

氏 名	戸 田 耕 司 と だ こう じ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 632 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 9 月 25 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	圧電磁器における表面弾性波とその応用に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教 授 川 端 昭 教 授 田 中 哲 郎 教 授 高 木 俊 宜

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は圧電磁器表面における表面弾性波の励起方法とその伝播特性についてしらべ、その応用に関する研究成果をまとめたもので、7章からなっている。

第1章では表面弾性波の研究における歴史的背景と問題点について述べ、本研究の目的と位置づけを明らかにしている。

第2章においては圧電磁器表面に設けたすだれ状電極による表面波励起の一方式を提案している。この方式は分極処理の方法により3種に分類されるが、それぞれの場合における表面波の伝播速度、減衰定数および周波数特性を測定して比較検討し、その利害得失を論じ、同じ電極を分極処理用と高周波信号印加用として用いる励起方法を推奨している。

第3章においては筆者の方法によるすだれ状電極を用いたトランスデューサの周波数特性について解析している。すなわち、すだれ状電極に電界を加えたとき磁器表面付近の電界分布を簡単なモデルで近似し、Tsengの周波数特性の解析を拡張して表面波にともなう表面変位の周波数応答に関する計算式を誘導している。この式を用いた数値計算結果は実験結果とよく一致することを確認し、さらにトランスデューサの電極筋の総数、磁器のポアソン比、圧電定数の比 e_{15}/e_{33} 、電極構造などをパラメータとした場合の表面変位の周波数特性について数値計算を行ない、設計上の指針を与えている。

第4章ではPZT磁器板上を伝播する表面弾性波に対して、雰囲気ガス、気圧、湿度ならびに温度などの外部環境条件の変化がどのように影響するかを実験的に検討している。また減衰定数の温度、振幅ならびに周波数依存性を測定し、表面波の振幅がある値以上になると急に減衰が増加することを見出し、その原因を究明するため、静的なバイアス応力を加えた状態で表面波の伝播特性を測定し、弾性率の非線型性によるものと結晶粒界における弾性率の不連続を挙げている。

第5章ではBaTiO₃系磁器における表面弾性波の伝播特性を考察している。まずほぼ純粋なBaTiO₃磁器とBa(Ti 0.95 Zr 0.05)O₃磁器を試料として用い、表面波の減衰定数が相変態点近傍で極大を示す

ことを明らかにしている。次に BaTiO_3 磁器の表面に有機溶媒を用いて金属酸化物あるいは炭酸塩を塗布し、これらの不純物を熱処理により内部に拡散させ、表面波の伝播特性に及ぼす影響を検討している。不純物の種類により音速や減衰定数は変化するが、とくに Co_2O_3 を拡散させた場合は減衰定数が半分に減少することを指摘している。

第6章では PZT 磁器の薄板を用いて弾性表面波を励起するとラム波が励起されることを示し、その伝播特性と遅延線への応用について考察を加えている。周波数と磁器板の厚さの積が $1.0 \times 10^9 \text{ Hz mm}$ 以下であるときには零次モードの対称ラム波が強く共振され、測定されたラム波の位相速度の分散特性が Worlton によって示された数値計算の結果と良く一致することを明らかにしている。さらにトランスデューサの振動モードが純粋な厚みたて振動と仮定して、超音波遅延線の等価回路を誘導し、その数値計算結果は実験結果を良く説明できることを示している。また第3章の解析を一般化して、磁器の厚さを考慮に入れたすだれ状電極のトランスデューサについて周波数特性の解析を行ない。これを用いた数値計算の結果が実験事実をよく説明できるばかりでなく磁器の厚さにより励起される波がラム波からレイリー波に移行する様子を定量的に示し、この種の波の応用に対する有益な指針を提供している。

第7章においては本論文の総括を行ない、主要な成果をまとめて結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文は圧電磁器表面には弾性表面波が容易に励起できることに着目し、その表面波励起と電極構造の関係を検討し、諸条件下における表面波の伝播特性を測定して超音波遅延線などへの工学的応用の可能性を論じている。また、トランスデューサ部分を簡単なモデルで近似した等価回路を提案し、その計算結果と実測結果との比較検討を行ない、設計上の指針を与えている。得られた成果のおもなものはつぎのとおりである。

1. 圧電磁器表面に互いに平行な金属電極（すだれ状電極）を蒸着し、この電極を用いて分極処理を行ない、トランスデューサを構成し、この電極をそのまま入出力端子とする表面波励起法を提案している。あらかじめ一様に分極処理した磁器表面にすだれ状電極を蒸着する方法に比べて、筆者の提唱する方法は同一寸法の電極で中心周波数が2倍となる利点があり、表面波の伝播速度も遅く、超音波遅延線への応用には有利であることを指摘している。

2. この方法によるすだれ状電極トランスデューサの周波数特性を解明するため、二三の仮定を設けて数式的解析を行ない、数値計算の結果は実験結果とよく一致することを示し、電極構造の設計指針を与えるとともに圧電磁器に要求される性質を明らかにしている。また、この数式的取扱いを拡張して、磁器の厚さが薄くなるとラム波が励起されることを示し、このモードを用いた遅延線への応用についても言及している。さらに、トランスデューサの動作は厚みたて振動すると仮定して超音波遅延線の等価回路を誘導し、実験結果をよく説明しうることを示した。

3. 圧電磁器を伝播する表面波の減衰に及ぼす原因を究明するため、 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$, BaTiO_3 および $\text{Ba}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$ 磁器について実験を行ない、その結果、表面波の振幅が小さいときは誘電損失が支配的で、振幅がある値より大きくなると減衰が急激に増加するのは結晶粒界における弾性率の不連続や弾性率

の非線型性が原因であろうと推定している。さらに磁器表面に種々の金属の酸化物や炭酸塩を塗布して熱処理を行ない、不純物を表面層に拡散させて表面波の伝播特性をしらべ、 Co_2O_3 を拡散させた場合には減衰定数が半分に減少することを見出している。このほか、雰囲気ガス、気圧、湿度および温度など外部環境条件が表面波伝播に及ぼす影響についてもしらべ、応用上の基礎的資料を提供している。

以上要するに、本論文は圧電磁器面上に効率よく表面波を励振する方法を提案し、電極構造と周波数特性との関係を解明し、超音波遅延線などへの応用について基礎的な検討を加えたもので学術上實際上貢献するところが少なくない。

よって、本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。