

| | |
|--------------|--|
| Title | 高周波弾性表面波素子とその応用に関する研究 |
| Author(s) | 瀬恒, 謙太郎 |
| Citation | 大阪大学, 1985, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/34721 |
| rights | |
| Note | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。 |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

| | |
|---------|---------------------------|
| 氏名・(本籍) | 瀨 恒 謙 太 郎 |
| 学位の種類 | 工 学 博 士 |
| 学位記番号 | 第 6 7 0 3 号 |
| 学位授与の日付 | 昭 和 60 年 2 月 20 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 | 高周波弾性表面波素子とその応用に関する研究 |
| 論文審査委員 | (主査) |
| | 教授 山本 錠彦 |
| | (副査) |
| | 教授 難波 進 教授 藤澤 和男 教授 浜川 圭弘 |
| | 教授 末田 正 |

論 文 内 容 の 要 旨

弾性体の表面近傍にエネルギーを集中させて伝搬する弾性表面波を利用した素子は、現在まで低損失化に主眼をおいて実用化研究が行なわれ、高周波域において弾性表面波の本来の特徴を利用するための研究開発の進展が遅れていた。本論文の目的は、この原因である高周波における弾性表面波の楕形電極での特有な問題の解明、工業化の障害となっていた高周波素子のための設計法の確立、薄膜材料を含めた高周波用の圧電基板材料の検討、さらにはこれら素子を用いて適応し得る応用分野を開拓することである。

まず弾性表面波素子に関し解析、設計、材料、応用面から歴史的に展望し、その中で本研究の占める役割を第 1 章で述べ、あらましを説明した。第 2 章では弾性表面波の励振、受信のための楕形電極を構成する電極指の端部において、反射あるいはバルク変換される弾性表面波について解析した。解析には基板表面に形成された電極指を音響的インピーダンスの不連続としてモデル化する不連続伝送線路モデルを用いて、不連続部における音響インピーダンスの比と、バルク変換等による弾性表面波の損失に対して詳細に検討した。そしてこの反射を除去するために、従来用いられていた困難な微細加工技術を必要とするスプリット電極指に替り、電極指寸法をそのままにして素子を設計できる方法を提案し、高周波において有効であることを確認した。第 3 章では高周波弾性表面波素子の低損失化のための検討を行なった。低損失化の方法については種々提案されているが、これらは高周波では効果が小さく、不要な応答が生じて損失以外の諸特性を犠牲にしなければならず、作成上困難な微細加工を必要とする。本論文ではこれに対し普遍的な低損失化の方法である 3 電極構造の楕形電極について外部回路を含めた解析を行なった。解析には電氣的等価回路モデルを応用し外部インピーダンスと挿入損失、周波数応答特性、

電極指間不要多重反射の抑圧について3電極構造が高周波において有効であることを示した。第4章では弾性表面波素子の高周波化のための基板材料として、単結晶圧電材料と、薄膜圧電材料を取り上げた。単結晶材料としては高周波での高精度、高安定特性を実現するため、主として水晶を選択しその諸特性について検討した。薄膜圧電材料では、実用性の高いZnOを選択し、その形成法と弾性表面波の高周波化のための研究を行なった。また高周波素子の高精度化のため、SiO₂の超薄膜への紫外線照射による特性微調整法について示した。第5章では第2章から第4章までに述べた研究成果を応用して実現できる高周波弾性表面波素子を、種々の高周波機器に応用した実例について述べ、それぞれの機器において従来得られなかった高性能を実現した。第6章では弾性表面波と光の干渉を利用する音響光学の分野に高周波弾性表面波を利用した例として光偏向素子について述べた。ZnO単結晶薄膜基板の高次弾性表面波伝搬モードに対して、光導波路としてのこの基板の特性を調べ、高周波音響光学素子として有望であることを明らかにした。

以上本論文の成果によって、高周波における弾性表面波の不要2次効果と、素子の挿入損失、周波数特性等の関係が解明され、素子の本来有している特徴を損なうことなく高性能化するための設計法が確立され、従来実現できなかった高周波における弾性表面波応用素子が実現され、工業化の段階に至ろうとしている。

論文の審査結果の要旨

弾性表面波は、エレクトロニクスの分野においては、電磁波にかえてこれを用いることにより各種回路素子の超小形化の可能性があるために、大きな注目を集めてきたが、これまでの弾性表面波素子の開発の過程を振り返ってみると、実用化に成功したものは動作周波数帯が100 MHzあたりまでの低周波素子が殆どであった。本論文はこのような現況を克服し、さらに高い周波数域における弾性表面波素子の実現をめざした一連の研究成果をまとめたものである。

ここではまず弾性表面波素子の中枢をなす楕形電極変換器について、不連続伝送線路モデルを用いた一般的な解析を行ない、低周波域では無視できたいくつかの現象（例えば電極内部において生ずる弾性表面波の多重反射およびバルク波への変換等で、不要2次効果と総称される）が、高周波域になると素子の性能に大きな影響を及ぼすことを示している。そしてこの結果をもとにして、不要2次効果の抑圧に適した新しい電極構造を提案し、高周波域で適用可能な電極設計法を導出している。ついで本論文は材料面からの検討を行なっている。具体的には、バルク結晶として水晶を、そして薄膜材料としては、ZnOを取上げているが、とくに電極用金属の被覆効果を考慮した水晶基板の取扱いおよびスパッタリング法によるZnO薄膜の作成条件を見出したことは素子応用上有用な結果である。さらに以上の成果をもとにして、例えば放送衛星を利用した高品位テレビ放送システムや光ファイバによる高周波デジタル伝送システム等、将来の実用化が計画されているいくつかの通信・放送システムに組込まれる機器用として、フィルタや遅延線を始めとする各種高周波弾性表面波素子を開発した結果を述べている。フィ

ルタを例にとれば、水晶基板を用いた 300MHz 帯用素子から ZnO 薄膜を利用した 2GHz 帯用素子に至るまで各種の開発例を挙げ、これらがシステム構成上要求される高性能を有することを示すとともに、ここで導いた素子設計法の有効性を実証している。また本論文は弾性表面波の光エレクトロニクス分野への応用についても検討を加え、ZnO 薄膜上の 2GHz 帯弾性表面波による導波光のブラッグ回折を利用した光偏向素子の動作を確認し、この種の素子が光集積回路の主要な構成要素のひとつとなり得る可能性を示している。

以上のように、本論文はギガヘルツ領域に至る高周波弾性表面波素子の開発に先鞭をつけたもので、今後のこの分野の発展に資するところが大きく、学位論文として価値あるものと認める。