

**Inhalt**

	Seite
Einleitung .....	7
1 Anwendungsbereich .....	9
2 Normative Verweisungen .....	9
3 Begriffe .....	9
4 Anforderungen .....	10
5 Geräte .....	10
5.1 Messausrüstung .....	10
5.2 Komponenten der induktiven Messungen .....	12
5.2.1 Spulen .....	12
5.2.2 Abstandsschicht .....	12
5.2.3 Mechanismus für den Aufbau der Spule .....	12
5.2.4 Kalibrierungs-Wafer .....	13
6 Messverfahren .....	14
6.1 Allgemein .....	14
6.2 Bestimmung des experimentellen Spulen-Koeffizienten .....	14
6.2.1 Berechnung des theoretischen Spulen-Koeffizienten $k$ .....	14
6.2.2 Transportmessungen der Brücken auf dem Kalibrierungs-Wafer .....	16
6.2.3 $U_3$ -Messungen des Kalibrierungs-Wafers .....	16
6.2.4 Berechnung der $E$ - $J$ -Charakteristik aus frequenzabhängigen $I_{th}$ -Daten .....	16
6.2.5 Bestimmung von $k'$ aus $J_{ct}$ - und $J_{c0}$ -Werten für ein passendes $E$ .....	17
6.3 Messung von $J_c$ in den Prüf-Schichten .....	18
6.4 Messung von $J_c$ mit nur einer Frequenz .....	18
6.5 Beispiele der theoretischen und experimentellen Spulen-Koeffizienten .....	18
7 Messunsicherheit des Prüfverfahrens .....	19
7.1 Hauptquellen der systematischen Effekte, die die $U_3$ -Messung beeinflussen .....	19
7.2 Wirkung der Abweichung vom vorgeschriebenen Wert im Spule-Schicht-Abstand .....	20
7.3 Messunsicherheit des experimentellen Spulen-Koeffizienten und des erhaltenen $J_c$ .....	21
7.4 Wirkung des Schichtrandes .....	21
7.5 Probenschutz .....	22
8 Prüfbericht .....	22
8.1 Identifizierung der Probe .....	22
8.2 Bericht der $J_c$ -Werte .....	22
8.3 Bericht der Prüfbedingungen .....	22
Annex A (informativ) Zusätzliche Informationen zu Abschnitt 1 bis Abschnitt 8 .....	23
A.1 Kommentare zu anderen Verfahren zur Messung des lokalen $J_c$ von großflächigen HTS-Schichten .....	23
A.2 Anforderungen .....	23

	Seite
A.3 Theorie zur Erzeugung der dritten harmonischen Spannung .....	24
A.4 Berechnung des induzierten elektrischen Feldes .....	25
A.5 Theoretischer Spulen-Koeffizient $k$ und experimenteller Spulen-Koeffizient $k'$ .....	26
A.6 Skalierung der $U_3 - I_0$ -Kurven und das Kriterium konstanter Induktivität zur Bestimmung von $I_{th}$ .....	26
A.7 Auswirkung von reversibler Flussbewegung .....	28
Annex B (informativ) Optionale Messsysteme .....	29
B.1 Überblick .....	29
B.2 Harmonisches Rauschen aus der Stromquelle und dessen Unterdrückung .....	30
Annex C (informativ) Messunsicherheitsbetrachtungen .....	35
C.1 Überblick .....	35
C.2 Definitionen .....	35
C.3 Betrachtung des Konzeptes der Messunsicherheit .....	36
C.4 Beispiel für eine Bestimmung von Messunsicherheiten für TC-90-Normen .....	37
Annex D (informativ) Bewertung der Unsicherheit .....	39
D.1 Bewertung der Unsicherheit des experimentellen Spulen-Koeffizienten .....	39
D.2 Messunsicherheit in der Berechnung des induzierten elektrischen Feldes .....	40
D.3 Experimentelle Ergebnisse zu der Auswirkung der Abweichung des Spule-Schicht-Abstandes .....	41
D.4 Beispiele für die Typ-A-Unsicherheiten von $J_c$ und $n$ -Werte aus der experimentellen Unsicherheit der $U_3$ -Messung .....	41
D.5 Bewertung der Unsicherheit der erhaltenen $J_c$ .....	42
D.6 Experimentelle Ergebnisse, die die Auswirkung es Schichtrands zeigen .....	43
Literaturhinweise .....	45
<b>Bilder</b>	
Bild 1 – Darstellung eines elektrischen Schaltkreises zur induktiven $J_c$ -Messung von HTS-Schichten .....	11
Bild 2 – Illustration zur Darstellung von Techniken, die die Probenspule auf die HTS-Schichten drücken .....	13
Bild 3 – Beispiel eines Kalibrierungs-Wafers zur Bestimmung des Spulen-Koeffizienten .....	14
Bild 4 – Illustration zur Probenspule und zum Magnetfeld während der Messung .....	15
Bild 5 – Illustration zur Probenspule und ihre Magnetfelderzeugung .....	15
Bild 6 – $E$ - $J$ -Charakteristiken, bestimmt durch Transport-Messungen und induktive $U_3$ -Methode .....	17
Bild 7 – Illustration der Spulen 1 und 3 in Tabelle 1 .....	19
Bild 8 – Die Spulenfaktor-Funktion $F(r) = 2H_0/I_0$ berechnet für drei Spulen .....	19
Bild 9 – Abhängigkeit des theoretischen Spulen-Koeffizienten $k$ vom Spule-Schicht-Abstand $Z_1$ .....	21
Bild A.1 – Illustration der Probenspule und des Magnetfeldes während der Messung .....	25
Bild A.2 – (a) $U_3$ und (b) $U_3/I_0$ aufgetragen gegen $I_0$ in einer YBCO-Dünnschicht, gemessen in angelegten DC-Magnetfeldern, und die beobachtete Skalierung, wenn mit $I_{th}$ normiert wird .....	27
Bild A.3 – Beispiel für die normierten dritten harmonischen Spannungen ( $U_3/fI_0$ ), gemessen bei	

	Seite
verschiedenen Frequenzen .....	27
Bild B.1 – Schematische Darstellung einer variablen RL-Kompensationsschaltung .....	30
Bild B.2 – Darstellung eines elektrischen Schaltkreises zur Verwendung des 2-Spulen-Verfahrens .....	30
Bild B.3 – Harmonisches Rauschen aus der Stromquelle.....	31
Bild B.4 – Rauschunterdrückung durch die Verwendung einer Kompensationsspule mit einer supraleitenden Schicht .....	32
Bild B.5 – Normiertes harmonisches Rauschen ( $U_3/fI_0$ ) aus der Stromquelle .....	33
Bild B.6 – Normierte Rauschspannungen nach der Reduzierung durch die Verwendung einer Kompensationsspule mit einer supraleitenden Schicht.....	33
Bild B.7 – Normierte Rauschspannungen nach der Reduzierung durch die Verwendung einer Kompensationsspule ohne eine supraleitende Schicht.....	34
Bild B.8 – Normierte Rauschspannungen mit dem in Bild B.2 gezeigten 2-Spulen-System.....	34
Bild D.1 – Auswirkung der Spulenposition gegenüber einer supraleitenden Dünnschicht auf die gemessenen $J_c$ -Werte .....	44
 <b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Spezifikationen und theoretische Spulen-Koeffizienten $k$ von typischen Probespulen .....	16
Tabelle 2 – Spezifikationen und Spulen-Koeffizienten von typischen Probespulen.....	19
Tabelle C.1 – Ausgangssignale von zwei nominell identischen Dehnungsmessgeräten.....	36
Tabelle C.2 – Mittelwerte von zwei Ausgangssignalen .....	36
Tabelle C.3 – Experimentelle Standardabweichungen von zwei Ausgangssignalen.....	36
Tabelle C.4 – Standardmessunsicherheiten von zwei Ausgangssignalen .....	37
Tabelle C.5 – Variationskoeffizienten von zwei Ausgangssignalen .....	37
Tabelle D.1 – Messunsicherheitsbudget für den experimentellen Spulen-Koeffizienten $k'$ .....	40
Tabelle D.2 – Beispiele für wiederholte Messungen von $J_c$ und $n$ -Werten.....	42