

テラヘルツ時間領域分光法による LiNbO₃ 単結晶の焦電性の評価に関する研究

Study on pyroelectricity of LiNbO₃ single crystal using the terahertz time domain spectroscopy

同志社大院理工, °清水 悠平, 佐藤 祐喜, 吉門 進三

Doshisha Univ., °Yuhei Shimizu, Shinzo Yoshikado, Yuuki Sato

E-mail: syoshika@mail.doshisha.ac.jp

1.はじめに

焦電性を示す強誘電体である LiNbO₃ はその温度を変化させることにより電界が発生する。また電界を印加することによりその屈折率が変化する、いわゆるポッケルス効果等の電気光学効果を示すことが知られている。したがって温度を変化させることにより屈折率が変化する。本研究の目的は、THz-TDS(テラヘルツ時間領域分光法)を用いて 50 GHz~3 THz の周波数範囲で LiNbO₃ 単結晶の温度を変化させ反射係数を測定し、測定より電界強度を見積もることを目的としている。電気工学効果は結晶の弾性変形によるものであるが、特に THz 波を用いる理由として、この周波数帯でフォノンによる電磁波の最大吸収が生じ、吸収も含めた複素反射係数変化の測定感度が高くなることが期待されるからである。

2.実験方法

THz-TDS ではポンプ・プローブ法により得られた時間波形をフーリエ変換することで周波数ごとの振幅と位相の情報が得られる。光学研磨された厚さ 0.5 mm のサファイア単結晶と c 軸方向にポーリングをおこなった LiNbO₃ 単結晶の c 面の反射係数をテラヘルツ時間領域分光器 TR-100SRD (大塚電子) を用いて THz-TDS の反射法により求めた。サファイアは焦電性を示さない参照物質として用いた。結晶温度を室温および 70°C 一定とした場合と、周期的に変化 (温度差 10, 20, 30, 40°C, 一周期 7 秒) させたときの反射の評価を行った。結晶温度はペルチェ素子により変化させた。室温は 23 °C に保ち、水分による THz の吸収を抑えるために乾燥窒素を資料室に封入することにより相対湿度を 3 % 以下に保持した。

3.研究結果および考察

Fig.1 に焦電性を示さないサファイアの反射係数を示す。温度変化による違いはほとんど見られなかった。Fig.2 に LiNbO₃ の反射係数を示す。室温および 70°C 一定のときは反射係数に変化は見られなかった。一方、温度を周期的に変化させた場合、反射係数は高周波側にいくにしたがい変化が大きくなった。また変化量はほぼ温度差に比例した。LiNbO₃ の温度変化により発生する電界の強度は温度差に比例する。したがって反射係数の変化の原因は LiNbO₃ の焦電性によるものであることが分かった。特徴的なことは反射係数の変化量が周波数に比例することであり、フォノンの影響が現れている可能性がある。また LiNbO₃ 結晶内部に発生する電界は 5 kV/mm/°C であると報告されているので、反射係数の測定により発生する電界強度を見積もることが可能であることが分かった。

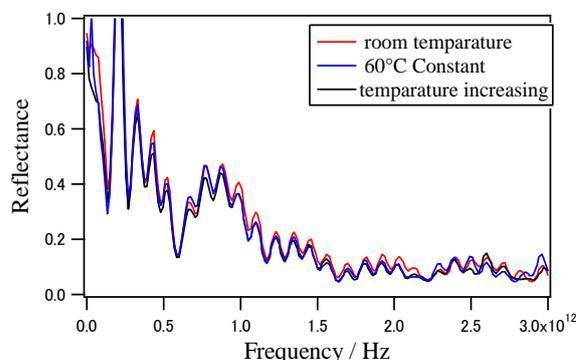


Fig.1 Frequency dependency of reflectance real part of sapphire under several temperature change conditions.

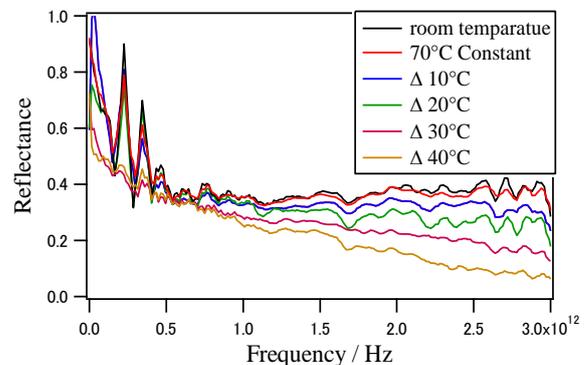


Fig.2 Frequency dependence of reflectance real part of LiNbO₃ under several temperature change conditions.