

In-situ Investigation of Physical Properties of Rocks and Minerals at Lower Crustal and Mantle Conditions – Methods, Measurements, Challenges

Untersuchung der Physikalischen Eigenschaften von Gesteinen und Mineralen unter den in-situ Bedingungen der Unterkruste und des Mantels – Methoden, Messungen, Herausforderungen



HANS J. MUELLER, FRANK R. SCHILLING & JÖRN LAUTERJUNG, Potsdam

key words: high pressure, high temperature, petrophysics, mineral physics, physical properties, elastic wave velocities, experimental simulation, in-situ conditions, lower crust, Earth's mantle, ultra-deep subduction, Earth's core

Abstract

The paper presents an overview about high pressure techniques for experimental simulation of the conditions in the depth range of 10 to 500 km. The emphasis of the presentation is on the measurement of elastic properties, as the majority of experiments are designed to determine elastic wave velocities at elevated pressures and temperatures.

Large-volume hydrostatic pressure vessels using liquid or gaseous pressure transmitting media combine the merits of large sample volume with a nearly unlimited option for optimizing the measurements. Because of the large internal volume of the vessels, natural rock samples can be used. On the other hand, gas pressure vessels are limited to the simulation of crustal conditions with only very few exceptions.

Quasi-hydrostatic pressure generation using rigid pressure transmitting media, e.g. in multi-anvil devices, is able to simulate Earth's mantle conditions. It requires special methods for measuring the physical properties. The higher the maximum pressures and temperatures, the smaller the sample volume has to be. To guarantee homogeneous and representative specimens synthetic or specially treated fine-grained natural samples must be used. However, the availability of samples from really great depths is very limited

Zusammenfassung

Der Beitrag bietet einen Überblick über die Hochdruck-Methoden zur experimentellen Simulation der Bedingungen im Tiefenbereich zwischen 10 und 500 km. Der Schwerpunkt bei den vorgestellten Messverfahren liegt auf der Bestimmung der elastischen Eigenschaften bei hohen Drücken und Temperaturen.

Großvolumige rein hydrostatische Druckkammern erlauben große Probenvolumina und breite Variabilität zur Optimierung der Messverfahren. Entsprechend des großen Innenvolumens ist die Nutzung natürlicher Gesteine als Proben möglich. Von wenigen Ausnahmen abgesehen sind Gasdruck-Apparaturen auf die Simulation krustaler Bedingungen beschränkt.

Die quasihydrostatische Druckerzeugung mittels fester Druckmedien, z.B. in Vielstempel-Apparaturen, erlaubt die Simulation von Mantelbedingungen. Dadurch werden spezielle Meßverfahren notwendig. Je höher die maximalen Drücke und Temperaturen liegen, desto geringer werden die Probenvolumina. Um dennoch Homogenität und Repräsentativität weiterhin sicherstellen zu können, müssen künstliche oder künstlich behandelte feinkörnige Proben natürlicher Zusammensetzung benutzt werden. Unabhängig davon ist die Verfügbarkeit von Proben aus Tiefen jenseits des obersten Mantels sehr begrenzt.

Der Schlußteil ist den für die nächste Zukunft zu erwartenden bzw. notwendigen Entwicklungen gewidmet. Messungen unter transienten Bedingungen, Untersuchungen an nicht quenchbaren Hochdruckphasen sowie Messungen an komplexen polykristallinen Systemen stellen gewaltige Herausforderungen dar, die Erscheinung und Stellenwert der geowissenschaftlichen Hochdruckforschung erheblich verändern dürften.

The paper also discusses some probable and necessary options for future developments. Transient measurements, investigation of non-quenchable high pressure phases and measurements at complex polycrystalline systems are huge challenges with the potential for remarkable progress in the public image and the meaning of geo-scientific high pressure research.