

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6922174号
(P6922174)

(45) 発行日 令和3年8月18日(2021.8.18)

(24) 登録日 令和3年8月2日(2021.8.2)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 J	1/02	(2006.01)	GO 1 J	1/02	L
C 3 O B	29/16	(2006.01)	C 3 O B	29/16	
GO 1 J	1/42	(2006.01)	GO 1 J	1/42	E

請求項の数 8 (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願2016-170007 (P2016-170007)	(73) 特許権者	502209796 株式会社福田結晶技術研究所 宮城県仙台市青葉区南吉成6-6-3
(22) 出願日	平成28年8月31日(2016.8.31)	(73) 特許権者	504176911 国立大学法人大阪大学 大阪府吹田市山田丘1番1号
(65) 公開番号	特開2018-36158 (P2018-36158A)	(73) 特許権者	504145320 国立大学法人福井大学 福井県福井市文京3丁目9番1号
(43) 公開日	平成30年3月8日(2018.3.8)	(74) 代理人	100088096 弁理士 福森 久夫
審査請求日	令和1年8月26日(2019.8.26)	(72) 発明者	福田 承生 宮城県仙台市青葉区南吉成6丁目6番3号 株式会社福田結晶技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電磁波のビーム観測方法及び観測システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マイクロ波、テラヘルツ波または赤外光のビームの位置またはプロファイルを観測する方法において、テラヘルツ波のエネルギー透過率が0.1THz~1.0THzにおいて50%以下である酸化亜鉛結晶の単結晶からの発光を用いることを特徴とする電磁波のビーム観測方法。

【請求項2】

前記酸化亜鉛結晶からの発光は可視光であることを特徴とする請求項1記載の電磁波のビーム観測方法。

【請求項3】

前記ビームは、ジャイロトロンによって発生するビームであることを特徴とする請求項1又は2記載の電磁波のビーム観測方法。

【請求項4】

前記ビームのパワーは1平方ミリメートルあたり10W~30W、周波数は100GHz~200GHzであることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項記載の電磁波のビーム観測方法。

【請求項5】

マイクロ波、テラヘルツ波または赤外光のビーム上に、テラヘルツ波のエネルギー透過率が0.1THz~1.0THzにおいて50%以下である酸化亜鉛結晶の単結晶が配置されていることを特徴とする電磁波のビーム観測システム。

10

20

【請求項 6】

前記酸化亜鉛結晶からの発光は可視光であることを特徴とする請求項 5 記載の電磁波のビーム観測システム。

【請求項 7】

前記ビームは、ジャイロトロンによって発生するビームであることを特徴とする請求項 5 又は 6 記載の電磁波のビーム観測システム。

【請求項 8】

前記ビームのパワーは 1 平方ミリメートルあたり 10 W ~ 30 W、周波数は 100 GHz ~ 200 GHz であることを特徴とする請求項 5 ないし 7 のいずれか 1 項記載の電磁波のビーム観測システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、ジャイロトロンなどによって作られた電磁波のビームの観測方法及び観測システムに係るものである。

【背景技術】

【0002】

ジャイロトロンはマイクロ波からテラヘルツ波帯の強力な電磁波を発生することができる装置であり、核融合炉でのプラズマ加熱を始めさまざまな用途に用いられている。

【0003】

ジャイロトロン¹の運用および実験での使用において、出力される電磁波のビームの位置ないし形状（プロファイル）を把握することは重要である。ジャイロトロンから出るビームのプロファイルを調べるために何らかのターゲット板にビームを照射して温度分布をサーモグラフィーで観測する技術が提供されている。

20

例えば、非特許文献 1 では、ジャイロトロンから出るビームを塩化ビニルの板に照射し温度変化を赤外線カメラで観測する技術が提供されている。

非特許文献 2 では、核融合炉内のサブテラヘルツ波を黒鉛の板に当ててその温度上昇を赤外線カメラで調べる技術が提供されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

30

【0004】

【非特許文献 1】 "Characteristics of the mode converter of Gyrotron FU CW GIIradiating Gaussian beams in both the fundamental and second harmonic frequencybands," Y.Tatematsu, Y.Yamaguchi, T.Idehara, T. Kawase, I. Ogawa, T. Saito, and T.Fujiwara, J. Infrared, Millimeter, Terahertz Waves 35, 517(2014)

【非特許文献 2】 "Electron cyclotron beam measurement system in the Large Helical Device," S. Kamio, H. Takahashi, S. Kubo, T. Shimosuma, Y.Yoshimura, H. Igami, S. Ito, S. Kobayashi, Y. Mizuno, K. Okada, M. Osakabe, and T. Mutoh, Rev. Sci. Instrum. 85, 11E822 (2014).

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

非特許文献 1、2 記載技術は、サーモグラフィー用のカメラ・赤外線カメラ等を用いており、可視光のカメラに比べ高価でありかつ大型である。

そこで、簡便かつ安価にビームのプロファイルを調べる手法が望まれる。

本発明は、サーモグラフィー等を用いずに、簡便かつ安価に、例えばジャイロトロンなどから出るマイクロ波、テラヘルツ波、または赤外光のビームの位置ないしプロファイルを観測することができる電磁波のビーム観測方法及び観測システム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】

50

【 0 0 0 6 】

請求項 1 に係る発明は、マイクロ波、テラヘルツ波または赤外光のビームの位置またはプロファイルを観測する方法において、テラヘルツ波のエネルギー透過率が 0.1 THz ~ 1.0 THz において 50% 以下である酸化亜鉛結晶の単結晶からの発光を用いることを特徴とする電磁波のビーム観測方法である。

請求項 2 に係る発明は、前記酸化亜鉛結晶からの発光は可視光であることを特徴とする請求項 1 記載の電磁波のビーム観測方法である。

請求項 3 に係る発明は、前記ビームは、ジャイロトロンによって発生するビームであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の電磁波のビーム観測方法である。

請求項 4 に係る発明は、前記ビームのパワーは 1 平方ミリメートルあたり 10 W ~ 30 W、周波数は 100 GHz ~ 200 GHz であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項記載の電磁波のビーム観測方法である。

請求項 5 に係る発明は、マイクロ波、テラヘルツ波または赤外光のビーム上に、テラヘルツ波のエネルギー透過率が 0.1 THz ~ 1.0 THz において 50% 以下である酸化亜鉛結晶の単結晶が配置されていることを特徴とする電磁波のビーム観測システムである。

請求項 6 に係る発明は、前記酸化亜鉛結晶からの発光は可視光であることを特徴とする請求項 5 記載の電磁波のビーム観測システムである。

請求項 7 に係る発明は、前記ビームは、ジャイロトロンによって発生するビームであることを特徴とする請求項 5 又は 6 記載の電磁波のビーム観測システムである。

請求項 8 に係る発明は、前記ビームのパワーは 1 平方ミリメートルあたり 10 W ~ 30 W、周波数は 100 GHz ~ 200 GHz であることを特徴とする請求項 5 ないし 7 のいずれか 1 項記載の電磁波のビーム観測システムである。

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明の効果を、本発明をなすに際して得た知見とともに説明する。

酸化亜鉛は一般に、マイクロ波、テラヘルツ波、または赤外光のビームを照射しても発光しない。しかし、本発明者はマイクロ波、テラヘルツ波、または赤外光のビームを照射すると発光する酸化亜鉛を見出した。

その酸化亜鉛をさらに調べると、サブテラヘルツからテラヘルツ波を透過しないことも見出し、サブテラヘルツからテラヘルツ波の透過率が 50% 以下の場合にマイクロ波、テラヘルツ波、または赤外光のビームを照射した場合に発光することを知見した。

本発明によれば、サーモグラフィ等を用いることなくジャイロトロンなどから出るマイクロ波、テラヘルツ波、または赤外光のビームの位置またはプロファイルを観測することができる。

特に、本発明では、可視化が実現されており極めて上記電磁波の取扱いが容易となる。そのために、例えば、ジャイロトロンを有する実験系のアライメントの際に非常に有用となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】本発明の実施例に係る電磁波の観測システムの概略図である。

【図 2】本発明の実施例に係る酸化亜鉛結晶の 0.1 THz から 1.0 THz におけるエネルギー透過率スペクトルの例である。

【図 3】本発明の実施例に係り、分光器で測定したスペクトルである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

酸化亜鉛からの可視発光を利用する本発明により、ジャイロトロンなどから出る電磁波のビームの位置またはプロファイルを目視またはカメラ等で観測することができる。

【実施例 1】

【 0 0 1 0 】

10

20

30

40

50

水熱合成法によって酸化亜鉛の単結晶を生成した。

生成した酸化亜鉛の単結晶を、厚さ0.5ミリメートル、面指数(0001)でスライスして両面を研磨した。その後テラヘルツ時間分解分光測定により、テラヘルツ波の吸収が大きな結晶を選び出した。テラヘルツ波の吸収が生じる原因はまだ明らかになっていないが、不純物などの欠陥が含まれるためと推測される。

テラヘルツ波のエネルギー透過率が0.1THz~1.0THzにおいて50%より大きな結晶を用いた場合はジャイロトロン出力を照射しても可視発光を観測することができなかった。このことから酸化亜鉛の単結晶は、テラヘルツ時間分解分光測定装置で測定したテラヘルツ波のエネルギー透過率が0.1THz~1.0THzにおいて50%以下である結晶が好ましい。

【0011】

図1は本発明の実施例に係る電磁波の観測システムの概略図である。ジャイロトロン1のビーム出射口1から出る電磁波のビーム2上に酸化亜鉛結晶3を配置する。酸化亜鉛結晶3からの可視発光4が見えることを確認する。

ジャイロトロン1のビーム2のパワーは1平方ミリメートルあたり10

W~30W、周波数は100GHz~200

GHzであることが好ましい。

なお、酸化亜鉛結晶3からの発光4が見えないあるいは強すぎる場合はジャイロトロン1のデューティ比を変えるなどの方法でビーム2のパワーを調整する。

【0012】

酸化亜鉛結晶3からの発光4の分布を観測してビーム2の位置およびプロファイルを得た。

なお、観測は目視で行うか、あるいは酸化亜鉛結晶3の後ろにカメラ5を配置して分布を画像として得ることで行う。

【0013】

図2は酸化亜鉛結晶の0.1THzから1.0THzにおけるエネルギー透過率スペクトルの例であり、点線で示した透過率の大きな結晶ではジャイロトロン1出力を照射した際に発光が観測されず、実線で示した透過率の低い結晶では発光が見られた。図3は酸化亜鉛結晶3からの発光スペクトルの例である。ピークが可視域に位置しており、目視あるいは可視用のカメラで発光4の分布を観察することができる。

【産業上の利用可能性】

【0014】

例えばジャイロトロン開発施設やジャイロトロンを使用する核融合研究施設などでの利用が期待される。

【符号の説明】

【0015】

- 1 電磁波のビーム出射口
- 2 電磁波のビーム
- 3 酸化亜鉛結晶
- 4 酸化亜鉛からの発光
- 5 カメラ

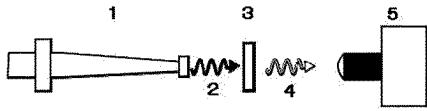
10

20

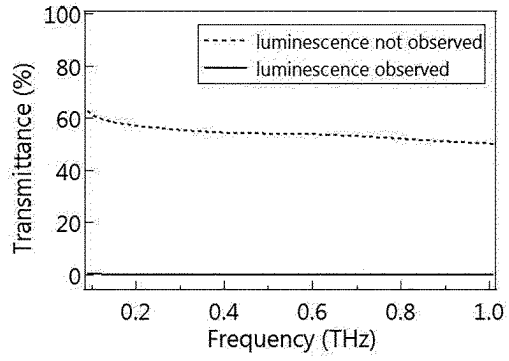
30

40

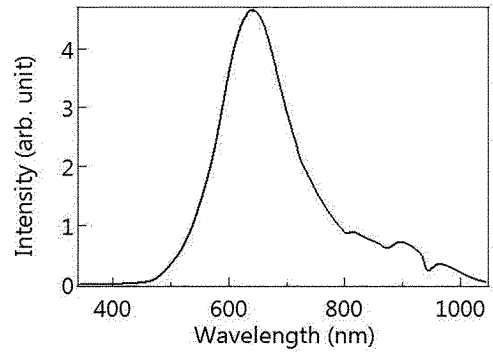
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 加藤 康作
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 邱 紅松
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 高 野 恵介
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 中嶋 誠
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 吉村 政志
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 エンビゾ メルヴィン ジョン フェルナンデス
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 南 佑輝
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 山ノ井 航平
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 清水 俊彦
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 猿倉 信彦
大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 立松 芳典
福井市文京3丁目9番1号国立大学法人福井大学内
- (72)発明者 出原 敏孝
福井市文京3丁目9番1号国立大学法人福井大学内
- (72)発明者 クトリャン エドワード ミハイロヴィチ
福井市文京3丁目9番1号国立大学法人福井大学内
- (72)発明者 谷 正彦
福井市文京3丁目9番1号国立大学法人福井大学内

審査官 今浦 陽恵

- (56)参考文献 特開2005-214726(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0242296(US,A1)
特開2009-054771(JP,A)
特開2006-156575(JP,A)
Xinshun Wang et al., Upconversion luminescence and optical power limiting effect based on two and three photon absorption processes of ZnO crystal, Optics Communications, 2007年, Vol. 280, No. 1, p. 197-201

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 1/00 - 1/60

G01N 21/62 - 21/74

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)