

In-situ 帯電計測装置を備えた絶縁体からの二次電子電流測定システムの開発

プロジェクト代表者：山納 康（理工学研究科・助教）

1. はじめに

本研究の目的は、実時間において絶縁体表面の帯電を測定することと、絶縁体からの二次電子電流を測定することである。本報告においては、主に真空中における絶縁体表面のリアルタイム帯電測定の結果について報告を行う。

真空機器の小型化、大電力化使用を図る上で固体絶縁物表面に発生する沿面放電が問題となっている。一般的に真空沿面放電は、絶縁体表面の帯電と二次電子放出がその進展に大きく影響を及ぼすと考えられている。これまで提唱されている真空中の沿面放電機構においては、陰極から放出された電子と絶縁体とで相互作用が起こり、二次電子放出現象、帯電現象および吸着ガスの脱離現象が相俟って起こっていると考えられている。

このような背景のもと本研究では真空中の沿面放電時における絶縁物上の帯電分布をリアルタイムに測定している⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。今後、より一層の沿面放電メカニズムを解明するには、これまで培われてきた測定技術を更に高度化することで、トリプルジャンクション近傍における絶縁体上の帯電の様子をより高速に調べることで沿面放電と帯電の変化について詳細に測定した。

2. 帯電測定原理と実験装置

本研究では、ポッケルス効果を応用する⁽⁵⁾⁽⁶⁾。ポッケルス効果とは、圧電気現象を示す結晶にのみ生じる特殊な電気光学効果のひとつである。自然の状態では誘電率異方性を示さないが、誘電体に外力を作用させるとそれにともない誘電率異方性が発生し、透過光に偏光位相差を生じさせる。ここで、外力が電界であるときに電気光学効果であり、その誘電体に光を入射させ、電界印加により生じた透過光を測定し、その誘電体の透過光に生ずる偏光位相差 $\Delta\theta$ が、印加電界の強さ E の一乗に比例するとき、この電気光学効果をポッケルス効果という。また、そのような効果を示す素子をポッケルス素子と呼ぶ。本測定法では、この効果を利用して帯電電荷によって生ずるポッケルス素子内部の電界を測定する。本研究では、図1に示すような反射型表面電荷分布測定装置⁽¹⁾を用いた。実験では、試験容器内を 10^{-5} Pa台まで排気し、事前に得た電圧校正結果を基に真空中で針電極をPET試料の中心付近で接触させ、交流電圧を負極性から1サイクル印加した場合について、実時間帯電電位測定を行った。

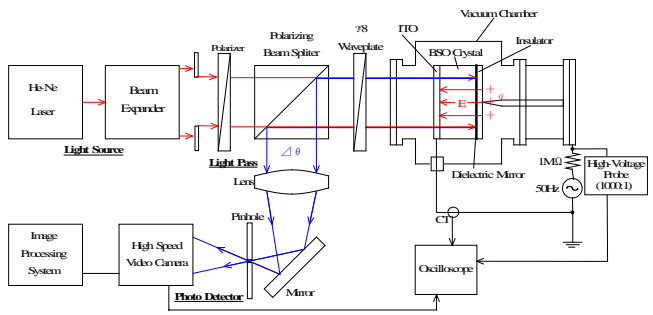


図1 Experimental system

表1 ポッケルス素子と PET フィルムのサイズと電気的特性

	BSO(Bi ₁₂ SiO ₂₀) Crystal	PET Film
Length × Width	6.2mm×6.2mm Square	15mm×15mm Square
Thickness	0.5mm ^l	0.05mm ^l
Relative permittivity	56	3.5
Volume resistivity	10 ¹⁶ Ω·m	10 ¹⁹ Ω·m
Pockels coefficient	γ ₄₁ =5×10 ⁻¹² m/V	—

3. 実験結果

図2に今回測定する帯電の領域を示す。同図に示すように、帯電は $0.34\text{mm} \times 2.75\text{mm}$ の領域を測定した。図3(a),(b)に PET フィルム上の帯電電位分布の一例を示す。同図(c)に帯電測定したときの電圧と電流波形および高速度ビデオカメラのシャッター開放のタイミングを示す。同図より放電電流が発生する前後において、絶縁体表面上の帯電が大きく変化していることがわかる。また、図4には、針電極近傍の帯電電位の時間的変化を示す。同図の電圧・電流波形より放電は、2回発生した。1回目の放電前には針電極近傍には帯電が生じていないことがわかる。また、放電直後にも帯電がほとんど生じていない。しかし、放電後において、高電圧が印加されることにより、針電極近傍に帯電が形成されていることがわかる。2回目の放電時の直前までは、印加電圧とともに帯電が増加している。また、2回目の放電直後には、再び絶縁体上の帯電が一時的に緩和されていることがわかる。その後、再び電圧が印加されることで帯電が急激に増加している。2回目の放電は印加電圧の最大値付近で生じたため、その後は印加電圧が上昇する。しかし、帯電はやや小さくなるが、電圧変化ほど、変化せず、ほぼ一定であることがわかる。本結果は真空沿面放電時の帯電変化の一例に過ぎず、今後は他の絶縁体などを用いた場合などのデータを蓄積する必要がある。この様に高電圧印加下で、且つ放電が発生している場合においても、絶縁体上の帯電の変化が詳細にわかるようになった。

外部資金リスト

・科学研究費補助金：若手研究 (B), 「極限環境下における真空中の絶縁体表面の暗電流測定と実時間帯電測定」(19760191) 平成19年度～平成21年度

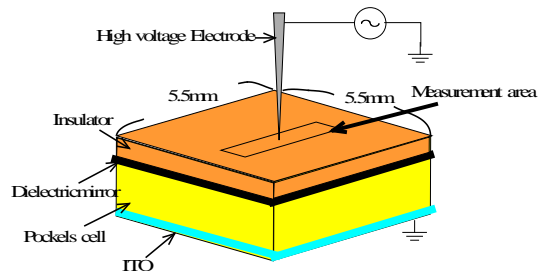
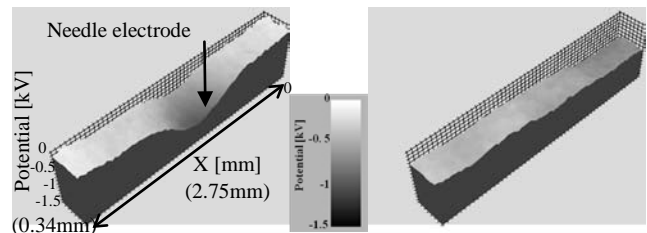
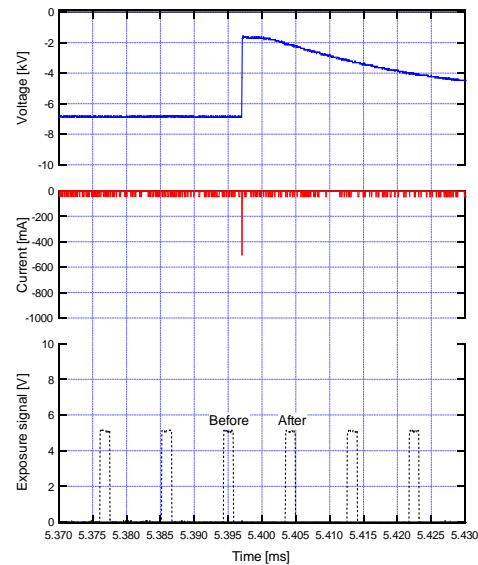


図2 Construction of electrodes, insulators, Pockels cell



(a) Before surface discharge (b) After surface discharge



(c) Waveforms of applied voltage and discharge current and exposure time of camera shutter

図3 Surface potential distributions on PET film

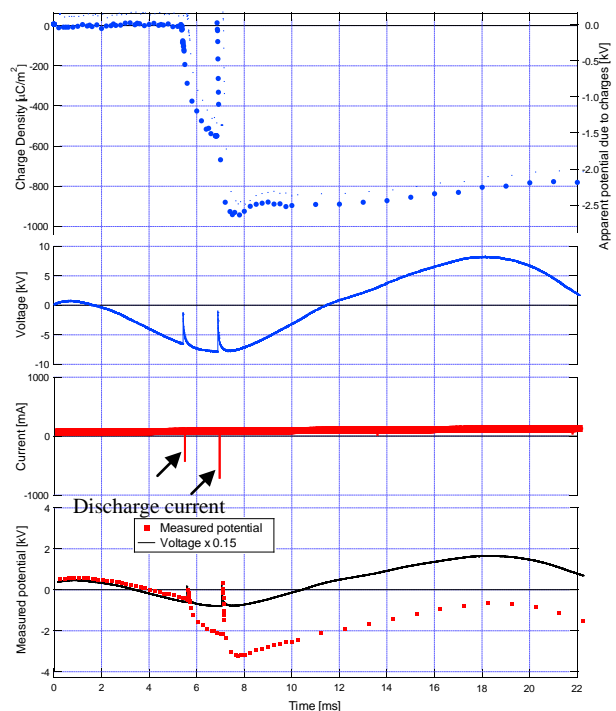


図4 Time dependence of surface charge density near needle electrode on PET