

論文の内容の要旨

分光, イメージング, 高速情報通信など広い分野へ応用できる周波数帯としてテラヘルツ波が注目されており, 薄膜アンテナを結合したボロメータ検出素子がテラヘルツイメージングへ応用する高感度な検出素子として期待されている。本研究では, ボロメータ材料として高い抵抗温度係数(TCR)をもつ2酸化バナジウム(VO_2)を取り上げ, これまで用いられてきたスパッタ法やPLD法とは異なり真空装置を必要とせず, 低コストで大面積の薄膜作製が可能な有機金属分解(MOD)法により VO_2 薄膜を作製することに注目した。また, 薄膜アンテナとしては, 円偏波に対応し広帯域動作が可能なスパイラルアンテナを用いることにした。そこで, 本研究で古もテラヘルツイメージングへの応用を目指した高感度な検出素子の実現に向け, MOD法により VO_x ボロメータ薄膜を作製し, その薄膜の有用性を薄膜スパイラルアンテナ結合 VO_x マイクロボロメータ検出素子の製作により実証することを目的とし, 以下の結論を得た。

1. MOD法により SiO_2/Si 基板ならびにアンテナ結合素子を製作するのに適した石英基板上に良好な軸配向特性をもつ V_2O_5 薄膜を作製した。次に, 同薄膜を熱処理温度 530°C , 酸素圧力 1.2Pa に固定し, 熱処理時間を2～5時間まで変化させて減圧熱処理することにより VO_x 薄膜を作製した。XRD測定により VO_x 薄膜の組成は熱処理時間の増加とともに V_2O_5 から最終的に VO_2 へ変化することがわかった。また, 4～5時間で減圧熱処理した薄膜の抵抗-温度($R\cdot T$)特性において半導体相から金属相への相転移が得られ, 1～4桁の抵抗率変化ならびにヒステリシス特性が得られた。これらの特性は VO_2 特有のものである。しかし, $R\cdot T$ 特性の細部を比較すると抵抗率の変化量, 相転移温度, ヒステリシスの温度幅に基板による違いが観測された。これは VO_x 薄膜内における VO_2 組成の均一性, 基板と薄膜の熱膨張係数ならびにグレイサイズの違いにより薄膜内に導入されるひずみの違いによるものと考えられる。このような違いにより薄膜の活性化エネルギーも異なり, これにより石英基板上に作製した VO_x 薄膜において SiO_2/Si 基板上に作製した薄膜の倍以上の $4.4\sim 4.8\%/K$ の高いTCRが得られた。この値は他の成長方法で作製した VO_x 薄膜のTCRに比べて2倍程度高い値である。以上により, MOD法によりボロメータ検出素子へ適用可能な高いTCRを有する VO_x 薄膜が得られた。

2. 薄膜アンテナ結合ボロメータ検出素子に適用するスパイラルアンテナの構造を2アームアルキメデス型とした。カレントバンド理論によりアンテナを設計し, 動作周波数 $75\sim 110\text{GHz}$ に対してアンテナの外形, 内径をそれぞれ 1.9mm , 0.26mm , アンテナアーム幅を $52\mu\text{m}$, スパイラル係数を 0.032mm/rad とした。次に, 得られた設計値に基づきBiマイクロボロメータを検出器とする薄膜スパイラルアンテナを製作した。 94GHz においてimaging forceモデルにより導出した理論的なアンテナパターンとよく一致した実験値が得られ, 製作したアンテナが 94GHz 電磁波に対してアンテナとして動作し, 良好な円偏波特性を有し

ていることが確認できた。さらに、製作したスパイラルアンテナに対し76.9~106.8GHzの幅広い周波数帯域特性が得られた。以上により、アンテナ結合素子に適用可能な広帯域で良好な円偏波特性をもつ薄膜スパイラルアンテナが得られた。

3. MODにより作製したVO_x薄膜を用いてスパイラルアンテナを結合した幅52μm, 長さ1μmのVO_xマイクロボロメータ検出素子を製作した。製作した素子においてVO_xマイクロボロメータは、Biマイクロボロメータに比べて1桁以上高い約540W⁻¹のDC感度を示した。また、94GHz電磁波に対して理論値とほぼ一致した良好な円偏波特性を有するアンテナパターンが得られ、製作した素子がアンテナ結合素子として動作していることを確認した。さらに、94GHz電磁波に対しI_b=0.5mAでBiマイクロボロメータ素子に比べて1桁以上の高い約124V/Wの検出電圧が得られ、高感度なアンテナ結合素子を実現することができた。

以上により、MOD法により高い検出感度をもつ薄膜スパイラルアンテナを結合したVO_xマイクロボロメータ検出素子が実現でき、MOD法により作製したVO_x薄膜の有用性を検証することができた。