



Gunma University

イオン導電体の 応力センサーへの応用

研究者：群馬大学 大学院工学研究科
生産システム工学専攻
准教授 古澤 伸一

平成21年3月10日 於：太田キャンパス



Gunma University

技術内容の紹介

イオン導電体[†]を用いた応力センサーの開発をおこなった。

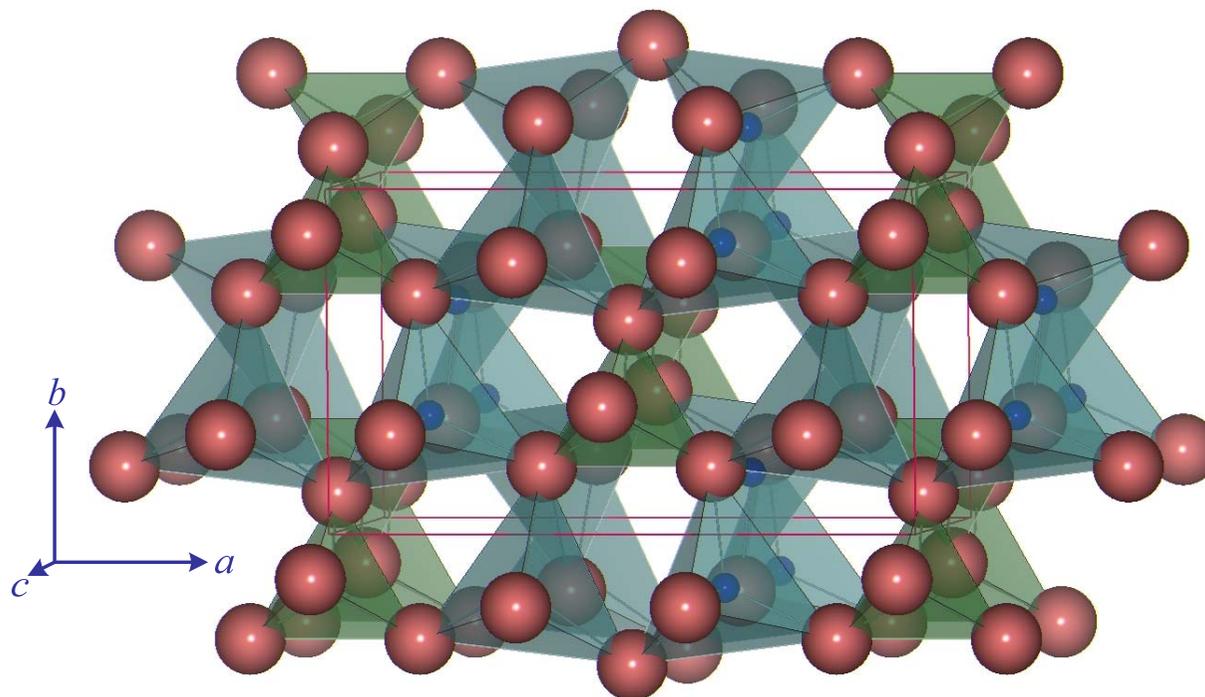
本技術は、対象物の引張応力、圧縮応力、曲げ応力等の応力の情報を検知する、応力センサーに係わるものである。

[†]イオン導電体：イオン伝導を示す固体物質





固体内イオン伝導



例) Li_2SiO_3 の結晶構造





Gunma University

固体内イオン伝導→構造敏感な物性

イオン導電体に外力が作用

(圧力、引張応力、曲げ応力など)



応力による結晶構造の歪み



イオン伝導性が大きく変化



応力印加下のイオン伝導物性の研究は少ない





Gunma University

物性研究者としての純粋な学術的興味
応力印加下のイオン伝導物性



イオン伝導メカニズムに関する情報
例) 高圧力下でのイオン伝導

S.Furusawa et.al., J. Phys. Soc. Jpn. Vol.69 2087-2091, 2000

引っ張ったら？曲げたら？

電気伝導度が変化するはず。

静水圧印加では得られない情報が
得られるかもしれない。





応力印加による弾性変形で
イオン導電体の電気的物性が変化。

何かに応用できないか？

例えば、**応力センサー**とか・・・

では、どんな応力センサーがあるのか？



従来技術とその問題点

弾性変形を利用した応力センサー

- (1) 金属抵抗体歪ゲージを用いたもの、
- (2) ピエゾ効果を利用したもの、
- (3) 圧電性を利用したもの、
- (4) 磁気歪効果を利用したもの





(1) 金属抵抗体型センサー

機械的な伸び縮み等の寸法変化による電気抵抗の変化を利用。
(アドバンス、コンスタンタン、マンガニン、ニクロム、Pt-Ir等)

代表的例: ロードセル (load cell)。



問題点:

(1) 価格が数万円から十数万円と高価

エー・アンド・デイ(株)HPよりLCB03型

(2) 構造上、セルの小型化(マイクロセンサー化)が難しい。

超小型といわれるものでさえ数cm、小型のものほど高価。

(3) 被測定物に取り付けるために必要となる寸法が比較的大きい。

(4) 作動させるためには、 μV 級の分解能を持つ電圧計と駆動用電源が必要。

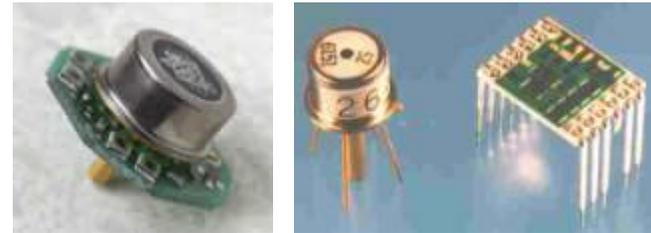
(5) 使用できる温度範囲が狭い。

温度補償範囲が $-10 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 程度。



(2) 半導体型センサー

ピエゾ抵抗効果の原理を利用。



ピエゾ抵抗効果：

シリコンやゲルマニウム等のある種の半導体が力を受けると、その歪みに応じて電気抵抗が変化する現象。

問題点：

- (1) 抵抗やピエゾ抵抗係数が温度変化によって大きく変化するため、広範囲の温度領域で使用するためには、温度補償が必要になる。
- (2) 結晶シリコンが多く用いられており、薄膜化する場合には基板に制限がある。
- (3) 温度補償範囲が $-1 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 程度と、使用できる温度範囲が狭い。
- (4) 力の測定限界が比較的小さく、数十 Ncm^2 程度。



(3) 圧電型センサー

水晶、ロッシェル塩、チタン酸バリウム、PZT等の誘電体単結晶に動的な力が作用したときに発生する分極を利用

代表例: 動的圧力・歪センサーや表面弾性波素子を応用した素子

問題点:

- (1) 静的応力には応答しない。
- (2) 素子及び装置の構成が複雑、基板に制限がある。
- (3) 温度補償範囲は、 $-50\sim 120^{\circ}\text{C}$ が標準
特殊なものでも $\pm 200^{\circ}\text{C}$ 程度である。



PCB PIEZOTRONICS INC. HPより
Model 101A02



(4) 磁歪型センサー

磁歪効果 : 強磁性体が磁化されると、寸法変化を示す。

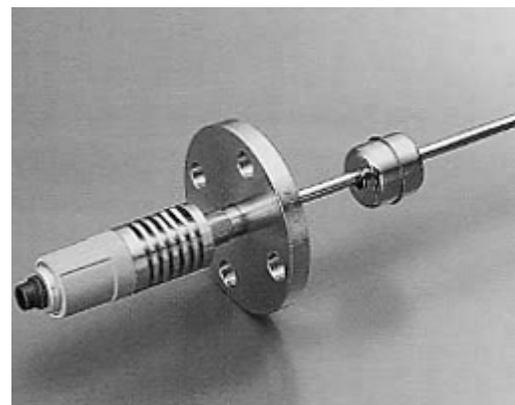
逆磁歪効果 : 強磁性体に歪みを与えると、磁化が変化する。

磁歪型センサー : 磁気特性－応力の関係から、歪みを検出する。

構造的には磁気ヘッドのような精密磁気センサーと同じ。変位計などに使用。

問題点 :

- (1) 素子の構造が複雑。
- (2) 基板に制限がある。
- (3) 磁化は高温で減少するので、高温での使用には注意が必要。



サンテスト(株)HPより
高温型GYcRP-Hプローブ



Gunma University

既存の応力センサー

高価、基板に制限、温度補償範囲があまり広くないなど、様々な問題点があるために、適用可能な用途が限られていることが多い。

イオン導電体型応力センサー

温度補償範囲を広くすることが可能。
構成が単純。
基板の制限が少ない。
幅広い用途に適用することが可能。



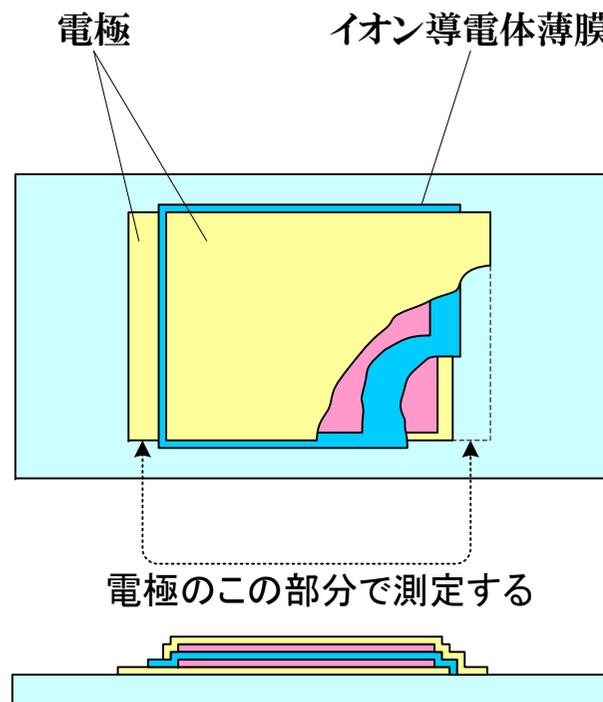
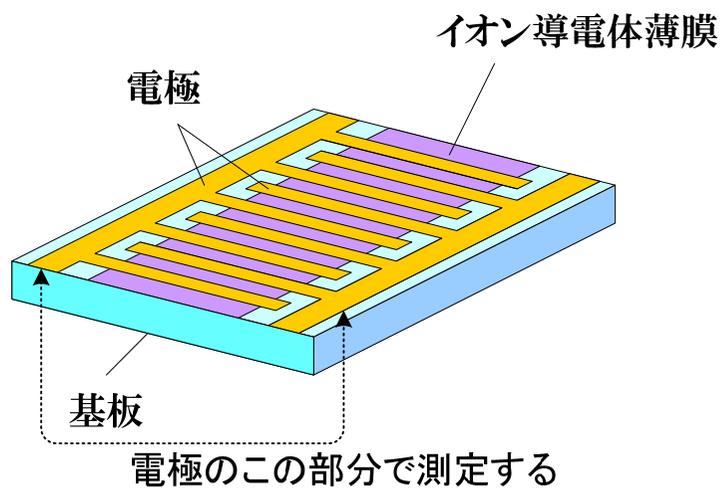
イオン導電体型応力センサーの基本構成

電極／イオン導電体／電極

- (1) 原理的には、イオン導電体としてほとんど全てのイオン導電体を使用することが可能。
- (2) イオン導電体の性状は、特に限定されるものではなく、バルクのイオン導電体や、イオン導電体の薄膜を使用することができる。



イオン導電体型応力センサーの概略構成の一例



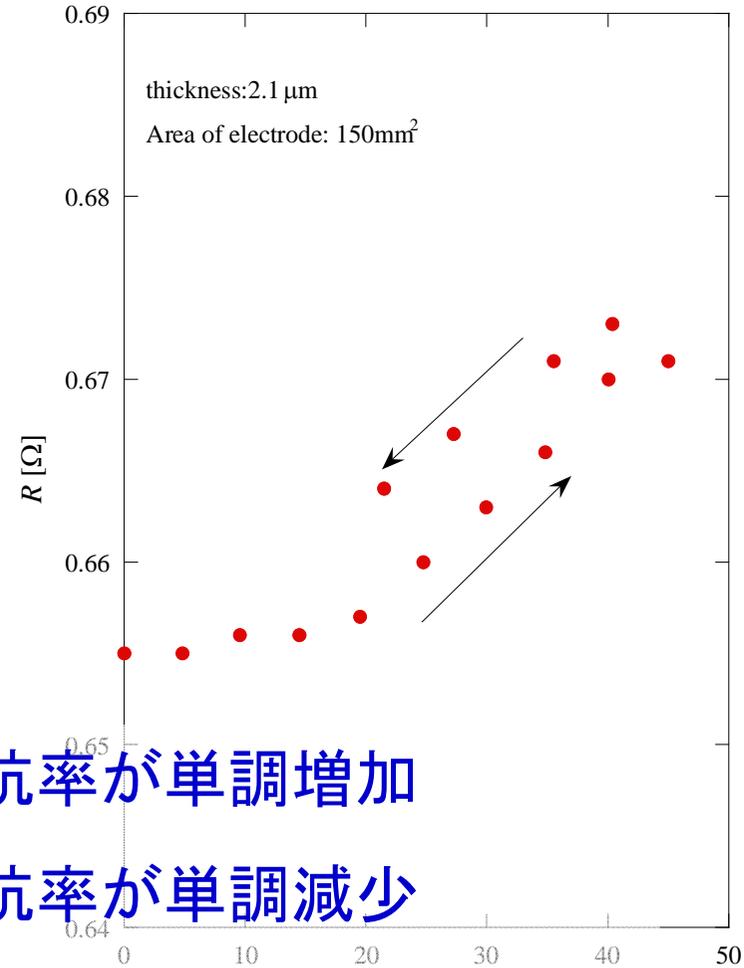
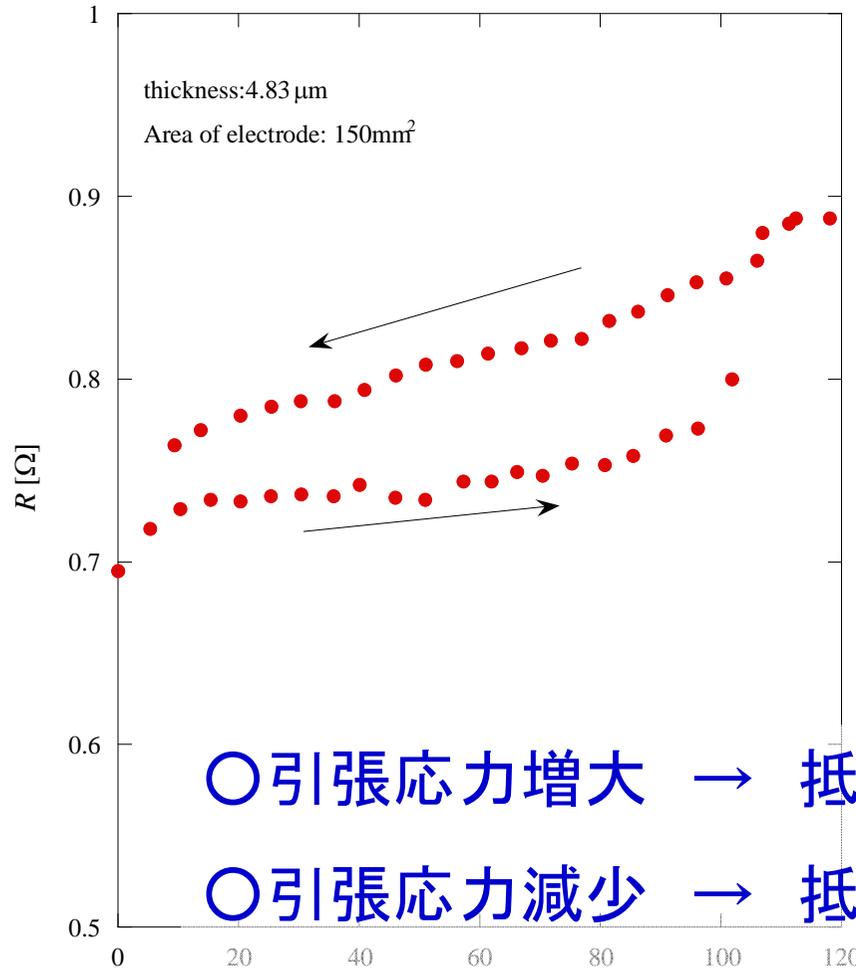


実施例：引張応力

基板：PET (ポリエチレンテレフタレート)

LLT ($x=0.5$) thickness $4.83\mu\text{m}$

Li_2SiO_3 thickness $2.1\mu\text{m}$

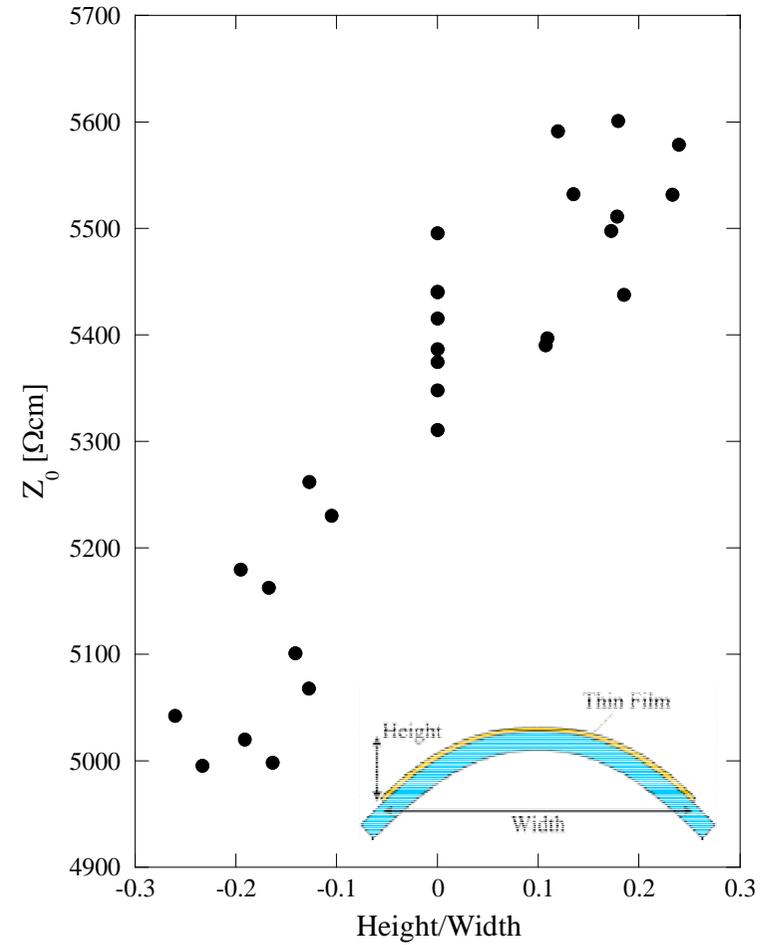
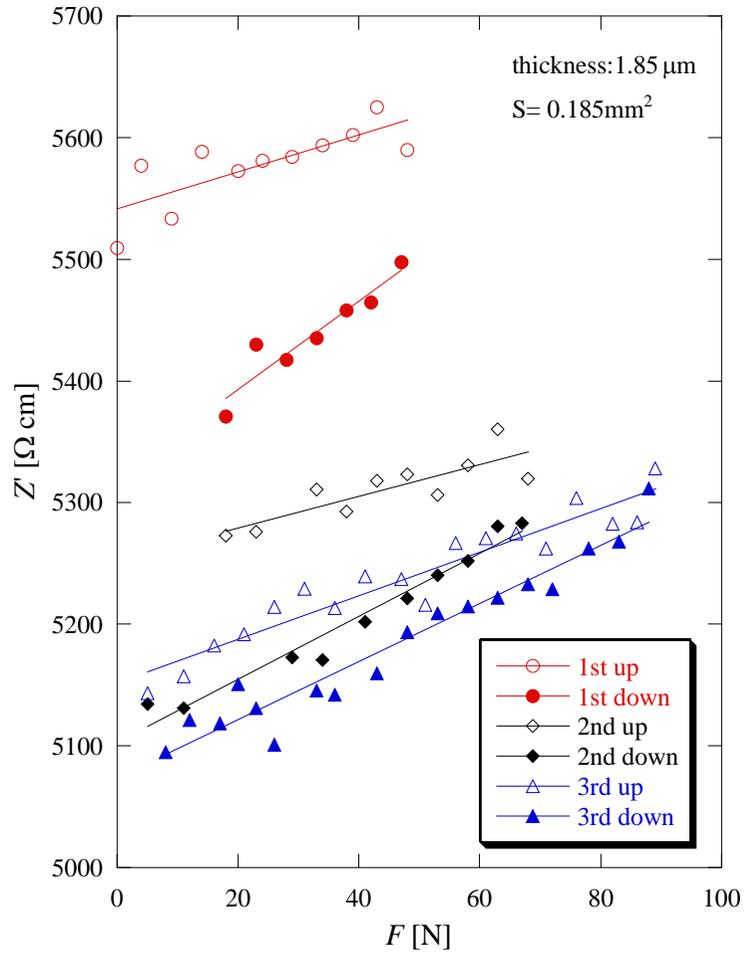


- 引張応力増大 → 抵抗率が単調増加
- 引張応力減少 → 抵抗率が単調減少
- 抵抗率の引張応力依存性に履歴がある



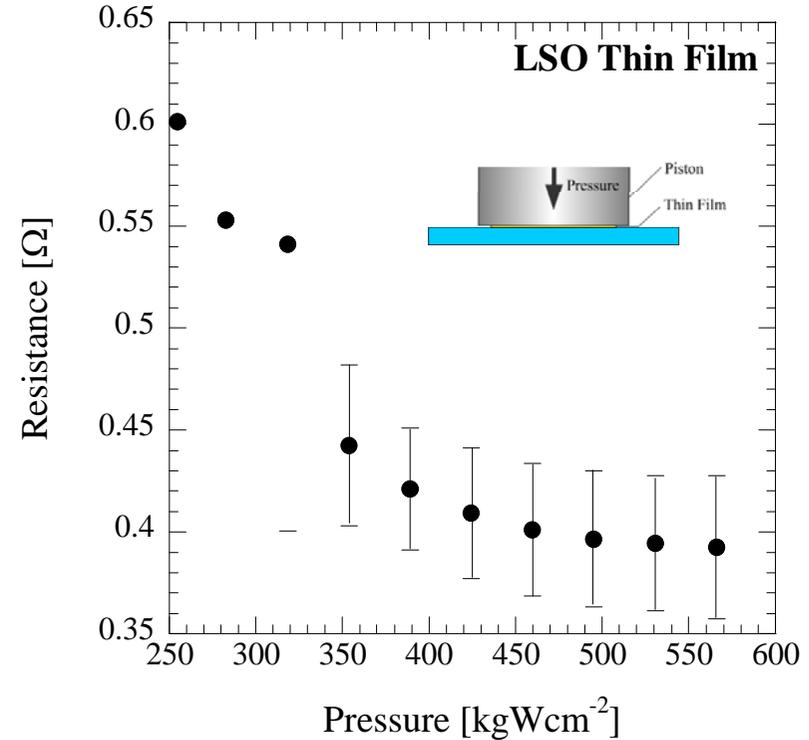
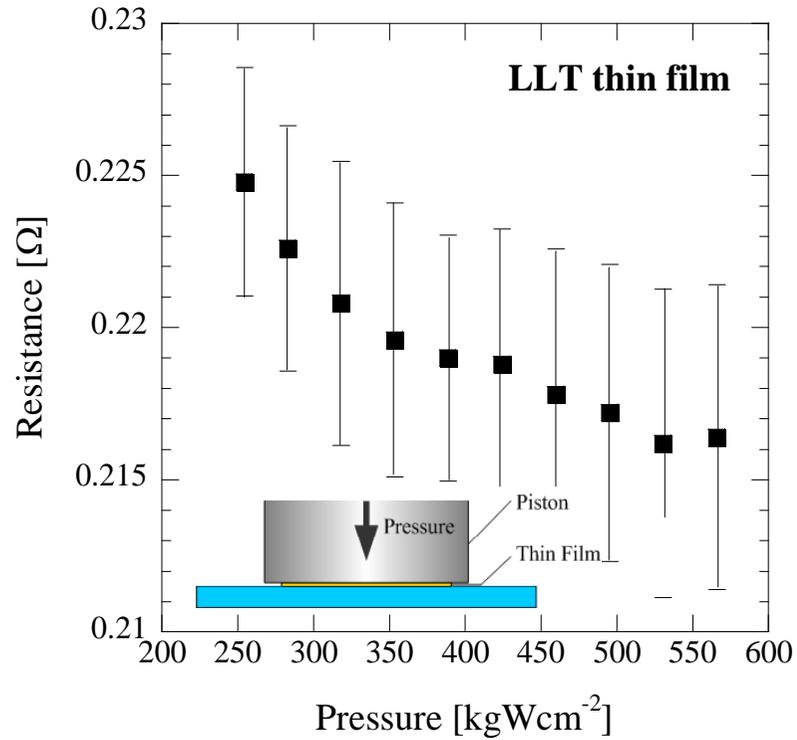
実施例：引張および曲げ

AgI thickness 1.85 μ m 100Hz





実施例：一軸性加圧





新技術の特徴・従来技術との比較

- (1) 金属基板、誘電体基板や高分子フィルム基板などより幅広い基板に適用できる。
- (2) イオン導電体には 100°C 以上の高温で良好な特性を示すものが多く、従来のセンサーでは測定できない環境に対応したセンサーができる。
- (3) 構造の単純化が計れる





Gunma University

想定される用途

計測、乗物、運搬機器、構造物、医療・介護関係などの応力センサーが用いられている全分野。





実用化に向けた課題

- 原理は実証済み。
- 応力-イオン伝導メカニズムの解明。
- 今後、より多くのイオン導電体について実験データを取得し、イオン導電体の探索。
- 測定精度の向上。
- データ処理システム(ソフト・ハード)技術の確立。



Gunma University

企業への期待

- 企業との共同研究を希望。





本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 応力センサー
- 出願番号 : 特願2008-138423
- 出願人 : 群馬大学
- 発明者 : 古澤伸一、櫻井浩、
伊藤正久、尾池弘美

※特許出願から1.5年未満の未公開特許情報を含んだ説明会ですので、情報の取り扱いに十分ご注意ください。公開する情報の範囲につきましては、特許出願人(知財本部、TLO等)とご相談ください。



Gunma University

お問い合わせ先

群馬大学 T L O

T L O 長 大澤隆男

T E L 0277-30-1171

F A X 0277-30-1178

e-mail rip-admin@eng.gunma-u.ac.jp





Gunma University

Thank you !

*Kusatsu Onsen
Gunma Prefecture*