3D08

有機薄膜太陽電池の磁場効果

（兵庫県立大院・物質理）
○西岡友輔、森雄一、佐藤井一、田島裕之

Magnetic field effects of organic photovoltaic cells

(Graduate School of Material Science, University of Hyogo)

○Yusuke Nishioka, Yuichi Mori, Seiichi Sato, and Hiroyuki Tajima

【序】 磁場効果の起源となる電子のゼーマンエネルギーは標準的な g 値を用いて計算すると、1 T あたり 1.3 K ($g_e\mu_B / k_B = 1.34$ K/T)と非常に小さく、強磁性体等特別な物質でなければ、室温･低磁場では電気抵抗の磁場効果を観測するのは難しいと考えられてきた。これに対して､最近有機薄膜デバイスで､大きな磁気抵抗（Organic Magnetoresistance = OMAR）が近年観測されており、注目されている。類似の磁場効果は、光電流、電界発光などでも観測されている。一方で、これらの現象の起源は依然としてよくわかっていない。

OMAR のモデルとしては、一重項－三重項の変換速度が磁場によって変化することがその起源として示唆されている。三重項状態と一重項状態では寿命が異なるため、磁場によるこの変換速度の変化は、結果として磁場効果を引き起こすことになる。このようなモデルが正しければ、一重項寿命と三重項寿命の違いが反映される時間依存性測定を行えば、磁場効果の起源に関する何らかの知見が得られるはずである。そこで、本研究では有機薄膜太陽電池を試料とし、光 CELIV 法（Charge Extraction by Linearly Increasing Voltage 法）の実験を行うことで磁場効果を調べた。図 1 に光 CELIV 法の概略を示す。光 CELIV 法では、光パルス照射をしてキャリアを生成し、遅延時間（delay time）を経たあとに逆バイアススイープをしてキャリアを抽出する。図中の塗りつぶした部分（Dark と Light の差）が光キャリアによるシグナル（光 CELIV シグナル）である。この方法では、光生成したキャリアを抽出するまでの遅延時間を容易に変えることができるので、時間依存性を見る実験に適している。

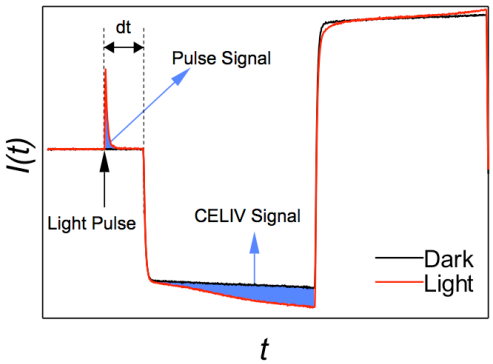

図 1 CELIV 法の概略図　dt(delay time)は遅延時間を表す

【実験】　試料は Ag/MoO_3/P3HT:PCBM/PEI/ITO の構造を持つ逆型有機薄膜太陽電池を使用した。PEI（Polyethyleneimine）はダイポール物質であり ITO 電極の仕事関数を調整する性質がある。磁場を（-0.1T～0.2T）および（0～3T）にスイープさせ CELIV シグナル強度を測定した。それぞれの場合で遅延時間を変えて測定を行った。実験にあたって、レーザーパルス光強度のゆらぎがあるので、光強度をモニターすることでその補正をしている。

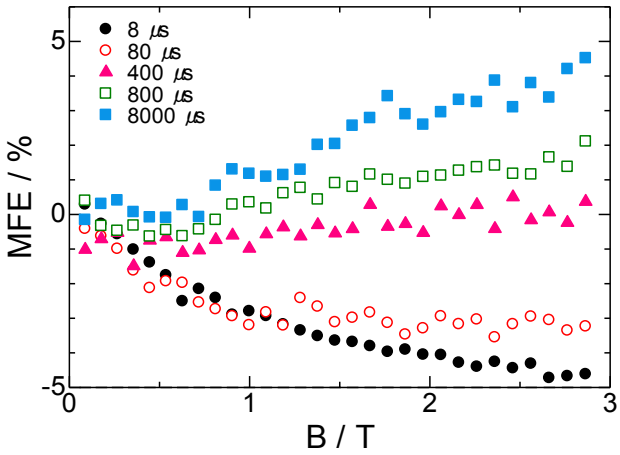

図２　光 CELIV シグナルの高磁場効果(2K)　遅延時間を大きくするにつれ、ゼロ磁場付近で見られたピークは小さくなっている

【結果・考察】図２は 2K で測定した高磁場領域における磁場効果の遅延時間依存性であり、遅延時間を長くするにつれて磁場効果が大きくなっていることが確認できた。これは、光照射によって形成された一重項正孔—電子対が磁場によって寿命の長い三重項正孔—電子対に変換されることによると考えられる。図３は 2K で測定した低磁場領域における磁場効果の遅延時間依存性である。Pulse Signal は光照射によって生成した直後の正孔—電子対の挙動を反映していると考えられる。図の結果は、生成直後では磁場効果が無いが、遅延時間を経ると磁場効果が現れるようになることを示唆している。さらに遅延時間を長くしていくと磁場効果は小さくなっており、8000μs にするとほとんど見られなくなる。低磁場においての遅延時間依存性が高磁場の場合と異なることは低磁場効果と高磁場効果の起源が異なるということを示唆している。

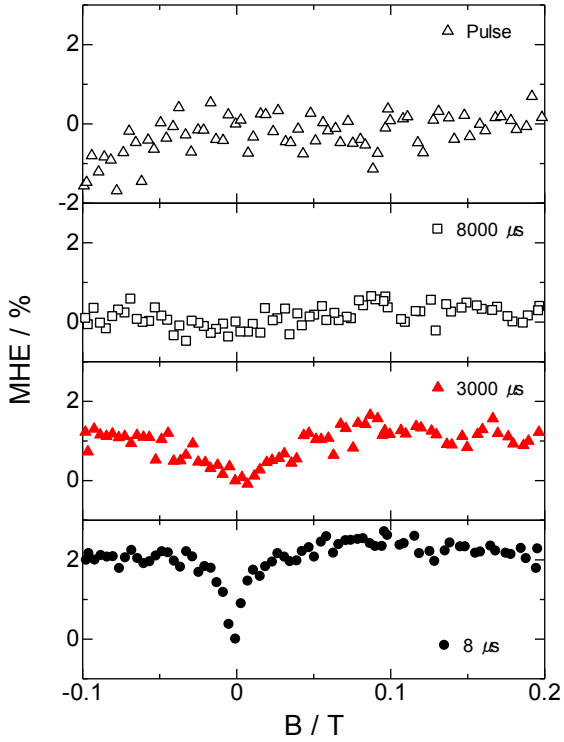

図３　光 CELIV シグナルおよび Pulse シグナルの低磁場効果（2K）　光 CELIV シグナルは遅延時間を 8μから 8000μs まで変えている