

医療用放射線のイメージングを目指した
有機半導体放射線検出器の開発と特性評価
Development and evaluation of organic semiconductor radiation detector
for medical radiation imaging

高田英治^{1,*}, 錦戸文彦², 岸本俊二³

¹ 富山高等専門学校, 〒939-8630 富山市本郷町 13 番地

² 量子科学技術研究開発機構, 〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川 4 丁目 9 番 1 号

³ 高エネルギー加速器研究機構放射光実験施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

Eiji Takada^{1,*}, Fumihiko Nishikido², Shunji Kishimoto³

¹National Institute of Technology, Toyama College, 13 Hongo-machi, Toyama, 939-8630, Japan

²National Institute of Quantum and Radiological Science and Technology, 4-9-1 Anagawa, Chiba, 263-8555, Japan

³High Energy Accelerator Research Organization, Photon Factory, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

1 はじめに

申請者らは有機半導体を用いる放射線検出器にいち早く着目し、主に医療分野への適用を目指して研究を行ってきた。例えば、医療行為の一つであるインターベンショナルラジオグラフィ（Interventional Radiography : IVR）や重粒子線がん治療の際の被曝量モニタリングへの適用を念頭に置いている。有機半導体放射線検出器は、人体の組成に近い軽元素によって主に構成されているため、ファントム上に当該検出器を置いて X 線透過像を撮影しても検出器の写り込みがなく、検査・治療用放射線に対する影響が小さい状態で被曝量モニタリングが可能である。

一方、医療用放射線計測の分野では、被曝による影響の詳細評価のために、マイクロドシメトリに対するニーズが高い。サブミクロンオーダーでの放射線イメージングを通じ、細胞レベルでの影響を評価しようとするものである。そこで、今年度の実験では、微小な有機半導体単結晶による X 線測定の可能性について、PF BL-14A の単色 X 線ビームを用いて検討した。

2 使用した有機単結晶

実験に使用した単結晶の例（4HCB : 4-Cyanophenol 95%）を図 1 に示す。結晶は再結晶法で作成し、今回は銀ペーストおよび銅線により測定計に接続した。測定は発生した電流を I-F 変換によってパルスとし、パルス数を計測することで電流も求めた。また、X 線を $\phi 4\text{mm}$ にコリメートした上で、下流側のスリットを $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 、上流側のスリットを $0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ に設定し、PF 14A に備え付けの二次元スキャン装置により位置を変えながら

結晶に照射した。その際の X 線エネルギーは 40keV とした。



図 1 : 使用した 4HCB 単結晶の例

3 二次元スキャンによる測定結果

(1) 4HCB による測定結果

4HCB 単結晶に対して銅線を銀ペーストで接続し、スキャンした X 線による発生電流を測定した結果の例を図 2 に示す。この図では、X 線を各位置に照射した場合の発生電流量分布（カラーマップ）と、カメラで撮影した画像を重ねて示しており、カラーマップでは、赤色の位置に照射した場合に電流発生量が大きい。この結果を見ると分かるように、銀ペーストや銅線のある領域に X 線が照射された場合に電流が発生している。開発対象としている素子は、人体の構成要素と近い組成の材料（有機半導体）を用い、生体等価性を高くすることを目指しているが、この結果だけから考えると、多くの電流が無機材料（銀、銅）と X 線の相互作用により発生している。すなわち、生体等価性を高めるためには、銀ペースト

トではなくカーボンペーストを用いる等の対策が必要であることが示された。

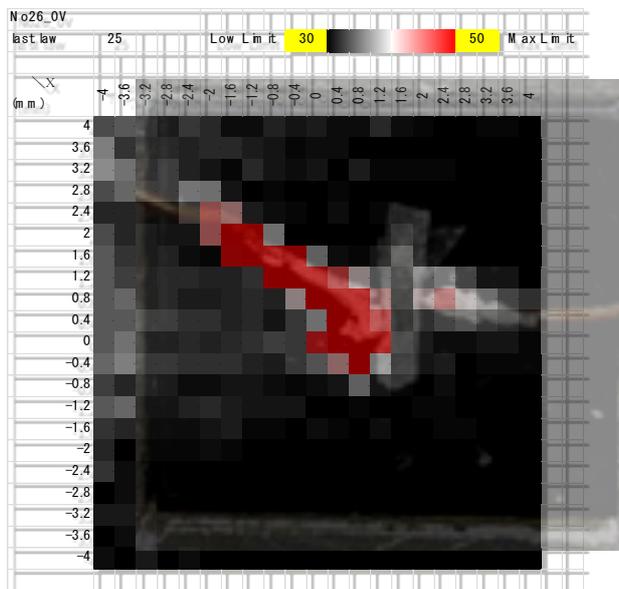


図2 ルブレンの二次元スキャン結果
(電流発生量分布と実画像の比較)

(2) ルブレンと4HCBの比較

ルブレン(正式名称:5,6,11,12-Tetraphenylnaphthacene)および4HCBを用いてX線の二次元スキャンしながら測定した結果の例を図3、図4として示す。図3から、ルブレンを用いた場合には、銅線等の領域にX線を照射した場合に比べ、ルブレンの領域に照射した場合の電流発生量が非常に小さいことが分かる。一方、図4の4HCBの結果では、4HCBの存在する領域でも目視できる電流が発生している。

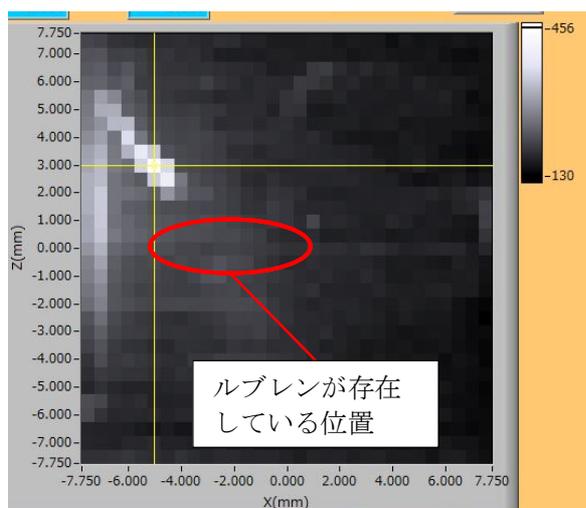


図3 ルブレンの二次元スキャン結果

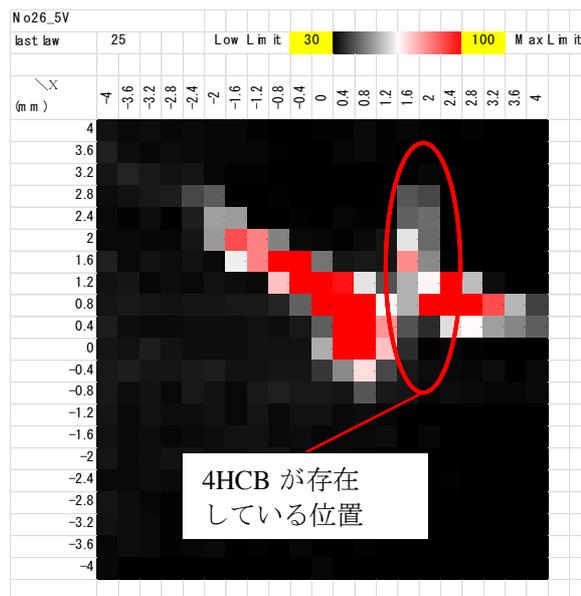


図4 4HCBの二次元スキャン結果

ここで用いたルブレンおよび4HCBのサイズは、約3×約3.5m×厚さ約0.5mm、約4.5mm×約1mm×厚さ約1.5mmであった。4HCBの方が結晶領域での電流発生量が大きかったのは、材料としての特性の違い、または厚さが大きかったことが原因であろうと考えられる。

4 今後の予定

現在までの結果では、金属電極部分にX線を照射した場合の電流量が大きく、結晶自体での電荷生成を精度よく観測できていない。しかし、今回の実験で4HCBにおいては結晶領域にX線を照射した場合の電流が観測できており、生体等価な検出器の可能性を示すことができた。今後は電極にカーボンペースト等を用いることで、電極部分の影響を小さくし、結晶での電荷生成分布をより詳細に評価する予定である。また、4HCBとルブレンについて、同サイズの結晶を用いて実験を行い、材料の違いによる影響を評価する。さらに、より大きい単結晶の製作を試みるとともに、大型の多結晶素子を製作し、特性評価を行う。

* takada@nc-toyama.ac.jp