

Nanokomposite auf Oxidbasis für Thermogeneratoren (NOX THERMO)

Thermoelektrische Generatoren ermöglichen die direkte Konversion von Wärme in elektrische Energie. Bei der Verwendung elektrisch leitfähiger Oxidkeramiken als thermoelektrische Materialien können umweltfreundlichere und kostengünstigere Rohstoffe gegenüber den herkömmlichen Thermoelektrika eingesetzt werden.

Im Rahmen des Vorhabens werden Nanokomposite auf der Basis von Metallmischoxiden für den Einsatz in thermoelektrischen Generatoren entwickelt, optimiert und in einfachen Demonstratoren eingesetzt. Dazu wurden Herstellungsverfahren für die Präparation nanoskaliger keramischer Materialien entwickelt. Durch Beigabe einer zweiten Nanokomponente und Verwendung einer geeigneten Sintermethode wurden Composite hergestellt, die hinsichtlich Struktur sowie elektrischen und thermischen Kennwerten charakterisiert wurden.

Im Top-Down-Verfahren findet zuerst die Phasenbildung über die Festphasenreaktion bei hohen Temperaturen statt. Im Anschluss werden die Pulver durch intensive Mahlung vom Mikrometermaßstab zu nanoskaligen Partikeln zerkleinert. Bei der Bottom-up-Synthese wird über nasschemische Methoden ein Precursor hergestellt, der durch anschließende Kalzination in die nanoskalige Zielphase überführt wird. Die Kalzinationstemperatur und -dauer entscheiden dabei über die Größe der Partikel. Die bessere Durchmischung der Ausgangskomponenten im Bottom-up-Verfahren ermöglicht eine geringere Kalzinationstemperatur als in der Festphasenreaktion und damit kleinere Partikel und eine engere Partikelgrößenverteilung. Zur Herstellung reinphasiger, nanoskaliger Ausgangspulver wurden die Methoden der Ausfällung schwerlöslicher Carbonate oder Oxalate, der Sol-Gel-Synthese und des Sprühtrocknens von Acetatlösungen verwendet. Der Einfluss von Syntheseparametern und Kalzinationsbedingungen auf die Morphologie und Größe der Partikel wurde untersucht.

Erste weiterführende Untersuchungen wurden an Aluminium-dotiertem Zinkoxid (AZO) durchgeführt. Hierzu wurde AZO zum einen mit Partikelgrößen im Mikrometermaßstab ($1\ \mu\text{m} - 2\ \mu\text{m}$) und im Nanometermaßstab ($100\ \text{nm} - 200\ \text{nm}$) hergestellt und mit MWCNT (multiwalled carbon nanotubes) versetzt und anschließend mittels SPS (spark plasma sintering) gesintert.

Erste Ergebnisse zu AZO zeigten, dass es einen eindeutigen Effekt der MWCNT auf die thermoelektrischen Eigenschaften gibt. Besonders die thermische Leitfähigkeit konnte um bis zu 40 % verringert werden.

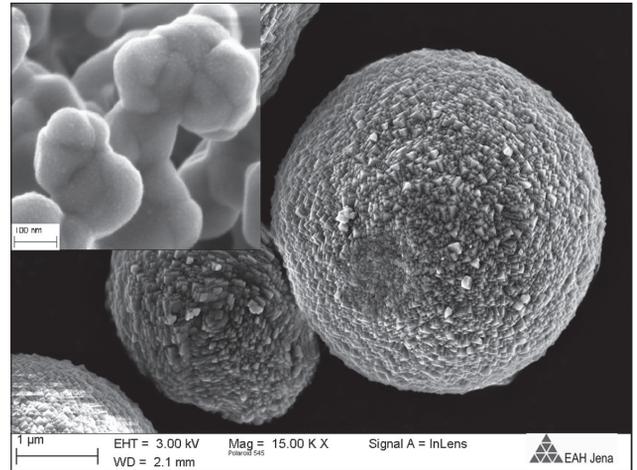


Abb. 1: Kugelförmiges Agglomerat von co-gefälltem Ca-Mn-Carbonat (rechts), das sich bei Kalzination bei $900\ \text{°C}$ in CaMnO_3 -Nanopartikel umwandelt (links oben)

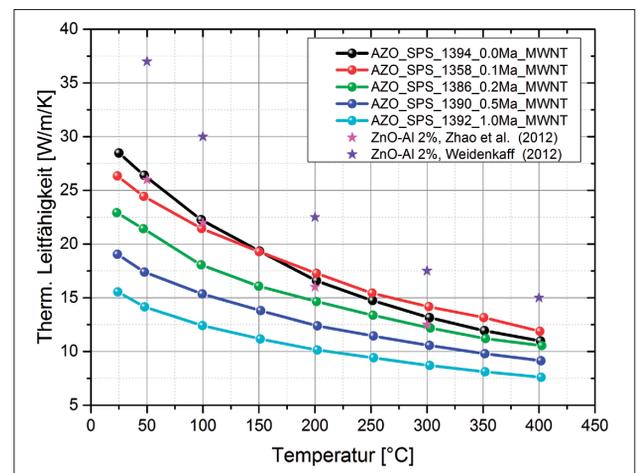


Abb. 2: Thermische Leitfähigkeit von Al-dotiertem ZnO mit Zugabe von MWCNT

Projektleiter:

Prof. Dr. rer. nat. Steffen Teichert, Prof. Dr. rer. nat. Jörg Töpfer
FB SciTec FB SciTec

Mitarbeiter:

M.Eng. R. Löhnert, M.Sc. C. Dreßler

Kontakt:

✉ steffen.teichert@fh-jena.de
☎ (03641) 205 848

✉ joerg.toepfer@fh-jena.de
☎ (03641) 205 479

Laufzeit und Fördermittelgeber:

September 2012 bis August 2015; gefördert mit Mitteln des BMBF im Rahmen der Förderlinie „Ingenieur-nachwuchs“

Forschungspartner:

Temperaturmeßtechnik Geraberg GmbH, Martinroda; VIA Electronic GmbH, Hermsdorf; Micro-Hybrid Electronic GmbH, Hermsdorf





Innovative keramische Schaltungsplattformen für künftige Satellitentechnologien

Das Ziel des Vorhabens iKERSATEC ist Erforschung neuer Technologien für den Aufbau zukünftiger flexibler Kommunikationssatelliten, die durch Einsatz höherer Arbeitsfrequenzen höhere Bandbreiten realisieren können. Bei der satellitengestützten Kommunikation wird für die Funkverbindung zwischen Raum- und Bodensegment gegenwärtig der Frequenzbereich bis 40 GHz genutzt. Für diese Anwendung sollen Mikrowellenferrite mit einer ferromagnetischen Resonanz (FMR) im Ka-Band (26,4 – 40 GHz) in LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics)-Mehrlagenbauelemente integriert werden, die bei 900 °C gesintert werden. Den Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeit an der EAH Jena bildet die Entwicklung angepasster, substituierter M-Typ Hexaferrite, deren Sinterverhalten an die LTCC-Technologie angepasst ist und dabei gleichzeitig die gewünschte FMR aufweist. Die untersuchte Stoffgruppe der Barium M-Typ Hexaferrite ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) verfügt aufgrund eines starken Anisotropiefeldes über eine hohe magnetische Remanenz und ist somit hartmagnetisch, woraus die verbreitete Anwendung als Dauermagnet resultiert. Die FMR von reinem $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ liegt über 40 GHz und kann durch geeignete Substitution mit Scandium und Indium auf die gewünschte Größe herabgesetzt werden. Dabei verändert sich die magnetokristalline Anisotropie mit steigendem Substitutionsgrad von uniaxial zu planar, wodurch der Ferrit weichmagnetisch wird und damit bis hin zu Frequenzen von 40 GHz leicht die Magnetisierungsrichtung ändern kann. Erst dadurch werden diese Ferrite interessant für den Einsatz für die Mikrowellenanwendung, müssen jedoch bei Sintertemperaturen von $> 1300\text{ °C}$ gesintert werden und sind dadurch nicht kompatibel zur LTCC-Technologie, bei der Sintertemperaturen von $< 900\text{ °C}$ gefordert sind. Um die Sinteraktivität zu erhöhen, wurden niedrigschmelzende Sinteradditive wie Bi-B-Si-Zn-Glas zugegeben. Die Rohstoffe Fe_2O_3 , BaCO_3 und Sc_2O_3 wurden im gewünschten Verhältnis gemischt und bei 1300 °C zu phasenreinem $\text{BaSc}_x\text{Fe}_{12-x}\text{O}_{19}$ mit $0 \leq x \leq 2$ kalziniert. Aus den substituierten Hexaferriten wurden Stäbe hergestellt und bei 1370 °C zu dichten, keramischen Magneten gesintert werden. Die Sintertemperatur von 1370 °C kann durch Zugabe von 10 Ma.% BBSZ-Glas auf 900 °C abgesenkt werden, wodurch das Material nun kompatibel zur LTCC-Technologie ist. Die FMR der Ferrite wurde durch Reflexionsmessungen in der Bandbreite vom X-Band (8,2 - 12,4 GHz) bis U-Band (40 - 60 GHz) in einem Hohlleiter bestimmt. In der Abb. 1 ist zu erkennen, wie sich die ferromagnetische Resonanzfrequenz der Ferrite mit zunehmendem Sc-Gehalt zu kleineren Frequen-

zen verschiebt. Bei den Stoffsystemen mit Sc-Gehalten von $x = 0,25$ (ik1), $x = 0,50$ (ik2) wurde die FMR im Ka-Band (26,5 - 40 GHz) gemessen. Statische magnetische Messungen zeigten, dass sowohl die Sättigungsmagnetisierung (M_s) als auch Koerzitivfeldstärke (H_c) der bei 1370 °C gesinterten Proben mit zunehmendem Scandium-Gehalt abnimmt (Abb. 2).

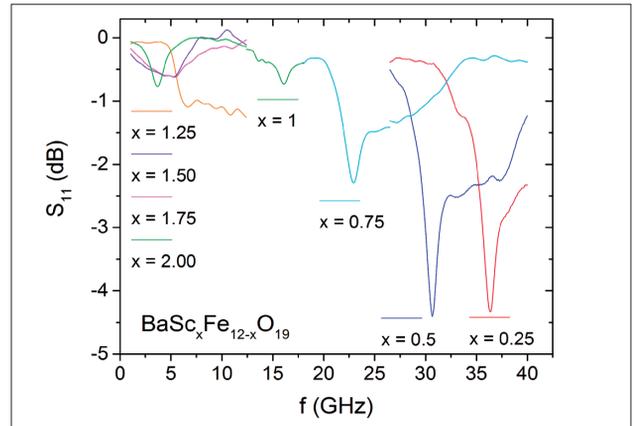


Abb. 1: Ferromagnetische Resonanzfrequenz der Ferrite $\text{BaSc}_x\text{Fe}_{12-x}\text{O}_{19}$

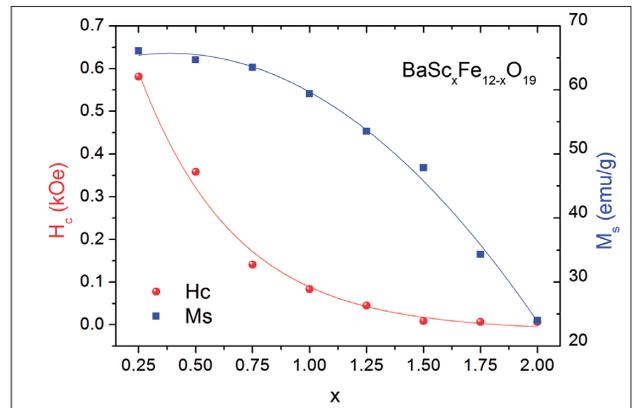
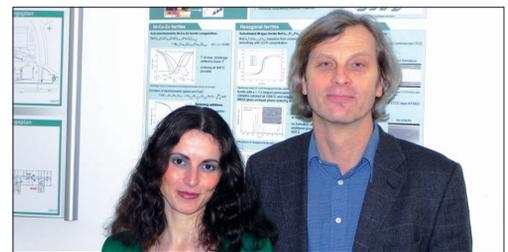


Abb. 2: Sättigungsmagnetisierung (M_s) und Koerzitivfeldstärke (H_c) der Ferrite $\text{BaSc}_x\text{Fe}_{12-x}\text{O}_{19}$

Abb. 3: Projektteam: S. Bierlich, J. Töpfer



Projektleiter:
Prof. Dr. rer. nat. Jörg Töpfer
FB SciTec

Mitarbeiter:
Dr. S. Bierlich

Kontakt:
✉ joerg.toepfer@fh-jena.de
☎ (03641) 205 479



Laufzeit und Fördermittelgeber:
April 2013 bis September 2016; gefördert mit Mitteln des BMWi vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Nationalen Raumfahrtprogramm

Forschungspartner:
TU Ilmenau; TU Hamburg-Harburg; IMST GmbH, Kamp-Lintfort; RHe Microsystems GmbH; cicor microelectronics, Radeberg; MSE GmbH, AFT, Astrium

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Entwicklung und Auslegung von selbstregulierenden elektrischen Widerständen in Form von eingebrannten Dickschichten auf Keramiks substraten

Das Ziel des Kooperationsprojektes besteht in der Entwicklung keramischer PTC-Werkstoffe¹ für den Einsatz in selbstbegrenzenden Widerstandsschichten, die in Dickschichttechnologie auf Keramiks substraten hergestellt werden können. Bariumtitanat-Keramiken, die den gegenwärtigen Stand der Technik der PTC-Thermistoren darstellen, werden bei hohen Temperaturen (typischerweise 1350 °C) über Sinterprozesse hergestellt. Im Vorhaben sollen keramische PTC-Werkstoffe entwickelt werden, die als Pasten in Dickschichttechnologie über Siebdruck auf unterschiedliche Substratmaterialien aufgetragen und bei niedrigen Temperaturen (typischerweise 850 - 900 °C) eingebrannt werden. PTC-Thermistor-Keramiken auf BaTiO₃-Basis zeichnen sich durch ein nichtlineares Widerstands-Temperatur-Verhalten aus: bei Raumtemperatur sind sie niederohmig, beim Erwärmen durchlaufen sie eine Phasenumwandlung (Curietemperatur) von tetragonaler zu kubischer Perowskitphase, entsprechend steigt der elektrische Widerstand sprunghaft an. Durch Zugabe geeigneter Donordotierungen wurde halbleitende BaTiO₃ Thermistor-Keramik hergestellt. Keramiken des Zusammensetzungsbereichs BaTi_{1,007-x-y}Nb_xMn_yO_{3-σ} mit x = 0,001 - 0,004 und y = 0 - 0,0004 zeigen eine PTC Widerstands-Temperatur-Charakteristik. Ausgehend von der Zusammensetzung x = 0,002 und y = 0,0003 wurde zur Herabsetzung der Sintertertemperatur die Zugabe niedrigschmelzender Kompo-

nenten untersucht. Abb. 3 zeigt den Einfluss von Ba-Borat auf das Schwindungsverhalten. Die Sintertertemperatur wird auf 950 °C reduziert, das PTC-Verhalten bleibt erhalten. Anschließend sollen diese BaTiO₃-Pulver im Siebdruck auf keramische Substrate appliziert werden. Untersuchungen zur Sinterfähigkeit und PTC-Verhalten der PTZ-Dickschichten werden z.Z. durchgeführt.

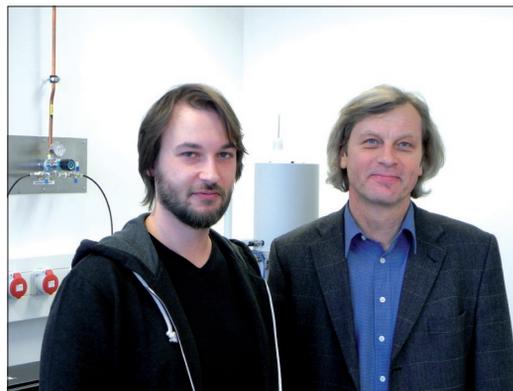


Abb. 2: Projektteam: C. Teichmann, J. Töpfer

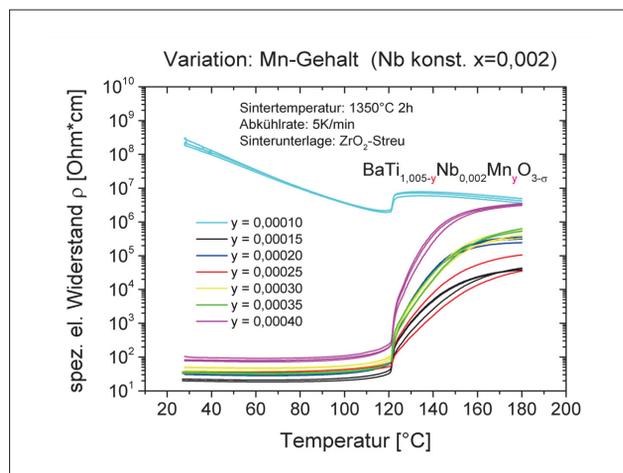


Abb. 1: Einfluss der Mn-Konzentration auf das R(T)-Verhalten

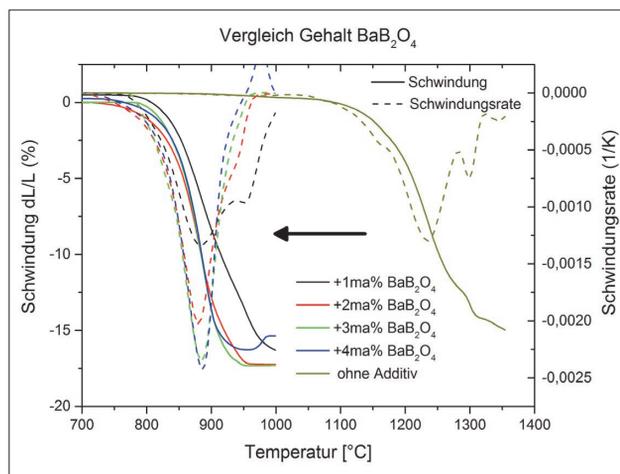


Abb. 3: Einfluss von Ba-Borat (BaB₂O₄) auf das Schwindungsverhalten

¹ PTC – Positive Temperature Coefficient (PTC-Werkstoffe - stromleitende Materialien, die bei tiefen Temperaturen den Strom besser leiten können als bei hohen.)

Projektleiter:
Prof. Dr. rer. nat. Jörg Töpfer
FB SciTec

Mitarbeiter:
Dipl.-Ing. (FH) C. Teichmann

Kontakt:
✉ joerg.toepfer@fh-jena.de
☎ (03641) 205 479



Laufzeit und Fördermittelgeber:
September 2012 bis Mai 2015; gefördert mit Mitteln des BMWi im Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

Forschungspartner:
Metallurg AG, Leutenbach



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Struktur-Eigenschaftsbeziehungen bleifreier piezokeramischer Materialien für Multi-layer-Aktoren und Thermistor-Komponenten (SEPIMAK)

Aufbauend auf den bereits im Forschungsbericht 2011/12 (S. 120f.) präsentierten Ergebnissen wurden weitere Untersuchungen an den Zusammensetzungen

- System $(\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5})_{1-x}\text{Ba}_x\text{TiO}_3$, kurz BNBT mit $x = 0,75 - 1,00$
- System $[(\text{Bi}_{0,5}\text{Na}_{0,5})\text{TiO}_3]_{1-xy}[\text{BaTiO}_3]_x[\text{SrTiO}_3]_y$, kurz BNBST $x - y$ mit $x = 0 - 0,35$ und $y = 0,03 - 0,07$

an den Themenkomplexen bleifreie piezoelektrische Materialien und bleifreie PTC-Thermistoren durchgeführt.

Ausgehend von den Ergebnissen zur BNBT-Reihe als Basisverbindung für piezoelektrische Werkstoffe wurde mittels Hochtemperaturröntgen das System BNBST im unpolarisierten und polarisierten Zustand näher untersucht. Es wurden Phasenübergangstemperaturen an geeigneten Reflexgruppen zwischen tetragonaler, rhomboedrischer und kubischer Phase definiert und mittels Rietveldrechnungen Gitterkonstanten und Phasenanteile bestimmt. Der Vergleich mit Literaturdaten zeigt die Komplexität der Phasen-Koexistenzbereiche. Ergänzend werden von Herrn David Gärtner die Untersuchungen mittels Electron Backscatter Diffraction (EBSD) durchgeführt. Im Zuge der Arbeiten im System BNBT für PTC-Thermistoranwendungen hat sich herausgestellt, dass die erläuterten Dotierungsmaßnahmen nicht über den kompletten Zusammensetzungsbereich zum Ziel führen. Bei zu hohen Bi/Na-Gehalten kommt es zur Ausbildung einer elektrisch heterogenen Struktur, d. h. die elektrische Leitfähigkeit zeigt sich nur an der Oberfläche der Probe, das Innere der Probe hingegen besitzt elektrisch isolierende Eigen-

schaften. Die für spätere Anwendungen erforderliche Sprungtemperatur von ca. 180 °C ist mittels Dotierungen nicht erreichbar. Aus diesem Grund wurden Sinterungen in N_2 -Atmosphäre untersucht, wodurch auch ohne Dotierungen elektrisch leitfähige Proben erzeugt werden können. Problematisch ist der niedrige Dampfdruck von Bi und Na, was sich bei den erforderlichen hohen Sintertemperaturen bemerkbar macht – die Komponenten dampfen in unterschiedlichen Mengen ab und somit kommt es zur Veränderung der Bruttozusammensetzung. Es wurde erfolgreich getestet, eine geeignete Menge an Erdalkali-Oxiden vor dem Sintern einzubringen, um gemeinsam mit den freiverdenden Bi/Na-Plätzen im Kristallgitter elektrische Ladungsträger zu erzeugen, die für das typische Thermistorverhalten erforderlich sind.

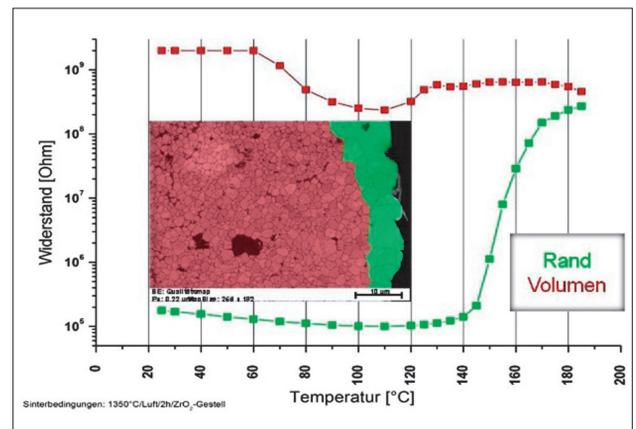


Abb. 2: Querschliff und $R(T)$ -PTC-Verhalten dotierte Probe BNBT $x = 0,9$

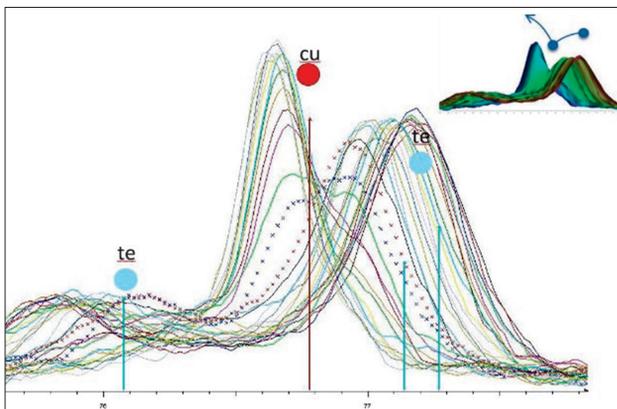


Abb. 1: XRD bei Reflexgruppe $77^{\circ}2$ Theta mit tetragonal-kubischer Phasenumwandlung für BNBST 14-3



Abb. 3: Projektteam: D. Mächler, A. Rechtenbach, J. Töpfer

Projektleiter:
Prof. Dr. rer. nat. Jörg Töpfer
FB SciTec

Mitarbeiter:
Dr. A. Rechtenbach, Dipl.-Ing. D. Mächler

Kontakt:
✉ joerg.toepfer@fh-jena.de
☎ (03641) 205 479



Laufzeit und Fördermittelgeber:
Mai 2010 bis April 2013; gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Programm Forschung an Fachhochschulen, Förderlinie „Profil-NT“

Forschungspartner:
PI Ceramic GmbH, Lederhose; Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

ProfilINT Fachhochschulen forschen
Forschungsprofil in Neuen Technologien
GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung
FORSCHUNG AN FACHHOCHSCHULEN

Ansteuerung von LEDs durch LTCC-Ferrit-Module (ALFerMo)

Teilprojekt: Ferrite für LTCC-Module

Um die Miniaturisierung einer Baugruppe zur Ansteuerung von Hochleistungs-LEDs zu ermöglichen, wurden eingebettete Bauelemente als LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics) in keramischen Mehrlagensubstraten gefertigt und in das LED-Array integriert wurden.

Ziel unseres Teilprojektes war es, einen Ni-Cu-Zn Ferrit zu entwickeln, der aufgrund seiner Eigenschaften die Integration eines miniaturisierten Transformators in die LTCC-Baugruppe zulässt. Für den Ferrit sind die Sinterfähigkeit bei 900 °C (für die Integrierbarkeit in die LTCC-Technologie), Anfangspermeabilität $\mu > 300$, Grenzfrequenz $f_G > 5$ MHz und Curie-Temperaturen $T_C > 200$ °C erforderlich. Aus einer umfangreichen Versatz- und Technologievariation sind eine Vielzahl von LTCC-geeigneten Ferritversätzen

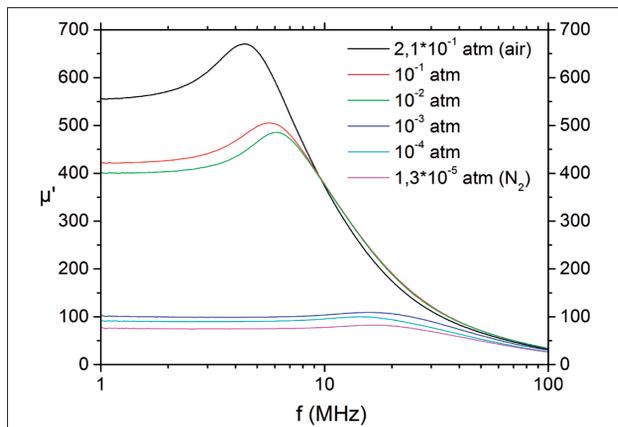


Abb. 1: Permeabilität von Ni-Cu-Zn Ferriten gesintert bei 900 °C unter verschiedenen Sauerstoffpartialdrücken

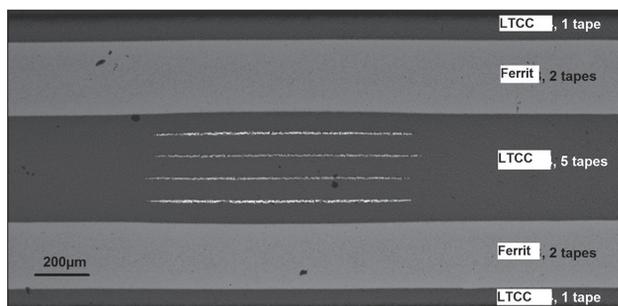


Abb. 2: LTCC-Transformator mit integrierten Ferritschichten

hervorgegangen, die auf Grund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften nicht nur für die Erfüllung der im Projekt definierten Zielstellung geeignet sind, sondern aufgrund ihres Schwindungsverhalten und/oder ihrer Permeabilität anderen Applikationsmöglichkeiten offen stehen. Die Familie der Ni-Cu-Zn-Ferrite bildete mit einer auf die Sinterfähigkeit bei 900 °C optimierten Pulveraufbereitungstechnologie und der Möglichkeit, durch Bismutoxid als Sinterhilfsmittel die Permeabilität in Bereiche zwischen 200 - 500 einzustellen, die Grundlage zur Entwicklung von in LTCC-Mehrlagenkeramik integrierbarer Ferrite. Ein wichtiger Prozessparameter bei der Herstellung von LTCC-Modulen ist der Sauerstoffpartialdruck p_{O_2} während der Sinterung. Es wurde beobachtet, dass durch eine Reduzierung von p_{O_2} die Silberdiffusion aus den Leiterbahnen in die LTCC-Keramik unterbunden werden kann. Jedoch haben Untersuchungen der Zusammensetzung $Ni_{0,30}Cu_{0,20}Zn_{0,52}Fe_{1,98}O_{3,99}$ bei Sinterung unter verschiedenen Sauerstoffgehalten gezeigt, dass eine Absenkung von $p_{O_2} < 10^{-2}$ atm zur Ausscheidung von Cu_2O führt, welche eine deutliche Verringerung der Permeabilität auf $\mu < 100$ mit sich bringt (Abb. 1). Die Grenze des Stabilitätsbereichs des Ferrits bei 900 °C und $p_{O_2} = 10^{-2}$ atm konnte mit thermogravimetrischen Messungen bestätigt werden.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass in Bi_2O_3 -freien Ni-Cu-Zn Ferriten nach Sinterung eine feinkörnige Mikrostruktur mit einer Anfangspermeabilität auf von $\mu = 400$ erreicht wurde. Diese Materialien eignen sich zum Cofiring mit LTCC-Tapes, weil keine Wechselwirkung zwischen Komponenten der Ferrit- und LTCC-Layer auftreten und somit die Permeabilität des Ferrits nicht degradiert wird. Im Vorhaben wurden miniaturisierte LTCC-Transformatoren mit integrierten Ferritschichten aufgebaut und erfolgreich getestet (Abb. 2).



Abb. 3: Projektteam: J. Hesse, J. Töpfer

Projektleiter:
Prof. Dr. rer. nat. Jörg Töpfer
FB SciTec

Mitarbeiter:
Dipl.-Ing. (FH) J. Hesse

Kontakt:
✉ joerg.toepfer@fh-jena.de
☎ (03641) 205 479



Laufzeit und Fördermittelgeber:

Juni 2010 bis Mai 2013; gefördert mit Mitteln des BMBF im Rahmen des Programmes Leistungselektronik zur Energieeffizienz-Steigerung „LES“ (IKT 2020)



Forschungspartner:

Siemens AG München, IKTS Hermsdorf, VIA electronic GmbH, Siegart TFT GmbH, TU Dresden, IKTS Dresden, BAM (Berlin), W. C. Heraeus GmbH & Co. KG Hanau



Nanoskalige Seltenerd-freie Magnete und Magnetkomposite (KomMa)

Magnetwerkstoffe und insbesondere Permanentmagnete sind wesentliche Komponenten in heutigen elektrischen Systemen, wie Elektromotoren und Generatoren. Heutige Hochleistungs-Permanentmagnete besitzen eine hohe Temperatur- und Korrosionsstabilität, basieren jedoch ausschließlich auf intermetallischen Verbindungen der Seltenerd-Metalle im System Nd-Fe-B und unterliegen deshalb der Preis-, Versorgungs- und Ressourcensituation der Seltenen Erden. Die Reduktion des Anteils an Seltenen Erden wäre ein bedeutsamer wirtschaftlicher Vorteil und würde zusätzlich die strategische Abhängigkeit von Rohstoffimporten reduzieren. Im Vorhaben werden die Perspektiven von neuartigen Ferritbasierten Kompositmagneten untersucht. Das wissenschaftlich-technische Lösungskonzept beruht auf der Kombination hart- und weichmagnetischer Materialsysteme in einem geeigneten Skalenbereich, in dem magnetische Kopplungseffekte auftreten und nach dem Exchange-Spring-Konzept Austauschwechselwirkungen zur erhöhten Remanenz im Komposit führen. Hartmagnetische Teilchen mit hoher Koerzitivkraft und geringer Sättigungsmagnetisierung (Abb.1, grüne Hysterese) sollen mit weichmagnetischen Materialien (Abb.1, rote Hysterese) zu einem austauschgekoppelten Komposit-Magnetwerkstoff mit hoher Koerzitivkraft und Sättigungsmagnetisierung kombiniert werden (Abb.1, blaue Hysterese). Der Herstellung eines solchen Komposits liegt die Synthese geeigneter hart- und weichmagnetischer Nanopulver zugrunde, welche im weiteren Prozess homogenisiert und zum Werkstoff mit geeigneter Phasen- und Mikrostrukturcharakteristik kompaktiert werden. Es wurden unterschiedliche Syntheseverfahren, wie Fällungsverfahren, Sol-Gel-Verfahren und Polyol-Synthese, zur Herstellung nanoskaliger Ferritpulver untersucht. Die Erforschung der Bildungsbedingungen nanoskaliger hartmagnetischer Hexaferripulver durch thermische Zersetzung von Prekursoren bzw. Kristallisation aus Solvorstufen bildet dabei die Voraussetzung für die Einstellung gewünschter

Partikeleigenschaften. Für die Optimierung der hartmagnetischen Eigenschaften der Ferritphasen für die spätere Kompositerzeugung werden Optimierungsentwicklungen insbesondere zum chemischen Aufbau der verwendeten Hexaferritte unter Berücksichtigung der weiteren Prozessierung zur Bildung intermetallischer Magnetphasen vorgenommen. Gleichzeitig werden Synthesemethoden zu nanoskaligen, weichmagnetischen Metall- bzw. Ferritpartikeln erarbeitet. Die Bildung von Core-Shell Nanopartikeln aus einem hartmagnetischen Kern und einer weichmagnetischen Hülle durch nasschemische Synthese z.B. aus Polyolen wird als weitere Route zur Herstellung von nanoskaligen Magnetkompositen untersucht. Alternativ ist auch die Herstellung von Mischungen aus separat synthetisierten hartmagnetischen und weichmagnetischen nanoskaligen Ferrit- bzw. Metallpulvern und deren anschließende thermische Prozessierung zur Bildung von Komposit-Magneten Gegenstand der Untersuchungen.

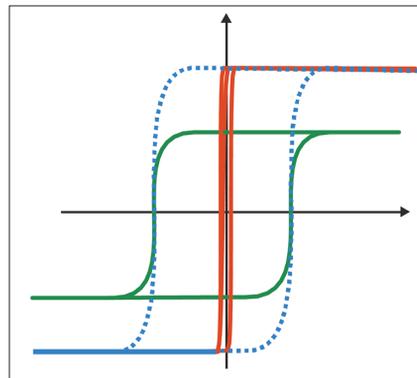


Abb. 1: Hysteresschleifen hart- (Grün) und weichmagnetischer (Rot) Materialien und deren Kombination im Komposit mit verbesserten magnetischen Eigenschaften (Blau, Exchange-Spring-Konzept)



Abb. 2: Projektteam: M. Kagnes, C. Bohlender, J. Töpfer

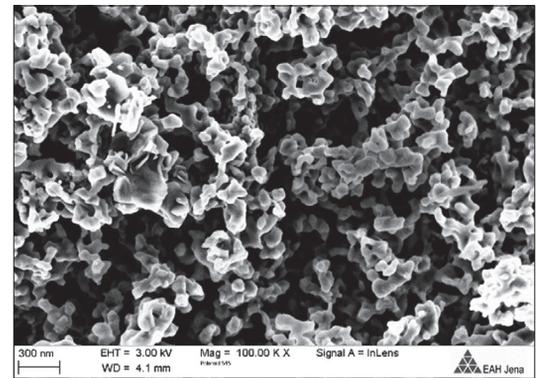


Abb. 3: Elektronenmikroskopische Aufnahme von hartmagnetischem Strontiumhexaferripulver

Projektleiter:
Prof. Dr. rer. nat. Jörg Töpfer
FB SciTec

Mitarbeiter:
Dr. M. Kagnes, Dipl.-Chem. C. Bohlender

Kontakt:
✉ joerg.toepfer@fh-jena.de
☎ (03641) 205 479



Laufzeit und Fördermittelgeber:
Mai 2013 bis April 2016; gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen der Förderinitiative Materialien für Ressourceneffizienz „Mat-Ressource“

Forschungspartner:
Siemens AG München, TU Darmstadt, Tridelta Hermsdorf



Leistungsferrite auf Basis von Mn-Zn Ferrit mit thermisch beständigem Eigenschaftsprofil (Ferritherm)

Im Vorhaben Ferritherm wurden die werkstoffwissenschaftlichen Grundlagen von Mn-Zn Ferritwerkstoffen erarbeitet, die zur Leistungsübertragung bis zu Frequenzen von 0.5 MHz aufgrund ihrer geringen Verlustleistung und gleichzeitig flachen Temperaturabhängigkeit der Verlustleistung geeignet sind. Diese Werkstoffe zeichnen sich weiterhin durch eine gute thermische Stabilität der Leistungskennlinien aus, d.h. die Verlustleistung P_v inklusive ihres Temperaturganges $P_v(T)$ darf sich unter Anwendungsbedingungen ($T \leq 150 \text{ °C}$) dauerhaft nicht verändern. Mit den Untersuchungen wurden die wissenschaftlichen Grundlagen für eine neue Generation an Leistungsferritwerkstoffen geschaffen, die im Vergleich zu führenden asiatischen Herstellern ein höheres Performancelevel erreicht und damit mittelfristig die Erschließung neuer Applikationsfelder, z.B. im Automotive-Bereich, ermöglicht. Im Vorhaben wurden Fragen der Langzeitstabilität von Mn-Zn Ferriten, des Einflusses von Dotierungen auf die magnetischen Eigenschaften und Korrelationen zwischen Zusammensetzung, Dotierungen, Mikrostrukturausbildung, Verlustleistung und deren Langzeitstabilität untersucht.

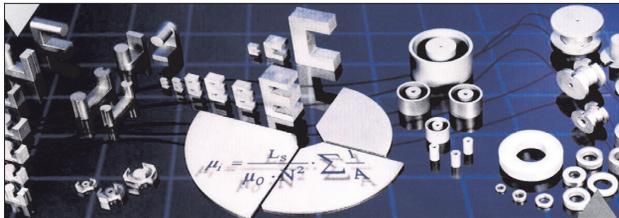


Abb. 1: verschiedene Bauformen von Mn-Zn Ferriten

Für die Projektarbeit an der EAH Jena waren folgende Schwerpunkte und wissenschaftlich-technische Arbeitsziele maßgeblich:

- festkörperchemische Untersuchungen der thermischen Stabilität sowie der Veränderungen der Kationenverteilung und Defektchemie von Mn-Zn Ferriten als Funktion der Temperatur
- Untersuchungen zur Stabilität der Mn-Zn Ferrite unter Anwendungsbedingungen, d. h. bei erhöhter Temperatur
- Untersuchung des Mechanismus und der Kinetik des partiellen Zerfalls von Mn-Zn Ferriten bei $T > 200 \text{ °C}$
- Analyse des Mechanismus der Alterung der Mn-Zn Ferrite und der Erhöhung der Verlustleistung

Projektleiter:
Prof. Dr. rer. nat. Jörg Töpfer
FB SciTec

Mitarbeiter:
Dipl.-Ing. (FH) J. Hesse

Kontakt:
✉ joerg.toepfer@fh-jena.de
☎ (03641) 205 479



- Untersuchung des Einflusses der Bruttozusammensetzung, der Dotierungskonzentration, des Sinterprofils auf die Verlustleistung

Ausgehend von diesen Erkenntnissen ist der Einfluss der Bruttozusammensetzung der Mn-Zn Ferrite (daran gekoppelt der Fe^{2+} -Gehalt), der Dotierungen (typischerweise werden SiO_2 und CaO als Basisdotierungen im ppm-Bereich zum Gefügedesign, sowie Ta_2O_5 , Nb_2O_5 , Co_3O_4 , TiO_2 u.a. zur Steuerung des Gefüges, zur Beeinflussung der Korngrenzchenchemie bzw. der Bulkeigenschaften eingesetzt), sowie der Sinterkurve auf die Verlustleistung untersucht worden (Beispiel siehe Abb. 2).

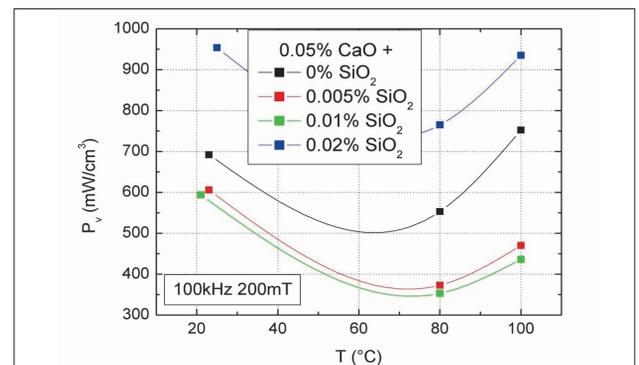


Abb. 2: Verlustleistung von Mn-Zn Ferrit als Funktion der Temperatur für verschiedene SiO_2 -Dotierungskonzentrationen

Mn-Zn Ferrite werden unter genauer Steuerung von T , p_{O_2} und t gesintert, damit wird der Großteil der physikalischen Werkstoffeigenschaften eingestellt. Es wurden grundlegende Untersuchungen angestellt, inwiefern die Mikrostruktur des gesinterten Mn-Zn Ferrits optimiert werden kann, um eine minimale Verlustleistung zu erzielen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse werden in die Entwicklung von neuartigen T-stabilen Mn-Zn Ferritwerkstoffen einfließen.



Abb. 3: Projektteam: J. Hesse, J. Töpfer

Laufzeit und Fördermittelgeber:
November 2012 bis Oktober 2014; gefördert mit Mitteln des Freistaates Thüringen und der EU (EFRE)

Forschungspartner:
Tridelta Weichferrite GmbH, Hermsdorf

