

球共振法による低温型 - 高温型石英の弾性率の温度変化

Temperature dependence of the elastic moduli of a- and b-quartz up to 1,100 K by the resonant sphere technique

間山 憲仁 [1]; 鈴木 功 [1]; 大野 一郎 [2]

Norihito Mayama[1]; Isao Suzuki[1]; Ichiro Ohno[2]

[1] 岡山大・理・地球; [2] 愛媛大・理・地球科学

[1] Dept. Earth Sci., Okayama Univ.; [2] Earth Sci, Ehime Univ

要旨

石英は温度 846K (= 573C) で低温型から高温型へ相転移することが知られている。本研究では、転移点をまたぐ常温 ~ 1,100K の温度範囲で低温型及び高温型石英の弾性率を測定した。相転移付近では 1K 間隔で測定を行い、低温型及び高温型石英の体積変化に関係する弾性率とその付近で急激に変化すること、せん断に関係する弾性率はほとんど変化しないことを得た。

はじめに

石英の弾性率の温度変化測定は、Atanasoff and Hart (1941) を始め多くの研究例がある。これらの研究のうち、三方晶系に属する低温型から六方晶系に属する高温型への相転移をまたぐ温度範囲での弾性率の測定例は、Zuvov and Firsova (1962) と近年の Ohno et al. (2006) の報告がある。Ohno et al. (2006) は直方体共振法 (RPR) を用いて弾性率を測定している。しかしながら、これらの研究では低温型-高温型相転移点付近の測定温度間隔が約 8K であり、相転移点近傍における詳細な弾性率変化は得られていない。また、Heyliger et al. (2003) は試料形状を球とした球共振法 (RST) を用いて、常温での低温型石英 のより精度の高い弾性率測定をしている。本研究では球共振法を用いて常温から 1,100K までの温度範囲で測定を行い、相転移点近傍での詳細な弾性率を得た。

試料・測定

試料には大分県産の天然単結晶石英を球形に整形したものをを用いた。その内部にはクラックや不純物は認められない。また、観測した共振周波数が三方晶系での計算周波数とほぼ一致することから試料に双晶などもないと考えられる。球形試料の平均直径は 4.440(1)mm であり、質量 121.6mg からかさ密度 2.654gcm⁻³ を得た。高温下での試料の共振周波数測定はバッファロードを介した CW 法により行った。測定温度範囲は常温 ~ 1,100K であり、相転移点を挟む 840 ~ 852K の間では 1K 間隔、その前後 780 ~ 900K では 5 及び 10K 間隔、その他の範囲では 50K 間隔で測定を行った。高温下での試料の直径及び密度は熱膨張データ (Akermann and Sorrell, 1974) から見積もった。試料の弾性率は 30 ~ 50 モードの測定共振周波数から最小二乗法により求めた。

結果と議論

各温度での試料の共振周波数データから、低温型石英の安定領域では 6 個、高温型石英のそれでは 5 個の弾性率の温度変化を得た。相転移点温度 846K では、昇温・降温過程共に試料の全てのモードでの共振現象が観測されず弾性率は得られなかった。低温型石英の弾性率は C44 を除き相転移点に近づくにつれ急激に減少し、高温型石英に相転移してからはやはり C44 を除き急激に上昇した。C44 は低温型及び高温型石英共に相転移点付近ではほとんど変化しなかった。これらの急激な変化が熱膨張の急変に対応するものかどうかを検討するために、体積一定の下での弾性率の温度変化を見積もった。その結果、体積変化によらない弾性率変化の大きいことが認められた。さらに、比熱 (Gronvold et al., 1989) 及び熱膨張率 (Akermann and Sorrell, 1974) からグリユナイゼンパラメーターを得て、等温体積弾性率 (KT) を計算した。その結果、低温型石英の KT は相転移点付近で極めて小さな値になることがわかった。

Ohno et al. (2006) は弾性率が測定温度と相転移温度の差のべき乗に比例することを報告している。今回の測定では、高温型石英については全ての弾性率において線形関係が再確認されたが、低温型石英についてはいくつかの弾性率においてこの線形関係からのずれが認められた。

Reference

Atanasoff and Hart (1941) Phys. Rev., 59, 85, Zuvov and Firsova (1962) Sov. Phys. Cryst, 7, 374, Akermann and Sorrell (1974) J. Appl. Cryst., 7, 461, Gronvold et al. (1989) Thermochemica Acta, 139, 225, Heyliger et al. (2003) J. Acoustic Soc. Am. 114, 644, Ohno et al. (2006) Phys. Chem. Minerals 33, doi10.1007/s00269-005-0008-3.