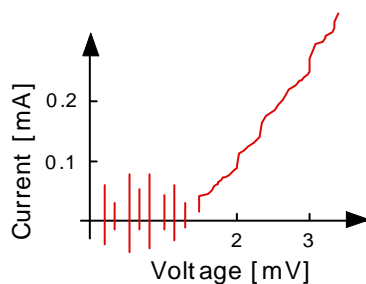




Labor „Elektrische Quantennormale“

Der Josephson-Effekt in der Metrologie

Der Josephson-Effekt wird heute in zahlreichen Nationalen Metrologieinstituten als Primärnormal für Spannungsmessungen eingesetzt. Zusammen mit dem Quanten-Hall-Effekt, einem weiteren wichtigen Quanteneffekt in der Metrologie, hat der Josephson-Effekt zu einer verbesserten weltweiten Konsistenz der elektrischen Messungen geführt.

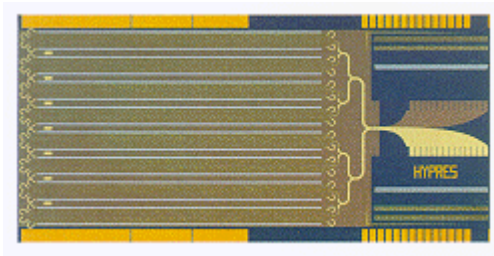


Der Josephson-Effekt ist ein quantenmechanisches Phänomen, das an supraleitenden Tunnелеlementen auftritt, die aus zwei durch eine dünne Isolierschicht getrennten Supraleitern zusammengesetzt sind (sog. Josephson-Elemente). Bringt man ein Josephson-Element durch Abkühlen auf 4 K in den supraleitenden Zustand und bestrahlt es mit Mikrowellenstrahlung, so treten in der Strom-Spannungscharakteristik des Elementes Stromstufen konstanter Spannung auf, welche präzise durch die Beziehung:

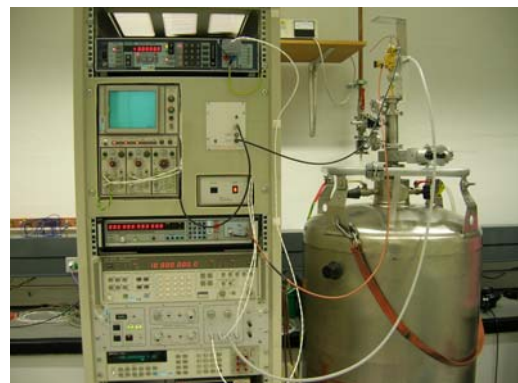
$$U = n \frac{h}{2e} f$$

gegeben sind.

Dabei ist f die eingestrahlte Frequenz (typisch 70 GHz), e und h sind Naturkonstanten und werden als Elementarladung und Plancksches Wirkungsquantum bezeichnet; n ist die Stufenzahl. Die Kombination der Naturkonstanten $2e/h$ wird üblicherweise als Josephsonkonstante K_J bezeichnet. In einer integrierten Schaltung lassen sich heute viele tausend Josephson-Elemente in Serie schalten (Josephson-Array) und damit hochgenaue Spannungsniveaus bis 10 V erzeugen.



10 V Josephson-Array



Messaufbau am METAS

Metrologische Anwendung

Wie im Fall der Konstanten R_K beim Quanten-Hall-Effekt wurde ab dem 1. Januar 1990 der Zahlenwert $K_{J-90} = 483'597.9$ GHz/V festgelegt. In den meisten nationalen Metrologielabors und auch bereits in einigen Industrielabors werden heute Messsysteme auf der Basis von Josephson-Arrays als absolute Spannungsreferenzen eingesetzt, um Spannungsnormale (Normalelemente, Zener-Referenzen) zu kalibrieren.

Das Josephsonnormal am METAS erlaubt Kalibrierungen im Spannungsbereich $-10\text{ V} \dots +10\text{ V}$. Die Messunsicherheit des Systems (Stabilität des Prüflings nicht eingerechnet) beträgt $\pm 5\text{ nV}$. Diese Messunsicherheit wurde im November 1992 im direkten Vergleich mit einem transportierbaren Josephson-Normal des Internationalen Büros für Mass und Gewicht (BIPM) bestätigt.



Das Bundesamt für Metrologie METAS realisiert und vermittelt international abgestimmte Masseinheiten mit der erforderlichen Genauigkeit. Es beaufsichtigt die Verwendung von Messmitteln in den Bereichen Handel, Verkehr, öffentliche Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz. METAS überwacht den Vollzug der gesetzlichen Bestimmungen durch die Kantone und durch die ermächtigten Stellen, instruiert und berät Eichmeister und Eichstellen. Forschung, Industrie und Gewerbe stellt es seine Dienstleistungen zur Verfügung.

Kontakt

Dr. Blaise Jeanneret
Laborleiter

Bundesamt für Metrologie METAS
Lindenweg 50, CH-3003 Bern-Wabern
Tel. +41 31 32 33 303
blaise.jeanneret@metas.ch
www.metas.ch

Februar 2007