

Push-Pull 型ケルビンプローブ法装置による液体中の電位分布評価

Push-pull Kelvin Probe System to Evaluate Potential Profile in Liquids

千葉大融合¹, 先進², MCRC³, ○(M2)地引 遥人¹, 深川 弘彦², 石井 久夫^{1,2,3}

GSSE¹, CFS², MCRC, °Haruto Jibiki¹, Hirohiko Fukagawa², Hisao Ishii^{1,2,3}

E-mail: jibikihrt@chiba-u.jp

【序論】ケルビンプローブ(KP)法は、大気・真空中で固体の仕事関数測定法として広く用いられる手法である。しかし、KP法を液体中に適用したときの特異な信号電流については理解されていない点が多い。我々は以前に、この特異な信号を変位電流とその遅れ成分の実電流に位相分離する「位相分離KP法」を提案した[1]。その際に、位相分離KP測定で得られた信号強度を複素誘電率に変換し、定量的にインピーダンス分光(IS)の結果と比較することで、液体中の電位分布を独自の方法で解析した。本講演では、以前の装置では困難であった広い周波数領域での測定や高粘性液体中での測定を実現する、位相分離KP測定用の新しい装置「Push-Push(P-P)型KP法装置」を開発したので、その測定結果について報告する。

【原理・実験】KP法では、試料電極に対向させた参照電極を振動させることで電界強度 E を変調させ、誘起される信号電流から接触電位差を決定する。大気・真空中の信号電流 I_{KP} は次のように表すことができる。

$$I_{KP}(t) = \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} A = I'_{KP} e^{j\omega t}$$

ここで ϵ_0 , A , ω , I'_{KP} はそれぞれ真空の誘電率、対向する電極面積、電極振動の角周波数、変位電流の振幅である。一方で、液体中では導電性による実電流を考慮しなければいけないので、複素誘電率 $\epsilon_r^* (= \epsilon_r' - j\epsilon_r'')$ を導入すると、 I_{KP} は次のように位相の異なる二成分が得られる。

$$I_{KP}(t) = \epsilon_0 (\epsilon_r' - j\epsilon_r'') \frac{\partial E}{\partial t} A = I'_{KP} e^{j\omega t} - jI''_{KP} e^{j\omega t}$$

I''_{KP} は実電流の振幅であり、この存在によって全体として信号電流の位相が遅れることになる。この二成分を分離するのが位相分離KP法である。複素誘電率への比例関係を使えば、信

号強度を複素誘電率に変換することができる。また、位相分離KP測定では、位相分離のための基準位相を検出する機構が別で必要になる。P-P型KP法装置では図のように、上下二つのKPユニットを設けることで位相分離KP測定を行う。液体がない上ユニットで検出される位相遅れの無い信号電流を基準位相として参照することで、液体で満たした下ユニットの信号電流の位相分離が可能になった。

【結果】無極性液体 octane と極性液体 octanol について位相分離KP測定を行った。信号強度を複素誘電率 $\epsilon_{r,KP}^*$ に変換してISでの測定値 $\epsilon_{r,IS}^*$ と比較した結果、octane では $\epsilon_{r,KP}^* \approx \epsilon_{r,IS}^*$ 、octanol では $\epsilon_{r,KP}^* < \epsilon_{r,IS}^*$ という関係を示した。二つの値の差が界面での電荷遮蔽を反映していると考え、二つの誘電率の比がバルク領域の電位ドロップと全体の電位ドロップに比例するというモデルを立てることで、図のように電位分布を評価した。当日は測定結果の周波数依存性から測定中に起きる現象の速度論的な議論も行う予定である。

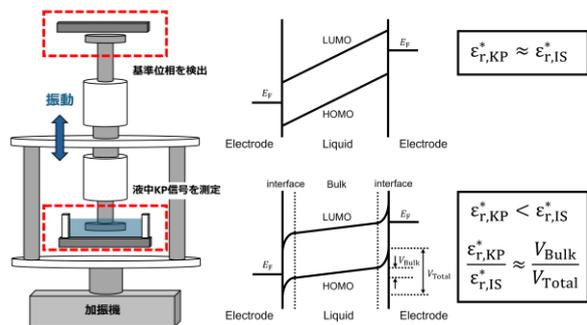


図. P-P 型 KP 法装置と二つの複素誘電率から評価した液体の電位分布

[1]地引 他, 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会, 朱鷺メッセ, 16p-B6-11