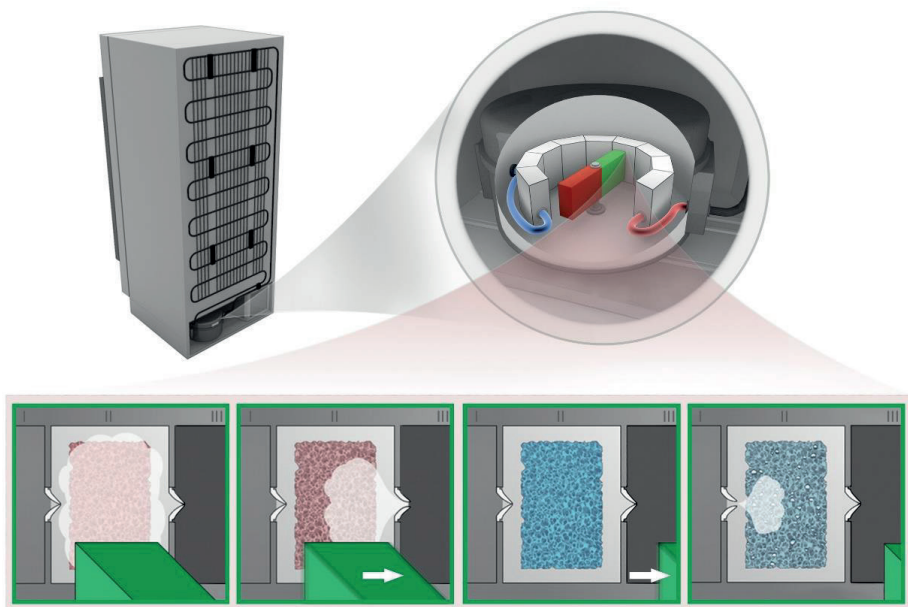


Zur Steigerung der spezifischen Leistung eines magnetokalorischen Kühlsystems



Zur Steigerung der spezifischen Leistung eines magnetokalorischen Kühlsystems

Vorgelegt von

Lena Maria Maier

Professur für Gassensoren
Institut für Mikrosystemtechnik
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der
Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg im Breisgau

Dekan

Prof. Dr. Rolf Backofen

Gutachter

Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein

Prof. Dr. Gerald Urban

Datum der mündlichen Prüfung

02. März 2021

Gas Sensors
herausgegeben von Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein

Volume 11

Lena Maria Maier

**Zur Steigerung der spezifischen Leistung
eines magnetokalorischen Kühlsystems**

Shaker Verlag
Düren 2021

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Freiburg, Univ., Diss., 2021

Copyright Shaker Verlag 2021

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7975-3

ISSN 2566-8552

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
1 Einleitung	3
2 Theoretische Grundlagen	7
2.1 Magnetische Materialien	7
2.1.1 Klassifizierung magnetischer Materialien	7
2.1.2 Hysterese ferromagnetischer Materialien	8
2.1.3 Phasenübergang ferromagnetischer Materialien	9
2.2 Magnetokalorischer Effekt	13
2.3 Magnetsysteme für kalorische Kühlsysteme	13
2.3.1 Elektromagnete	14
2.3.2 Permanentmagnete in Halbach-Anordnung	15
2.4 Magnetokalorische Kühlsysteme	16
2.4.1 Kreisprozess und Effizienz	16
2.4.2 Limitierung der Systemperformance	19
2.4.3 Aktiver Magnetokalorischer Regenerator	21
2.4.4 Aktive Magnetokalorische Heatpipe	24
3 Stand der Technik	33
3.1 Magnetokalorische Materialien	33
3.1.1 Gadoliniumverbindungen	34
3.1.2 Manganverbindungen	34
3.1.3 Lanthan-Eisen-Silizium-Verbindungen	35
3.1.4 Vergleich der magnetokalorischen Materialien	35
3.2 Magnetsysteme	36
3.2.1 Elektromagnete	37
3.2.2 Permanentmagnete in Halbach-Anordnung	37
3.3 Thermische Dioden	40
3.4 Aktiver Magnetokalorischer Regenerator	42
4 Experimentelle Methoden	47
4.1 Charakterisierung magnetokalorischer Materialien	47
4.2 Magnetsysteme	51
4.2.1 Lineares Magnetsystem	52
4.2.2 Rotierendes Magnetsystem	53

4.3	Rückschlagventile als thermische Dioden	56
4.3.1	Entwicklung der Rückschlagventile	57
4.3.2	Analytisches Modell	60
4.3.3	Charakterisierung der Rückschlagventile	62
4.4	Magnetokalorische Kühlsysteme	65
4.4.1	Lineares Kühlsystem	65
4.4.2	Rotierendes Kühlsystem	67
4.4.3	Simulation	72
5	Ergebnisse und Diskussion	75
5.1	Magnetokalorische Materialien	75
5.2	Magnetsysteme	82
5.2.1	Lineares Magnetsystem	82
5.2.2	Rotierendes Magnetsystem	82
5.3	Rückschlagventile als thermische Dioden	86
5.3.1	Datenauswahl und Öffnungsdruck	86
5.3.2	Volumenfluss	89
5.3.3	Wärmestrom	92
5.4	Magnetokalorische Kühlsysteme	93
5.4.1	Lineares Kühlsystem	93
5.4.2	Rotierendes Kühlsystem	98
6	Zusammenfassung	113
7	Ausblick	117
	Literaturverzeichnis	121
	Publikationen	131
	Nomenklatur	133
	Danksagung	141