

Thomas Nentwig

Herstellung und Charakterisierung magnetischer Sensoren basierend auf nanokristallinen und amorphen weichmagnetischen Legierungen

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2007 Diplomica Verlag GmbH
ISBN: 9783836614689

Thomas Nentwig

Herstellung und Charakterisierung magnetischer Sensoren basierend auf nanokristallinen und amorphen weichmagnetischen Legierungen

Thomas Nentwig

Herstellung und Charakterisierung magnetischer Sensoren basierend auf nanokristallinen und amorphen weichmagnetischen Legierungen

Thomas Nentwig

Herstellung und Charakterisierung magnetischer Sensoren basierend auf nanokristallinen und amorphen weichmagnetischen Legierungen

ISBN: 978-3-8366-1468-9

Druck Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2008

Zugl. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland, Diplomarbeit, 2007

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Diplomica Verlag GmbH

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2008

Printed in Germany

Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Professor Kisker für die Betreuung meiner Diplomarbeit und die freundliche Aufnahme in seinem Institut bedanken. Durch seine Ratschläge und hilfreichen Tipps während der Arbeit hat er entscheidend zum Gelingen beigetragen.

Ebenfalls bedanke ich mich bei Herrn Professor Getzlaff für die Betreuung als Zweitgutachter.

Als nächstes möchte ich Herrn Dr. Muñoz für die zahlreichen Diskussionen und Tipps bezüglich der Elektrolyse danken. Auch bei chemischen Fragen hatte er immer ein offenes Ohr.

Außerdem möchte ich mich bei Uli Rosowski für die Programmierung der Messprogramme und die vielen Tipps bezüglich des richtigen Messens und Verschaltens bedanken. Auch auf dem Gebiet der Elektronik hat er mir während der Arbeit viele nützliche Dinge gezeigt und erklärt.

Ein weiterer Dank geht an Stefan Manderla und Claudius Moerle aus der Werkstatt, die es auch ohne technische Zeichnung immer wieder auf wundersame Weise geschafft haben die richtigen Teile für meine Messungen herzustellen und zu optimieren.

Des weiteren bedanke ich mich bei Wilfried Schützek für die Herstellung von Platinen und Netzteilen.

Mein Dank geht an Christian Schiefer für zahlreiche GMI-Messungen. Auch hat er mit Süßigkeiten und seiner Idee für ein alternatives Mittagessen zur Mensa erheblich für gute Arbeitslaune gesorgt.

Ich möchte mich bei Susanne Zeller vom MPI für die REM Aufnahmen und die EDX-Analysen der Drähte bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinem Kommilitonen Wai-Yip Man für die gute Zusammenarbeit und die immer wieder aufschlussreichen Gespräche bedanken. Das gilt nicht nur für die Diplomarbeitszeit sondern auch schon für die Zusammenarbeit während dem FP und die gemeinsamen Lernsessions für die Diplomprüfungen.

Ein weiterer Dank geht an meinen Physiklehrer Stefan Thul, ohne den ich nie dazu gekommen wäre Physik überhaupt zu studieren.

Als letztes möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die durch ihre verschiedenen Unterstützungen das Studium und damit diese Arbeit überhaupt erst ermöglicht haben. Besonders danke ich meinem Vater für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Kurzfassung

Als erstes wird die Herstellung und Charakterisierung mit einer ferromagnetischen Legierungsschicht aus Nickel, Eisen und Molybdän überzogener Kupferdrähte beschrieben. Es wird gezeigt, wie sich Parameteränderungen während des Herstellungsprozesses auf den GMI-Effekt (Giant Magnetic Impedance) auswirken. Die Variation der Molybdänkonzentration hat großen Einfluss auf die Oberflächenbeschaffenheit und den GMI-Effekt und während der Beschichtung extern angelegte Magnetfelder beeinflussen ebenfalls den GMI-Effekt, insbesondere die Symmetrie der gemessenen GMI-Kurve bezüglich des angelegten Magnetfeldes. Als nächstes wird gezeigt, dass der Matteucci-Effekt von dH/dt abhängt und nicht von einem möglichst großen Feld H . Auch entsteht der Matteucci-Peak immer beim selben Magnetfeld für verschiedene dH/dt . Ein weiterer Schwerpunkt ist die Untersuchung des GMI-Effekts bei mechanischer Beeinflussung des Drahtes. Es wird ersichtlich, dass eine Zugbelastung eine irreversible Verringerung des GMI-Effekts zur Folge hat. Eine Torsionsbelastung ist dagegen, wenn sie nicht zu groß ist, teilweise reversibel. Außerdem werden Matteucci-, Wiegand- und GMI-Effekt untereinander verglichen. Die absolut gemessenen Werte zeigen dabei keinerlei Korrelationen. Vergleicht man die Effekte jedoch im Verlauf des externen Magnetfeldes so existieren Korrelationen bezüglich der Orte von Maxima und Minima der unterschiedlichen Effekte. Im letzten Teil wird gezeigt, dass der Wiegand-Effekt der beschichteten Kupferdrähte die Größenordnung von industriell gefertigten Drähten erreicht.

Im zweiten Teil wird die Konstruktion und Vermessung eines Torsionssensors beschrieben. Als Material kommt dabei ein amorpher ferromagnetischer Metallstreifen zum Einsatz. Zunächst wird gezeigt, dass mit solchen Metallstreifen prinzipiell Torsionsmessungen möglich sind. Danach wird der optimale Messbereich des Sensors mit der größten Empfindlichkeit bestimmt. Schließlich werden Untersuchungen bezüglich des Hystereseverhaltens gemacht.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
1. Einleitung	1
2. Grundlagen	3
2.1. Magnetismus	3
2.1.1. Grundbegriffe, Einheiten und Definitionen	3
2.1.2. Atomarer Magnetismus	5
2.1.3. Makroskopische Klassifikation von Stoffen	8
2.1.4. Ferromagnetismus	10
2.1.5. Antiferro- und Ferrimagnetismus	11
2.1.6. Domänen, Blochwände und Néelwände	12
2.1.7. Hystereseeffekte	16
2.2. Magnetische elektrodynamische Effekte	19
2.2.1. Der Matteucci-Effekt	20
2.2.2. Der Wiegand-Effekt	20
2.2.3. Der GMI-Effekt	21
2.3. Elektrolytisches Galvanisieren	21
3. Magnetische Effekte an beschichteten Kupferdrähten	25
3.1. Probenherstellung	25
3.1.1. Reinigung der Drähte	25
3.1.2. Herstellung des Elektrolyts	26
3.1.3. Beschichtung der Kupferdrähte	27
3.1.4. Technischer Aufbau der Beschichtungszelle	28
3.1.5. Zusammenfassender Überblick	30
3.1.6. Struktur der beschichteten Drähte und Bestimmung der Schicht- masse	31
3.2. Experimenteller Aufbau und Datenerfassung	32
3.2.1. Der GMI-Messplatz	32
3.2.2. Der Matteucci- und Wiegand-Messplatz	33
3.3. Ergebnisse und Diskussion	37

3.3.1.	Abhängigkeit der Oberflächenstruktur und des GMI-Effekts von der Molybdän-Konzentration	37
3.3.2.	Einfluss externer Magnetfelder während der Beschichtung auf die Symmetrie der GMI-Effekt-Kurve	41
3.3.3.	Der Matteucci-Effekt bei konstantem und variierendem dH/dt	44
3.3.4.	Auswirkung mechanischer Belastung des Drahtes auf den GMI-Effekt (Zug- und Torsionsbelastung)	47
3.3.5.	Vergleich von Wiegand-, Matteucci- und GMI-Effekt	52
3.3.6.	Der Wiegand-Effekt an verschiedenen Drahttypen	58
4.	Torsionssensoren aus amorphen ferromagnetischen Streifen	60
4.1.	Schematischer Aufbau der Sensoren und ihre Wirkweise	60
4.1.1.	Aufbau des Sensors	60
4.1.2.	Wirkweise des Sensors	61
4.2.	Sensorherstellung	63
4.3.	Experimenteller Aufbau und Datenerfassung	65
4.4.	Ergebnisse und Diskussion	67
4.4.1.	Bestimmung des optimalen Messbereichs	67
4.4.2.	Untersuchung auf Hystereseeffekte	70
5.	Zusammenfassung und Ausblick	72
	Literaturverzeichnis	75
A.	Anhang	XI