

Erik Simon

Analysis of Contact Resistance Change of Embroidered Interconnections

*Untersuchung der Kontaktwiderstandsänderung bei
gestickten Kontakten*

Bibliographic information published by the German National Library:

The German National Library lists this publication in the National Bibliography; detailed bibliographic data are available on the Internet at <http://dnb.dnb.de> .

This book is copyright material and must not be copied, reproduced, transferred, distributed, leased, licensed or publicly performed or used in any way except as specifically permitted in writing by the publishers, as allowed under the terms and conditions under which it was purchased or as strictly permitted by applicable copyright law. Any unauthorized distribution or use of this text may be a direct infringement of the author s and publisher s rights and those responsible may be liable in law accordingly.

Copyright © 2009 Diplomica Verlag GmbH
ISBN: 9783836638715

Erik Simon

Analysis of Contact Resistance Change of Embroidered Interconnections

Untersuchung der Kontaktwiderstandsänderung bei gestickten Kontakten

Erik Simon

Analysis of Contact Resistance Change of Embroidered Interconnections

*Untersuchung der Kontaktwiderstandsänderung bei
gestickten Kontakten*

Erik Simon

Analysis of Contact Resistance Change of Embroidered Interconnections

Untersuchung der Kontaktwiderstandsänderung bei gestickten Kontakten

ISBN: 978-3-8366-3871-5

Herstellung: Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2010

Zugl. Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland, Diplomarbeit, 2009

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 der Verlag, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Diplomica Verlag GmbH

<http://www.diplomica.de>, Hamburg 2010

Abstract

Integrating electronics into textiles, for diverse applications, is a topic that various research institutes and companies are increasingly working on. State of the art is still the use of conventional wiring techniques. However, for a number of applications it is important to preserve the textile character while integrating these new functions.

Embroidering electrically conductive yarn is one approach. Since it has the same mechanical properties as ordinary yarns, it will not alter the textile character significantly. It can be embroidered directly to an electronic module. Hence, the yarn acts as an embroidered wire, which can transmit electrical signals, and furthermore acts as a means to provide an interconnection to electronic modules.

Embroidered contacts have been investigated in earlier research projects. Their feasibility could be successfully shown but it was observed that the resistances of embroidered contacts are changing widely during reliability tests and may even fail.

The focus of this study is to reveal causes for the changing contact resistances and failures of embroidered interconnections, and to propose possibilities to improve them.

In the first part of this study, the mechanical and electrical properties of the conductive yarn are analyzed. Their behavior due to different environmental parameters as well as their interrelation is discussed. This is done by means of thermomechanical analyses, and resistance measurements at constant temperatures and in a climatic test chamber. The focus lies then on the embroidered contacts. At first, the measurement technique and a theoretical model of the measured contact resistance are presented. Furthermore, a simplified physical embroidery contact model is proposed, which excludes disturbing parameters. The behavior of both structures is then analyzed in the climatic test chamber using an in-situ measurement system. The results of the experiments reveal that due to the particular behavior of the yarn an embroidered contact will initially be enhanced but may degrade during repeated temperature cycles and may even fail. A negative coefficient of thermal expansion, reversible and irreversible shrinkage as well as creep and stress relaxation effects can be made accountable for these contact resistance changes.

It is concluded that the tested embroidered contacts do not show sufficient reliability in temperature cycling tests. From the identified causes, improvements to the embroidered contacts are proposed, and tested. It is shown that these techniques result in very confined resistance changes and thus strongly increase the reliability of embroidered contacts.

Kurzfassung

Integration von Elektronik in Textilien ist ein Thema, das zunehmend in den Blickpunkt verschiedener Forschungsinstitute und Unternehmen rückt. Für diese sehr aktuelle Technik werden allerdings bisher nur herkömmliche Methoden der Verdrahtung verwendet. Um die Beschaffenheit eines Textils nicht zu verändern, und damit den Tragekomfort und das Erscheinungsbild nicht negativ zu beeinflussen, müssen neue Technologien verwendet werden.

Ein Ansatz ist die Verwendung von gesticktem, elektrisch leitfähigem Garn. Dieses hat die gleichen mechanischen Eigenschaften wie herkömmliche Garne und stellt damit keinen Fremdkörper in einem Textil dar. Zusätzlich leitet es den elektrischen Strom und kann direkt durch Sticken mit einem elektronischen Modul verbunden werden. Dadurch dient das Garn als elektrischer Leiter für Signale und kann gleichzeitig eine Verbindung zu elektronischen Modulen herstellen.

In vorangegangenen Forschungsprojekten wurde die Machbarkeit und Zuverlässigkeit von gestickten Kontakten untersucht. Es hat sich gezeigt, dass das Ankontaktieren und Verbinden von Substraten mit elektrisch leitfähigen Fäden eine mögliche Alternative zu den herkömmlichen Verdrahtungstechniken darstellt. Allerdings zeigten sich starke Schwankungen und auch Ausfälle der gemessenen Kontaktwiderstände während der Zuverlässigkeitstests.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den Ursachen der Widerstandsschwankungen und Ausfälle von gestickten Kontakten. Ziel ist es, diese zu analysieren und gezielt Verbesserungsvorschläge zu machen. Die erhöhte Zuverlässigkeit der verbesserten Kontakte soll abschließend im Experiment validiert werden.

Anfangs werden die thermomechanischen und elektrischen Eigenschaften des verwendeten Garns analysiert und der Zusammenhang beider Größen erläutert. Dies geschieht auf Basis von thermomechanischen Analysen und Widerstandsmessungen, sowohl bei konstanter Temperatur als auch im Temperaturzyklentest. Weiterhin werden die gestickten Kontakte betrachtet. Das verwendete Messverfahren und ein theoretisches Modell des Kontaktwiderstands werden vorgestellt. Um die Einflussgrößen des gestickten Kontakts zu reduzieren, wird ein vereinfachtes physikalisches Modell eingeführt. Beide Strukturen werden anschließend in Temperaturzyklentests mit In-situ-Messsystemen untersucht. Die Ergebnisse des Experiments zeigen, dass sich der Widerstand der Kontakte anfangs verbessert, dann aber mit der Zeit verschlechtert. Die Degradation führt bishin zum Ausfall. Dies kann auf die besonderen Eigenschaften des Garns zurückgeführt werden. Die beteiligten

VIII

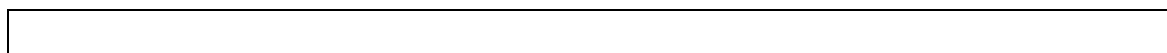
Effekte eines negativen Temperatúrausdehnungskoeffizienten, reversibler und irreversibler Schrumpf sowie Kriech- und Relaxationseffekte sind dafür verantwortlich.

Es wird geschlussfolgert, dass die getesteten Kontakte keine ausreichende Zuverlässigkeit in den Temperaturzyklentests zeigen. Auf Grundlage der gewonnenen Kenntnisse werden verschiedene Verbesserungsmaßnahmen vorgeschlagen und deren Zuverlässigkeit getestet. Abschließend wird gezeigt, dass Widerstandsschwankungen durch die Verbesserungen sehr stark begrenzt werden können. Somit ist es möglich, gestickte Kontakte mit hoher Zuverlässigkeit herzustellen.

Table of Contents

	Abstract.....	V
	Kurzfassung	VII
	List of Tables	XI
	List of Figures.....	XIII
1	Introduction	1
2	Motivation	3
3	Components and Assembly of Test Structures.....	5
3.1	Components	5
3.2	Assembly	6
3.3	Embroidery Technology	9
4	Introduction to the Electrical Conductive Yarn.....	11
4.1	A Short Introduction to Fibers and Yarns	11
4.2	Fiber and Yarn Manufacturing	12
4.3	Fiber Formation and Molecular Fiber Models	13
4.3.1	Basic requirements for fiber formation	13
4.3.2	Molecular Models of Drawn Fibers.....	14
4.4	Shieldex Yarn	15
5	Physical and Electrical Properties of Shieldex	17
5.1	Shrinkage of Fibers.....	17
5.2	TMA of Shieldex	19
5.3	Stress-Strain Behavior	22
5.4	Creep and Stress Relaxation of Nylon Yarns	23
5.5	The Effects of Water on Fibers.....	25
5.6	Applications of Electrical Conductive Yarns	26
5.7	Making Fibers Conductive	26
5.8	Configuration of Shieldex	27
5.8.1	Electrical Resistance of Untreated Shieldex.....	30
5.8.2	Electrical Resistance of Treated Shieldex	31
6	Relation of Electrical and Physical Behaviors	33
6.1	Strain-Resistance Measurements	33
6.1.1	Compression of Fibers.....	35
6.2	The Effects of Temperature	36

7	Metalized Pad.....	41
8	Embroidered Interconnection.....	43
8.1	Geometrical Formation of the Interconnection.....	43
8.2	Measurement of Contact Resistance.....	45
8.3	The Electrical Contact Resistance in General.....	46
8.3.1	Contact Area.....	47
8.3.2	Contact Resistance.....	48
8.3.3	Contact Resistance of an Embroidered Interconnection.....	50
8.4	Embroidered Contact Model (ECM).....	53
8.4.1	Assembly of the ECM.....	54
8.5	Experiment.....	56
8.6	Results of Embroidered Contacts.....	58
8.7	Results of the Contact Models (ECMs).....	64
8.8	Explanation of the Yarn Loosening Effect.....	66
9	Encapsulation.....	69
10	Contact Improvements.....	71
10.1	Techniques and Experiment.....	71
10.2	Results.....	73
10.3	Other Techniques.....	78
11	Conclusion.....	79
	References.....	81
	Appendix A: Shieldex Technical Data Sheet.....	85
	Appendix B: Recorded Contact Resistances.....	87



List of Tables

Table 1: Resistance measurements of Shieldex yarns and fibers	31
Table 2: CTE values of the used materials; values taken from [17] and [33]	42
Table 3: Minimal resistances of embroidered contacts at 85 °C; all values in [mΩ]	63
Table 4: Mean value of all contacts and standard deviations of ICA improved contacts in [mΩ] at RT	74
Table 5: Mean value of all contacts and standard deviations of NCA improved contacts in [mΩ] at 85 °C	75