

Der Supraleiter als Modell für die Verfestigungsbereiche in einem versetzten Kristall

J. L. Marqués-López

Fachbereich Physik, Universität Paderborn

Ein Modell wird präsentiert, welches die Hauptverfestigungsbereiche in einem plastisch deformierten Einzelkristall beschreibt. Eine qualitative Veränderung in der Anordnung der topologisch stabilen Liniendefekten, welche Versetzungen genannt werden, ist die Ursache für die Änderung von einem Bereich zu dem anderen. Bei der vorliegenden Theorie werden solche Änderungen als Phasenübergänge betrachtet. Das vorgeschlagene Modell gründet auf einer neuen Analogie zwischen dem Supraleiter und dem versetzten Kristall. Der von einem festen Kristall gezeigte mechanische Widerstand gegen die Versetzungsgleitung wird dem charakteristischen Widerstand eines Supraleiters gegen Eindringen eines magnetischen Feldes analog gesetzt. Auf diese Weise entspricht der Meißner-Zustand im Supraleiter den elastischen Bereich, wo keine gleitende Versetzung vorhanden ist. Supraleiters Schubnikov-Zustand wird als analog zum Bereich I, wo nur ein kleiner Bruchteil der Versetzungen als gleitend zugelassen werden. Das Verschwinden der Supraleitung entspricht analogerweise den Verlust der Kristallfestigkeit auf Grund der starken Ansammlung von gleitenden Versetzungen.

Basiert auf dieser Analogie, eine vollständige Formulierung wird hergeleitet, wo die Rolle der magnetischen Flußdichte in den Supraleiter-Gleichungen formal von der Dichte der gleitenden Versetzungen gespielt wird. Auf ähnliche Weise, die formale Rollen des elektrischen Feldes sowie die des elektrischen Stroms entsprechen nun den Fluß oder Strom der gleitenden Versetzungen bzw. die äußere angelegte Schuspannung. Die für den Supraleitungsmodell charakteristische Eichinvarianz wird in der vorliegenden Formulierung die Invarianz gegen kompatible Deformationen. Je nachdem ob diese Eichinvarianz periodischen oder nicht-periodischen Charakter aufweist beschreibt das Modell sekundäre Gleitung bzw. einen Kristall bei welchem nur die primäre Gleitung aktiviert worden ist. In dem ersten Fall folgt aus dem Modell einen neuen Zustand (unterschiedlich von den drei oben genannten), der durch das Zusammenbündeln von dem Strom der gleitenden Versetzungen innerhalb begrenzten Regionen charakterisiert ist. Und in einem Kristall bei aktiver sekundäre Gleitung ist gerade dies das erwartete Verhalten für den Bereich II.

Weiter, der Burgers Vektor setzt eine Skala für eine fundamentale Unschärfe bei der Ortsmessung innerhalb eines versetzten Kristalls. Diese Unschärfe erlaubt es, eine effektive Energieskala aufzubauen und eine Zustandssumme sowie Korrelationsfunktionen zu definieren. Diese letzteren charakterisieren die verschiedenen Phasen des Modells, und somit die entsprechend verschiedenen Verfestigungsbereiche in einem versetzten Kristall.