

## 論文内容の要旨

博士論文題目 点群  $m$  に属する圧電結晶の材料定数評価と  
弾性表面波特性に関する研究

氏名 清水 寛之

### (論文内容の要旨)

今日の情報通信分野に用いられる重要な電子部品の一つとして、圧電性を介した電気系-機械振動系結合を利用した弾性表面波(Surface Acoustic Wave: SAW)素子がある。近年、希土類カルシウムオキソボレート( $RCa_4O(BO_3)_3$  ( $R = La-Lu, Y$ ); RCOB)は優れた非線形光学効果を有する光学結晶として注目されているが、その圧電的性質についてはほとんど知られていない。これは RCOB 結晶が属する点群  $m$  での材料定数評価法が確立されていないことが主たる要因である。そこで本論文では、点群  $m$  における材料定数評価法を確立し RCOB 結晶の材料定数を決定することならびに、決定した材料定数をもとに RCOB 結晶の SAW 特性を理論的・実験的に検証することを目的とした。

第1章では、序論として RCOB 結晶の SAW 特性への興味について示した。さらに、材料定数評価法の確立が SAW 特性の理論解析にとって不可欠であると同時に物性研究にとっても重要であることを述べた。

第2章では、点群 2 における材料定数評価方法を足がかりに、点群  $m$  に最適な新たなカット(結晶基板)と振動モードの組み合わせを検討し、点群  $m$  に属する圧電結晶の材料定数評価法を提案した。

第3章では、 $R$  サイトの希土類イオン半径が異なる LaCOB( $R = La$ )、GdCOB( $R = Gd$ )、YCOB( $R = Y$ )の3結晶の単結晶を作製し、第2章で提案した点群  $m$  の材料定数評価法により材料定数と材料定数の温度係数を評価した。

第4章では、RCOB 結晶の SAW 特性について、実験的・理論的な評価結果をもとに議論した。実験的評価では、各結晶の基本カット  $X, Y, Z$  面における SAW の伝搬速度( $v$ [m/s])、電気機械結合係数( $K^2$ [%])、遅延時間温度係数(TCD[ppm/°C])を評価した。その結果 Rayleigh 波(RSAW)で最大の  $v$  と  $K^2$  がともに  $Y$  面の  $X$  軸方向で得られること、さらに Leaky 波(LSAW)では最大の  $K^2$  が  $Z$  面の  $Y$  軸方向

で得られることを明らかにした。一方、第 3 章で求めた材料定数を用いた理論解析では、RSAW の  $k^2$  値が非常に小さいため計算値と実測値は完全には一致しなかったがプロファイル全体を概ね再現できた。また、RSAW の  $v$  では実測値と計算値が一致することを確認するとともに、Y 面でエネルギーと波の伝搬方向が異なるビームステアリングの存在を示唆した。さらに、基本カット面のみならず全方位に関して理論解析を行った結果、 $K^2$  が大きく向上する方位を見出した。以上より今回確立した点群  $m$  に関する材料定数測定法の有用性を実証するとともに、RCOB 結晶の SAW 素子用圧電材料としての可能性を示唆した。

第 5 章では、研究結果のまとめと今後の課題ならびに展望について述べ、本研究の総括とした。

本論文は点群  $m$  に属する材料定数の評価法を新たに提案しその有効性を実測で検証したものであり、点群  $m$  に属する新材料の解析に有用な知見を与えるものである。

### (論文審査結果の要旨)

昨今の情報通信分野に用いられる重要な電子部品として、圧電性を介した電気系-機械振動系結合を利用した弾性表面波 (Surface Acoustic Wave: SAW)素子がある。近年、希土類カルシウムオキソボレート( $RCa_4O(BO_3)_3$  ( $R = La-Lu, Y$ ); RCOB)は優れた非線形光学効果を有する光学結晶として注目されているが、その圧電的性質についてはほとんど知られていない。これは RCOB 結晶が属する点群  $m$  における材料定数評価法が確立されていないことが主たる要因である。そこで本論文では、点群  $m$  における材料定数評価法を確立し RCOB 結晶の材料定数を決定することならびに、決定した材料定数をもとに RCOB 結晶の SAW 特性を理論的・実験的に検証することを目的としている。

本論文では、まず点群 2 における材料定数評価方法を足がかりに、点群  $m$  に最適な新たなカット(結晶基板)と振動モードの組み合わせを検討し、点群  $m$  に属する圧電結晶の材料定数を決定する方法を提案した。

次に、 $R$ サイトの希土類イオン半径が異なる LaCOB( $R = La$ ), GdCOB( $R = Gd$ ), YCOB( $R = Y$ ) の 3 結晶の単結晶を作製し、本論文で提案した点群  $m$  の材料定数評価法を用いて、材料定数と材料定数の温度係数を決定した。

さらに得られた材料定数をもとに、RCOB 結晶の SAW 素子用圧電材料としての可能性について、実験的・理論的な評価により議論した。実験評価では、各結晶の基本カット  $X, Y, Z$  面における、SAW の伝搬速度( $v$ [m/s])、電気機械結合係数( $k^2$ [%])、遅延時間温度係数(TCD[ppm/ $^{\circ}C$ ])を評価を行ない、Rayleigh 波(RSAW)で最大の  $v$  と  $k^2$  がともに  $Y$  カット  $X$  軸伝搬で得られること、さらに Leaky 波(LSAW)では最大の  $k^2$ (例えば LaCOB 結晶で 0.60%)が  $Z$  カット  $Y$  軸伝搬で得られることを明らかにした。一方、材料定数を用いた理論解析では、RSAW の  $k^2$  はその値が非常に小さいため計算値と実測値が完全には一致しなかったがプロフィール全体を概ね再現できた。また、RSAW の  $v$  では実測値と計算値が良く一致することを確認するとともに、 $Y$  面でエネルギーと波の伝搬方向が異なるビームステアリングの存在を示唆した。さらに、基本カット面のみならず全方位に関して詳細に理論解析を行った結果、基本カット面での最適特性と比べ  $v$  が若干低下するが  $k^2$  が大きく向上する方位を見出した。これらのことから、今回提案した点群  $m$  に関する材料定数測定法の有用性を実証するとともに、RCOB 結晶の SAW 素子用圧電材料としての可能性を示唆した。

本論文は点群  $m$  の材料定数評価法を新たに構築し、それを用いて RCOB 結晶の SAW 特性を理論的・実験的に議論したものであり、物性研究上ならびに応用上大変有益な成果を得ている。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。