

Berichte aus der Physik

Kay Biedermann

**ac Josephson Effect in
Nb/InAs(2DES)/Nb Junctions**

Shaker Verlag
Aachen 2000

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Biedermann, Kay:

ac.Josephson Effect in Nb/InAs(2DES)/Nb Junctions/

Kay Biedermann. Aachen: Shaker, 2000

(Berichte aus der Physik)

Zugl.: Hamburg, Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-8050-8

Copyright Shaker Verlag 2000

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-8050-8

ISSN 0945-0963

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 1290 • D-52013 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Autor: Kay Biedermann

Titel: ac Josephson Effect in Nb/InAs(2DES)/Nb Junctions

ISBN: 3-8265-8050-8

Inhaltsangabe

In dieser Arbeit werden Supraleiter/Normalleiter/Supraleiter (SNS) Josephsonkontakte untersucht. Als Barriere dient ein zweidimensionales Elektronengas, entweder an der Oberfläche von InAs-Einkristallen oder in InAs-Heterostrukturen. Als Supraleiter wird Nb verwendet. Ziel ist es, unsere Josephsonkontakte on-chip als lokale Mikrowellenquellen zu nutzen. Unsere Kontakte weisen zwei Besonderheiten auf. Erstens, hohe $I_C R_N$ -Produkte von über 1 mV. Zweitens ihre integrierten Mikrowellenresonatoren gebildet aus dem Überlapp zweier Nb-Elektroden mit einem anodischen Oxid dazwischen. In den ersten beiden Kapiteln werden ausschließlich Kontakte auf InAs-Einkristallen untersucht. Im ersten Kapitel wird kurz der dc Josephson-Effekt solcher SNS-Kontakte beschrieben, gefolgt von systematischen Untersuchungen zu deren ac Josephson-Effekt. Unter Einstrahlung einer hochfrequenten, elektromagnetischen Welle werden Shapiro-Stufen in den Strom-Spannungskennlinien beobachtet. Die Abhängigkeit der Stufenbreiten von der eingestrahlten Leistung wird sowohl mit der Theorie für spannungsgespeiste, als auch für stromgespeiste Josephsonkontakte verglichen. Im letzteren Fall wurde erstmalig der beobachtete Excess-Strom unserer Kontakte mittels einer mikroskopischen Theorie in ein phänomenologisches RCSJ-Modell integriert. Der integrierte Resonator wechselwirkt mit der Josephsonstrahlung der Kontakte, was zu Fiskeresonanzen in den Strom-Spannungskennlinien führt. Die Magnetfeld-, Temperatur- und Hochfrequenz-Abhängigkeit der Resonanzamplituden kann in einem modifiziertem RSJ-Modell beschrieben werden. Es berücksichtigt die besondere Geometrie unserer Kontakte, in denen der Strom des Kontaktes nur an einer Seite in und aus dem Resonator fließt. Desweiteren ist das Modell für beliebige Stromverteilungen gültig. Die Beobachtung von halbzahligen Shapirostufen und Fiskeresonanzen kann mittels einer $\sin(2\varphi)$ -Komponente in der ersten Josephson-Gleichung verstanden werden. Eine solche Stromkomponente hängt mit dem Auftreten von Nichtgleichgewicht in unseren Kontakten zusammen. Im zweiten Kapitel wird die hochfrequente Kopplung zweier Kontakte untersucht. Ein Kontakt dient als Sender und der andere als Empfänger. Beide sind über einen supraleitenden Streifenleiter miteinander gekoppelt. Es wurden zwei verschiedene geometrische Designs hergestellt und untersucht. Bei beiden sind die Impedanzen der Kontakte und des Streifenleiters möglichst gut aufeinander angepaßt. Für beide Designs wird ein induktives Überkoppeln vom Sender auf den Empfänger beobachtet, welches mittels vergleichender Messungen mit angelegtem Magnetfeld nachgewiesen werden kann. Deswegen wurde im letzten Teil versucht, einen halbleitenden, mesoskopischen Quantenpunkt-Kontakt als Detektor zu nutzen. Der Transport durch ihn ist unempfindlich gegen die kleinen Magnetfelder des Sendekontaktes, kann aber durch kleine ac Felder beeinflusst werden. Es wird die zugehörige Theorie zur dc- und ac-Leitfähigkeit beschrieben, und verschiedene Meßmethoden werden vorgestellt. Am Ende