

# 電子システム工学基礎実験 報告書

グループ： A

実験題目 変位電流

報告者 第 1 班 学生番号 21121001 氏名 浅井 雅史

メールアドレス b1121001@edu.kit.ac.jp

共同実験者	学生番号	<u>21121002</u>	氏名	<u>浅岡 駿介</u>
	学生番号	<u>21121007</u>	氏名	<u>伊藤 大智</u>
	学生番号	<u>21121008</u>	氏名	<u>井上 翔陽</u>
	学生番号		氏名	

実験実施日	<u>2022</u> 年 <u>12</u> 月 <u>01</u> 日	天候	<u>曇り</u>	温度	<u>10</u> °C	湿度	<u>55</u> %
報告書提出	(第1回目)	<u>2022</u> 年 <u>12</u> 月 <u>07</u> 日	⇒ 受理 / 要再提出				
	(第2回目)	年 月 日	⇒ 受理 / 要再提出				
報告書受理日	(最終)	年 月 日					

報告書提出者の自己チェック欄(できていれば□にチェックせよ)

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> 実験結果は示されているか？   | <input checked="" type="checkbox"/> 図表の書き方・まとめ方は適切か？ |
| <input checked="" type="checkbox"/> 考察は十分になされているか？  | <input checked="" type="checkbox"/> 演習問題はできているか？     |
| <input checked="" type="checkbox"/> レポートとしての体裁は適切か？ |  |

[注意] ・自己チェック欄が未記入のレポートは内容を見ずに返却する  
・自己チェック欄と内容に相違があるものは、その程度に応じて減点する

[報告書に対する教員の所見]	[所見に対する報告者の回答]
<input type="checkbox"/> 図表の体裁に不備がある ( )	
<input type="checkbox"/> 実験結果のまとめ方が適切でない ( )	
<input type="checkbox"/> 結果に対する考察が不足している ( )	
<input type="checkbox"/> 演習問題が解答されていない ( )	
<input type="checkbox"/> レポートとしての体裁が整っていない ( )	
裏面に続く	裏面に続く

## 1 目的

アンペア・マクスウェルの法則に関する実験を行い、変位電流 (密度) の理解を深める。

## 2 原理

変位電流密度  $\vec{i}_d$  とは電束  $\vec{D}$  の時間変化であり、以下の式で与えられる。

$$\vec{i}_d = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

また、平行平板への電圧印として交流を与え場合について考える。微小区間  $\Delta x$  離れた二点での電位を測定すると電場は、 $|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{\Delta x}$  で計算でき、電束密度を  $\vec{E} = \epsilon \vec{D}$  と仮定できる。したがって、変位電流密度  $\vec{i}_d$  は以下の式で与えられる。

$$|\vec{i}_d| = \left| \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right| = \epsilon \left| \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\Delta V}{\Delta x} \right) \right| = \frac{\epsilon}{\Delta x} \left| \frac{\partial}{\partial t} (\Delta V) \right|$$

ここで、平行平板に印加する  $V$  の角周波数を  $\omega$  とすると、 $V \propto \sin \omega t$  と書けるので、平行平板電極の面積を  $S$ 。二点での電位をそれぞれ  $V_1 = A \sin \omega t$ 、 $V_2 = B \sin \omega t$  とすると変位電流の大きさ  $I_{dmax}$  は以下の式で求められる。

$$|I_{dmax}| = \frac{\epsilon}{\Delta x} |(A - B)\omega|$$

また、ログスキーコイルにおいてログスキーコイルの両端に現れる誘導電圧を  $V_e(t) = C \sin \omega t$  とすると、変位電流の大きさ  $I_d$  は以下の式で求められる。

$$|I_{dmax}| = - \left| \frac{l}{\mu_0 N S} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} V_e(t) dt \right| = \frac{l}{\mu_0 N S} \cdot \frac{C}{\omega}$$

## 3 実験

### 3.1 実験装置及び器具

木製台、プローブ支持台、ガラス製水槽、平行平板電極、静電プローブ、METRONIX MTR18-1 交流定電圧定電流電源、TEKTRONIX TBS1022 オシロスコープ、ログスキーコイル、抵抗 (220k $\Omega$ )、セメント抵抗 (1 $\Omega$ )

### 3.2 セットアップ

図 1 のように平行平板電極を水に入れた水槽の外側に配置し、電極板に交流を印加する。

### 3.3 二本のプローブによる測定

1. 図 2 のように水槽に二本のプローブを差し込む。一つはプローブ支持台を用いて固定し、もう一つはテープで固定する。その間隔  $\Delta x$  は  $\sim 1\text{cm}$  程度に保ち、 $\Delta x$  の値を測定しておく。

2. 発振周波数は最も高い周波数 (1MHz) からスタートし, 徐々に (50k~100kHz刻みで500kHzくらいまで) 周波数を下げながら実施し, それぞれの周波数における波形を記録する.

### 3.4 ログスキーコイルによる測定

1. 図 3 に示すように, 水槽と電極板の間にログスキーコイルが入る程度のスペースを作り, そこにログスキーコイルを挿入する.
2. 実験課題 1 と同様に発振器の周波数  $\omega$  を変化させながら, セメント抵抗の両端とログスキーコイルからの出力波形を記録する.

## 4 結果

### 4.1 実験課題 1

各周波数  $\omega$  における測定結果を以下の図～図に示す．また， $\Delta x$  は 8.0 [mm] に調整した．

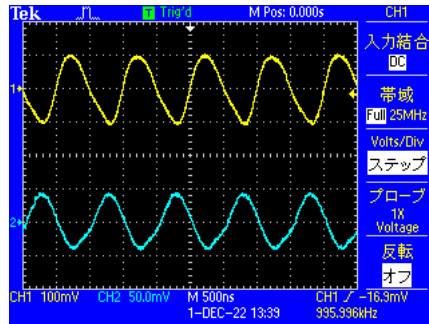


図1  $\omega = 1\text{MHz}$  のときの測定結果

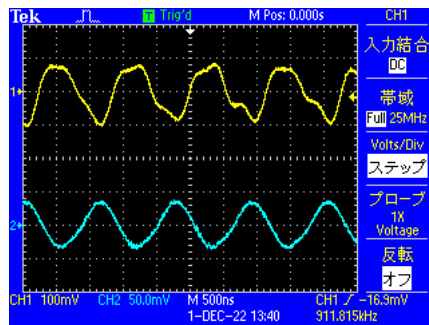


図2  $\omega = 900\text{kHz}$  のときの測定結果

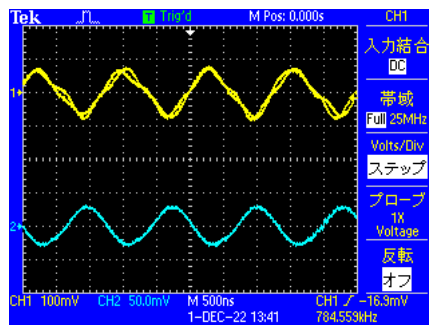


図3  $\omega = 800\text{kHz}$  のときの測定結果

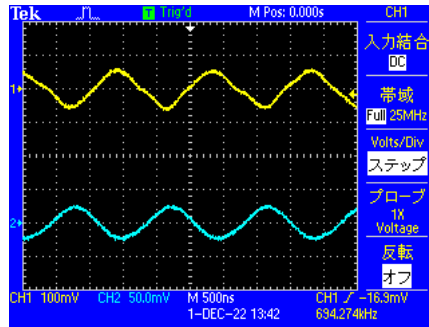


図4  $\omega = 700\text{kHz}$  のときの測定結果

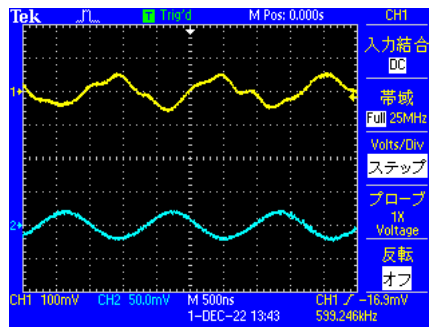


図5  $\omega = 600\text{kHz}$  のときの測定結果

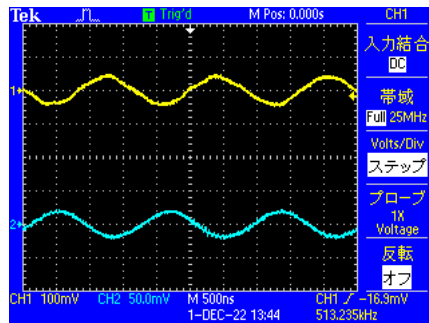


図6  $\omega = 500\text{kHz}$  のときの測定結果

## 4.2 実験課題 2

各周波数  $\omega$  における測定結果を以下の図～図に示す．また，用いたロゴスキーコイルに関して，巻き数  $N = 211$ ，円周の長さ  $l = 2\pi \times 0.1095 = 0.688 \text{ [m]}$ ， $S = \pi \times 0.0100^2 = 0.000314 \text{ [m}^2\text{]}$  と測定された．

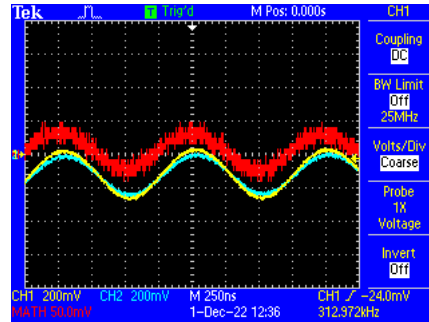


図 7  $\omega = 1\text{MHz}$  のときの測定結果

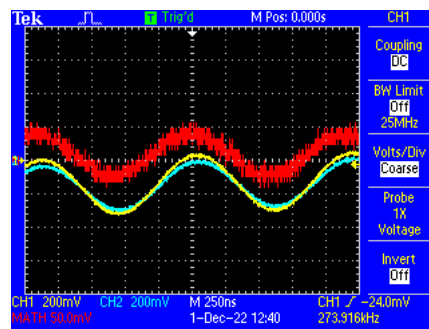


図 8  $\omega = 900\text{kHz}$  のときの測定結果

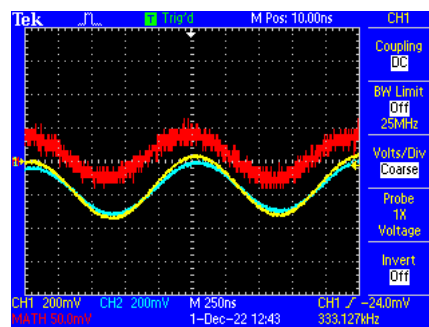


図 9  $\omega = 800\text{kHz}$  のときの測定結果

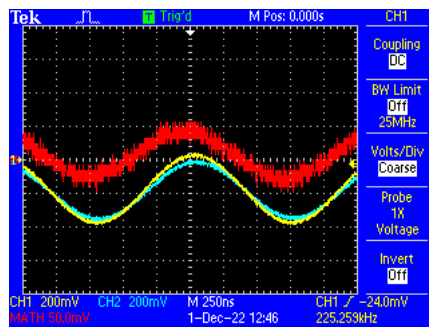


図 10  $\omega = 700\text{kHz}$  のときの測定結果

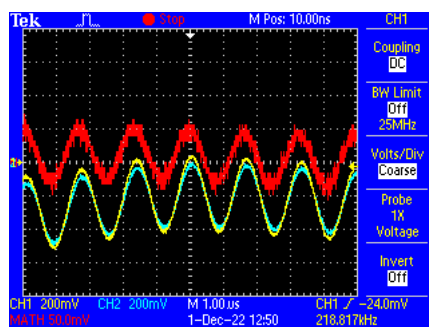


図 11  $\omega = 600\text{kHz}$  のときの測定結果

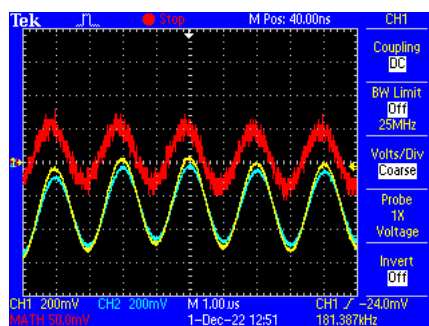


図 12  $\omega = 500\text{kHz}$  のときの測定結果

## 参考文献

- [1] 電子システム工学基礎実験テキスト