

Peter Lahl: Nichtlineare Eigenschaften koplanarer supraleitender Mikrowellenbauelemente aus YBa₂Cu₃O_{7-δ} in kleinen Magneten. 2001

Supraleiter bieten auf Grund ihres extrem niedrigen Mikrowellen- Oberflächenwiderstandes große Vorteile für die Verwendung im Mikrowellenbereich z.B. für Mobilfunkanwendungen. Die damit gegenüber konventionellen Komponenten möglichen wesentlich kompakteren Bauformen bei verbesserten Eigenschaften führen jedoch in vielen Fällen zu hohen Leistungsdichten in supraleitenden Mikrowellenbauelementen. Aufgrund der nichtlinearen kritischen Eigenschaften der Supraleiter ergeben sich hierdurch bei normalleitenden Materialien nicht vorhandene neuartige Begrenzungsmechanismen und nichtlineare Effekte, die zu einer Einschränkung der Leistungsverträglichkeit supraleitender Mikrowellenbauelemente führen und deren Ursache bis heute nicht eindeutig geklärt sind. In dieser Arbeit wird das nichtlineare Verhalten von Mikrowellenbauelementen aus hoch-Tc Supraleitern untersucht und der Mechanismus, der für die Leistungsbegrenzung verantwortlich ist am Beispiel koplanarer Mikrowellenbauelemente aufgezeigt. Hierzu wird durch gezieltes Einbringen von magnetischem Fluss die Wechselwirkung zwischen dc-magnetischem Feld und hf- elektromagnetischem Feld ausgenutzt. Die Teststrukturen bestehen aus speziellen koplanaren Mikrowellenresonatoren aus YBa₂Cu₃O_{7-δ}-Dünnschichten auf Saphir- und LaAlO₃-Substraten (Resonanzfrequenz: 1-2 GHz), die sich durch eine charakteristische hf-Stromverteilung auszeichnen. Das Verhalten der Resonatorteststrukturen im Magnetfeld hängt extrem von der Experimentführung und damit der Vortexverteilung ab. Die Nichtlinearität kann im Rahmen eines Modells erklärt werden, das ausgehend von dem Verhalten in kleinen Magnetfeldern auch die Leistungsbegrenzung im Nullfeld in konsistenter Weise beschreibt. Die gewonnenen Ergebnisse sind sowohl für die Grundlagen, als auch für Anwendungen von Bedeutung, sie liefern zudem eine Basis zur Verbesserung der Mikrowelleneigenschaften supraleitender Bauelemente.

Compared to normal conductors, superconductors exhibit extremely small microwave surface resistances and, thus, provide a number of advantages for the use of these materials in microwave applications, e.g. mobile communication. For instance, as a consequence of the small surface resistance very compact and small superconducting microwave devices with even better performance could replace large and bulky normal conducting devices. However, the compactness of the superconducting devices automatically leads to high power densities in these devices. Since the rf surface resistance of superconductors is nonlinear the power handling capability is limited in these devices. This represents a serious limitation for the use of superconductors in microwave applications. The examination and, if possible, explanation of this mechanism, that is responsible for the nonlinearities in superconducting microwave devices has not been unambiguously identified up to now.

In this work, the nonlinear properties of high-Tc superconducting microwave devices are investigated and the mechanism that limits the power handling capability is derived from the experiment. For this purpose, additional to the rf electromagnetic field, dc magnetic fields are employed as a probe for the analysis of the local maximum rf electromagnetic field. Coplanar microwave resonators which exhibit a characteristic rf current density distribution are manufactured from YBa₂Cu₃O_{7-δ} thin films on sapphire and LaAlO₃ substrates. It is shown that the behaviour of these resonators in dc magnetic fields depends strongly on the vortex distribution in the resonator and, therefore, on the way the magnetic field is established. The experimental results are explained in terms of a model which consistently describes the behaviour in magnetic fields and in zero field. The results are important for the understanding of the mechanism that limits the power handling capability as well as they give a first insight into vortex matter (pinning and mobility) in rf fields. Furthermore, they represent the basis for improvements of the microwave properties of superconducting devices for applications, which is indicated in this work.