換するD/Aコンバータと、前記D/Aコンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換する加速空洞で構成される高周波制御装置において、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換するものであって、前記デジタル位相信号に対するデジタル振幅信号を1対1で記憶した記憶装置とを具備したことを特徴とする高周波制御装置である。

20

**【0020】**

上記課題を達成するために、請求項7に対応する発明は、デジタルダイレクトシンセサイザと、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換する位相振幅変換器と、デジタル振幅信号をアナログ高周波信号に変換するD/Aコンバータと、前記D/Aコンバータの出力である高周波アナログ信号を増幅する高周波増幅器と、前記高周波増幅器よりの出力を高周波電圧に変換する加速空洞で構成される高周波制御装置において、前記デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換するものであって、前記デジタル位相信号を入力とし、デジタル振幅信号を出力とするデジタル演算装置とを具備したことを特徴とする高周波制御装置である。

30

**【0021】**

請求項1に記載の発明によれば、デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号と、高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御する位相制御量を、デジタル加算器を用いて加算することにより、移相器等のアナログ素子を用いることなく高周波電圧の位相を制御することができるため、高周波電圧の位相を高精度、高安定に制御することが可能となる。

40

**【0022】**

請求項2に記載の発明によれば、前記高周波加速空洞に発生する高周波電圧と、高周波電圧によって加速される荷電粒子の位相差を位相差検出器にて検出し、A/Dコンバータによってデジタル信号に変換し、A/Dコンバータの出力デジタル信号をコントローラに入力し、コントローラによって高周波加速空洞に発生する高周波電圧と、高周波加速空洞によって加速される荷電粒子の位相差を一定とする値を出力し、その出力を高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御する位相制御量とすることで、高精度、高安定に高周波加速空洞に発生する電圧と荷電粒子の位相差を一定に制御することが可能となる。

50

## 【0023】

請求項3に記載の発明によれば、高周波加速空洞に発生する高周波電圧と、高周波加速空洞によって加速される荷電粒子の位相差のパターン信号を記憶する記憶装置を具備し、位相制御量を前記位相パターン信号とすることで、高周波加速空洞に発生する高周波電圧と荷電粒子の位相差を、パターン信号に従って高精度、高安定に制御することが可能となる。

## 【0024】

請求項4に記載の発明によれば、高周波増幅器の出力電力を検出する電力検出器と、電力検出器の検出信号をデジタル信号に変換するADコンバータと、ADコンバータの出力信号を高周波増幅器の出力電力に対する位相変化量に変換する位相振幅変換器を具備し、電力位相変換器の出力を反転させ位相変化量を打ち消す値を高周波加速空洞に発生する高周波電圧の位相を制御する位相制御量とすることにより、高周波増幅器出力電力に対する位相変化の補正を高精度、高安定に行うことが可能となる。

10

## 【0025】

請求項5、6、7に記載の発明によれば、デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号をデジタル振幅信号に変換する位相振幅変換器は、前記デジタル位相信号に対して任意の波形を発生する位相振幅変換器とすることで、デジタルダイレクトシンセサイザ、位相振幅変換器、DAコンバータの段数を増やすことなく任意の波形を得ることが可能となるばかりでなく、アナログ加算器を用いないため、高精度、高安定に任意の高周波波形を得ることが可能となる。

20

## 【発明の効果】

## 【0026】

本発明によれば、デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号にデジタル加算器を用いて位相制御量を加算することにより、位相シフトといったアナログ素子を用いることなく高周波電圧の位相を高精度、高安定に制御することができる。

## 【0027】

更に、本発明によれば、デジタルダイレクトシンセサイザより出力されるデジタル位相信号を入力として、任意波形を出力する位相振幅変換器を用いることで、デジタルダイレクトシンセサイザ、正弦波変換器、DAコンバータを多段に接続することなく、任意の高周波出力を高精度、高安定に得ることができる。

30

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0028】

以下、本発明の実施形態について図面を参照し説明する。

## 【0029】

図1は、本発明の第1の実施形態を示す図であり、図中、従来装置を示す図9と同一の要素には、同一の符号を付してその説明を省略する。図1の特徴は、デジタルダイレクトシンセサイザ1より出力されるデジタル位相信号 $\phi_0$ と高周波加速空洞5に発生する高周波電圧 $V_c$ の位相を制御する位相制御量 $\phi_c$ を、デジタル加算器11を用いて加算することにより高周波電圧 $V_c$ の位相を制御する。

40

## 【0030】

図2は、本発明の第2の実施形態を示す図で、高周波加速空洞5に発生する高周波電圧 $V_c$ と、高周波電圧 $V_c$ によって加速される荷電粒子の電流をCT6を用いて検出した電流 $I_0$ との位相差を、検出器31を用いて検出し、検出された位相差信号 $\phi_0$ をADコンバータ32によってデジタル信号に変換し、コントローラ33によって前記位相差が一定値となるように $\phi_c$ を制御することで高周波加速空洞5に発生する高周波電圧 $V_c$ と、荷電粒子との位相差を一定に制御することができる。

## 【0031】

図3は、本発明の第3の実施形態を示す図である。高周波加速空洞に発生する高周波電圧 $V_c$ と、高周波電圧 $V_c$ によって加速される荷電粒子との位相差のパターン信号を、記

50

憶装置 3 4 に記憶しておき、この位相パターン信号を位相制御量  $\phi_c$  とすることで、高周波加速空洞に発生する高周波電圧  $V_c$  と荷電粒子の位相差パターンどおりに制御することが可能となる。図 4 に位相差のパターンの一例を示す図を表す。

【 0 0 3 2 】

図 5 は、本発明の第 4 の実施形態を示す図である。図 6 に示すように高周波増幅器の出力電力  $P_{out}$  に対して位相ずれを生ずる。このずれを補正するため、高周波増幅器の出力電力  $P_{out}$  を電力検出器 5 1 により検出し、A/D コンバータ 5 2 を用いてデジタル信号に変換し、電力位相変換器 5 3 により測定された電力に対する位相ずれの値に変換し、符号反転器 5 4 により電力位相変換器 5 3 の出力信号の符号を反転させた信号を位相制御量  $\phi_c$  とすることで、高周波増幅器の出力電力に対する、位相ずれを零とすることが可能となる。

10

【 0 0 3 3 】

図 7 は、本発明の第 5、第 6、第 7 の実施形態を説明するための図である。第 5 の実施形態位相振幅変換器 1 2 はデジタルダイレクトシンセサイザ 1 より出力されるデジタル位相信号  $\phi_0$  を入力として任意の波形  $V_{ab}$  を出力する。

【 0 0 3 4 】

第 6 の実施形態請求項 6 記載の発明の実施形態では位相振幅変換器 1 2 として記憶装置を用いている。図 8 に前記記憶装置の内部およびデジタル位相信号に対する、デジタル振幅信号  $V_{ab}$  の波形を示す。図に示すように記憶装置はデジタル位相信号  $\phi_0$  に対して、デジタル振幅信号を 1 対 1 で記憶しており、任意の出力波形  $V_{ab}$  を出力することが可能である。

20

【 0 0 3 5 】

第 7 の実施形態では位相振幅変換器 1 2 としてデジタル演算器を用いている。デジタル演算器は、入力をデジタル位相信号  $\phi_0$  とし、出力が  $\phi_0$  の関数  $f(\phi_0)$  で表される演算装置を具備することにより任意の出力波形  $V_{ab}$  を出力することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 6 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態を説明するためのブロック図。

【 図 2 】 本発明の第 2 の実施形態を説明するためのブロック図。

【 図 3 】 本発明の第 3 の実施形態を説明するためのブロック図。

30

【 図 4 】 図 3 に示した実施形態の位相差パターンの一例を示す図。

【 図 5 】 本発明の第 4 の実施形態を説明するためのブロック図。

【 図 6 】 図 5 の高周波増幅器出力電力に対する位相変化を表す図。

【 図 7 】 本発明の第 5、6、7 の実施形態を説明するためのブロック図。

【 図 8 】 図 7 の第 6 の実施形態の記憶装置内部およびデジタル位相信号に対するデジタル振幅信号を示す図。

【 図 9 】 従来 of 位相制御方式の例を示すブロック図。

【 図 10 】 従来 of 任意波形を生成する例を説明するためのブロック図。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 7 】

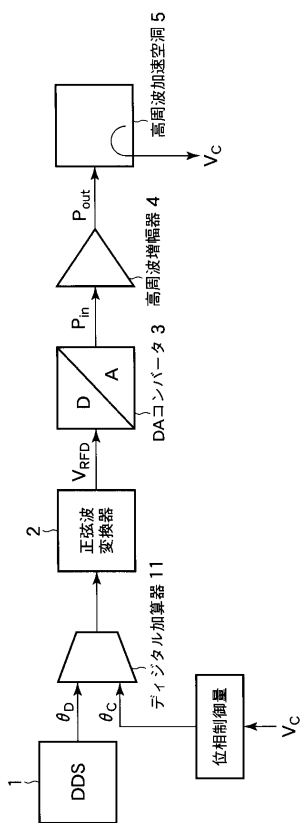
1 ... デジタルダイレクトシンセサイザ、2 ... 正弦波変換器、3 ... D/A コンバータ、4 ... 高周波増幅器、5 ... 高周波加速空洞、6 ... CT、11 ... デジタル加算器、12 ... 位相振幅変換器、21 ... 移相器、22 ... アナログコントローラ、31 ... 位相差検出器、32 ... A/D コンバータ、33 ... コントローラ、34 ... 記憶装置、51 ... 電力検出器、52 ... A/D コンバータ、53 ... 電力位相変換器、54 ... 符号反転器。

40



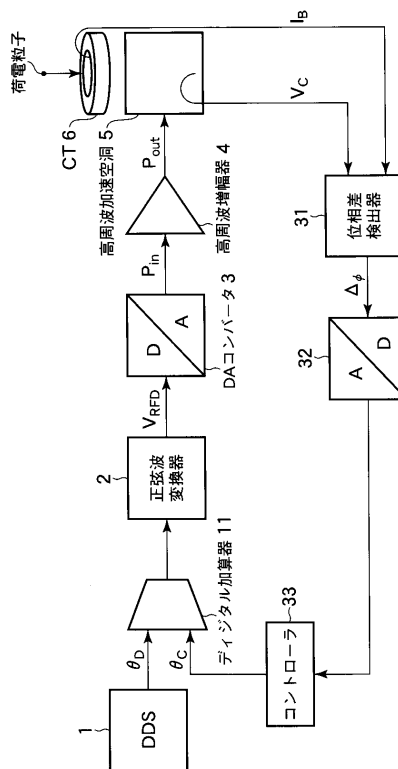
【 図 1 】

図 1



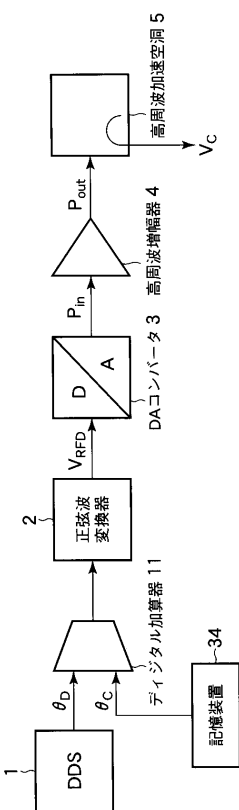
【 図 2 】

図 2



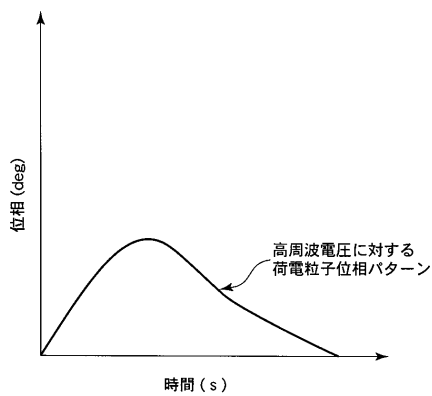
【 図 3 】

図 3



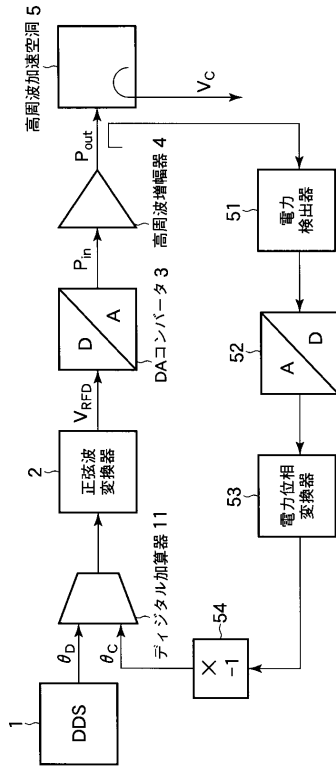
【 図 4 】

図 4



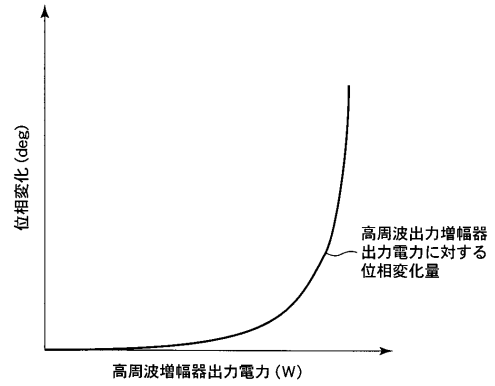
【 図 5 】

図 5



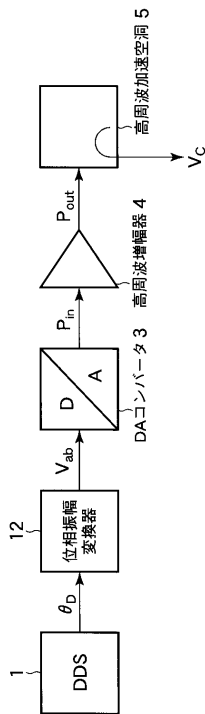
【 図 6 】

図 6



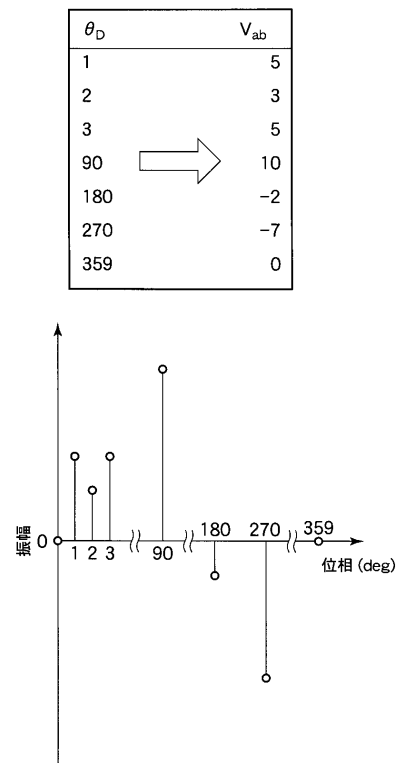
【 図 7 】

図 7

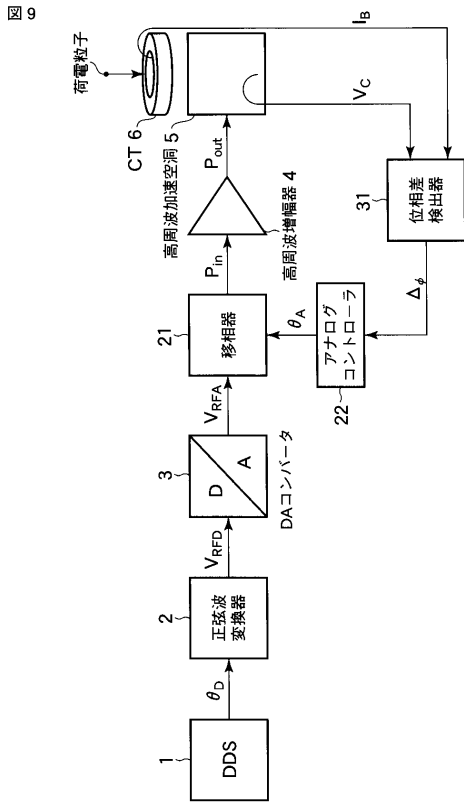


【 図 8 】

図 8



【 図 9 】



【 図 10 】

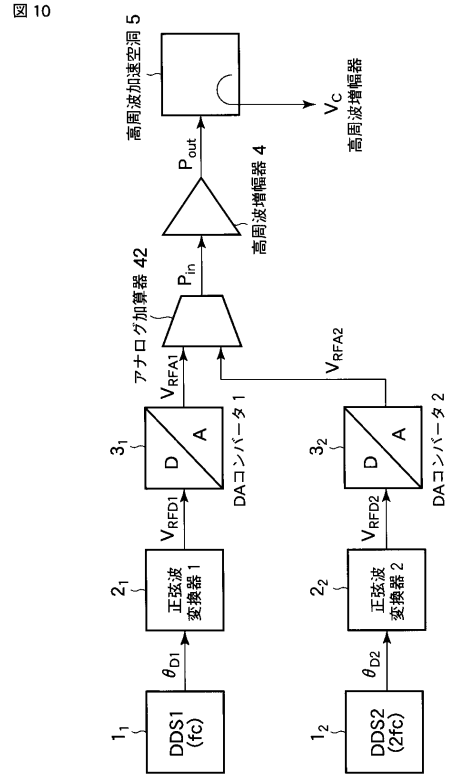


図 10

---

フロントページの続き

(74)代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100109830

弁理士 福原 淑弘

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 吉井 正人

茨城県つくば市大穂 1 番地 1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内

(72)発明者 大森 千広

茨城県つくば市大穂 1 番地 1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内

(72)発明者 左右田 学

東京都港区三田三丁目 1 3 番 1 6 号 東芝三菱電機産業システム株式会社内

Fターム(参考) 2G085 AA03 AA13 BA04 BA19 BB17 CA02 CA18 CA26 EA03