

MEMS微細加工技術・材料調査研究委員会
委託調査報告書

平成19年3月

社団法人 新化学発展協会

The Association for the Progress of New Chemistry

MEMS 分野における新材料の研究動向

2007 年 2 月

京都大学
マイクロエンジニアリング専攻
田畑 修

執筆者

()内は担当した執筆章を示す。

京都大学 大学院工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻 教授
田畑 修 (1 章 , 2 章 , 5 章)

株式会社 KRI 光機能材料研究部
山木 繁 (3 . 3 . 1)

京都大学 大学院工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻 助教授
土屋 智由 (3 . 2 . 1)

University of Michigan Associate Professor
倉林 活夫 (3 . 2 . 2)

京都大学 大学院工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻 助教授
神野 伊策 (3 . 3 . 1)

国際標準化工学研究所 所長
大和田 邦樹 (3 . 4 . 1)

早稲田大学 ナノテクノロジー研究所 助教授
水野 潤 (3 . 4 . 2)

東北大学 大学院工学研究科 ナノメカニクス専攻 教授
羽根 一博 (3 . 4 . 3)

立命館大学 理工学部 マイクロ機械システム工学科 教授
鳥山 寿之 (3 . 4 . 4)

大阪府立大学 大学院工学研究科 電子・数物系専攻 教授
平井 義彦 (3 . 4 . 5)

東北大学 先進医工学研究機構 助教授
芳賀 洋一 (3 . 4 . 6)

グローバルエマージングテクノロジーインスティテュート (GETI)
日本マネージングディレクター
和賀三和子 (4章)

目次

- 1．はじめに
- 2．MEMS用材料概要
- 3．MEMS用材料各論
 - 3.1 プロセス材料
 - 3.1.1 有機機ハイブリッドによるレジスト特性の改善
 - 3.1.1.1 はじめに
 - 3.1.1.2 フォトレジストについて
 - 3.1.1.3 有機無機ハイブリッドによるフォトレジストの改善
 - 3.1.1.4 おわりに
 - 参考文献
 - 3.2 構造材料
 - 3.2.1 シリコン
 - 3.2.1.1 単結晶シリコン
 - 3.2.1.2 多結晶シリコン
 - 3.2.1.3 シリコンゲルマニウム
 - 3.2.1.4 材料特性
 - 3.2.1.4 - 単結晶シリコン
 - 3.2.1.4 - 多結晶シリコン
 - 3.2.1.4 - シリコンゲルマニウム
 - 3.2.1.5 加工
 - 3.2.1.6 応用デバイス
 - 3.2.1.6 - 単結晶シリコン加速度センサ
 - 3.2.1.6 - 多結晶シリコン角速度センサ
 - 3.2.1.6 - シリコンゲルマニウム集積化角速度センサ
 - 3.2.1.7 まとめ
 - 参考文献
 - 3.2.2 PDMS
 - 参考文献
 - 3.3 機能機能
 - 3.3.1 圧電薄膜材料・強誘電体材料
 - 3.3.1.1 機能性材料のMEMS 応用
 - 3.3.1.2 圧電薄膜
 - 3.3.1.3 スパッタ法によるPZT 圧電薄膜の形成

- 3.3.1.2 圧電薄膜
- 3.3.1.3 スパッタ法による PZT 圧電薄膜の形成
- 3.3.1.4 圧電特性評価技術
- 3.3.1.5 圧電薄膜のデバイス応用
 - 3.3.1.5 - 圧電薄膜 RF-MEMS スイッチ
 - 3.3.1.5 - 圧電 MEMS ディフォーマブルミラー
- 3.3.1.6 今後の展開と課題

参考文献

3.4 応用分野

3.4.1 RF MEMS 用材料

- 3.4.1.1 RF MEMS 用材料の現状と研究動向
 - 3.4.1.1 - RF MEMS とは
 - 3.4.1.1 - RF MEMS デバイスの種類
 - 3.4.1.1 - 材料の現状と研究動向
 - a) スイッチ
 - b) バラクタ
 - c) インダクタ
 - d) レゾネータ
- 3.4.1.2 既存の RF MEMS での応用事例
- 3.4.1.3 今後期待される応用事例

参考文献

3.4 応用分野

3.4.2 μ TAS 用材料

- 3.4.2.1 はじめに
- 3.4.2.2 PMMA マイクロ流路チップの作製
 - 3.4.2.2 - 金型 (モールド) の作製
 - 3.4.2.2 - ホットエンボス加工
 - 3.4.2.2 - 直接接合
- 3.4.2.3 低温直接接合技術
- 3.4.2.4 COP (シクロオレフィンポリマー) マイクロ流路チップ
 - 3.4.2.4 - ホットエンボス加工
 - 3.4.2.4 - 電極作製
 - 3.4.2.4 - 低温直接接合
- 3.4.2.5 電極動作試験
- 3.4.2.6 評価結果

3.4.2.7 まとめ

参考文献

3.4.3 光 MEMS 用材料とフォトニック構造

3.4.3.1 はじめに

3.4.3.2 マイクロミラー

3.4.3.3 レンズホルダー

3.4.3.4 集積型の光スキャナ

3.4.3.5 集積型近接場顕微鏡用プローブ

3.4.3.6 ブラッグミラーとファブリ・ペロフィルタ

3.4.3.7 リング導波路共振器

3.4.3.8 サブ波長周期可変格子

3.4.3.9 フォトニック結晶の制御

3.4.3.10 まとめ

参考文献

3.4.4 PowerMEMS 用材料

3.4.4.1 超小型ヒートエンジンの構造問題（熱伝達と熱応力）

と材料選択の関係

3.4.4.2 超小型ヒートエンジン用材料の機械的性質

3.4.4.2 - 超小型ヒートエンジン用材料の脆性引張・クリープ破壊

3.4.4.2 - 超小型ヒートエンジン用材料の疲労破壊

3.4.4.3 超小型ヒートエンジン用材料の加工プロセス

参考文献

3.4.5 熱ナノインプリント用樹脂，プロセス技術

3.4.5.1 ナノインプリント法

3.4.5.2 高分子樹脂の機械的特性

3.4.5.2 - レオロジー特性とプロセス基本条件

(1) 樹脂特性とインプリント温度・圧力条件

(2) 樹脂特性とインプリント時間

3.4.5.2 - 樹脂の成形性と諸問題

(1) 成形性と欠陥の発生

(2) インプリント速度(せん断速度)依存性

(3) プロセスシーケンス

(4) 離型時の樹脂の延伸

(5) 改良プロセスによる高アスペクト比パターンの形成

3.4.5.2 - 二層レジスト法

3.4.5.3 まとめ

参考文献

3.4.6 医療 MEMS 用材料

3.4.6.1 金属・半導

3.4.6.2 ポリマー

3.4.6.3 光学材料

3.4.6.4 機能性材料

参考文献

4. MEMS の市場動向について

4.1 MEMS 研究開発動向の国際比較

4.2 米国の MEMS 関連特許動向

4.3 事業化の担い手

4.4 市場規模

4.5 MEMS 市場動向のまとめ

参考文献

5. まとめ