

(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2001-94400
(P2001-94400A)

(43) 公開日 平成13年4月6日 (2001.4.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 3 K 3/42		H 0 3 K 3/42	C
C 0 7 C 211/22		C 0 7 C 211/22	
H 0 1 P 3/12		H 0 1 P 3/12	
H 0 1 S 3/16		H 0 1 S 3/16	
H 0 3 B 9/14		H 0 3 B 9/14	

審査請求 有 請求項の数10 OL (全6頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-269889

(22) 出願日 平成11年9月24日 (1999.9.24)

(71) 出願人 391012350

宇都宮大学長

栃木県宇都宮市峰町350

(72) 発明者 湯上 登

栃木県宇都宮市豊郷台2の44の16

(72) 発明者 西田 靖

栃木県宇都宮市竹下町353の21

(72) 発明者 伊藤 弘昭

栃木県真岡市並木町3の24の9

(74) 代理人 100059258

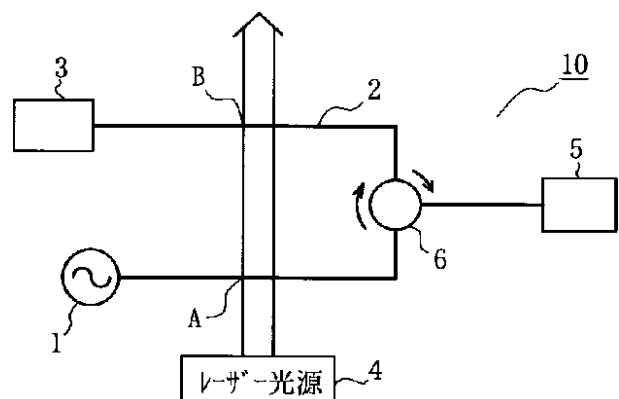
弁理士 杉村 暁秀 (外2名)

(54) 【発明の名称】 短パルスマイクロ波の生成方法及び生成装置

(57) 【要約】

【課題】 極めて簡易に短パルスのマイクロ波を得ることが可能な、新規な短パルスマイクロ波の生成方法及び生成装置を提供する。

【解決手段】 マイクロ波発振器1から発振された連続又は長パルスのマイクロ波を所定のガスが充填された導波管2に伝搬させる。次いで、導波管2のA及びBの部分にレーザー光源4から所定強度のレーザー光を照射して、前記所定のガスを部分的にプラズマ化する。すると、マイクロ波はプラズマ化した前記所定のガスの部分を通り過ぎて反射されるようになるため、かかる部分において前記マイクロ波は分断され、それによって、マイクロ波の短パルス化が達成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定のガスが充填された導波管に連続マイクロ波又は長パルスマイクロ波を伝搬させた後、前記導波管の断面方向においてレーザ光線を照射して前記所定のガスを部分的にプラズマ化し、前記所定のガスのプラズマ化した部分で前記連続マイクロ波又は前記長パルスマイクロ波を分断して、短パルスのマイクロ波を得るようにしたことを特徴とする、短パルスマイクロ波の生成方法。

【請求項 2】 前記導波管に充填された前記所定のガスの圧力が、 $1 \sim 30 \text{ mm Torr}$ であることを特徴とする、請求項 1 に記載の短パルスマイクロ波の生成方法。

【請求項 3】 前記所定のガスは、テトラキスジメチルアミノエチレンであることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の短パルス波の生成方法。

【請求項 4】 前記レーザ光線の強度が $0.5 \sim 0.8 \text{ J/cm}^2$ であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一に記載の短パルスマイクロ波の生成方法。

【請求項 5】 前記レーザ光の波長が 248 nm 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の短パルスマイクロ波の生成方法。

【請求項 6】 前記短パルス波マイクロ波のパルス幅が、 $2 \sim 10 \text{ nsec}$ であることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか一に記載の短パルスマイクロ波の生成方法。

【請求項 7】 前記連続マイクロ波又は前記長パルスマイクロ波を分断して得た複数の短パルスマイクロ波を重畳させることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一に記載の短パルスマイクロ波の生成方法。

【請求項 8】 前記導波管は第 1 の導波管と第 2 の導波管とからなり、この第 1 の導波管及び第 2 の導波管をサーキュレータで接続するとともに、前記第 1 の導波管及び前記第 2 の導波管にそれぞれレーザ光を照射して、前記第 1 の導波管及び前記第 2 の導波管内に充填された前記所定のガスを部分的にプラズマ化し、前記所定のガスのプラズマ化した部分で前記連続又は長パルスのマイクロ波を分断して複数の短パルスマイクロ波を生成した後、前記サーキュレータによって前記複数の短パルスマイクロ波を分離して、これらを重畳するようにしたことを特徴とする、請求項 7 に記載の短波パルスマイクロ波の生成方法。

【請求項 9】 連続マイクロ波又は長パルスマイクロ波を発振させるためのマイクロ波発振器と、前記連続マイクロ波又は前記長パルスマイクロ波を伝搬させるための導波管と、この導波管内に充填された所定のガスをプラズマ化させるためのレーザ光線を発振するレーザ光源とを具備することを特徴とする、短パルスマイクロ波の生成装置。

【請求項 10】 連続マイクロ波又は長パルスマイクロ波を発振させるためのマイクロ波発振器と、前記連続マ

イクロ波又は前記長パルスマイクロ波を伝搬させるための第 1 の導波管及び第 2 の導波管と、この第 1 の導波管及び第 2 の導波管を接続するサーキュレータと、前記第 1 の導波管及び前記第 2 の導波管内に充填された所定のガスをプラズマ化させるためのレーザ光線を発振するレーザ光源とを具備することを特徴とする、短パルスマイクロ波の生成装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、短パルスマイクロ波の生成方法及び生成装置に関し、さらに詳しくは、高周波加速器、高周波レーダなどのマイクロ波関連分野において好適に用いることのできる短パルスマイクロ波の生成方法及び生成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、高周波加速器及び高周波レーダなどのマイクロ波関連分野においては、高出力が得られるとの観点から、マイクロ波を短パルス化することが要求されている。従来、マイクロ波の短パルス化は、マイクロ波発振管に印加する電圧を直接短パルス化するか、マイクロ波発振に必要な電子ビームを直接短パルス化することによってなされていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のようにマイクロ波発振管に印加する電圧を短パルス化する場合においては、高電圧出力回路を低インダクタンス化することが要求される。また、電子ビームを短パルス化する方法においても、電子ビーム発生用電源からの出力を短パルス化することが要求される。したがって、 10 nsec 程度以下の短パルスマイクロ波を得ることは事実上困難であった。

【0004】本発明は、極めて簡易に短パルスのマイクロ波を得ることが可能な、新規な短パルスマイクロ波の生成方法及び生成装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の短パルスマイクロ波の生成方法は、上記課題を解決すべく、所定のガスが充填された導波管に連続マイクロ波又は長パルスマイクロ波を伝搬させた後、前記導波管の断面方向においてレーザ光線を照射して前記所定のガスをプラズマ化する。そして、プラズマ化した前記所定のガスで前記連続マイクロ波又は前記長パルスマイクロ波を分断して、短パルスのマイクロ波を得るようにしたことを特徴とする。

【0006】また、本発明の短パルスマイクロ波の生成装置は、連続マイクロ波又は長パルスマイクロ波を発振させるためのマイクロ波発振器と、前記連続マイクロ波又は前記長パルスマイクロ波を伝搬させるための導波管と、この導波管内に充填された所定のガスをプラズマ化させるレーザ光線を発振するためのレーザ光源とを具備

ることを特徴とする。

【0007】本発明者らは、従来の短パルスマイクロ波の生成方法に代わる新規な生成方法を見出すべく鋭意検討を行った。そして、従来のように当初から短パルスのマイクロ波を生成させるのではなく、連続または長パルスのマイクロ波を生成させた後、これを分断させることによって短パルスのマイクロ波を得るといった新たな観点から、マイクロ波の短パルス化を試みた。

【0008】そこで、本発明者らは、連続又は長パルスのマイクロ波を分断するための方法を研究探索した。その結果、マイクロ波を導波するための導波管内に所定のガスを充填しておき、この導波管に外部からレーザー光を照射して前記ガスをプラズマ化することにより、連続又は長パルスのマイクロ波を分断できることを見出した。すなわち、導波管内に充填されたガスがプラズマ化されることにより、マイクロ波が前記プラズマ部分を超えて伝搬することができなくなり、前記プラズマ部分において反射される。したがって、連続又は長パルスのマイクロ波が分断されるものである。

【0009】本発明によれば、レーザー光の導波管への照射箇所数を制御して、導波管内に発生させるプラズマ部分の数を変化させるのみで、マイクロ波の分断数を自由に变化させることができる。したがって、所望する短パルスのマイクロ波を簡易かつ自由に得ることができる。

【0010】なお、本発明でいう「連続マイクロ波」とは、強度変調がパルス化しておらず、連続して振動する、いわゆる連続波としてのマイクロ波を言い、「長パルスマイクロ波」とは、パルス幅が1000nsecのパルス化したマイクロ波を言う。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明を発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明の短パルスマイクロ波の生成方法の一例を説明するための模式図である。図1に示す短パルスマイクロ波生成装置10は、連続マイクロ波又は長パルスマイクロ波を発生・発振させるためのマイクロ波発振器1と、前記連続マイクロ波又は長パルスマイクロ波を伝搬させるための導波管2とを具えている。さらに、導波された前記連続マイクロ波又は前記長パルスマイクロ波を吸収するためのダミーロード3と、導波管2中に充填された所定のガスにレーザー光を照射することにより、前記所定のガスを部分的にプラズマ化するためのレーザー光源4とを具えている。さらに、分断されたマイクロ波を検出するためのマイクロ波検出器5と、分断されたマイクロ波をマイクロ波検出器5に安定して伝送するためのアイソレータ6とを具えている。

【0012】導波管2中に所定のガスを充填させた後、マイクロ波発振器1から連続又は長パルスのマイクロ波を発振させて導波管2を伝搬させる。前記連続又は長パ

ルスのマイクロ波は、導波管内のガスがプラズマ化していない場合においては、導波管2をそのまま伝搬してダミーロード3に至って吸収される。次に、前記連続又は長パルスのマイクロ波を伝搬させた状態において、レーザー光源4から所定強度のレーザー光を導波管2のA及びBの2カ所に照射する。すると、前記所定のガスは導波管A及びBの箇所において部分的にプラズマ化する。この結果、前記連続又は長パルスのマイクロ波は、導波管2のA及びBを超えて導波することが不可能となり、前記マイクロ波は導波管2のA及びBで反射されるようになる。

【0013】したがって、導波管2の右側部分と左側部分において、前記マイクロ波は分断され、これによって短パルスのマイクロ波が得られるものである。そして、分断されて導波管2の右側部分に閉じ込められた短パルスのマイクロ波は、アイソレータ6を通じてマイクロ波検出器5に至り、そこにおいてパルス幅などが計測される。

【0014】導波管内に充填するガスの圧力は、レーザー光線を照射することにより前記ガスが部分的にプラズマ化して連続又は長パルスのマイクロ波が分断され、短パルスのマイクロ波を得ることができれば特に限定されるものではない。しかしながら、前記ガス圧力は1~30mTorrの範囲であることが好ましく、さらには5~10mTorrの範囲であることが好ましい。これによって、比較的低いレーザー光強度においても高い密度のプラズマを発生させることができ、導波管の材質や形状、並びに大きさなどに依存することなく、さらには、分断すべき連続又は長パルスのマイクロ波の強度や周波数などに依存することなく、簡易に短パルスのマイクロ波を得ることができる。

【0015】また、導波管に充填するガスの種類についても特に限定されるものではなく、上記のようにして前記ガスを部分的にプラズマ化し、短パルスのマイクロ波を得ることができれば特に限定されるものではない。しかしながら、前記ガス圧の場合と同様の理由から、アズレンやテトラキスジメチルアミノエチレンなどを用いることが好ましい。特に、以下に示す好ましいレーザー強度、並びに好ましいレーザー波長において簡易にプラズマ化することができるという理由から、テトラキスジメチルアミノエチレンを用いることが好ましい。

【0016】さらに、導波管に照射するレーザー光の強度についても、導波管内に充填されたガスを部分的にプラズマ化して、連続又は長パルスのマイクロ波を分断して短パルスのマイクロ波を得ることができれば、特に限定されない。しかしながら、前記レーザー光の強度は0.3~0.8J/cm²であることが好ましい。これによって、導波管内に充填するガスの種類に依存せず、さらには、導波管の形状や材質、並びに伝搬させる連続又は長パルスのマイクロ波の周波数や強度に依存せず、前

記ガスを部分的にプラズマ化させて短パルスのマイクロ波を得ることができる。

【0017】また、前記レーザー光の波長についても前述のようにして短パルスのマイクロ波を得ることができれば特には限定されない。しかしながら、前記レーザー光の波長が短くなるほど短パルスのマイクロ波を容易に得ることができる。そして、エキシマレーザーの発振波長である248nm以下の波長になると、短パルスのマイクロ波を極めて容易に得ることができる。導波管内に充填したガスに照射するレーザー光の波長を上記範囲内に設定することにより、前記ガスのプラズマ化を向上させるとともに、前記ガスの種類に依存することなく前記ガスを十分にプラズマ化することができる。

【0018】前述のような強度及び波長のレーザー光を発振することができるレーザー光源としては、YAGレーザー、及びエキシマレーザーなどを挙げることができる。YAGレーザーを用いる場合は、その発振波長が1060nmであるので、YAGレーザーの4倍高調波を用いる。

【0019】図1に示す短パルスマイクロ波生成装置においては、導波管2を導波するマイクロ波をA及びBにおいて2つに分断している。しかしながら、分断する数については特に限定されず、所望するパルス幅に応じて任意に選ぶことができる。

【0020】以上説明したような本発明の生成方法によれば、2~10nsecのパルス幅を簡易に得ることができる。

【0021】図2は、本発明の短パルスマイクロ波の生成方法の他の例を説明するための模式図である。なお、図1と同様の部分については、同じ符号を用いて表している。図2に示す短パルスマイクロ波生成装置20は、図1に示す生成装置10と同様にマイクロ波発振器1と、レーザー光源4とを具えている。そして、導波管は第1の導波管12と第2の導波管14とから構成されている。また、ダミーロード3の代わりにサーキュレータ13を具えている。さらに、第2の導波管14には、位相器16及びマジックT15が設けられている。

【0022】マイクロ波発振器1から発振された連続又は長パルスのマイクロ波は、第1の導波管12を伝搬するとともに、サーキュレータ13を通過して第2の導波管14を伝搬する。次に、第1の導波管12のA及び第2の導波管14のBにレーザー光源4からレーザー光を照射し、かかる部分に充填されたガスをプラズマ化する。すると、図1で説明したように、前記マイクロ波はA及びBで分断され、複数の短パルスマイクロ波が生成される。

【0023】特に、第2の導波管Bで分断されて生成した短パルスマイクロ波の内、時間的に先行する短パルスマイクロ波、すなわち、第2導波管14においてBの左側に位置する短パルスマイクロ波は、位相器16を通過してマジックT15に至る。また、時間的に後行する短パ

ルスマイクロ波、すなわち、第2の導波管14において右側に位置する短パルスマイクロ波は、第1の導波管12と第2の導波管14との間に設けられたサーキュレータ13によって、第1の導波管12に戻ることなく、第2の導波管14の右側部分を伝搬してマジックT15に至る。

【0024】そして、上記先行する短パルスマイクロ波と上記後行する短パルスマイクロ波とは、位相器16によって互いの位相が揃えられ、マジックT15においてこれらが重畳される。したがって、マイクロ波発振器からのマイクロ波の短パルス化と同時に、これら短パルス化されたマイクロ波の振幅強度を実質的に2倍に増加させることができる。すなわち、図2に示すような構成の短パルスマイクロ波の生成装置を用いることにより、マイクロ波の短パルス化と出力の増大とを同時に達成することができる。なお、図2に示す短パルスマイクロ波生成装置20においても、導波管内のガス圧力などについては図1に示す生成装置10と同様である。

【0025】

【実施例】以下実施例により、本発明の短パルスマイクロ波の生成方法及び生成装置をを具体的に示す。

実施例1

本実施例においては、図1に示すような短パルスマイクロ波生成装置10を用いて、マイクロ波の短パルス化を行った。マイクロ波発振器1には、ガン発振器(出力5mW、周波数9GHz)を用いた。また、導波管2にはWRJ10を用いた。また、レーザー光源4にはYAGレーザー(出力160mJ、パルス幅6nsec)の4倍高調波(波長266nm)を用いた。その他、ダミーロード3、マイクロ波検出器5、及びアイソレータ6には、市販のものを用いた。

【0026】導波管2中にテトラキスジメチルアミノエチレン(TMAE)を圧力10mTorrに充填した後、レーザー光源4から0.5J/cm²の強度でレーザー光を導波管2に照射し、前記TMAEを部分的にプラズマ化した。しかる後に、マイクロ波検出器5によってマイクロ波の波形を調べたところ、図3に示すような波形が得られた。図3に示すマイクロ波の波形から検出されたマイクロ波のパルス幅は約4nsecであることが分かる。したがって、本実施例により、6nsecのマイクロ波が4nsecに短パルス化されたことが分かる。

【0027】実施例2

本実施例においては、図2に示すような短パルスマイクロ波生成装置20を用いて、マイクロ波の短パルス化と短パルス化されたマイクロ波出力を増大とを実施した。マイクロ波発振器1及びレーザー光源4には、並びに第1の導波管12及び第2の導波管14には実施例1と同じものを用いた。また、サーキュレータ13、マジックT15、及び位相器16には市販のものを用いた。実施例1と同様にして第1の導波管12及び第2の導波管14

にTMAEを導入し、マイクロ波を発振させて第1の導波管12及び第2の導波管14を導波した後、実施例1と同様にしてレーザー光を第1の導波管12及び第2の導波管14に照射した。

【0028】マジックT15において、マイクロ波の波形を調べたところ、図4に示すような波形が得られた。すなわち、第2の導波管14のBにおいて分断されたマイクロ波は、それぞれパルス1（パルス幅4ns）及びパルス2（パルス幅4ns）として短パルス化されてマジックT15に入射するとともに、それらが重畳されて合成波形を形成している。すなわち、本実施例において、マイクロ波の短パルス化と出力強度の増大とが同時に達成されていることが分かる。

【0029】以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいて、あらゆる変形や変更が可能である。例えば、図1に示すような導波管を3つ以上の導波管から構成し、互いの導波管の接続部にサーキュレータを設けることによって、図2に示すような生成装置よりもさらに大きな短パルスマイクロ波出力を得ることができる。

【0030】

【発明の効果】本発明の生成方法及び生成装置は、導波管内に充填されたガスをプラズマ化し、これによって、マイクロ波が前記プラズマ部分を超えて伝搬することができなくなることを利用して、前記マイクロ波を分断するものである。したがって、電気回路などの制約を受け

ることなく、簡易にマイクロ波の短パルス化を達成することができる。さらに、本発明によれば、短パルス化したマイクロ波を重畳することが可能となるため、短パルス化と同時に出力強度の増大をも達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の短パルスマイクロ波の生成方法の一例を説明するための模式図である。

【図2】 本発明の短パルスマイクロ波の生成方法の他の例を説明するための模式図である。

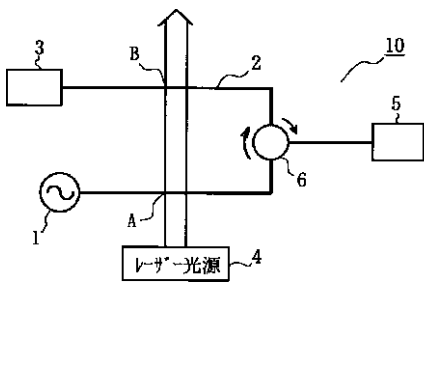
【図3】 本発明の生成方法によって短パルス化されたマイクロ波の波形の一例を示す図である。

【図4】 本発明の生成方法によって短パルス化されたマイクロ波の波形の他の例を示す図である。

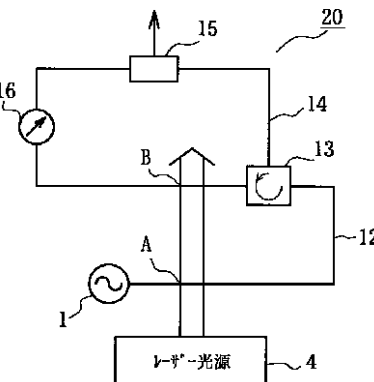
【符号の説明】

- 1 マイクロ波発振器
- 2 導波管
- 3 ダミーロード
- 4 レーザ光源
- 5 マイクロ波検出器
- 6 アイソレータ
- 10、20 短パルスマイクロ波の生成装置
- 12 第2の導波管
- 13 サークュレータ
- 14 第2の導波管
- 15 マジックT
- 16 位相器

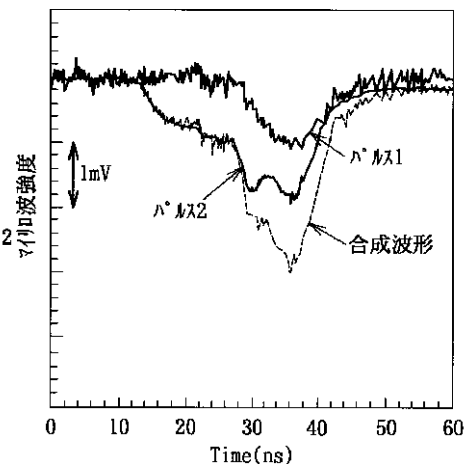
【図1】



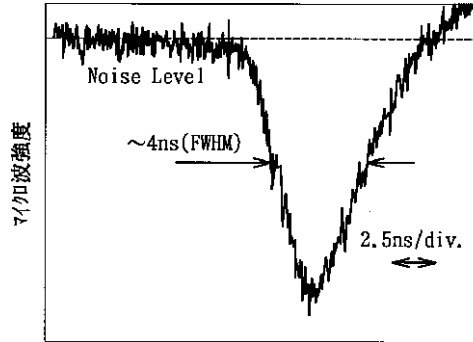
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7
// G 0 1 S 7/282

識別記号

F I
G 0 1 S 7/282

テ-マ-ド' (参考)
A