

【278】

氏名	川端昭 かわ ばた あきら
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第72号
学位授与の日付	昭和40年12月14日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	強誘電性磁器の分極現象とその電気音響変成器への応用に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 田中哲郎 教授 林 千博 教授 清野 武

論文内容の要旨

本論文は強誘電性磁器とくにチタン酸バリウム系磁器を中心とした材料の誘電分極にともなう誘電余効の現象、誘電的非直線性、圧電的性質および弾性的性質について論じ、その応用についての研究をのべたものであり、3部13章から成っている。

第1部は強誘電性磁器の誘電分極に伴う誘電余効に関する研究を扱っている。すなわち第1章では本研究に共通した試料の作成方法および測定法について記述し、第2章では誘電分極にともなう誘電余効現象の機構について論じている。すなわち磁器の容量と誘電体損失の経時変化を測定すると、初期条件によりかなりの余効現象があらわれることを示し、これを誘電余効現象と名付けている。この現象の緩和時間の測定結果から誘電余効現象の機構は強誘電性と関係があるもので、磁器内の空間電荷の挙動と常誘電物質の歪のクリープ現象等により説明できることを示している。これらの点を確認するためにチタン酸バリウム以外の強誘電性磁器やそれらと類似の構造をもっている常誘電性物質についても同様の測定を行ない、誘電余効の現象は強誘電性物質にあらわれる特異な現象であることを明らかにし、さらに温度変化あるいは印加電圧の変化にともない、誘電的性質にも余効現象があらわれることを実験的に示している。第3章では磁器の絶縁破壊電圧に及ぼす誘電余効の影響についてのべている。すなわち誘電余効現象が空間電荷の移動と歪のクリープ現象にもとづくものであると考えると、分域配列の安定化と関係があることになる。そこで分域配列が安定化した試料とまだ安定化していない試料について直流絶縁破壊電圧およびその温度特性ならびに直流電圧の上昇速度を変えた場合について破壊電圧ならびに交流絶縁破壊電圧等を測定し、その結果強誘電性磁器の絶縁破壊は結晶の分域反転と磁器内の空間電荷の移動により著しく影響を受けることを示している。第4章では磁器の分極処理と残留分極の経時変化について論じている。従来分極処理は電圧、分極時間および温度の関数とされていたが、分極処理時の試料の分域配列の安定化に著しく影響されることを実験的に明らかにし、余効現象が分域配列の安定化と関係があることを示している。さらにこのモデルにしたがい分極処理にともなう電気機械結合係数と印加電圧、印加時間および温度との関係式

を空間電荷の振舞を考慮して誘導し、ほぼ実験結果を説明することに成功している。さらにこの結果から誘電余効現象を積極的に利用した新しい分極法を提案し、また分極処理後の圧電的性質の経時変化を測定してその機構を明らかにし、従来行なわれていた電界冷却法による圧電磁器が他の分極処理によるものに比べて経時変化が著しい原因を解明している。

第2部は強誘電性磁器の誘電的非直線性について取扱い、非直線性の著しい材料の製法とその特性について検討し、非直線素子への応用例についてのべたものである。第5章においてはすでに知られている誘電的非直線性をあらわす式を示し、非直線性と材料定数との関係のべ、第6章では誘電的非直線性及び誘電余効の影響、とくに誘電履歴曲線の経時変化についてしらべ、分域配列が安定するにしたがいプロペラ型の履歴曲線が画かれるようになることを示し、さらに直流電界を加えると非対称な履歴曲線が示されることを明らかにしている。強誘電領域では余効現象をとまなうので、複雑な特性が現われ、非直線素子として使用することは不適當であり、キュリー温度付近あるいはそれ以上の温度で使用する必要があることを示している。第7章では誘電的非直線性のすぐれた材料の製法について研究し、その誘電的性質についてしらべた結果を記述している。すなわち、 $\text{PbZrO}_3\text{-BaZrO}_3$ 系磁器、 $\text{BaTiO}_3\text{-PbTiO}_3\text{-BaSnO}$ 系磁器はいずれも PbO を含むので PbO の蒸発を防止する方法を種々検討し、 $\text{BaTiO}_3\text{-SrTiO}_3\text{-BaSnO}$ 系磁器は焼成が容易でしかも非直線性もすぐれていることを見出した。また BaTiO_3 半導体を用いた障壁容量の特性をしらべ、一般の半導体の障壁容量とおなじ特性を有することを示している。第8章は第7章で得られた非直線材料を用いたパラメトロンならびに記憶素子への応用についてのべたものである。まず強誘電体パラメトロンの特性と材料定数との関係を導き、実験結果と比較して良好な一致を得、さらに消費電力を測定して実用性を検討している。つぎに記憶素子としての特性をしらべ、実際にパラメトロン回路に応用したときの特性を検討して、実用性のあることを示している。

第3部においては強誘電性磁器を用いた電気音響変成器を設計する場合の基礎的な問題について論じている。第9章においては強誘電性磁器を電気音響変成器として使用する場合の問題点を論じ、第10章では圧電磁器における電気ひずみ効果と誘電余効の関係についてのべている。すなわち光学的でところを用いて電気ひずみを直接測定し、誘電余効の影響をしらべ、分極処理にとまなう 90° 分域回転に関する知識を得ている。第11章では有限寸法の振動子にあらわれる結合振動の問題を扱い、2次元の結合振動理論を3次元に拡張して振動子設計の基礎を確立し、さらに結合振動理論の誤差を明らかにして材料定数の簡便な測定法を提案している。第12章では電気音響変成器に用いられる各種強誘電性磁器の弾性定数の温度特性を測定して振動子設計の基礎資料を求め、さらに結合振動を利用することにより共振周波数の温度特性のある範囲内で制御できることを明らかにしている。第13章では強誘電性磁器を用いた特殊な振動子の試作とその特性の測定結果およびその実用性の検討が行なわれ、また水中超音波送受波器としてこの種振動子を用いるときの指向性についての検討ならびに二三の設計資料の提出が行なわれている。

論文審査の結果の要旨

本論文は強誘電性をもつ磁器質材料の誘電分極に関する諸現象の研究とその技術的応用、とくに電気音響変成器としての応用に関する研究を主体とするものである。周知のとおり強誘電体はその強誘電的溫度

領域においては自発分極を有し、結晶は通常分域構造をとるために常誘電体と比較して非常に複雑な誘電現象を示すが、強誘電体微結晶の集合体である強誘電性磁器においては粒界の性質がこれに付加されるために事情はさらに複雑となる。本論文の著者は強誘電性磁器の誘電分極にともなうさまざまな異常現象を追及し、これを統一的に記述して工学的応用の基礎を与え、あわせて実際の応用に関係した諸問題についても材料学的見地から解析を行っている。

本論文の主な内容は (1) 誘電分極にともなう誘電余効の研究, (2) 誘電的非直線性に関する研究, (3) 強誘電体の応用に関する研究, よりなる。まず(1)の項については強誘電性磁器の静電容量や誘電体損失が示す時間的変化すなわち誘電余効が主として分域の再配列にともなう空間電荷の挙動と粒界に存在する常誘電物質におけるひずみのクリープ現象により説明できると考え、電界や温度の変化を与えた場合の多くの実験を行ってこの考え方の正しいことを示している。また誘電余効がこの種材料の絶縁破壊電圧やこの種材料を圧電体として使用する場合の分極処理および残留分極の経時変化などに及ぼす影響について論じ、実験と比較してこの考え方の正しいことを示している。

(2)の項についてはまず強誘電性磁器の誘電的非直線性に及ぼす誘電余効の影響について考察を行い、この種材料を非直線素子として応用する場合の条件を求め、これに適した材料の製造条件等を実験的に明らかにしている。さらにこの種材料をパラメトロン素子または記憶素子として応用する実験を行い、理論と比較して良好な一致を得ている。

(3)の項については強誘電性磁器を主として電気音響変成器として使用する場合の基礎的諸問題について論じ、電気ひずみに対する誘電余効の影響についても調べている。また設計上の問題として結合振動理論を三次元振動に拡張して基礎理論を確立し、誤差の限界を求め、またこの理論を用いて振動子の共振周波数の温度特性を改善する方法などについても論じている。

以上要するにこの論文は強誘電性磁器の呈するさまざまな異常現象を整理してこれに統一的見解を与えるとともに解析的に問題を処理して工学的応用の基礎を与え、さらにその応用分野においても新しい考案にもとづいて実用上有益な設計資料を提供しており、学術上工業上寄与するところが少くない。よってこの論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。