

1. 電氣的ブラックボックス：容量変化による変位センサー

振動数 f の緩和発振器に接続された電氣容量が C であるコンデンサーにおいて、 f と C の関係は、

$$f = \frac{\alpha}{C + C_s}$$

で与えられる。ここで、 α は定数であり、 C_s は発振器の回路がもつ未知の容量である。振動数 f はデジタルマルチメータで測定することができる。

この実験で与えられる電氣的なブラックボックスは、平行板コンデンサーである。各極板は、多くの同じ形の歯を持つ櫛（クシ）状の極板からなる。下側極板に対して上側極板を水平に動かすことにより、 C の値を変化させることができる。2つの極板間には、誘電体のシートがある。

実験装置： 緩和発振器、緩和発振器の振動数測定用デジタルマルチメータ、既知の電氣容量のコンデンサーセット、電氣的ブラックボックス、電池。

注意： 電池の電圧をチェックし、電圧が 9V より小さければ、新しいものを要求しなさい。スイッチをオンにすることを忘れるな。

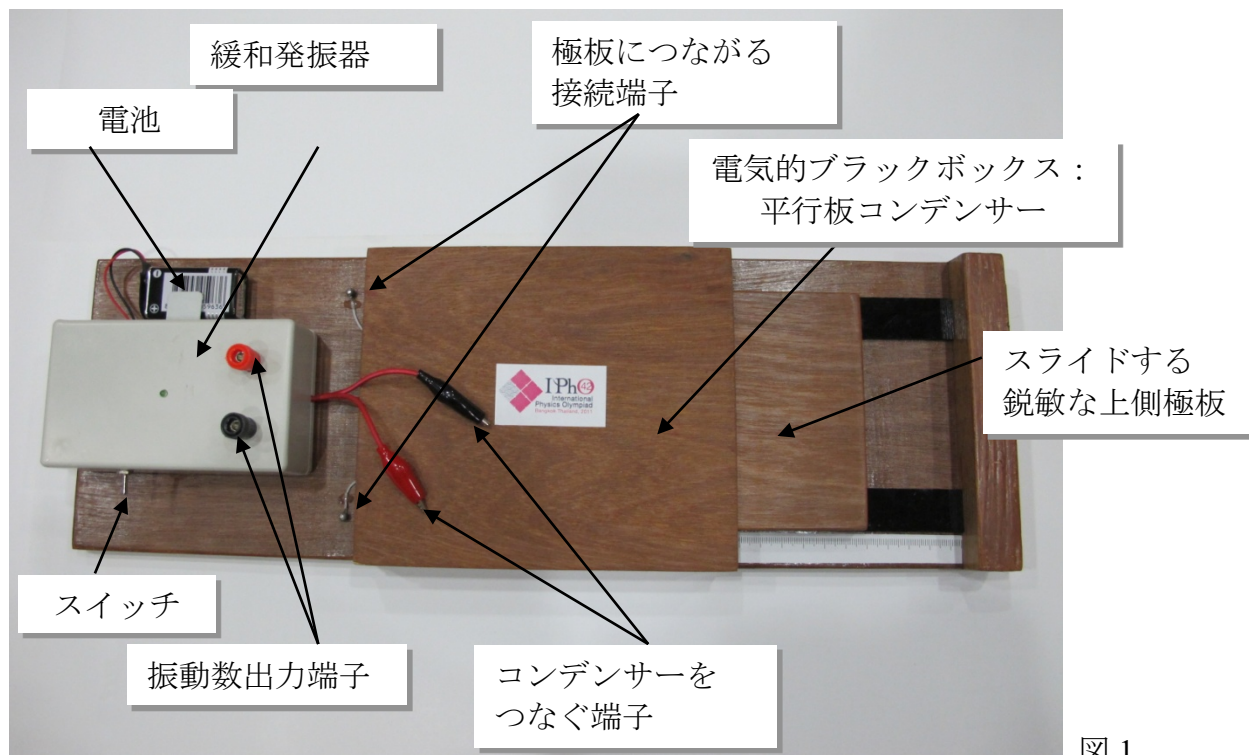


図1

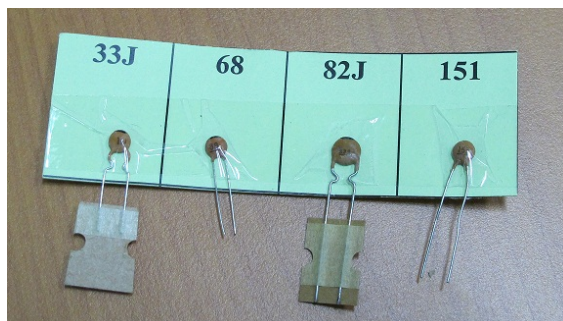


図2 取り外せるコンデンサー4つ



この場所が振動数測定位置

図3 振動数測定用デジタルマルチメータ

表1 コンデンサーの電気容量の値

印字 コード	電気容量の値 (pF)
33J	34 ± 1
68	68 ± 1
82J	84 ± 1
151	150 ± 1

問1. 測定装置の特性決定

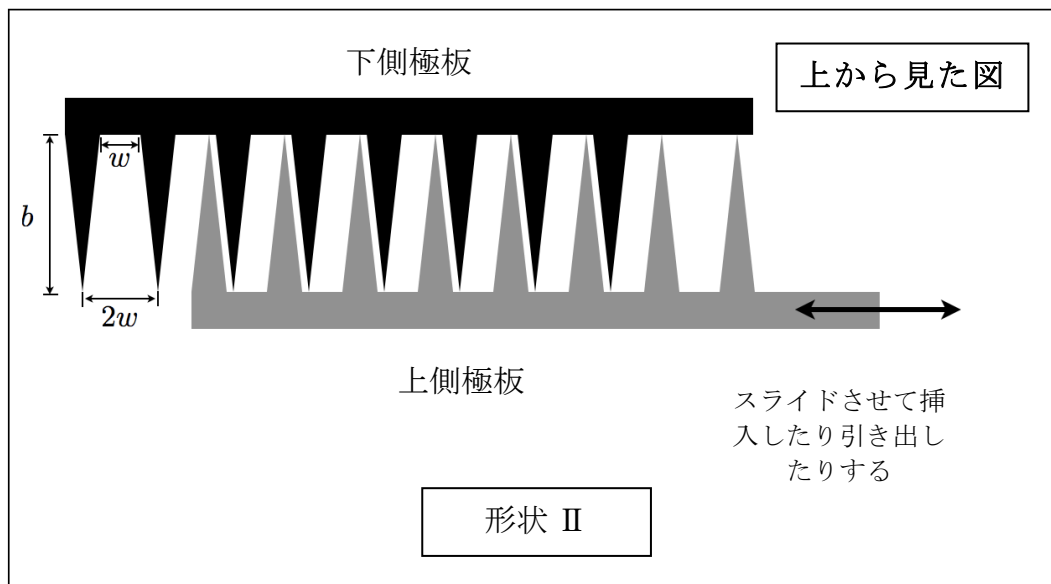
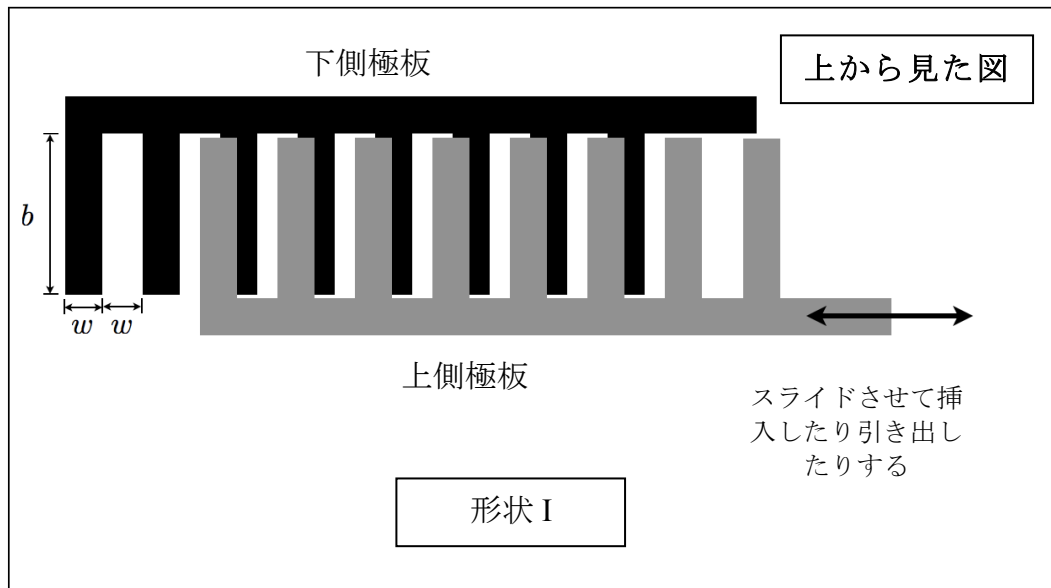
振動数 f の値を、既知の電気容量をもつコンデンサーを工夫して用いることにより測定せよ。精度が高くなるグラフを描いて α と C_S の値を求めよ。誤差解析をする必要はない。

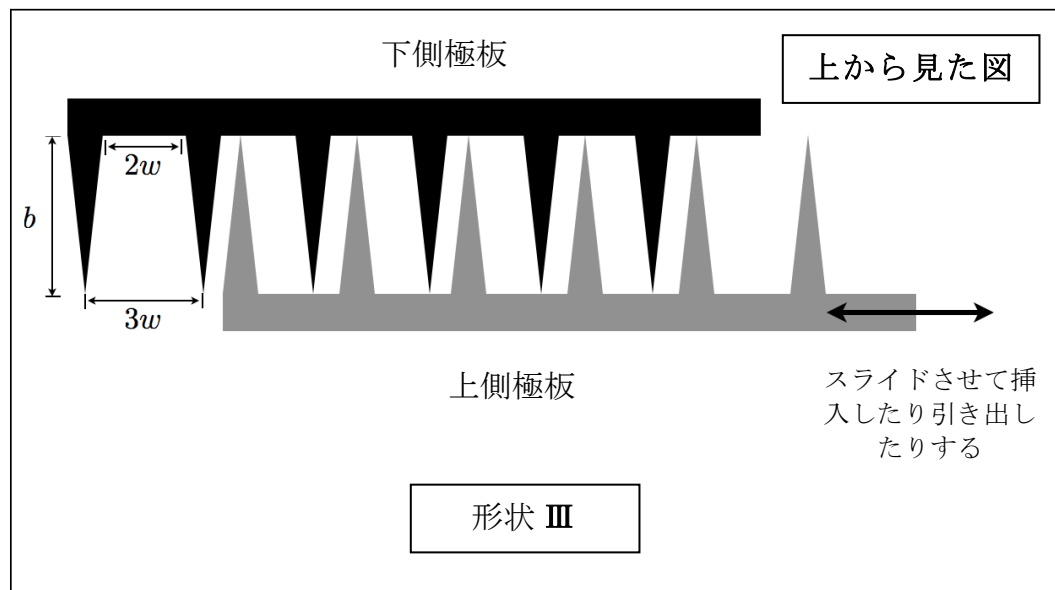
[3.0 点]

問2. 平行板コンデンサーの幾何学的形状の決定

[6.0 点]

平行板コンデンサーの幾何学的形状は、次の3つの形状のいずれかである。





各形状に対して、上側極板の位置を横軸とした C のグラフを定性的に描け。次に、上側極板の位置に対する f の値を測定せよ。グラフを描き、それらのグラフから平行板コンデンサーの形状とそのサイズ (b と w の数値) を決定せよ。上側極板と下側極板の間隔 d は 0.20 mm であり、極板間の誘電体シートの比誘電率は $K = 1.5$ である。真空の誘電率は $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$ である。誤差解析をする必要はない。

問 3. デジタル・ノギスの分解能

[1.0 点]

平行な二つの極板の相対的な位置が変わるにつれて、電気容量はあるパターンで変化する。この仕組みはデジタル・ノギスで長さを測るときに用いられている。この実験で用いた平行板コンデンサーをデジタル・ノギスとして用いる場合の、デジタル・ノギスの分解能を、問 2 の実験データをもとに見積もれ。ただし、この分解能とは、周波数が $f \approx 5 \text{ kHz}$ のときに測定することのできる最小の距離とする。この問題の最終的な答えに関して、誤差の見積もりをする必要はない。