

Title	28THz-C02レーザ光受信用薄膜スロットアンテナの製作
Author(s)	阿部, 康彦
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/43472">http://hdl.handle.net/11094/43472</a>
DOI	
rights	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	阿部 康彦
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17183 号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	28THz-CO <sub>2</sub> レーザ光受信用薄膜スロットアンテナの製作
論文審査委員	(主査) 教授 蒲生 健次
	(副査) 教授 山本 錠彦 教授 小林 哲郎

### 論文内容の要旨

MOM ダイオードやウォームキャリア素子のようなアンテナ結合遠赤外光検出素子は28THz以上の周波数に直接応答することができる室温動作の検出器として注目され、レーザ発信周波数の絶対測定や高速の測定、プラズマ診断等へ応用されている。しかしながら、半導体や金属上に約10 $\mu$ m $\phi$ のタングステンを立てた構造をしており機械的振動に極めて弱く、寿命が極端に短い欠点があり、その応用を極端に狭くしている。この欠点を改善し、応用範囲を拡大するため、薄膜構造素子の開発研究が進められているが、製作した素子の検出感度が低く実用のためには感度向上が必要である。そして、素子感度向上のためには、検出素子の感度向上とともに薄膜アンテナの利得向上が必要となる。

本論文は、このうち薄膜アンテナに注目し、このアンテナとしてスロットアンテナをとりあげ、速赤外28THzで動作させることを目的として、2.5THzサブミリ波及び28THz遠赤外で薄膜スロットアンテナの受信特性を検討し、28THz-CO<sub>2</sub>レーザ受信用無給電薄膜スロットアンテナアレーを実現した研究成果をまとめたものである。論文では、第1章で序論を述べ、第2章で伝送線路モデルを基にした誘電体基板上1波長スロットアンテナの理論式に基板内での吸収を考慮して改良した理論式を提案し、この理論式を用いて単一スロットアンテナ、無給電スロットアンテナアレー及びCPW給電スロットアンテナアレーの動作理論とともに、誘電体基板中の吸収の影響についてシミュレーションを用いて検討した。第3章では第2章において、アンテナの動作理論を展開する上で仮定した条件①1波長アンテナとしてのスロットアンテナ動作、②無給電スロットアンテナアレーにおける各スロットの同相動作、③CPW給電スロットアンテナアレーにおける各スロットの同相動作、を満たす薄膜スロットアンテナの形状を700GHz帯以下の周波数領域において検討し、条件を満たす形状を得た。第4章では、第3章で得られた1波長アンテナとして動作する単一スロットアンテナの形状が、2.5THzサブミリ波においては成り立たず、アンテナの動作波長が平均波長 $\lambda_m$ から自由空間波長 $\lambda_0$ に変化していることがわかり、さらに詳しい検討を行うとともに、2.5THzにおける薄膜スロットアンテナ及び同アレーの形状を検討した。その結果、2.5THzにおいてアンテナの動作波長が $\lambda_m$ から $\lambda_0$ に変化しているが、基板側に放射された電磁波は低周波の場合と同様に基板の影響を受けることを見出し、2.5THzにおけるスロットアンテナの形状を得た。これをもとに製作したCPW給電8 $\times$ 3スロットアンテナアレーでは、単一スロットアンテナに対して12dB大きい8dBiの電力利得が得られた。第5章では、2.5THzで得られた設計値を適用して単一及び無給電スロットアンテナアレーを製作し、28THzにおいてもアンテナの動作波長が $\lambda_0$ であること、しかしな

がら、基板側に放射される電磁波は基板の影響を受けることを見出した。そして、製作した無給電スロットアンテナアレーが期待どおり動作し、無給電7スロットアンテナアレーで単一スロットアンテナに対して7dB大きな利得が得られ、28THzにおいて初めて無給電スロットアンテナアレーの製作に成功した。第6章では、第2章から第5章までの研究成果を総括し、本研究で得られた主要な結論について述べる。

### 論文審査の結果の要旨

MOM ダイオードやウォームキャリア素子は、室温動作し、遠赤外光の周波数に直接応答できる超高速遠赤外光検出素子として注目されている。これらの素子の検出感度の向上のためには、素子自体の感度向上とともに、結合して用いられる薄膜アンテナの利得向上が必要である。本論文は、構造が簡単で微細加工やアレー化に適した薄膜スロットアンテナに注目し、高周波化を行って28THzで動作するアンテナの作製に成功した成果をまとめたものである。薄膜スロットアンテナは、誘電体基板上に作られるが、サブミリ波以上の高周波帯では誘電体による吸収の影響が無視できなくなる。そこでまず、基板の吸収を取り入れた理論式を求め、アンテナ指向性や利得などの受信特性に与える吸収の影響について理論的に検討を行っている。さらに、この理論を適用できるアンテナ構造を、700GHz帯以下の周波数帯における実験によって明らかにしている。例えば、この周波数帯域では、アンテナの動作波長が自由空間および誘電体の平均波長 $\lambda_m$ であることを示した。ついで、この結果に基づいて、28THz帯のアンテナの作製に必要な基礎データを得るため、2.5THz帯受信アンテナを製作し、その動作特性を調べた結果、このような高周波帯域ではアンテナの動作波長が、自由空間波長 $\lambda_0$ であることを見出している。最後に、これらの結果に基づいて28THz帯の無給電スロットアンテナアレーを製作し、CO<sub>2</sub>レーザー光受信特性の測定を行い、製作したアンテナアレーが理論的に予測される通り、単一スロットアンテナに対して7dB大きな利得を持つ結果が得られ、申請者は28THzにおいて世界で初めて無給電スロットアンテナアレーの製作に成功している。

このように本論文は、室温動作の超高速遠赤外光検出素子の高感度化を目指して28THz帯のスロットアンテナアレーをはじめ実現しており、電波工学、センサ工学の発展に大きく貢献しており、学位(工学)論文として価値あるものと認められる。