

Montage nichtlinearer optischer Kristalle für den Einsatz in der Luft- und Raumfahrt

Von der Fakultät für Maschinenwesen der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Heinrich Faidel

Berichter:

Universitätsprofessor Dr. rer. nat. R. Poprawe M.A.

Universitätsprofessor Dr.-Ing. Uwe Reisgen

Tag der mündlichen Prüfung:

07.11.2014

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Hochschulbibliothek online verfügbar.

Berichte aus der Lasertechnik

Heinrich Faidel

**Montage nichtlinearer optischer Kristalle
für den Einsatz in der Luft- und Raumfahrt**

Shaker Verlag
Aachen 2015

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.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2014)

Copyright Shaker Verlag 2015

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3302-1

ISSN 0945-084X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

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

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	2
1.3 Vorgehensweise	3
2 Stand der Technik	5
2.1 Eigenschaften und Anwendungen von nichtlinearen Kristallen	5
2.1.1 Pockels-Zelle auf Basis des Beta-Barium-Borat-Kristalls	5
2.1.2 Frequenzkonverter auf Basis des Lithium-Triborat-Kristalls	6
2.1.3 Faraday-Isolator auf Basis des Terbium-Gallium-Granat-Kristalls	8
2.1.4 Optisch parametrischer Oszillator auf Basis des Kalium-Titanyl-Phosphat-Kristalls	9
2.2 Aufbau- und Verbindungstechnik	11
2.2.1 Montage mittels Klebstoff	12
2.2.2 Mechanische Halter für optische Elemente	13
2.2.3 Lötverfahren für optische Komponenten	14
2.2.3.1 Reflowlöten	15
2.2.3.2 Widerstandslöten	15
2.2.3.3 Solderjet Bumping	17
2.2.4 Ausgewählte Lote für optische Anwendungen	18
3 Eingesetzte Geräte und Verfahren	20
3.1 Messverfahren	20
3.1.1 Autokollimator	20
3.1.2 Speckleinterferometer	22
3.1.3 Polarisoskop und Polarisationsmessgerät	23
3.2 Testverfahren	24
3.2.1 Thermischer Wechsellasttest	24
3.2.2 Mechanischer Wechsellasttest	25
3.2.3 Schertest	26
3.2.4 Falltest	27
4 Untersuchung der Lötverfahren	29
4.1 Gold-Zinn-Lötverfahren	29
4.2 Silber-Zinn-Lötverfahren	34
4.3 Bismut-Zinn-Lötverfahren	36

4.4	Zusammenfassung der Lötverfahren	39
5	Ofenkonstruktion und Justagemethode	41
5.1	Grundkonzept des Ofens	41
5.2	Konzepte zum Ausrichten der Komponenten	42
5.2.1	2D-Ausrichtung durch eine Mikrometerschraube	42
5.2.2	3D-Ausrichtung am Submount	44
5.2.3	3D-Ausrichtung an optischen Flächen	46
5.2.4	Integration des Ausrichtungskonzepts in den Lötöfen	54
5.3	Fazit zur passiven Montage	60
6	Kristallmontage mit Hilfe der Löttechnik	61
6.1	BBO-Kristall	61
6.1.1	Montage auf einen Aluminiumsubmount	61
6.1.2	Montage in eine Lamellenstruktur	66
6.1.3	Design einer vollständig gelöteten Pockelszelle	69
6.1.4	Optischer Test der vollständig gelöteten Pockelszelle	72
6.1.5	Untersuchung von SnAg(3,5) und AuSn(20) beim Aufbau der Pockelszelle	75
6.2	LBO-Kristall	77
6.2.1	Montage auf einen Mäandersubmount	78
6.2.2	Einseitige Montage auf einen Kupfersubmount	79
6.2.3	Beidseitige Montage auf einen Kupfersubmount	80
6.2.4	BiSn(42)-Lot bei der Montage des LBO-Kristalls	82
6.2.5	Einfluss des Temperaturzyklustests auf den LBO-Kristall	83
6.2.6	Optischer Test des Frequenzkonverters	85
6.2.7	Design eines vollständig gelöteten Frequenzkonverters	90
6.3	TGG-Kristall	93
6.3.1	Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten	93
6.3.2	Beidseitige Montage des TGG-Kristalls	94
6.3.3	Polarisationsmessung	96
6.4	KTP-Kristall	99
6.4.1	Montage des KTP-Kristalls	100
6.4.2	Optischer Test des gelöteten KTP-Kristalls	101
7	Zusammenfassung und Ausblick	103
8	Formelzeichen	105
9	Literaturverzeichnis	107
10	Abbildungsverzeichnis	111