

# ピエゾでつるつる・ざらざらを創出

埼玉大学 大学院理工学研究科 機械科学系専攻  
教授 高崎 正也

2021年9月14日

つるつる・ざらざら ?

||

固体表面を指でなぞってみると感じられる感覚

→ 皮膚感覚

# 皮膚感覚？

## 体生感覚(触覚)

- 力感覚(深部感覚)

- 重さ、抵抗、形状...

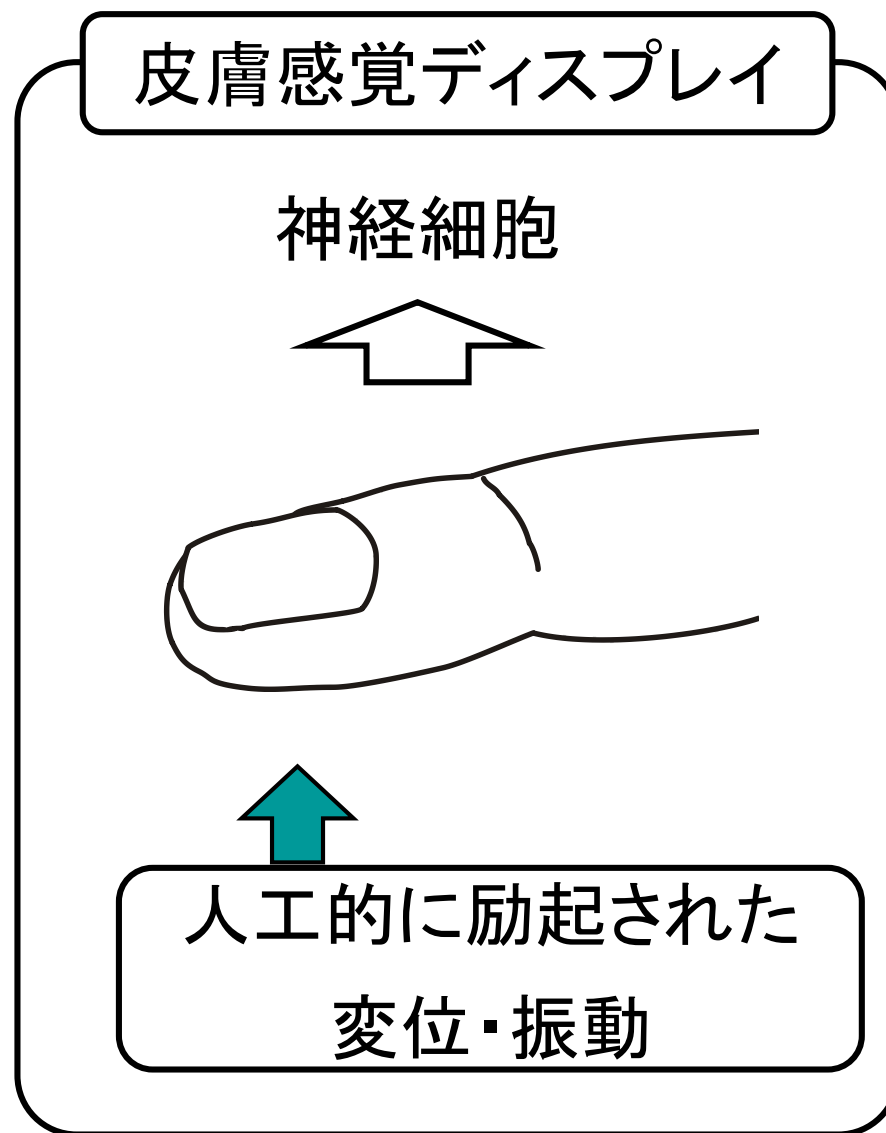
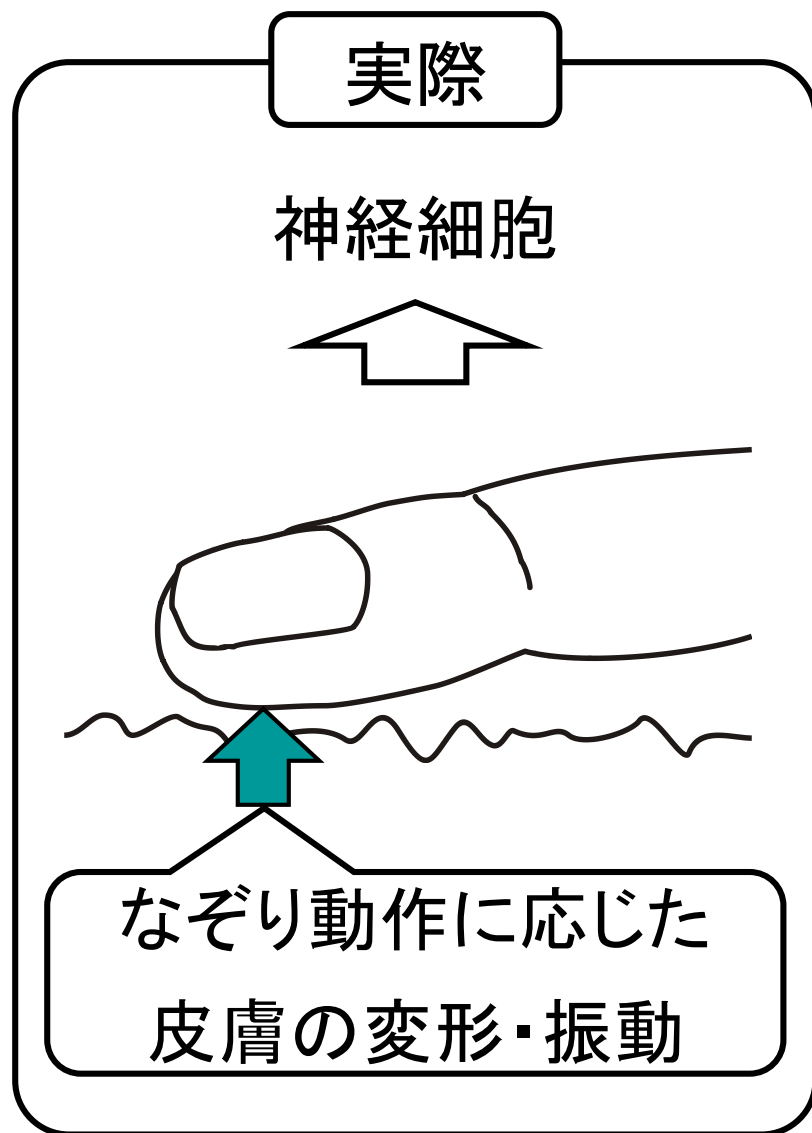
- 筋肉や腱による受容

- 皮膚感覚

- 表面粗さ、摩擦、微細模様...

- 機械受容器細胞による受容

# 皮膚感覚提示原理



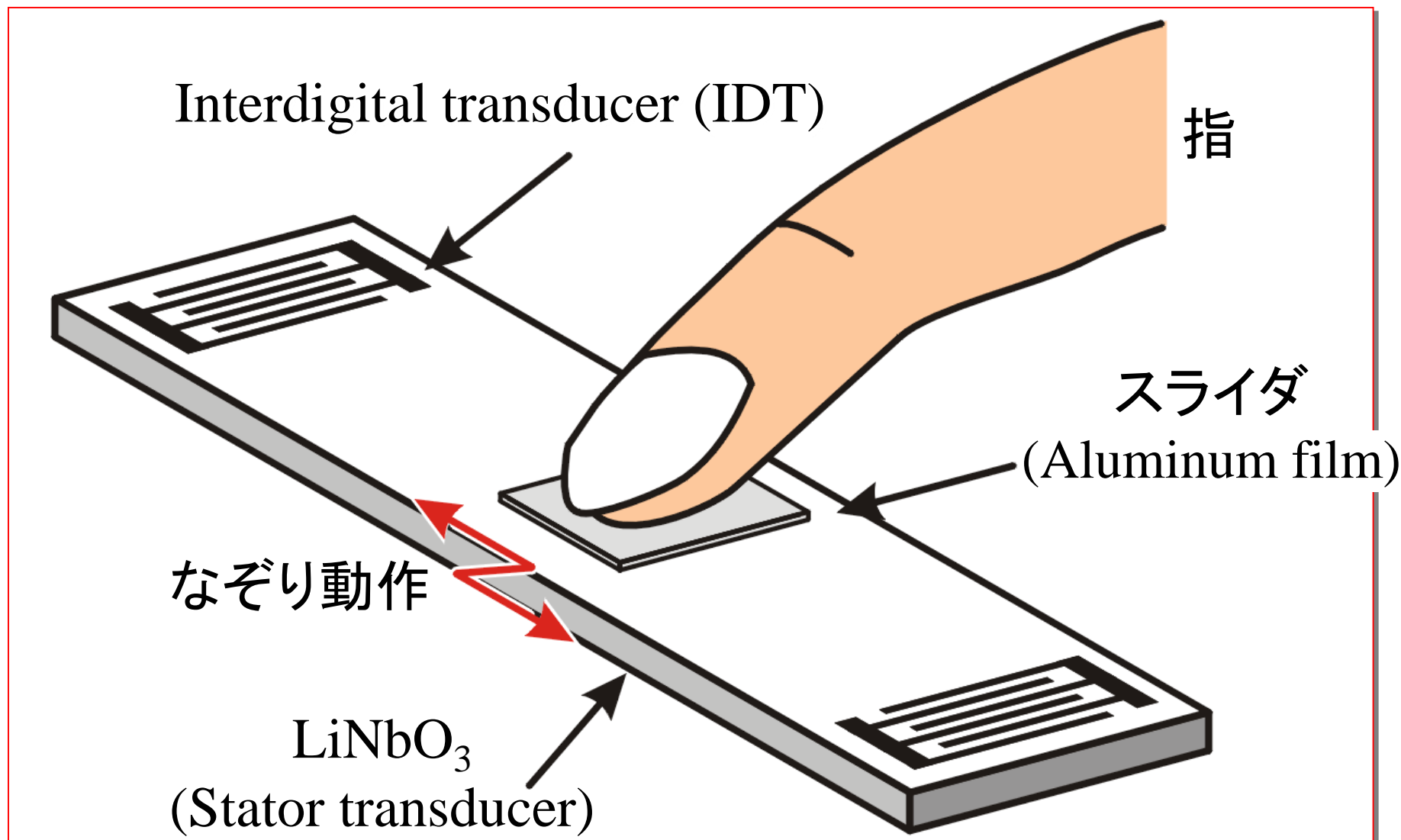
# 皮膚感覚提示方式

- スタイラスの振動
- ピンアレイ
- 電気刺激
- 静電気力応用
- 収束超音波
- アクチュエータ利用
- …
- 超音波による摩擦制御

# 従来の皮膚感覚提示装置

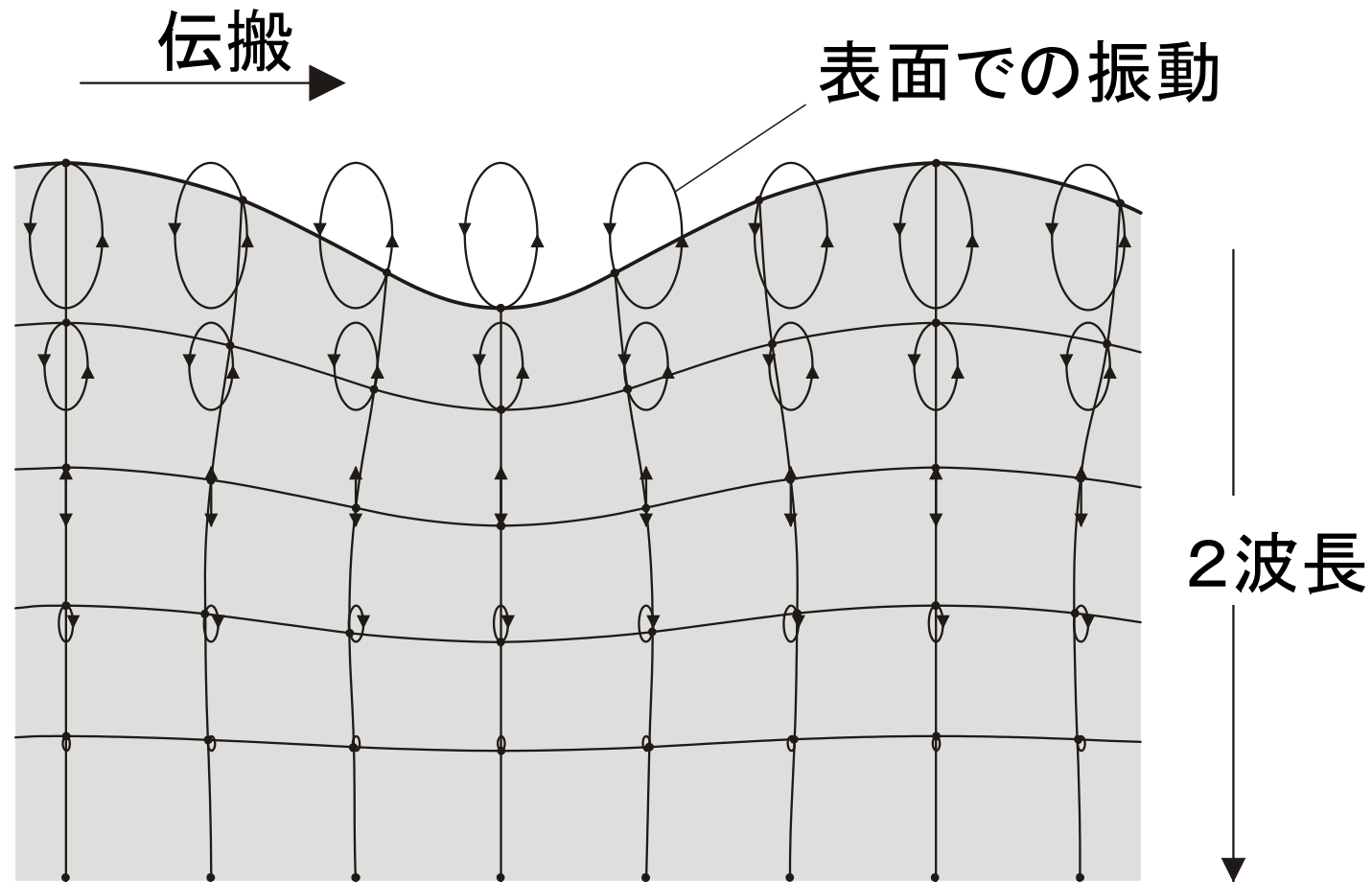


# 従来の皮膚感覚提示装置



# 弾性表面波

## Surface Acoustic Wave (SAW)

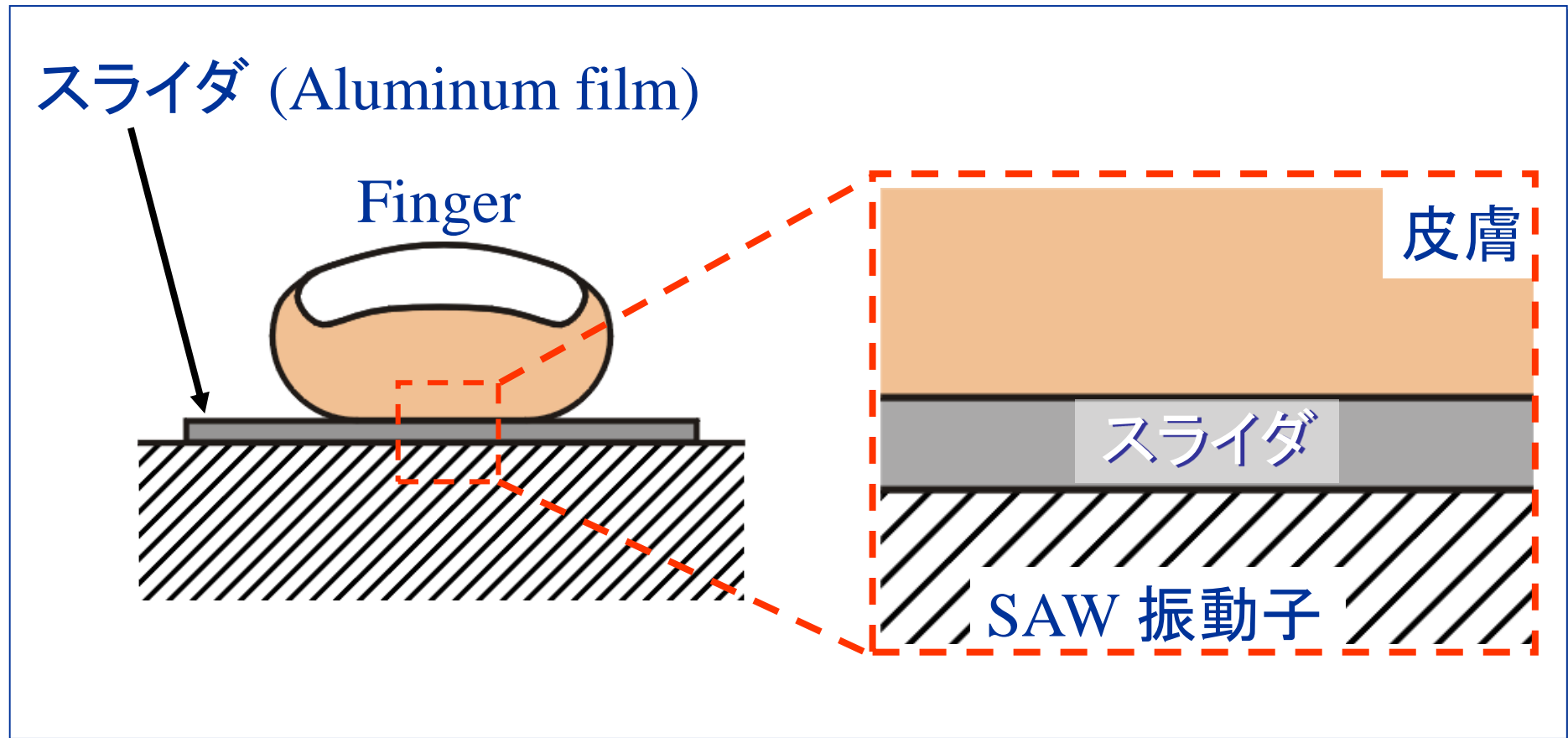


レイリー波

$$\lambda = 400 \mu\text{m} (@ 10\text{MHz})$$

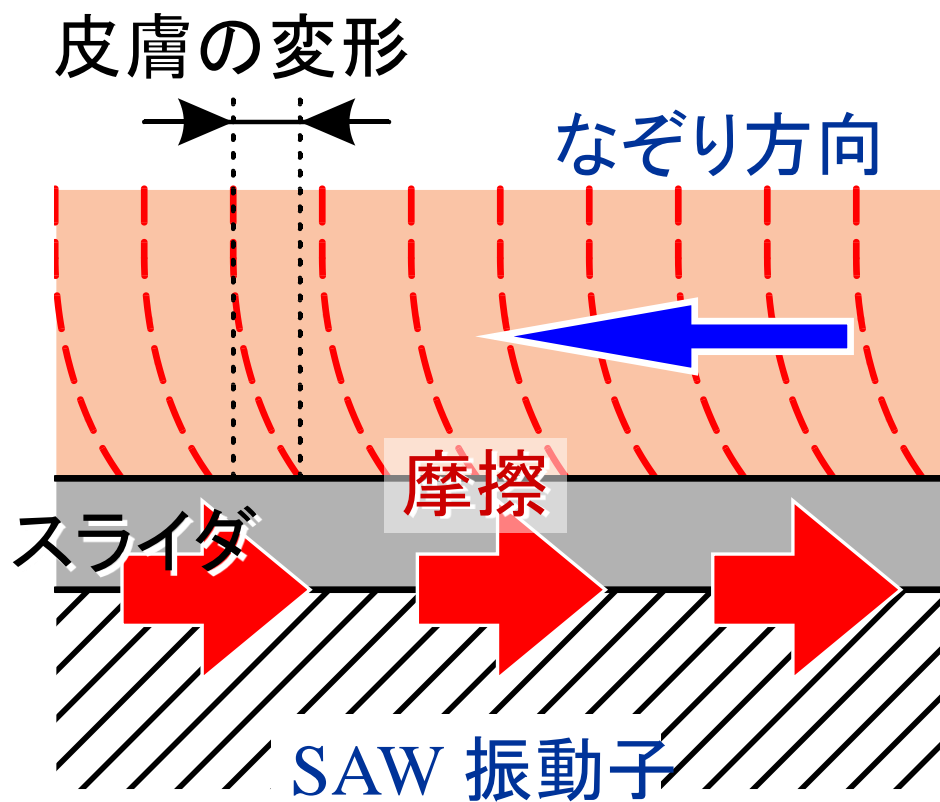


# 皮膚感覚提示原理



- スライダは指と共に動く

# 皮膚感覚提示原理

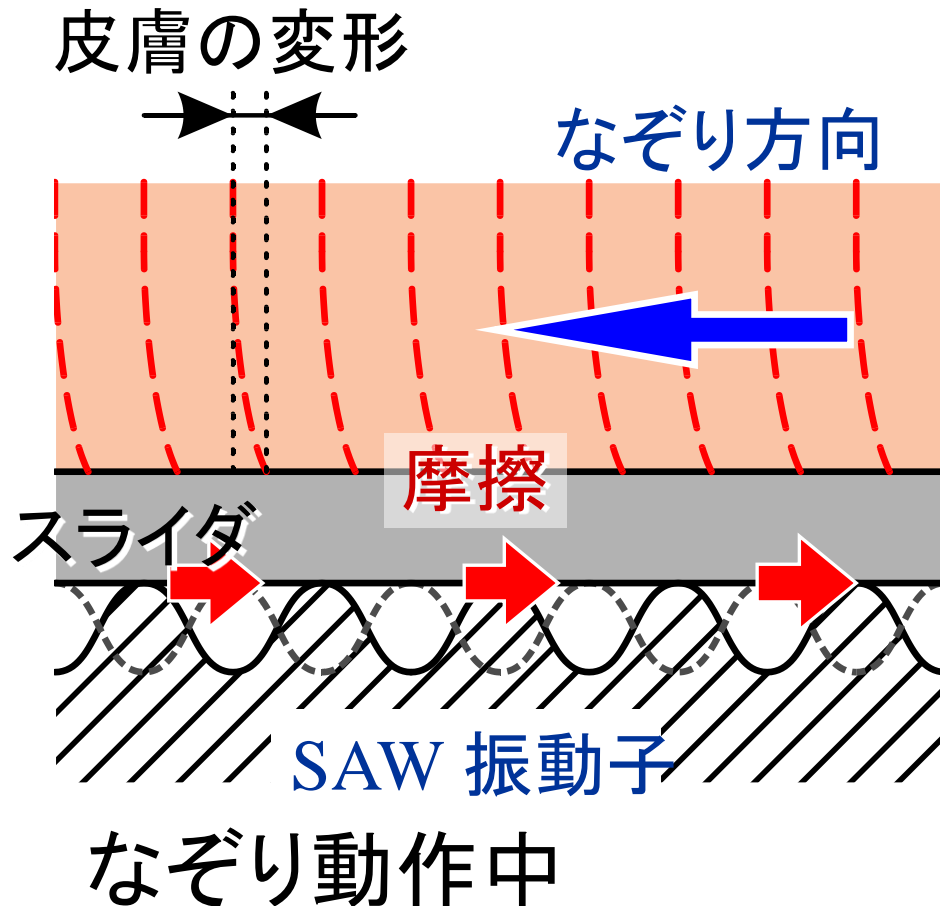


SAW 無し(OFF)  
→ 摩擦：通常

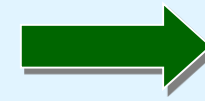
なぞり動作中

超音波振動によって摩擦を制御することができる

# 皮膚感覚提示原理



SAW あり(ON)

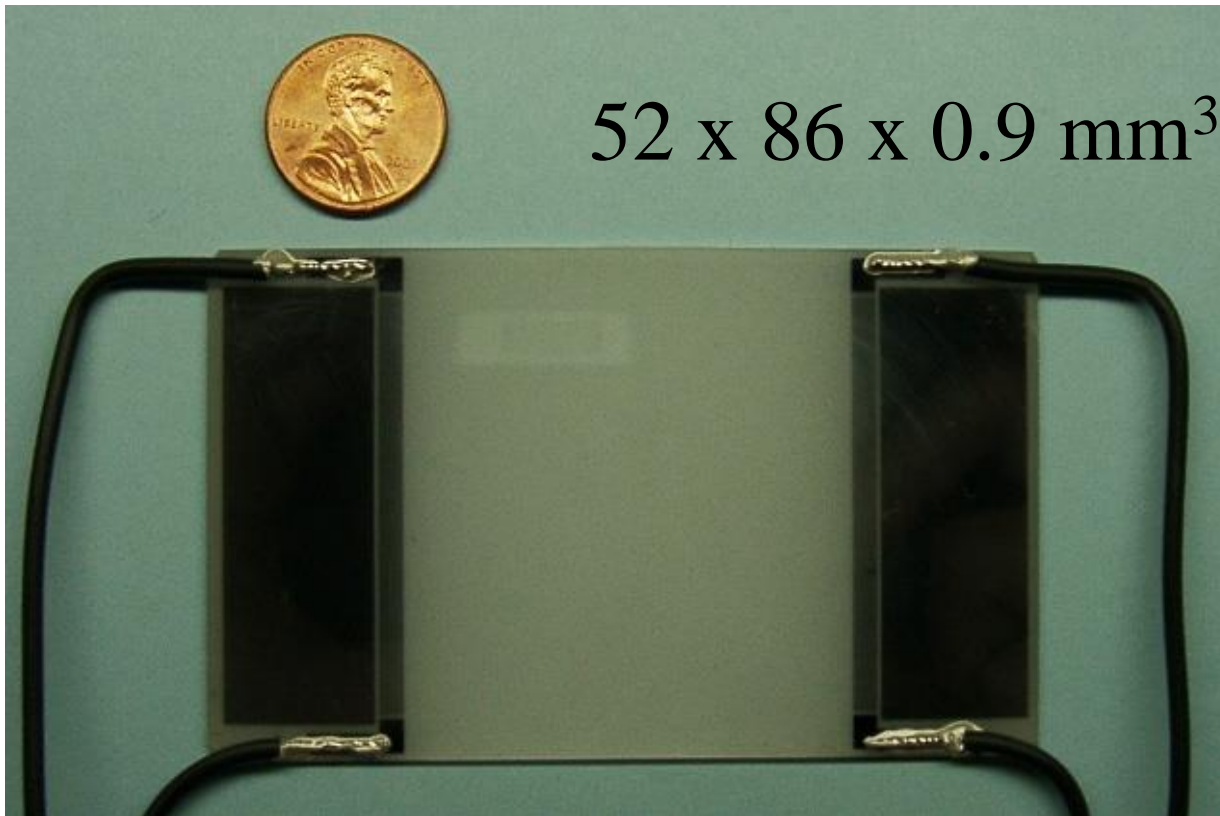


Friction : 減少

超音波振動によって摩擦を制御することができる

# 従来の皮膚感覚提示装置問題点

- 「スライダ」が必要
- 振動子サイズの制限



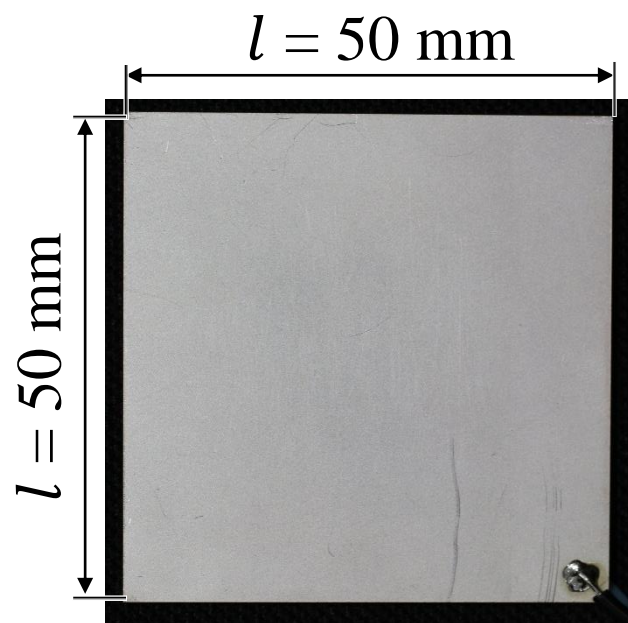
52 x 86 x 0.9 mm<sup>3</sup> (46 x 43 mm<sup>2</sup>)

# 解決策

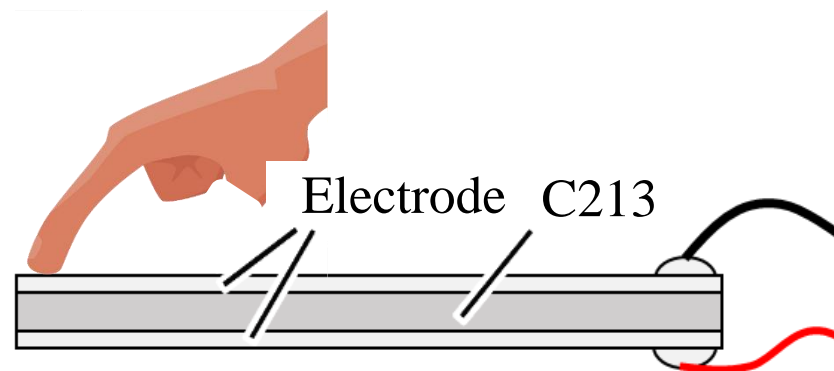
- ランジュバン型振動子(28kHz～)
- 本発明

# 本発明：プレート型PZT振動子

## 概要



富士セラミックス社製 C213



$f_r$  : Resonance frequency

$l$  : Length

$\rho$  : Density

$s_{11}^E$  : Elastic compliance

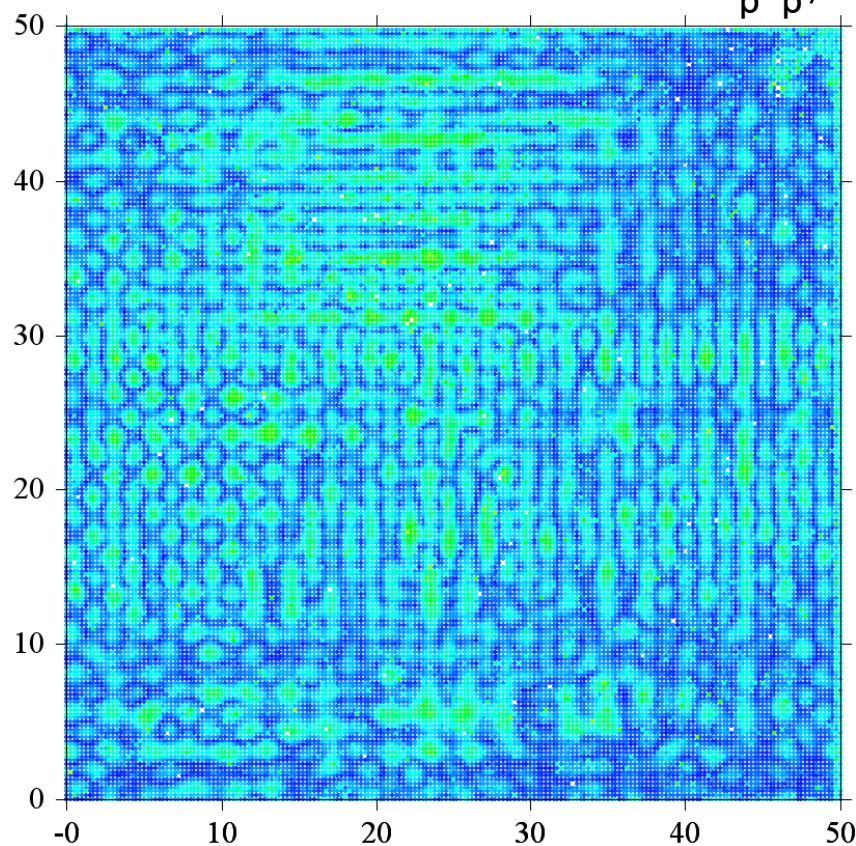
$n$  : Mode number ( $n=1,3,5\dots$ )

$$f_r = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{1}{\rho s_{11}^E}}$$

# 本発明：プレート型PZT振動子

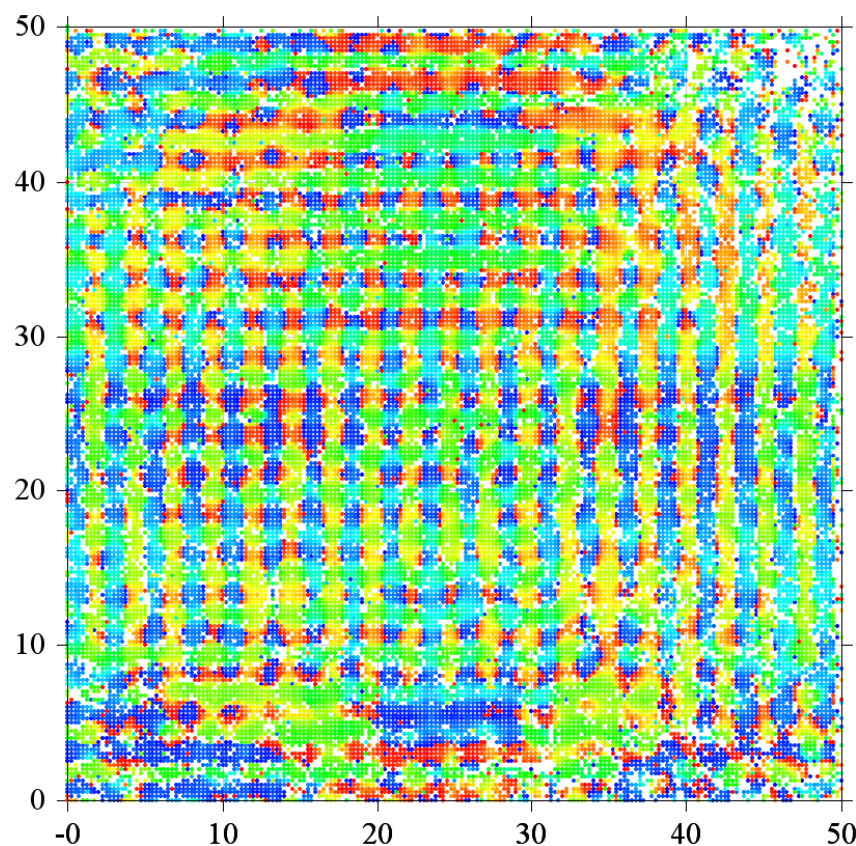
## 振動モード

6 V<sub>p-p</sub>, 895.8 kHz



0 0.3  
[m/s]

振動速度

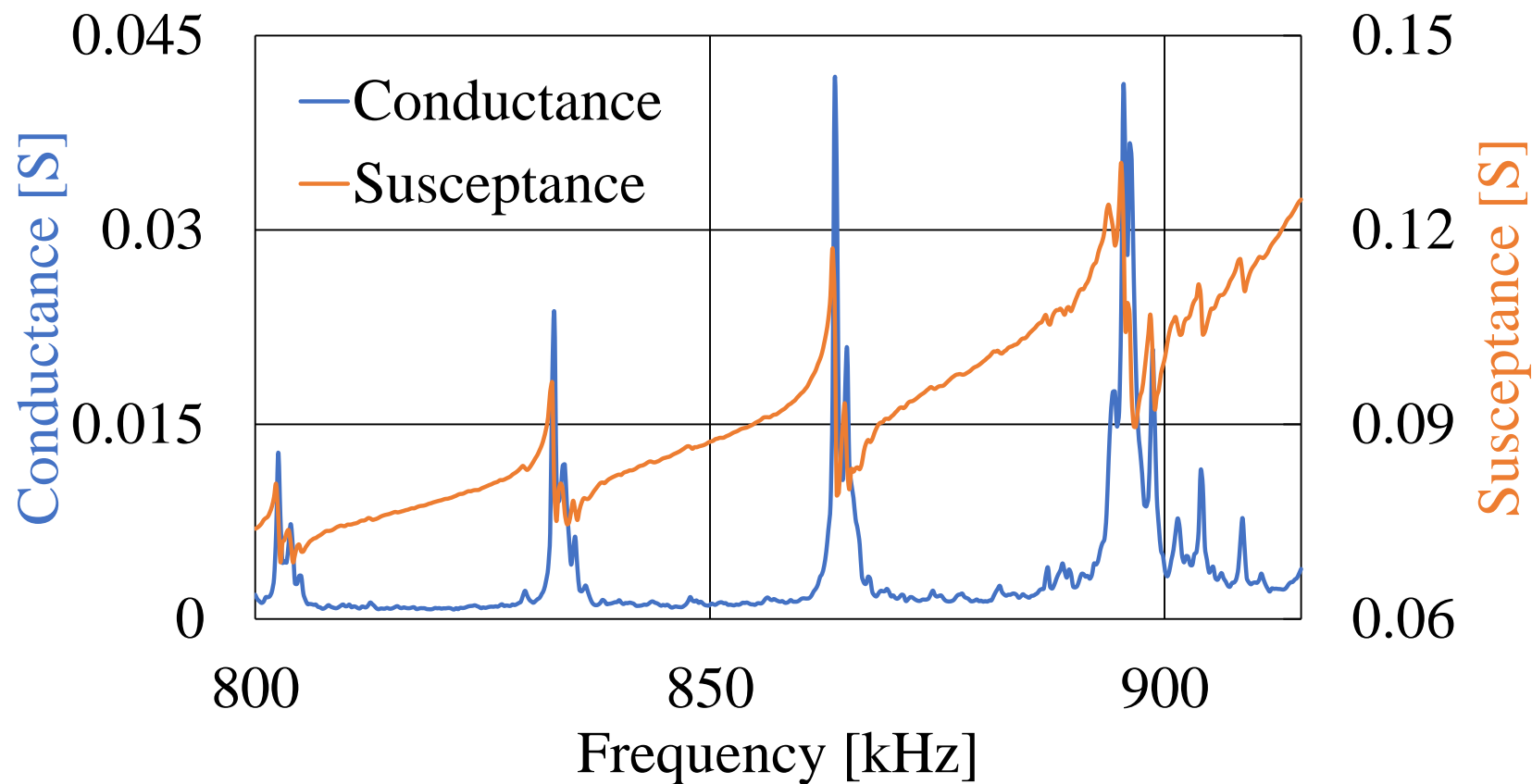


-180 180  
[deg]

位相(電流-振動速度)

# 本発明：プレート型PZT振動子

## 電気的特性



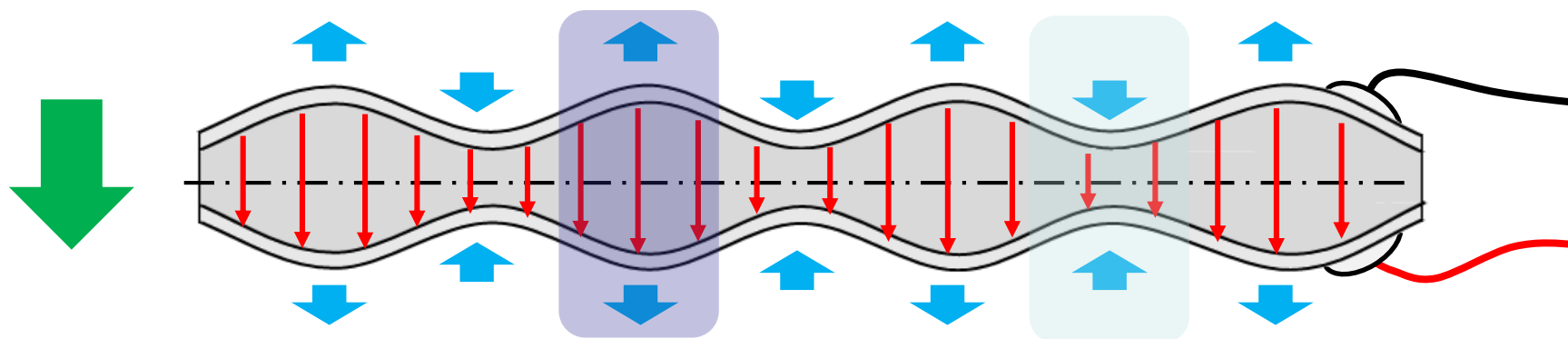


# 本発明：プレート型PZT振動子

## 電気的特性：コンダクタンスが小さい理由

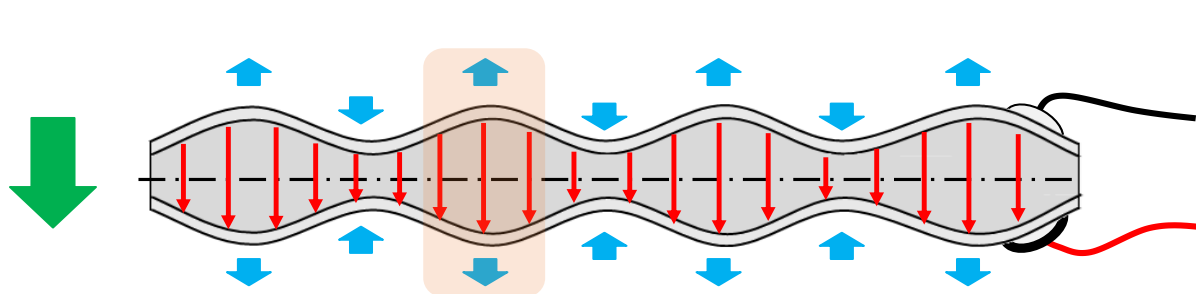
- : 電界
- : 逆圧電効果による変位
- : 分極方向
- : 振動モードによる変位

ある時刻における振動モード概形

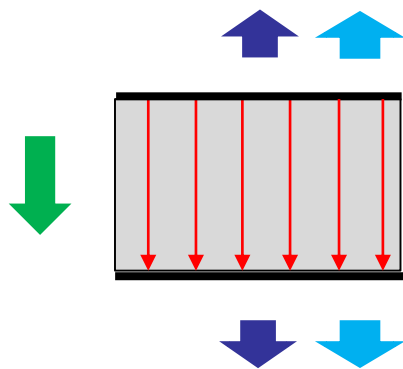


# 本発明：プレート型PZT振動子

## 電気的特性：コンダクタンスが小さい理由



- : 電界
- : 逆圧電効果による変位
- : 分極方向
- : 振動モードによる変位

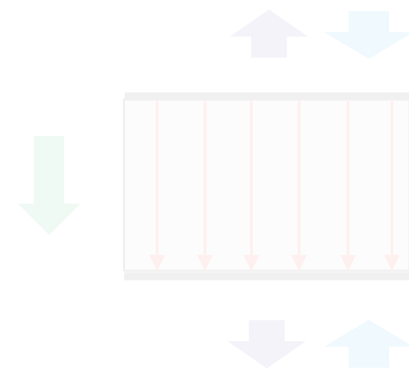


逆圧電効果による変位



振動モードによる変位

振動の励振



逆圧電効果による変位

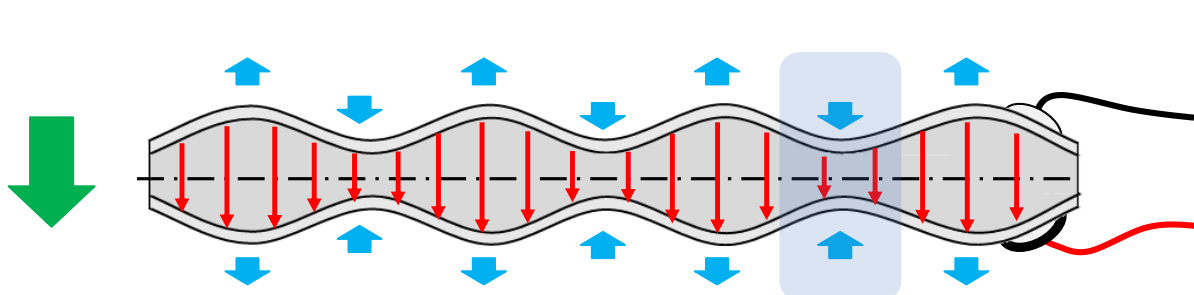


振動モードによる変位

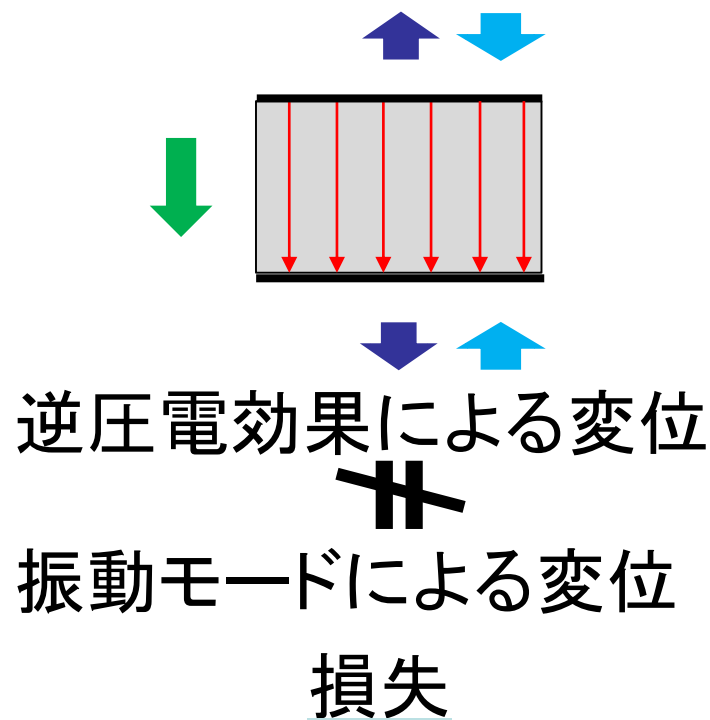
損失

# 本発明：プレート型PZT振動子

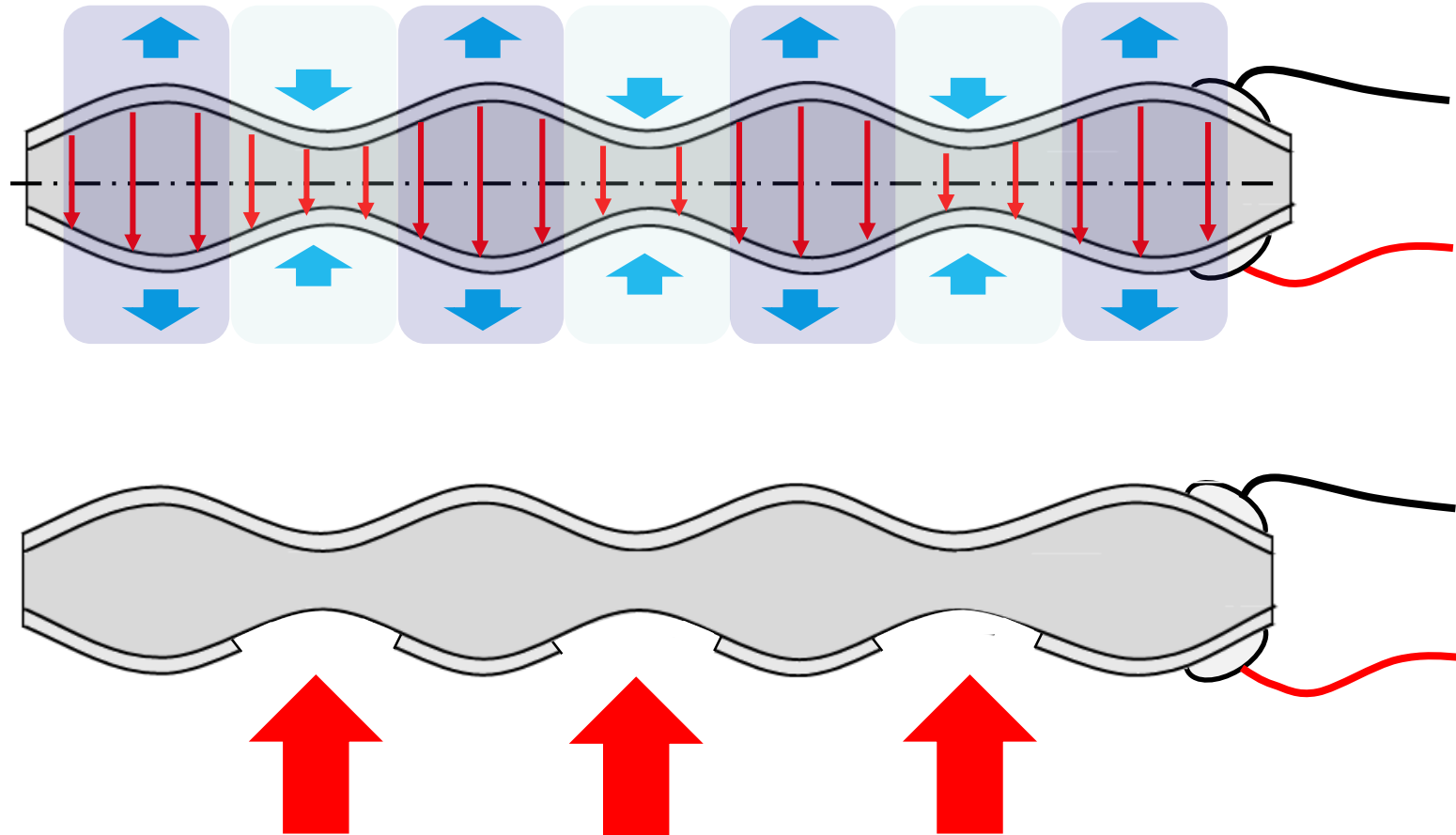
## 電気的特性：コンダクタンスが小さい理由



- : 電界
- : 逆圧電効果による変位
- : 分極方向
- : 振動モードによる変位



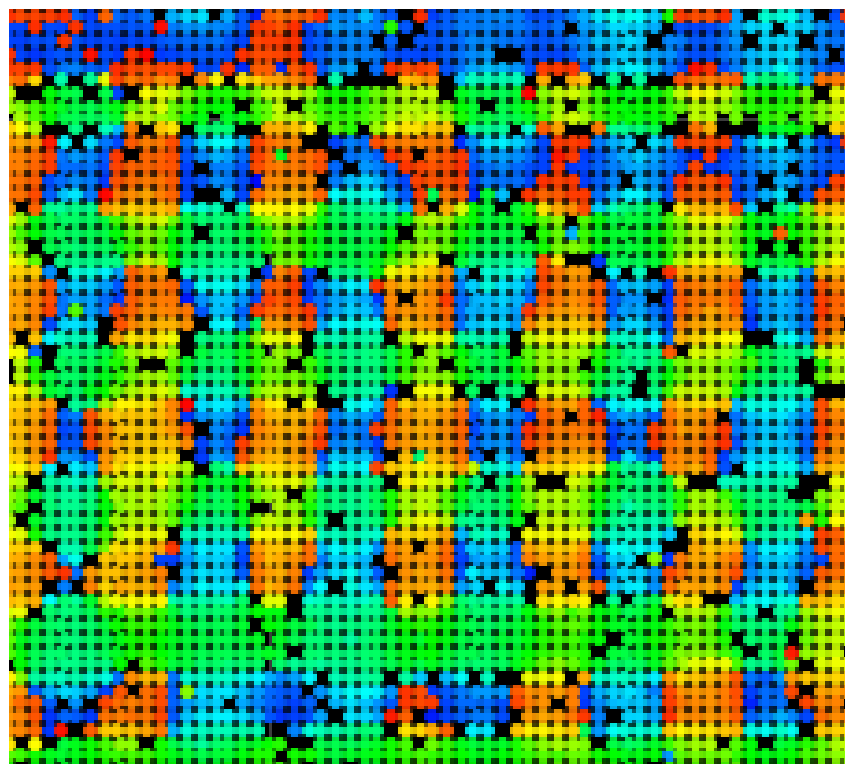
# 本発明：プレート型PZT振動子



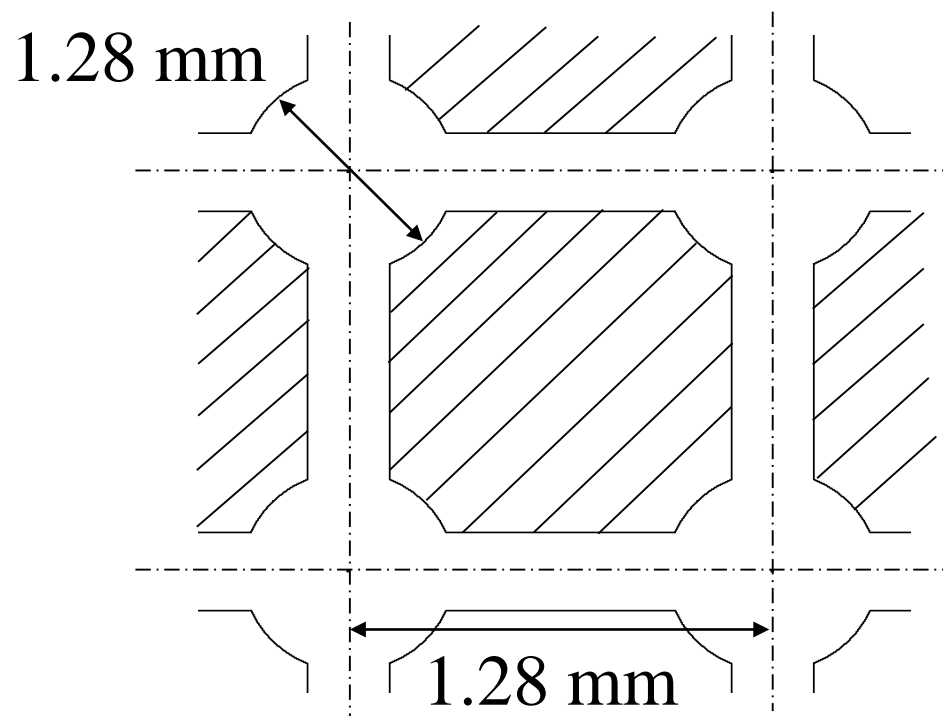
電極の除去

# 本発明：プレート型PZT振動子

## 電極のパターニング／設計



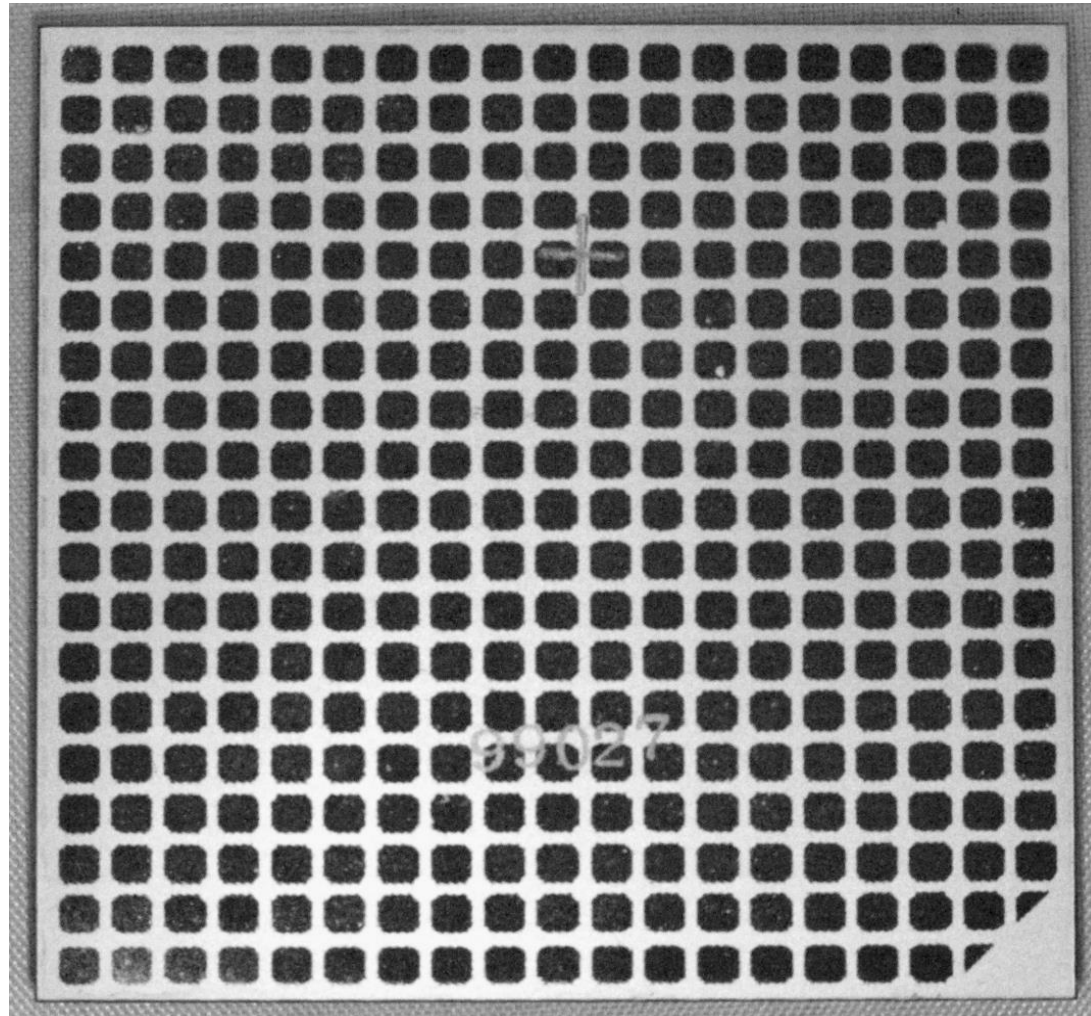
振動モードの位相情報(1部拡大)



/// : 除去

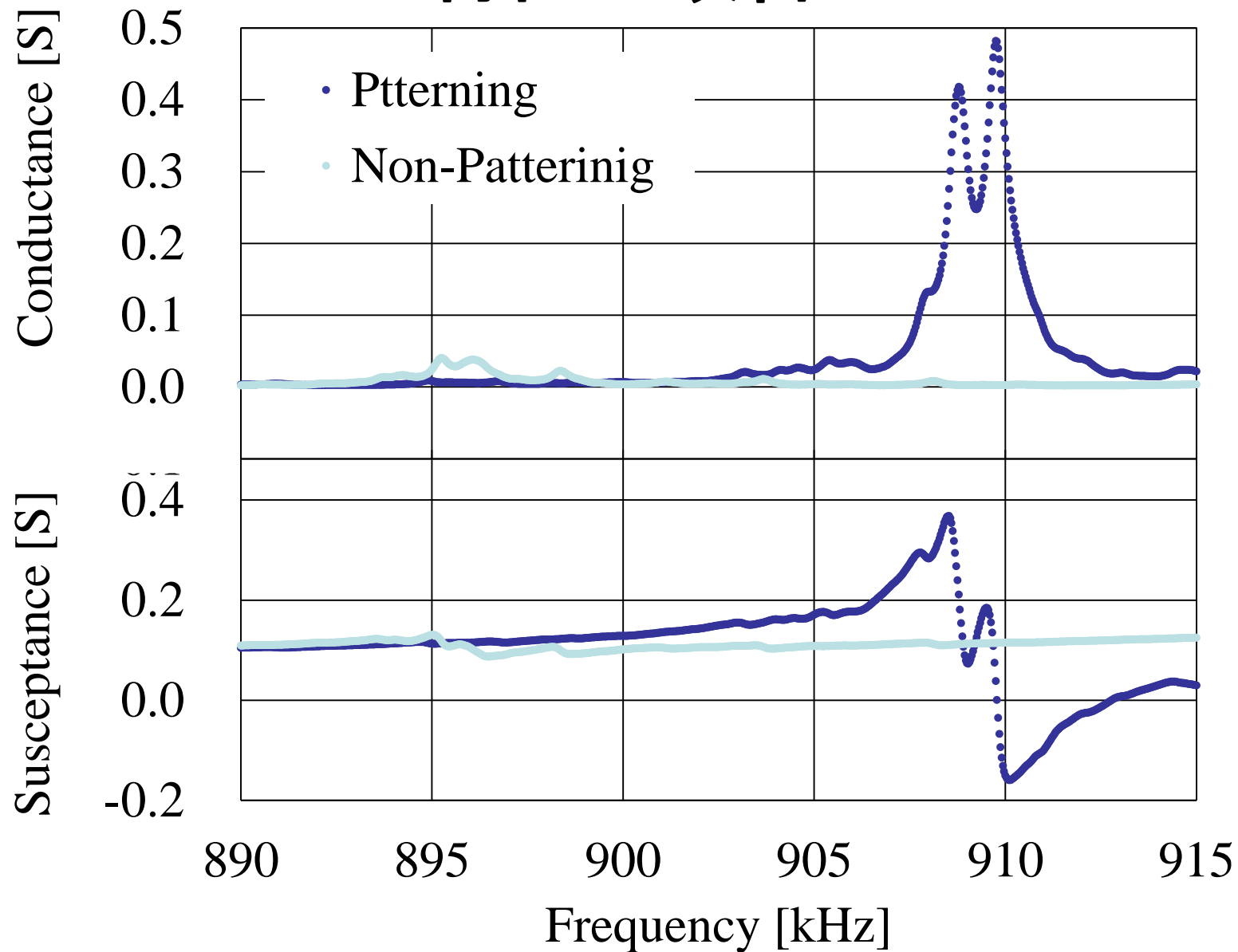
設計したパターン(単位格子)

# 本発明：プレート型PZT振動子 電極のパターニング／設計

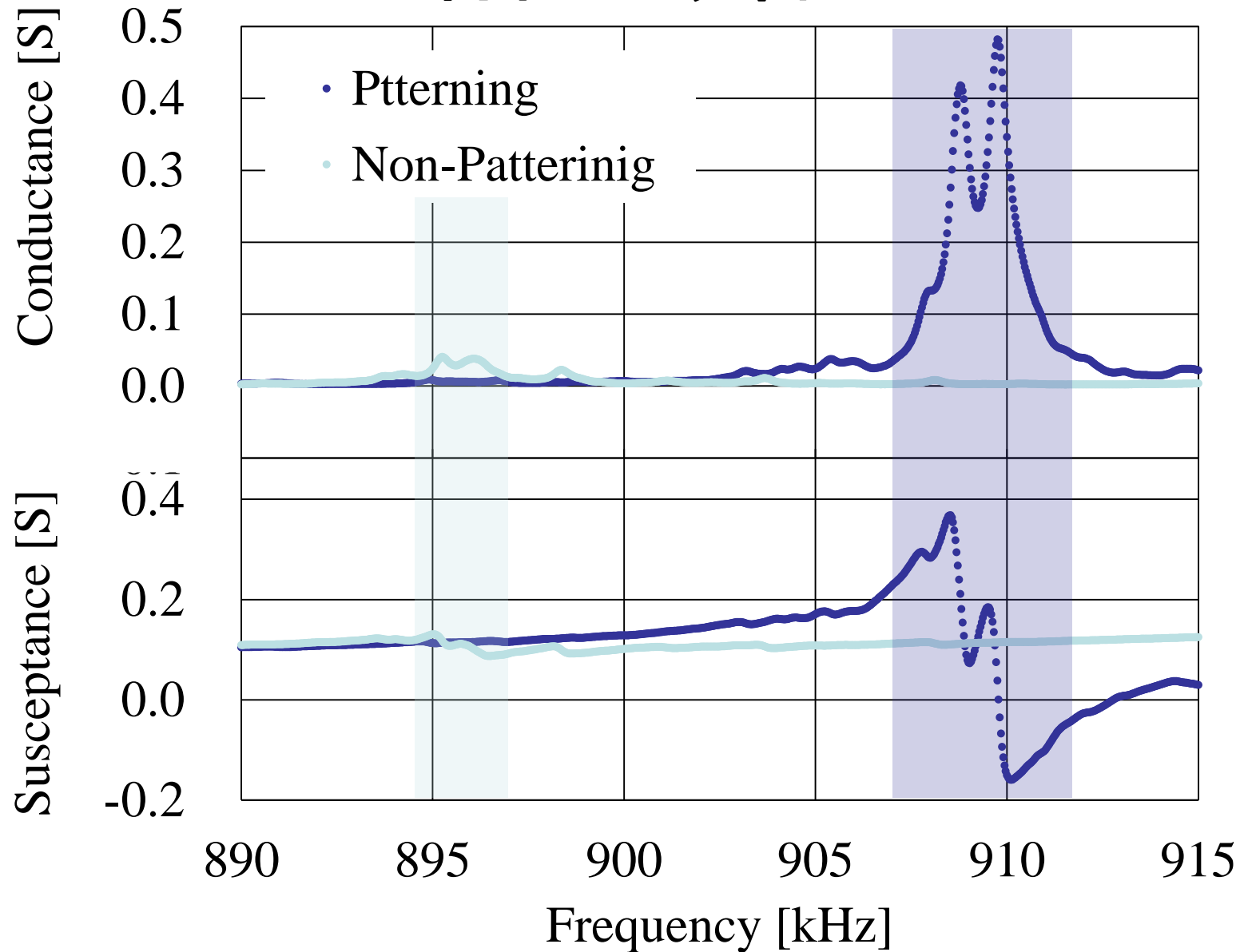


パターニング後の電極

# 本発明：プレート型PZT振動子 特性の改善

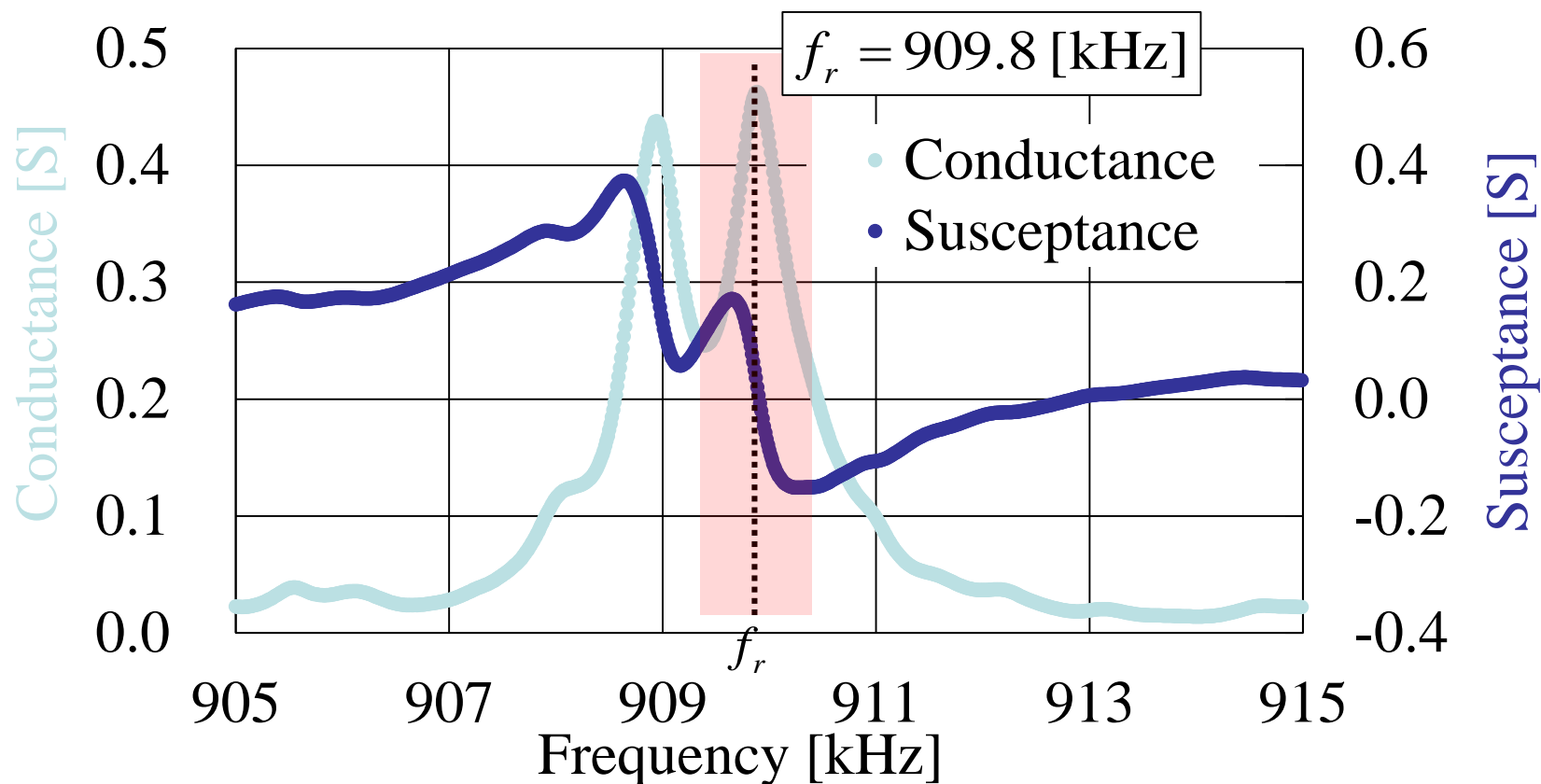


# 本発明：プレート型PZT振動子 特性の改善





# 本発明：プレート型PZT振動子 特性の改善



力率： 35% ➡ 99%

Q値： 730 ➡ 1870

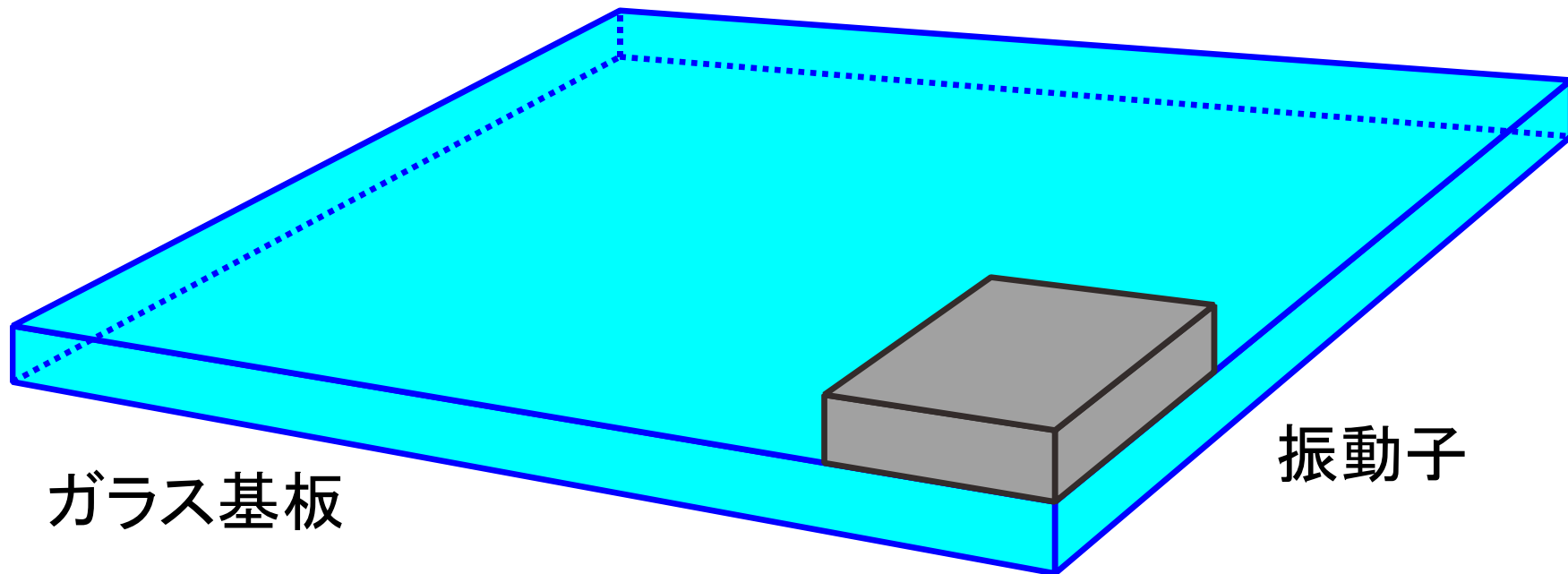
電極パターンニングにより、駆動効率の向上

## 想定される用途

- 液晶ディスプレイ表面での触感の提示
  - スマートフォン
  - タブレット・PC
  - 自動販売機
  - 車載液晶ディスプレイ

# 実用化に向けた課題

- 材質・サイズが異なる基板への振動励起



## 企業への期待

- スマートフォンなどの液晶画面表面での触感の提示の基礎的技術提供
- 小型・強力超音波振動子のデバイス応用  
超音波霧化装置 超音波洗浄装置 など

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 振動子及び振動装置
- 出願番号 : 特願2020-172041
- 出願人 : 埼玉大学
- 発明者 : 高崎 正也、木村 碩志

# お問い合わせ先

〒338-8570

埼玉県さいたま市桜区下大久保255

国立大学法人 埼玉大学

オープンイノベーションセンター

産学官連携推進部門

TEL : 048-858-3849

FAX : 048-858-9419

E-mail : [coic-sangaku@ml.saitama-u.ac.jp](mailto:coic-sangaku@ml.saitama-u.ac.jp)