

光電子放出による静電潜像の直接形成

木 高 博 之^{*、1}, 村 田 雄 司^{*}

(1999年3月2日受付; 1999年4月16日受理)

Direct Formation of Electrostatic Latent Image by Means of Photoelectric Emission

Hiroyuki KIDAKA^{*、1} and Yuji MURATA^{*}

(Received March 2, 1999; Accepted April 16, 1999)

A direct formation of latent electrostatic image on the surface of a polymer film was carried out by using photoelectric emission phenomenon. We measured photocurrent between a transparent electrode and a metal electrode separated by an air gap. The transparent electrode is a photoelectron emitter. When the air gap $g \geq 15 \mu\text{m}$ and the photoelectron emitter was irradiated with UV light of $\lambda = 250\text{nm}$, the photocurrent was found to increase abruptly as the field became stronger than $1.0 \times 10^7 \text{V/m}$. The latent image was formed by the photocurrent on the surface of a polymer film which has a rare electrode and was placed in place of the metal electrode. In order to conform the formation of the electrostatic image, it was tried to develop using ordinary toner.

1. はじめに

本研究は、感光体及びコロナ荷電器を用いず、光電子放出によって静電潜像を直接形成することを目的とした記録技術に関するものである。この方式では、透明電極に紫外線を照射することにより、対面した誘電体上に静電潜像を直接形成することができる。したがって、記録工程の単純化、静電潜像形成媒体の単機能化を実現できる。静電潜像は光電面と誘電体間の空気ギャップを流れる光電流により形成され、その表面電位は、極板間電圧によって決まる。ここでは、平行平板電極間の空気ギャップを流れる光電流を測定し、その極板間の電界及びギャップ間隔への依存性を調べ、静電潜像の表面電位が飽和するまでの時間を検討した。また、このプロセスで静電潜像を形成し、現像することにより可視像を得た。光電子放出には、光電面として安定な金属を用いる場合、普通は紫外線が必要である。現在、紫外線レーザは高価なものであるが、今後、SHGなどの技術の普及により、より安価になり容易に入手できるようになれば、このプロセスを低コストの装置に用いることが可能になるであろう。

2. 測定装置及び実験方法

キセノンランプ光源からの光を集光し、モノクロメータに

キーワード: 光電子放出, 静電潜像, 紫外線, 光電流

*東京理科大学理工学部 (278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
Faculty of Science and Technology, Science University of Tokyo,
Yamazaki 2641, Noda Chiba, Japan ¹j7398620@ed.noda.sut.ac.jp

入射し、単色化した出力光を集光ミラーにより試料表面に集光する。試料を取付けた X-Y ステージは、X 軸、Y 軸方向にそれぞれステッピングモータにより動き、試料面上の光照射位置を制御する仕組みになっている。

試料及び電極系は、石英ガラスに Al を蒸着した透明電極 (光電面) と背面電極間にスペーサを挟むことにより、微小な空気ギャップを設ける。また、スペーサの厚さと極板間の空気ギャップが等しくなるように、光照射方向から石英板を用いて圧着する。極板間に電圧を印加し、透明電極側から紫外線を照射することにより、透明電極の金属面から光電子放出が起こる。放出された電子は強電界の空気ギャップ中で増殖され、強度の弱い照射光でも大きな光電流を得ることができる。この電流が誘電体表面に静電潜像を形成する。空気ギャップ中を流れる光電流は、背面電極に接続したエレクトロメータによって測定される。

3. 測定結果及び考察

3.1 ギャップの電界の違いによる光電流の変化

照射光波長を 250[nm]、光電面と背面電極間の空気ギャップを 15[μm]とした時の、光電流のギャップの電界への依存性を Fig.1 に示す。この結果から、電界約 $1.0 \times 10^7 \text{V/m}$ を境に空気ギャップを流れる電流値の急激な増加が見られた。この時の極板間電圧は 150[V]であり、Paschen の法則^{1,2)}の放電限界のおよそ 5 分の 2 の電圧で空気ギャップ中での電子

の増殖が起こったと推測される^{2,3)}。これにより空気ギャップ中の電界を強くすることで、強度の弱い照射光でも静電潜像の形成時間を短縮できることがわかった。

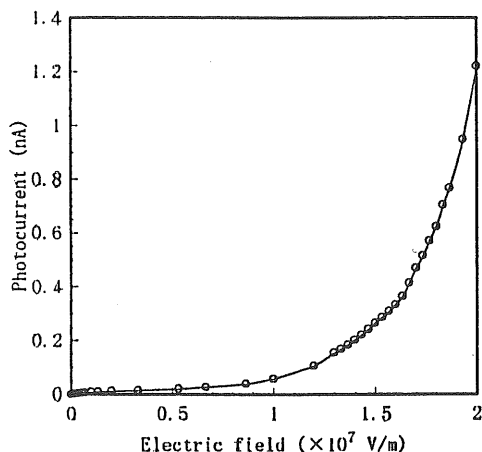


図1 光電流のギャップの電界への依存性

Fig.1 Relation between gap field and photocurrent

3.2 空気ギャップの違いによる光電流の変化

照射光波長を 250[nm]とし、光電面と背面電極間の空気ギャップ中の電界を 2.0, 1.5, 1.0x10⁷[V/m]とした時の、光電流の空気ギャップへの依存性を Fig.2 に示す。この結果から、強電界の空気ギャップ中の光電流は、ギャップに対して指数関数的に増加することがわかる。また、直線の傾きから、電界が強い時ほど、光電流の増加率が高いことが確認できる。このことは、大気中における平行平板電極間が強電界である時、陰極から放出された光電子は、気体分子との衝突電離によって電子なだれを起こし、電流値が空気ギャップに対して指数関数的に増加するという Townsend の理論で説明できる^{1,2)}。

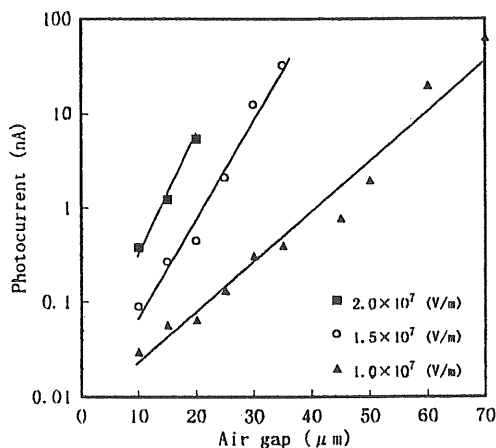


図2 光電流の空気ギャップへの依存性

Fig.2 Relation between air gap and photocurrent.

3.3 静電潜像の形成

試料の表面電位 V 及び試料表面の電荷密度 σ は、極板間電圧 0[V]以上で光電子放出が起こると仮定すると、透明電

極と試料フィルム間のギャップを δ_d, 試料フィルムの厚さを d₁(=45x10⁻⁶[m]), テフロン誘電率を ε_s(= 2.1), 極板間電圧を V_aとすると(1)及び(2)式によって与えられる。

$$V = d_1 V_a / (d_1 + \epsilon_s \delta_d) \quad (1)$$

$$\sigma = \epsilon_s \epsilon_0 V_a / (d_1 + \epsilon_s \delta_d) \quad (2)$$

この式から、表面電位 V は V_a に比例して高くなり、また σ は V_a が高く、d₁ が薄いほど高くなることがわかる。

以上の結果から高い表面電位が得られる条件で静電潜像を実際に形成し現像を行った。光電面として Al を蒸着した透明電極を用い、光電面とテフロンフィルム間の空気ギャップを 10[μm], 空気ギャップ中の電界を 2.0x10⁷[V/m], 照射光波長を 250[nm]として静電潜像を形成した。光の照射部と非照射部をつくるために「K」, 「M」の文字が切り抜かれたマスクの上から光を照射した。そのあとでテフロンフィルム上に得られた静電潜像にトナーをふりかけることにより現像し、可視像を得た。それらの顕微鏡写真を Fig.3 に示す。黒くトナーの付着している部分が光照射部である。

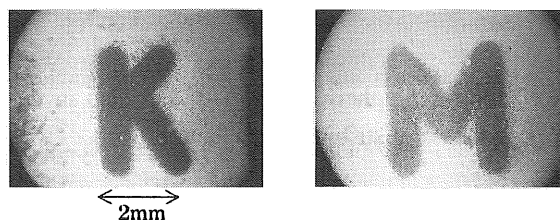


図3 トナー像の写真

Fig.3 Pictures of developed latent images

4. まとめ

光電子放出を利用し、感光体を用いずに誘電体フィルム上に静電潜像を直接形成する実験を行った。静電潜像は、光電面と誘電体間の空気ギャップを流れる光電流により形成されるため、光電面とそれに対面した背面電極間の空気ギャップを流れる光電流を測定した。その結果、電界およそ 1.0x10⁷[V/m]以上において、ギャップ中での電流の増加が確認でき、空気ギャップが広く、電界が強い時ほどその増加率が高くなることがわかった。これは強電界中での電子の増殖によるものであると推測される。これにより強度の弱い照射光でも静電潜像の形成時間を短縮できることがわかった。

5. 参考文献

- 1) 電気学会：放電ハンドブック, p.36-39 p.91-94 p.101-102 p.199, オーム社(1974)
- 2) 静電気学会編：静電気ハンドブック, p.212-215, オーム社 (1981)
- 3) 電子写真学会編：電子写真技術の基礎と応用, p.99, コロナ社(1998)