

# 池田研究室の概要

## 1.メンバー

・教員 池田 徹



・学生（平成 30 年 4 月より）  
博士前期課程 1 年 2 名  
博士前期課程 3 年 3 名  
学部 4 年生 ? 名



図 1 池田研究室・小金丸研究室構成員の様子.

## 1. はじめに

池田研究室では、固体力学に関するさまざまな研究を行っているが、電子実装工学と界面破壊力学の研究が重要な柱となっている。電子実装工学に関しては、これから電気自動車やスマートグリッドなどの構築においてキーデバイスとなるパワーモジュール中の金属部品と樹脂の密着強度の評価や、はんだの結晶粒内のひずみ計測と解析などを行っている。また、界面破壊力学の研究では、異種材料の接合角部での特異応力場の解析とはく離強度評価への応用や、ナノオーダーの異種結晶薄膜界面におけるひずみの電子顕微鏡による計測や原子シミュレーションによる解析などを行っている。

当研究室では、企業との共同研究を行ったり、これらの研究成果を国内学会、国際学会で発表するなど、活発な研究活動を行っている。

## 2. 研究室の設備

池田研究室・小金丸研究室は、設備を共有して研究を行っている。研究室では、4年生から全員に Macintosh コンピュータが貸与されており、研究室の4台の Linux 高速ワークステーション上の有限要素法ソフトウェア（MSC. Marc, COMSOL, HyperMesh）や分子動力学ソフトウェア LAMMPS, デバイスシミュレーター(HyENEXSS)などのソフトウェアが使用できる他、Macintosh 上で、Microsoft Office, Delta Graph, Adobe Illustrator, Matlab, Mathematica などのソフトウェアが自由に使用できるようになっており、さまざまな数値解析が自由に行える研究環境となっている。

また、実験設備として、光学顕微鏡、レーザー共焦点顕微鏡、万能引張試験機 (2.5t)、マイクロフォース試験機(100kgf)、微小荷重試験機（ストローク 250 $\mu$ m）、TMA（線膨張係数を測定する機械）、湿度 TMA（吸湿による伸びを測定する機械）、低速切断機、自動研磨装置などが利用でき、固体力学に関する広範な実験が可能である。

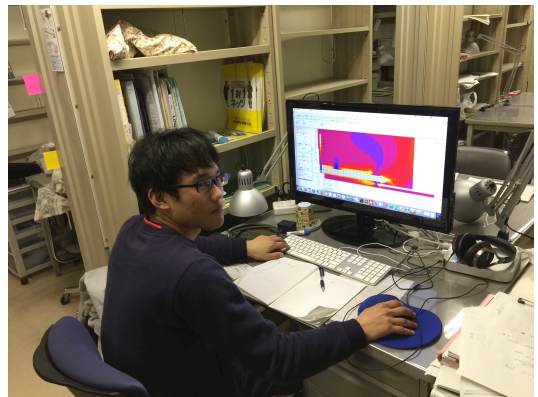


図 2 有限要素法によるパワーモジュールの応力解析の様子（各自の机でこの様な解析が行える）.



図 3 恒温槽付きマイクロフォース試験機.

### 3. 研究事例

#### 3.1 パワーモジュール中のはく離防止設計の研究

電子デバイスの多くは、封止樹脂によるパッケージングを行っているが、金属、半導体、封止樹脂といった線膨張係数が異なるものが接合されているために、熱サイクル試験を行った際にしばしばはく離が生じる。特にパワーモジュールなどは、低温からかなり高い温度までの熱サイクルに耐える必要があり、はく離を避ける設計は製品の耐久性を決める大きな要素になっている。

そのために、図4に示すような、金属と樹脂の界面き裂付破壊試験片を作製し、そのはく離試験を行って、はく離が起きる限界を求め、図5に示すような有限要素法による応力解析結果と比較して、はく離の発生を予測し、使用中にはく離を生じない製品の開発を企業と共同で行っている。

#### 3.2 はんだ結晶内部のひずみ測定と有限要素法を用いた結晶塑性解析による理論予測の比較

電子部品の接合に使用される、はんだの大きさは、年々微細化し、すでに数十  $\mu\text{m}$  の大きさになっている。そのような微細なはんだ構造物は、結晶粒数個で構成されており、すでに等方性材料とは見なせない。そこで、はんだの主成分であるスズの微細試験片内部のひずみを微小荷重試験機で引っ張りながら、レーザー共焦点顕微鏡で撮影してひずみを測定し、有限要素法を用いた結晶塑性解析と比較した。

図6に計測したひずみと解析によるひずみの比較を示す。結晶塑性解析の結果は、計測したひずみと良く一致している。

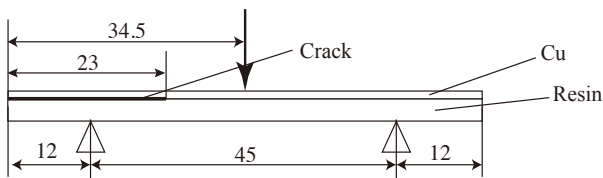


図4 き裂付き接合試験片。

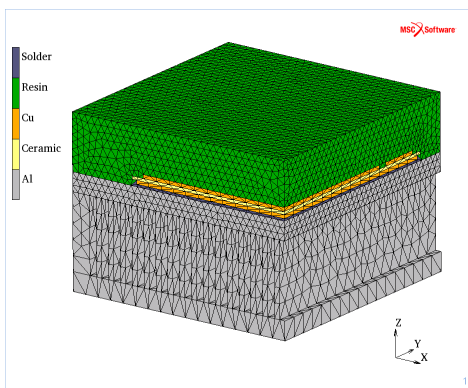


図5 パワーモジュールの有限要素法による応力解析。

#### 3.3 電子顕微鏡を使った結晶薄膜界面付近のひずみ計測と分子シミュレーションによる解析

結晶上に異種の結晶薄膜を作成することは、トランジスタの高速化やLED、パワーデバイスなど様々な電子デバイスの作成で行われている。このはく膜内の結晶に生じるひずみにより、トランジスタを高速化したり、逆にデバイスが破壊されるといった問題を生じたりするため、はく膜界面付近のひずみ場を知ることは重要である。そこで、異種結晶薄膜界面付近のひずみを透過型電子顕微鏡写真から計測したり、分子シミュレーションを利用して、解析する研究を定松研と共同で行っている。

図7にSi-Ge結晶界面付近の透過型電子顕微鏡写真と計測したひずみ分布を示す。

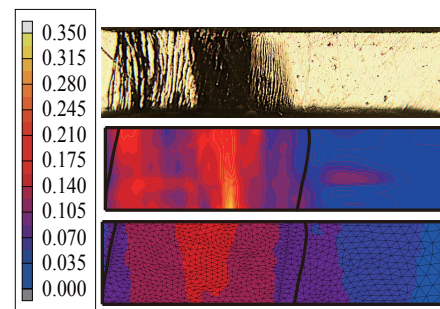


図6 上段より、光学顕微鏡写真、ひずみ計測結果、ひずみの結晶塑性理論による解析結果。

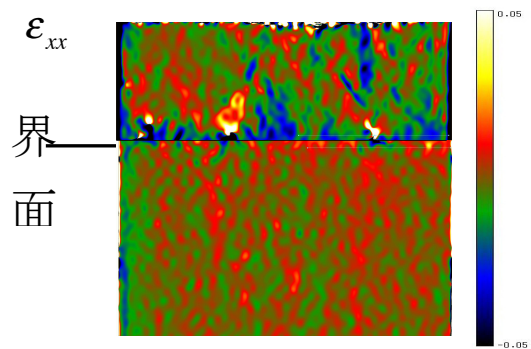


図7 電子顕微鏡により計測した、Ge (上部) -Si (下部) 結晶界面付近のひずみ分布(Ge層が約30原子)。

### 4. 池田研・小金丸研のHPと所在地

URL <http://www.solidmech.sakura.ne.jp/ikedaj>

