

Andreas Bille

Darstellung der Forschungsaktivitäten

Eigenschaften der Hochtemperatursupraleiter werden theoretisch in einer strong coupling mean field Näherung untersucht, wobei der Normalzustand durch ein zweidimensionales Gas wechselwirkender Ladungsträger in einem tight-binding Band endlicher Breite beschrieben wird. In dieser Theorie wird die \vec{k} -Abhängigkeit aller Selbstenergieterme numerisch exakt mitgenommen. Die numerische Methode zur Lösung der auftretenden Integralgleichungen ist die Fast Fourier Transform (FFT). Die von Millis, Monien und Pines (Phys. Rev. B **42** (1990) 167) vorgeschlagene Modellwechselwirkung, die den Austausch von Spinfluktuationen beschreiben soll, erfordert eine unvernünftig große Stärke der Wechselwirkung, um aus der Eliashberg Theorie eine Übergangstemperatur von 90° K zu erhalten. Es gibt zahlreiche Hinweise sowohl theoretischer als auch experimenteller Natur, daß auch in Hochtemperatursupraleitern Elektron-Phonon Wechselwirkung eine wichtige Rolle spielt. Anders als in konventionellen Supraleitern ist hier die Wechselwirkung aber weitgehend beschränkt auf einen kleinen Teil des Phononenspektrums, was zu ausgeprägten Anisotropieeffekten führt. Eine durch den Austausch von Phononen mit kleinen Impulsen vermittelte anziehende Wechselwirkung verstärkt die durch Spinfluktuationenaustausch vermittelte Tendenz zur d -Wellen Paarung in einem tetragonalen System. Überwiegt die anziehende Wechselwirkung, so erhält man natürlich s -Wellen Supraleitung. Um eine stark anisotrope Energielücke zu erhalten, ist es notwendig, impulsabhängige Matrixelemente der Wechselwirkung zu berücksichtigen. Trotz dieser Verallgemeinerung ist es möglich, die FFT zu benutzen.

Eine starke, auf einen kleinen Bereich des \vec{k} -Raumes beschränkte Elektron-Phonon Wechselwirkung könnte verantwortlich sein für die Ausbildung von Ladungsdichtewellen, wie sie von den Übergangsmetallchalcogeniden bekannt sind. Ladungsdichtewellen werden von vielen Autoren phänomenologisch in die Theorie der Hochtemperatursupraleiter eingebracht, ohne daß der Mechanismus für den entsprechenden Phasenübergang geklärt wäre. Angeregt durch Diskussionen mit Herrn Dr. Klemm während seiner Besuche in Hamburg und eines Besuches von mir am Argonne National Laboratory, habe ich intensiv nach einem solchen gitterinduzierten Übergang gesucht, da der von Rice und Scott (Phys. Rev. Lett. **35** (1975) 120) vorgeschlagene Mechanismus bei den für Hochtemperatursupraleiter akzeptierten Normalzustandseigenschaften nicht wirksam genug ist, eine Instabilität herbeizuführen. Abhängig von der Annahme bezüglich des (kommensurablen) Wellenzahlvektors der Ladungsdichtewelle erhält man eine mehr oder weniger große Zahl gekoppelter Eliashberg Gleichungen. Die Berechnung der Sprungtemperatur für einen CDW-Phasenübergang ist mir bisher nicht gelungen, da die Konvergenzeigenschaften der Gleichungen bei Annäherung an den Phasenübergang immer schlechter werden. Dies mag einen physikalischen Grund haben, denn der in Übergangsmetallchalcogeniden beobachtete Phasenübergang erfolgt zunächst zu einer inkommensurablen Ladungsdichtewelle, bevor sich bei tieferen Temperaturen nach einem

zweiten Phasenübergang eine kommensurable Ladungsdichtewelle ausbildet. Die numerischen Methoden, die bei diesen Untersuchungen entwickelt wurden, lassen sich natürlich auch auf andere Fragestellungen anwenden. So sind die Arbeiten zur Mikrowellenleitfähigkeit, zur Raman-Streuung und zum Tunneln durch Twist Junctions in Systemen mit tight-binding Bandstruktur entstanden.

Zusammenarbeit mit anderen Mitgliedern des Graduiertenkollegs

Prof. Dr. K. Scharnberg, Dr. C. T. Rieck, Dipl.-Phys. D. Straub

Publikationen

Angehörige und Gäste des Graduiertenkollegs sind unterstrichen

- [1] A. Bille und K. Scharnberg: *Anisotropic strong coupling calculation of the local electromagnetic response of high- T_c superconductors*, J. Phys. Chem. Solids **59**, 2110–2113 (1998).
- [2] A. Bille, C. T. Rieck und K. Scharnberg, Mean free path effects on the electronic Raman spectra of d-wave superconductors, In M. Ausloos and S. Kruchinin, Hrsg., *Symmetry and Pairing in Superconductors*, Band 63 von *NATO Science Series: 3. High Technology*, Seite 231. Kluwer Academic Publishers (1999).
- [3] R. A. Klemm, G. Arnold, A. Bille, C. T. Rieck und K. Scharnberg: *c-Axis Twist $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ Josephson Junctions: A New Phase-Sensitive Test of Order Parameter Symmetry.*, Int. J. Mod. Physics B **13**, 3449 – 3454 (1999).
- [4] R. A. Klemm, A. Bille, C. T. Rieck, K. Scharnberg und G. Arnold: *$Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ c-Axis twist Josephson Junctions: A new Phase – Sensitive Test of Order Parameter Symmetry*, J. Low Temp. Physics **117**, 509 – 513 (1999).
- [5] R. A. Klemm, G. Arnold, A. Bille und K. Scharnberg: *Theory of c-axis twist Bi-2212 Josephson junctions: strong evidence for incoherent tunneling and s-wave superconductivity*, Physica C: Superconductivity **341-348**, 1663–1664 (2000).
- [6] A. Bille, R. A. Klemm und K. Scharnberg: *Gaussian Tunneling Model of c-Axis Twist Josephson Junctions*, eingereicht bei Phys. Rev. B (2000).

Forschungsaufenthalte und eingeladene Vorträge

- November/Dezember 1999:
Forschungsaufenthalt/Eingeladener Vortrag Argonne National Laboratory

Tagungsbeiträge als Mitautor

- „*c*-Axis Twist $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Josephson Junctions: A New Phase-Sensitive Test of Order Parameter Symmetry“
R. A. Klemm, G. Arnold, A. Bille, C. T. Rieck, K. Scharnberg
Second International Conference on New Theories, Discoveries, and Applications of Superconductors and Related Materials
Las Vegas, USA 31. Mai – 4. Juni 1999
Beitragform: Vortrag
- „ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ *c*-Axis twist Josephson Junctions: A new Phase – Sensitive Test of Order Parameter Symmetry“
R. A. Klemm, A. Bille, C. T. Rieck, K. Scharnberg, G. Arnold
International Conference on the Physics and Chemistry of Molecular and Oxide Superconductors, MOS'99
Stockholm, Schweden, 28. Juli – 2. August 1999
Beitragform: Vortrag
- „Theory of *c*-axis twist Bi2212 Josephson junctions: Strong evidence for incoherent tunneling and *s*-wave superconductivity“
R. A. Klemm, G. Arnold, A. Bille, K. Scharnberg,
6th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity and High-Temperature Superconductors
Houston, Texas, USA, 20. – 25. Februar 2000
Beitragform: Vortrag