

平成11年度

新エネルギー・産業技術総合開発機構研究受託成果報告書

新規産業支援型国際標準開発事業
(マイクロマシン用材料の特性計測評価方法の標準化)

平成12年3月

財団法人 マイクロマシンセンター

新規産業支援型国際標準開発事業

(マイクロマシン用材料の特性計測評価方法の標準化)

成果報告書

<要旨>

厚さ10 μ m、幅100 μ m程度以下の各種薄膜材料の機械的特性計測評価を可能とする標準的な引張試験方法を開発し規格原案の提案をするのが本事業の目的である。具体的には、標準化に適した試験装置の構造や、試験片への荷重の負荷方法、荷重やひずみの計測方法、試験片の装着法、試験片の形状、寸法等について明らかにし、現在提案されている各種方式の試験方法の改良や統合化、さらに適用範囲の明確化、及び適用指針の明確化等を行い、国際規格案を作成していく。

今年度は、標準化への適応調査として、国内外でのマイクロマシン用薄膜材料の引張試験、及び標準化に関する最新の技術開発動向を調査した。また、平成12年度に行うRound Robin Testを可能にするため単結晶シリコンをはじめとするマイクロマシン用薄膜材料の試験片を試験チップ上に製作する加工プロセスについて検討するとともに、各研究機関の試験機の構造を検討し、ひずみ測定法、試験片装着法等を改良した。標準試験片作製条件の最適化のために、スパッタによる成膜を中心に成膜のための基礎的なデータを収集し、一部機器分析による材料構造解析を実施した。また、めっき成膜における残留応力を求め、めっきによる試験片の作成が可能になった。最終目標である国際標準提案に向けては、IEC/TC 47/WG 4、及びASTMの活動状況について技術動向調査を行った。

<重要語>

単結晶シリコン、マイクロマシン用薄膜材料、引張試験、Round Robin Test、試験片、装着法、スパッタ、材料構造、めっき、残留応力

< Summary >

The aim of this project is to develop the standard of tensile testing methods for evaluating mechanical properties of thin film materials with less than 10 μ m thickness and 100 μ m width. First of all, the structure of testing devices, measuring methods of stress-strain of test piece(specimen) , chucking methods, and shape & dimension of specimen are arranged and the current testing methods are modified and integrated. After that, the guideline for the applications will be made and the draft standards for the tensile testing of thin films will be proposed.

This fiscal year we have surveyed the technical trends of this field at home and abroad. Processing process of single-crystal silicon specimen or others made on chips has been also studied for Round Robin Test(RRT) next fiscal year and some testing devices of the participants have been modified or improved. In the meantime, regarding the optimization for making the standard specimen, the analysis of thin films made by sputtering has been done and the basic data including distributions of atoms have been collected. Moreover, the residual stresses of another thin film made by plating have been measured related to the thickness of plating film and the conditions of making thin films have been studied. For a future proposal of standards, both activities in IEC/TC47/WG4 and ASTM have been surveyed and reported at the Standardization Promotion Committee in MMC.

< Keywords >

single-crystal silicon, thin film materials, tensile testing, Round Robin Test, test piece(specimen) , chucking method, sputtering, distributions of atoms, plating, residual stress

目 次

第1章 研究開発の成果と達成状況

| | |
|----------------------|---|
| 1. 研究開発の成果 | 1 |
| 1.1 まえがき | 1 |
| 1.2 本文 | 2 |
| 1.3 結論 | 7 |
| 1.4 あとがき | 7 |
| 2. 研究発表・講演、文献、特許等の状況 | 8 |

第2章 研究開発機関別成果

| | |
|-----------------------|----|
| 1. 名古屋大学における研究開発 | 9 |
| 1.1 研究開発の成果 | 9 |
| 1.1.1 要約 | 9 |
| 1.1.2 実施結果及び考察 | 10 |
| 1.1.3 結論 | 58 |
| 1.1.4 参考文献 | 60 |
| 1.2 研究発表・講演、文献、特許等の状況 | 63 |
| 1.2.1 研究発表・講演 | 63 |
| 1.2.2 文献 | 63 |
| 1.2.3 特許等 | 63 |
| 1.2.4 その他の公表 | 63 |
| 2. 群馬大学における研究開発 | 64 |
| 2.1 研究開発の成果 | 64 |
| 2.1.1 要約 | 64 |
| 2.1.2 実施結果及び考察 | 65 |
| 2.1.3 結論 | 86 |
| 2.1.4 参考文献 | 87 |
| 2.2 研究発表・講演、文献、特許等の状況 | 89 |
| 2.2.1 研究発表・講演 | 89 |
| 2.2.2 文献 | 89 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 2.2.3 特許等 | 89 |
| 2.2.4 その他の公表 | 89 |
| 3. 東京工業大学における研究開発 | 90 |
| 3.1 研究開発の成果 | 90 |
| 3.1.1 要約 | 90 |
| 3.1.2 実施結果及び考察 | 90 |
| 3.1.3 結論 | 100 |
| 3.1.4 添付資料 | 100 |
| 3.1.5 参考文献 | 111 |
| 3.2 研究発表・講演、文献、特許等の状況 | 111 |
| 3.2.1 研究発表・講演 | 111 |
| 3.2.2 文献 | 112 |
| 3.2.3 特許等 | 112 |
| 3.2.4 その他の公表 | 112 |
| 4. 株式会社豊田中央研究所における研究開発 | 113 |
| 4.1 研究開発の成果 | 113 |
| 4.1.1 要約 | 113 |
| 4.1.2 実施結果及び考察 | 114 |
| 4.1.3 結論 | 151 |
| 4.1.4 参考文献 | 151 |
| 4.2 研究発表・講演、文献、特許等の状況 | 152 |
| 4.2.1 研究発表・講演 | 152 |
| 4.2.2 文献 | 152 |
| 4.2.3 特許等 | 152 |
| 4.2.4 その他の公表 | 152 |
| 5. セイコーインスツルメンツ株式会社における研究開発 | 153 |
| 5.1 研究開発の成果 | 153 |
| 5.1.1 要約 | 153 |
| 5.1.2 実施結果及び考察 | 154 |

| | | |
|-------|-------------------|-----|
| 5.1.3 | 結論 | 175 |
| 5.1.4 | 参考文献 | 176 |
| 5.2 | 研究発表・講演、文献、特許等の状況 | 177 |
| 5.2.1 | 研究発表・講演 | 177 |
| 5.2.2 | 文献 | 177 |
| 5.2.3 | 特許等 | 177 |
| 5.2.4 | その他の公表 | 177 |
| 6. | 株式会社日立製作所における研究開発 | 178 |
| 6.1 | 研究開発の成果 | 178 |
| 6.1.1 | 要約 | 178 |
| 6.1.2 | 実施結果及び考察 | 179 |
| 6.1.3 | 結論 | 201 |
| 6.1.4 | 参考文献 | 202 |
| 6.2 | 研究発表・講演、文献、特許等の状況 | 204 |
| 6.2.1 | 研究発表・講演 | 204 |
| 6.2.2 | 文献 | 204 |
| 6.2.3 | 特許等 | 204 |
| 6.2.4 | その他の公表 | 205 |

<付録>

| | | |
|----|---------------------|-----|
| 1. | 調査研究委員会／標準化推進委員会議事録 | 207 |
| 2. | 欧州及び米国での標準化動向調査出張報告 | 213 |