# Design of Metal-Organic Molecular Precursors for Atomic Layer Deposition

Jan Gerkens

OPTIMEDIEN

Georg-August-Universität Göttingen

# Design of Metal-Organic Molecular Precursors for Atomic Layer Deposition

Dissertation zur Erlangung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Doktorgrades

„DOCTOR RERUM NATURALIUM“

der Georg-August-Universität Göttingen

im Promotionsprogramm der

Georg-August University School of Science (GAUSS)

vorgelegt von
Jan Gerkens

aus Buxtehude

Göttingen 2019

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

**Jan Gerkens**
Design of Metal-Organic Molecular Precursors for Atomic Layer Deposition
ISBN 978-3-86376-182-0

**Betreuungsausschuss**
Prof. Dr. Sven Schneider
Institut für Anorganische Chemie, Georg-August-Universität Göttingen
Prof. Dr. Franc Meyer
Institut für Anorganische Chemie, Georg-August-Universität Göttingen

**Mitglieder der Prüfungskommission**
Referent: Prof. Dr. Sven Schneider
Institut für Anorganische Chemie, Georg-August-Universität Göttingen
Korreferent: Prof. Dr. Franc Meyer
Institut für Anorganische Chemie, Georg-August-Universität Göttingen

**Weitere Mitglieder der Prüfungskommission**
Prof. Dr. Manuel Alcarazo
Institut für Organische und Biomolekulare Chemie, Georg-August-Universität Göttingen
Dr. Oliver Bünermann
Institut für Physikalische Chemie, Georg-August-Universität Göttingen
Jun.-Prof. Dr. Nathalie Kunkel
Institut für Anorganische Chemie, Georg-August-Universität Göttingen
Dr. Christian Sindlinger
Institut für Anorganische Chemie, Georg-August-Universität Göttingen

**Tag der mündlichen Prüfung: 11.12.2019**


1. Auflage 2020

URL: www.optimedien.com
Printed in Germany
Papier ist FSC zertifiziert (holzfrei, chlorfrei und säurefrei, sowie alterungsbeständig nach ANSI 3948 und ISO 9706). 

# Danksagung

Für die Motivation, Geduld, Freiheit und die Anleitung während meiner Promotion möchte ich meinem Betreuer Prof. Dr. Sven Schneider von ganzem Herzen danken. Prof. Dr. Franc Meyer danke ich für die Übernahme des Koreferats. Den übrigen Mitgliedern der Prüfungskommission sei ebenfalls gedankt.

Dr. Christian Würtele und Dr. Markus Finger danke ich für die allgemeine Unterstützung während meiner Zeit in der Gruppe, sowie für die Bereitstellung Ihrer Expertise in den Gebieten der Röntgenstrukturanalyse bzw. der theoretischen Chemie. Dalila Griffin und Dr. Claudia Stückl danke ich für die kompetente Unterstützung in allen administrativen Fragen. Dr. Serhiy Demeshko danke ich für die Durchführung und Auswertung der SQUID-Experimente. Mein Dank geht auch an Dmitry Aldakov und Robert Köhler für die Durchführung der XPS Experimente.

Für interessante Einblicke in die Welt der Industrieforschung während einer Forschungs- und Entwicklungskollaboration danke ich Dr. Torben Adermann und Dr. Hagen Wilmer von der BASF.

Die letzten fünf Jahre werden mit Sicherheit zu den besten meines Lebens zählen. Besonders dazu beigetragen hat der gesamte Arbeitskreis Schneider, welcher mir durch seine offene Arbeitsatmosphäre schnell wie ein zweites zu Hause war. Besonderer Dank geht dabei an Dr. Markus Scheibel, Dr. Christian Volkmann und Dr. Josh Abbenseth, die mir sowohl fachlich als auch menschlich eine reibungslose Aufnahme in die Gruppe ermöglicht haben. Weiterhin möchte ich meinen langjährigen LaborkollegInnen (mittlerweile Freunden) Dr. Florian Wätjen, Bastian Schluschass, Dr. Felix Schneck und Richt van Alten für die unvergessliche Zeit danken. Besonderer Dank für das Korrekturlesen dieser Arbeit geht an Dr. Josh Abbenseth, Dr. Felix Schneck und Richt van Alten. Danken möchte ich außerdem Fengxia Li, die mit Ihrer Wissbegierde und Ihrem Fleiß eine große Unterstützung war.

Zu guter Letzt möchte ich meiner Familie danken, welche durch Ihre Unterstützung in allen Belangen mein Studium erst ermöglicht haben.

# Table of Contents

# List of Figures

# List of Schemes

# List of Tables

# Abbreviations

| | |
|---|---|
| ALD | atomic layer deposition |
| AFM | atomic force microscopy |
| $C_6D_6$ | benzene-d6 |
| CVD | chemical Vapor Deposition |
| EDX | energy dispersive X-ray spectroscopy |
| $Et_2O$ | diethyl ether |
| h | hour |
| $^{i}$Pr | iso-propyl group |
| GPC | growth per cycle |
| Me | methyl |
| HER | hydrogen evolution reaction |
| HMDS | bis(trimethylsilyl)amine |
| *n*-BuLi | n-buthyllithium |
| NMR | nuclear magnetic resonance |
| Ph | phenyl |
| ppm | parts per million |
| RT | room temperature |
| SEM | Scanning electron microscope |
| $^{t}$Bu | tert-Butyl group |
| TGA | thermogravimetric analysis |
| THF | tetrahydrofuran |
| TMS | trimethylsilyl group |
| TMP | 2,2,6,6-tetramethylpiperidine |
| TMPLi | lithium 2,2,6,6-tetramethylpiperidide |
| XPS | X-ray photoelectron spectroscopy |