

ノート

高分子の光電子放出特性の微視的分布の可視化

富 浪 数 正^{*1}, 村 田 雄 司^{*}

(2000年3月17日受付, 2000年4月14日受理)

Visualization of Microscopic Distribution of Photoemission Characteristics on Polymers Surface

Kazumasa TONAMI^{*1} and Yuji MURATA^{*}

(Received March 17, 2000; Accepted April 14, 2000)

A SMLP (Scanning Micro Laser Probe) system with a He-Cd laser of which photon energy is 3.8 eV was newly developed. Using this system, the microscopic distribution of the number of photoelectrons emitted from model samples made of a metal and different polymers were obtained as visualized images on a computer monitor. The images correspond with the distribution of the density of filled electron states shallower than 3.8 eV from vacuum level. We can discriminate Nylon12, LDPE (low density polyethylene) and metal (Cu) on the image. The resolution of the image is now around 10 μm.

1. はじめに

これまで行なわれてきた研究報告により, 高分子の接触帯電特性は表面の電子状態に依存していると考えられる^{1,2)}. しかし, 高分子はその複雑な分子構造により, 単結晶の半導体などとは異なり, 電子状態が不均一である可能性が高い. そうだとすれば, 今まで研究されていた高分子の帯電特性は巨視的な帯電特性であって, ミクロに分布する異なった帯電特性の平均であることになる. このような背景を考慮すると, 高分子の帯電機構の研究には, 微視的領域の電子状態を調べることが有効であると考えられる.

高分子の電子状態は金属と同様に光電子放出により測定できることが分かっている³⁾. そこで今回我々は光源に He-Cd レーザを用いた走査型マイクロレーザープローブ (SMLP)⁴⁾ を使用し, 高分子が本来もっている特有の表面電子状態の微視的な分布を画像化する装置を製作し, その機能を調べる実験を行なった.

2. 実験方法

装置の概略を図 1 に示す. 真空チャンバー内に高分子試料を固定し, 細く絞ったレーザービームを照射する. その照

射により試料表面から放出された光電子を二次電子増倍素子に取り込み, その数をカウンタで計数する. この走査を測定領域のすべての点で行い, そのカウント数の分布から光電子放出の分布像を描く. 光源には He-Cd レーザ(波長:325nm, 光子エネルギー:3.8eV)を用いた. レーザビームは 5 相ステップモータで駆動される X-Z ステージにより走査される. 真空チャンバー内は, ロータリーポンプ及びターボ分子ポンプにより 10⁻³Pa に排気して測定を行った.

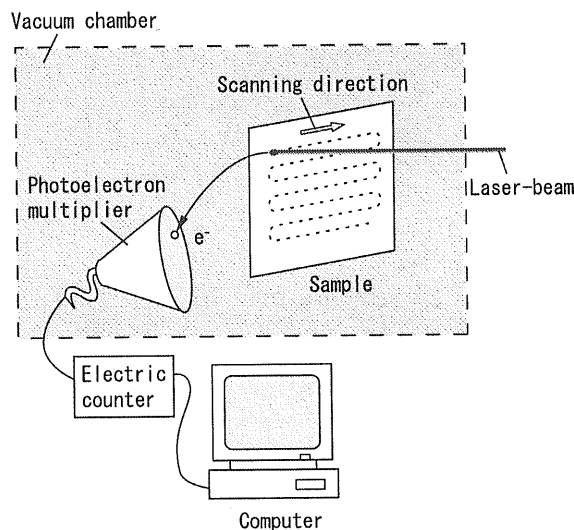


図 1 SMLP (走査型マイクロレーザープローブ) システムを用いた光電子放出分布画像化装置
Fig.1 Imaging system for photoemission characteristics using SMLP.

キーワード: 接触帯電特性, 光電子放出の分布, 高分子の電子状態

*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
†j7399634@ed.noda.sut.ac.jp

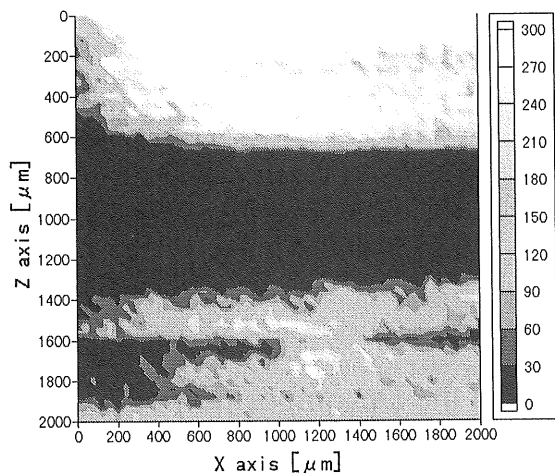


図2 Nylon12 フィルムと LDPE フィルムの光電子放出分布像 (上: Nylon12 下: LDPE)

Fig.2 Distribution image of Photoemission Characteristics of Nylon12 and LDPE films.

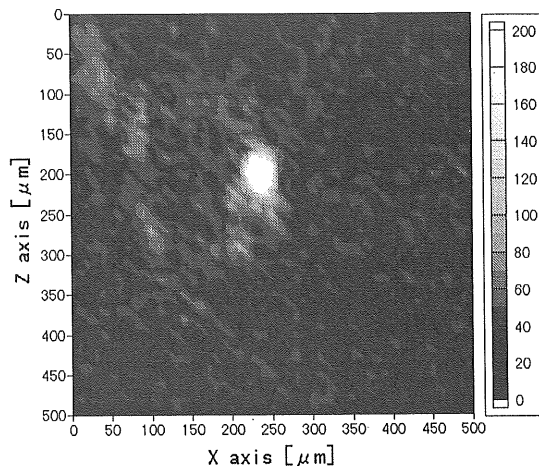


図3 直径50 μmのNylon12領域を含むLDPEフィルムの光電子放出分布像

Fig.3 Distribution image of Photoemission Characteristics from LDPE film with Nylon12 region of 50 μm diameter.

3. 実験結果

測定にはモデルサンプルとして (1) LDPE フィルムと Nylon12 フィルムを 700 μm の間隔を空けて銅板上に平行に並べた試料, (2) LDPE (Low Density Polyethylene) フィルム表面にプレス器を用いて 150kgf で Nylon12 粒子を圧着した試料, を使用した. 測定はそれぞれ X-Y ステージの走査単位を 40 μm, 10 μm で行い, その結果を図 2, 図 3 に示す. 図の縦軸は Y 軸方向の座標, 横軸は X 軸方向の座標であり, 単位時間当りの光電子放出数を画像の濃淡により表わしている.

図 2 でフィルムの中の銅板からは光電子放出が起こっておらず, Nylon12 フィルムと LDPE フィルムから光電子放出が起こっていることが確認できる. さらに, 光電子放出数に関しては Nylon12 フィルムの方が LDPE フィルムより多いことが確認できる. これは試料 (1) の Nylon12 フィルムの場合と同じ結果である.

4. 考察

本実験では紫外線レーザーのビームを絞り, これを高分子表面で走査し, 光電子放出の分布を測定する装置を製作し, モデルサンプルについて測定を行った. 得られた測定結果を画像化し, 光電子放出特性の表面分布像を得ることができた. この画像は, 用いた紫外線レーザーの波長に対応するエネルギーより浅い準位の電子密度分布像を表していると考えられる.

試料 (1) に対する測定結果を示す図 2 から分かるように, Nylon12 フィルムと LDPE フィルムの間にある銅からは光電子放出がほとんど起こっていない. 銅は仕事関数が大きく, He-Cd レーザの 3.8eV の光では光電子放出が起こりにくい. 高分子試料表面から光電子放出が起こっていること

が確認でき, さらに Nylon12 フィルムの方が LDPE フィルムより光電子放出数が多い. 次に図 3 では, 中央の白い部分が Nylon12 の領域で直径 50 μm であり, その範囲の外は LDPE である. このことは Nylon12 フィルムの方が 3.8eV より浅い準位にある電子の密度が高いと考えられる. これは日吉らの報告した, Nylon の光電子放出の閾値が LDPE より低い結果⁵⁾とも一致する. また, 図 3 を注意深く見ると, LDPE 表面の微小な Nylon12 の領域が分別できるだけでなく, LDPE 領域にも画像の濃淡が見える. これは LDPE 表面の電子状態が均一でないことを示すもので興味深い.

5. まとめ

今回の報告では光源に He-Cd レーザを用いて SMLP のモデルサンプルに対して測定を行い, 以下の結果が得られた.

- 1) Nylon12 フィルムと LDPE フィルムで作ったモデルサンプルの光電子放出の分布が確認でき, Nylon12 フィルムの方が LDPE フィルムより光電子放出数が多いことが分かった.
- 2) LDPE フィルム上で直径 50 μm の Nylon12 の微視的な領域を含む試料について光電子放出の分布を可視化することができた.

参考文献

- 1) T.J.Fabish and C.B.Duke : J.Appl.Phys., **48** (1977) 4256
- 2) C.B.Duke and T.J.Fabish : J.Appl.Phys., **49** (1978) 315
- 3) Y.Murata : Jpn.J.Appl.Phys., **18** (1979) 1
- 4) Y.Murata and K.Kubota : Inst.Phys.Conf.Ser., **163** (1999) 341
- 5) Y.Murata and I.Hiyoshi : Jpn.J.Appl.Phys., **36** (1997) 5329