Newsletter

초고속광물성제어연구단

제 4 호

2001년 8월

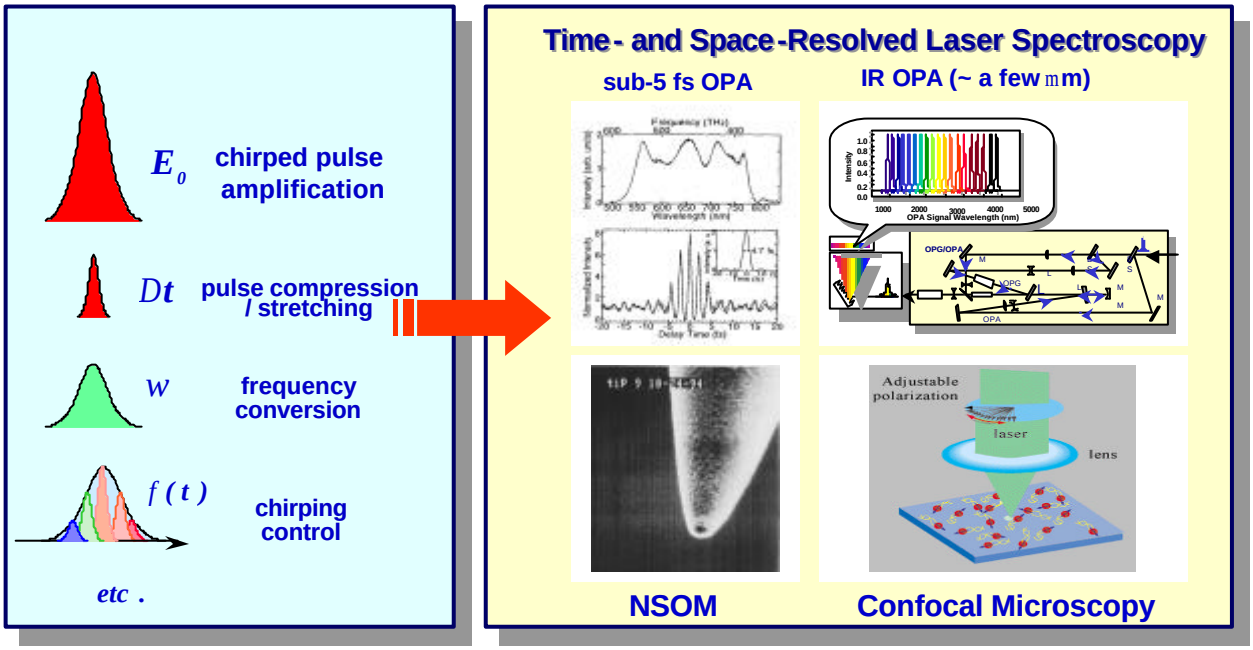
연세대학교 부설 연구소 초고속광물성제어연구단 서울특별시 서대문구 신촌동 134번지 Tel. (02)2123-2436, Fax. (02)2123-2434

<과학기술부 창의적 연구 진흥 사업단>

National Creative Research Initiatives
Center for Ultrafast Optical Characteristics Control

http://chem.yonsei.ac.kr/~CUOCC

Ultrafast Optical Characterizations Extending to Space Domain



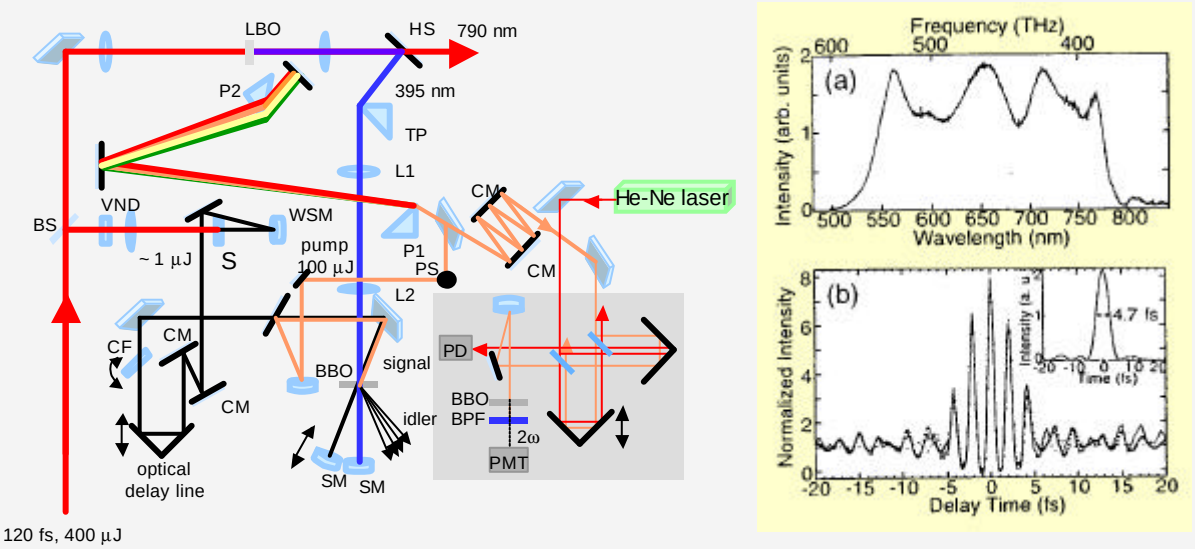
nanoscale의 회로를 발달시키는 것은 끊임없이 증가하는 정보 처리 및 계산 능력에 매우 중요한 인자가 된다. 이러한 목적을 위하여 미래의 정보 처리 계에서 분자 크기의 소자로 쓰일 수 있는 여러 개의 포피린 분자로 구성된 분자 전자 소자를 개발하는데 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 분자 전자 소자들은 입력/출력 신호로 빛을 쓰고 신호를 전달하는 방법으로 엑시톤 이동을 이용하는 것으로 이해되고 있다. 분자 전자 소자의 빛 모으개 단에서 광자를 흡수하여서 여기 상태를 형성하고 광자가 중간 단계의 분자 인자들을 거쳐 빛 방출개에 도달하여서 빛을 내게 된다. 시간 분해 광학적 측정이 이러한 분자 집합체에서의 빛과 전자의 이동 속도 및 효율의 측정을 가능케 한다. 이러한 측정 결과는 빛 과 전자의 이동간에 경쟁 과정이 금속 포피린 분자의 종류와 그 위치에 따라서 제어될 수 있다는 것을 보여준다. 또한 이러한 연구 결과는 포피린 분자를 근간으로 하는 전자 게이트들의 다양한 기능과 성질을 이루는 토대를 만들어준다. 포피린 분자 집합체에서의 여기 상태의 동역학과 소멸 경로에 대한 기본적인 정보는 여러 가지 연산 게이트들과 같은 복잡한 분자 전자계에서의 결과를 적절하게 설명하는데 매우 중요하다. 정교한 분자 전자적 성질을 구현하는데 있어서 광 물리적 성질을 조절하는 것이 새로운 기능을 갖는 특수한 포피린 분자 계를 고안하는데 있어 매우 중요하다.

창의적 연구 사업의 1 단계에서는 분자 선, 스위치, 트랜지스터, 그리고 빛 경작 집합체 등으로 작용할 수 있는 포피린 분자에 기초를 둔 분자 집합체의 광 물리적 성질을 연구하고 제어하기 위한 여러 가지 실험들을 수행하였다. 여기에는 시간 분해능을 향상시키고 광원의 분광 분포를 넓히기 위해 광 펄스를 조작하는 기술과 순간 흡수의 편광도와 시간 분해 형광 측정을 100 fs 이하로 측정 할 수 있는 기술을 고안하였다. 그러나 1 단계 연구의 제약은 대상 연구 분자계의 거시적 (앙상블 평균) 특성만을 조사한다는 것이다. 분자 크기의 전자 소자를 구현하고 특성을 완벽하게 평가하기 위해서는 공간 분해 분광 기술을 1 단계에서 개발된 초고속 분광 기술과 접목시키는 것이 필요하다. 이렇게 함으로써 광 펄스의 능동적 제어와 현미경 기술을 접목시켜서 마이크로미터 이하에서의 동역학 정보와 morphology를 연관시키는 것이 가능하리라 기대된다. 이러한 접근은 미세한 수준의 구조가 유기 고체 재료에서의 에너지와 전하의 이동에 어떻게 영향을 주는지를 밝힘으로 인해서 외부의 신호에 반응하는 성능을 향상시키는데 기여하리라 기대된다.

Sub 5 femtosecond Non-collinear Optical Parametric Amplifier (NOPA) System

극초단 광학 현상을 이해하기 위한 많은 노력들은 레이저의 출현과 더불어 그러한 현상을 측정할 수 있는 광원의 발전과 밀접하게 연계되어 함께 발전해 왔다. 초창기의 마이크로초 펄스에서부터 최근의 수 펨토초에까지 이르는 레이저 광원의 발전은 그대로 극초단 현상을 관찰할 수 있는 시간 분해능으로 자리 매김하였으며 계속해서 그러한 분해능의 개선을 위한 노력이 계속 진행되고있다.

이러한 노력의 일환으로 최근에 개발된 NOPA (Non-collinear Phase-Matched Optical Parametric Amplifier) System은 가시광 영역에서의 가장 짧은 광펄스를 출력할 수 있으며, 이를 통한 여러 가지 광학 소재 및 소자의 특성평가가 활발히 진행 중에 있다. 특히 극초단 광여기 이후 여러 파장에서의 이완 현상을 다른 보정을 거치지않고 정확히 측정해낼 수 있다. 또한 이 시스템의 도입으로 현재 진행 중인 광여기-이완 과정의 선택적 제어연구가 활발하게 이루어 질 수 있을 것으로 예상된다.

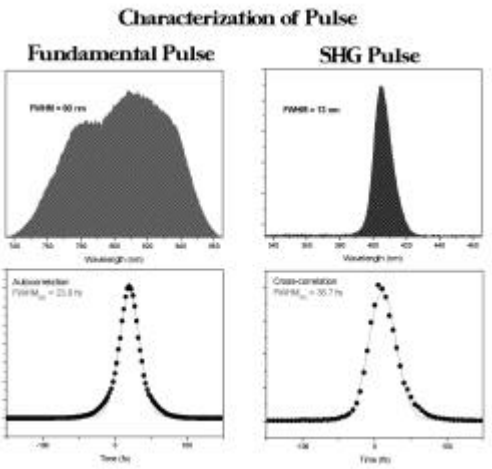


시스템의 구성을 보면, 우선 다른 OPA System과 같은 방법으로 white light continuum을 seed-beam으로 하여 안정된 OPA 출력을 얻을 수 있도록 한다. 여기서 중요한 부분은 보통 white light continuum은 시간적으로 많이 broad해지므로 이를 compression할 필요가 있는데 chirped mirror set와 prism pair를 이용하여 약 200 펨토초 이내의 백색광 광원을 만든다. 이러한 백색광 seed beam은 395 nm의 pump beam에 의해 비선형 물질 (β-BBO crystal)에서 증폭되어 OPA 출력으로 나오게 된다. 이러한 비선형 물질에서의 매개반응 (Parametric Interaction)은 원하는 출력의 범위 (550 ~ 780 nm) 전파장 범위를 모두 생성시킬 수 있도록 입사 각도 및 두 빔간의 각도를 정밀하게 조절하도록 하며, 비선형 물질 내부에서 두 빔의 pulse front를 matching시키기 위해 pumping beam의 front를 right angle prism으로 tilt시킨다. 이러한 방법으로 증폭된 signal beam은 약 200 펨토초 정도로 넓어져 있으므로 다시 chirped mirror set와 prism pair를 이용하여 compression을 하면 5 펨토초 이내의 펄스를 얻어낼 수 있다.

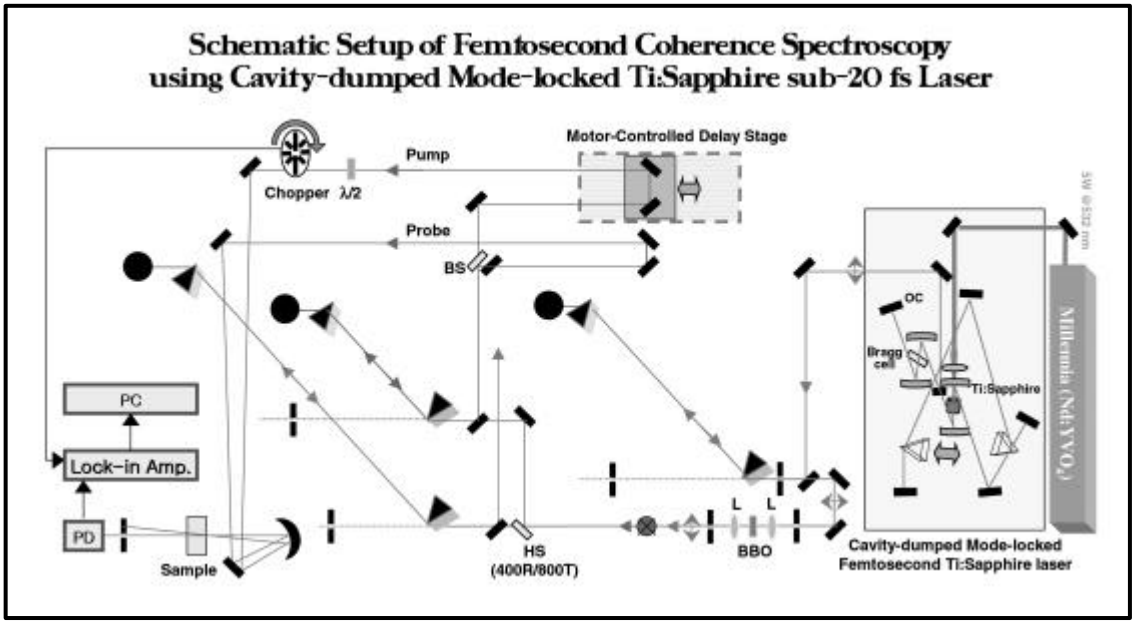
연구단에서는 이렇게 구성된 광원으로 여러 광소자의 극초단 특성 측정 및 광물성의 선택적 유도/유발을 시연하는 연구를 계속할 예정이다.

Femtosecond Coherent Spectroscopy using Chirped Ultrashort Pulse

분자 내에서 일어나는 매우 빠른 현상을 관측하기 위해 펨토초 레이저 광펄스가 매우 널리 사용되고 있다. 특히, 펨토초 시간영역에서는 분자의 진동운동에서의 원자핵의 움직임을 직접 관측할 수 있게 된다. Femtosecond Coherent Spectroscopy (FCS, 펨토초 결맞음 분광학)이 바로 그러한 원리를 이용한 분광학적 실험방법이다. Pump-probe Technique을 사용하여, Pump Pulse에 의해 유발된 Probe pulse의 투과량 변화에 의한 시간분해 스펙트럼을 얻게 된다. 분자의 진동운동에 의해 Transient Absorption 신호에 는 Oscillatory Signal이 같이 나타나는데, 이것을 Fourier 변환함으로써, 분자의 진동 스펙트럼을 얻을 수 있다. 이로써, 일반적인 진동분광학 (Raman, IR 분광학)에서는 얻을 수 없는, 보다 낮은 진동수 영역대의 스펙트럼을 얻을 수 있다. 또, 반응경로에 실시간으로 관여하는 분자의 진동모드에 관한 정보도 얻을 수 있어 광해리 반응 등에 관한 연구도 진행되고 있다. 이와 더불어 빠른 시간영역에서의 Anisotropy 측정을 통해, Exciton Coupling Dynamics와 같은 Energy Transfer에 대한 연구도 수행중이다.



5W 출력의 cw Nd:YVO_4레이저(Millennia V, 532 nm)에 의해 광펌핑하여 Mode-locking된 Ti:Sapphire Laser는 72MHz의 반복률, 100mW의 출력을 낸다. 더 높은 펄스 당 파워를 내기 위해 Opto-acoustic Modulation을 이용한 Cavity-dumping을 동시에 하여, 반복률 200kHz, 출력 20 mW, 펄스폭 20 펨토초인 광펄스를 만들어낸다. 이 펄스는 800 nm 를 중심파장으로 하고, FWHM이 80 nm에 해당하는 매우 넓은 파장영역대를 포함한다. Fundamental Pulse의 군속도 분산(Group Velocity Dispersion)을 프리즘 한 쌍으로 Compensation하여 Transform-limited Pulse로 만든 후 100μm 두께의 BBO Crystal을 이용하여 2차 조화파를 생성한다. 생성된 펄스는 400 nm를 중심파장으로 하고 FWHM이 13 nm이다. 이것을 다시 한번 Compression 하여 약 30 fs로 만든 후, Beamsplitter를 이용하여 Pump Pulse와 Probe Pulse를 만들어낸다. 이 때 한쪽 프리즘을 이동시키면서 Transform-limited, Chirped Pulse을 만들게 된다. Pump Pulse는 모터에 의해 제어되는 Delay Stage를 통해 Probe Pulse와 시간차가 달라지며, Chopper에 의해 변조되어진다. Pump Pulse에 의해 유발되어지는 Probe Pulse의 투과량은 Photodiode에 의해 검출되며 Chopper의 변조신호에 따라 Lock-in Amplifier에 의해 Transient Absorption Spectrum을 얻게 된다.



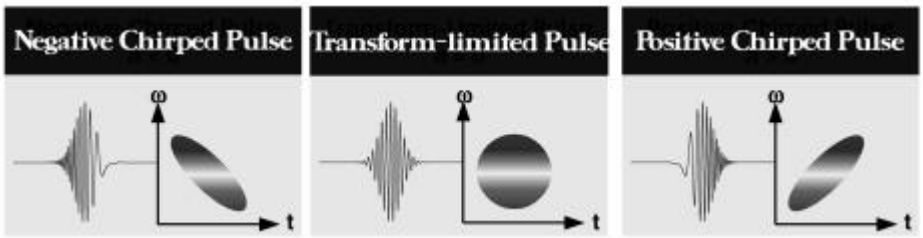
Coherent Vibrational Motion on the Porphyrin Monomers using Chirped fs Pulse

펨토초 펄스는 매우 넓은 파장영역의 분포를 가진다. Cavity-dumped Mode-locked Ti:Sapphire Laser로 생성하는 Pulse는 20 펨토초의 펄스는 800 nm를 중심으로 하고, FWHM(Full-Width Half-Maximum) 이 80 nm로서 파장영역이 매우 넓은 특성을 가진다. 따라서 펄스내의 각 파장분포는 시간상에서 볼 때, 여러 분포를 가질 수 있게 된다. 즉, 식 (1) 과 같이 기술될 수 있는데, 어느 한 시간에서의 주파수 w_i 는 식(1)을 시간 t 로 미분한 꼴로 주어지게 된다 (식 2).

$$E = \hat{e}\, E_o e^{i(wt-\vec{k}\cdot\vec{z}+f)} \cdots (1)$$

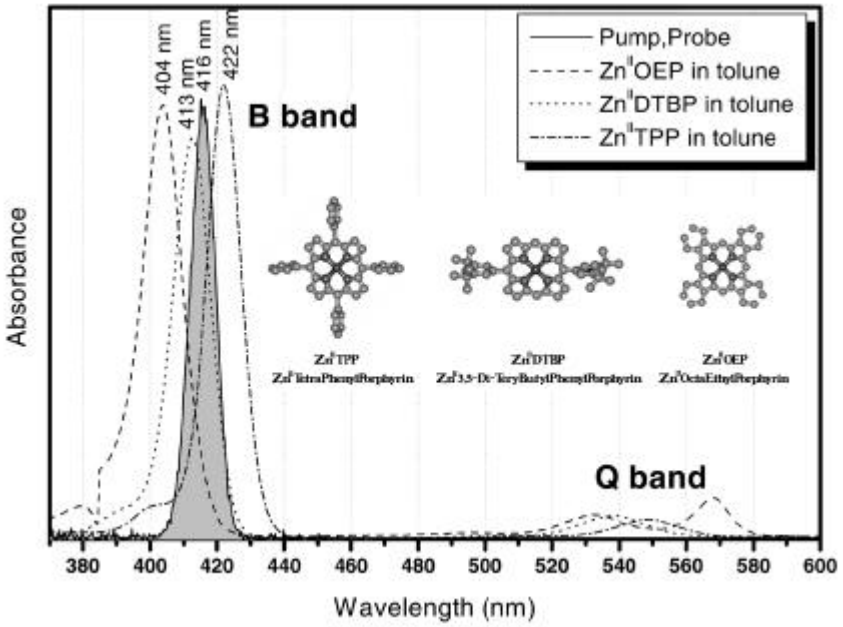
$$w_i = \frac{d}{dt}(wt - \vec{k}\cdot\vec{z} + f) \cdots (2)$$

만약 시간에 관계없이 항상 $w_i=w$ 이면, 시간에 따른 파장분포가 일정한 것이고, 펄스는 주어진 파장영역 스펙트럼 영역에서 가질 수 있는 가장 짧은 펄스가 된다. 이를 Transform-limited Pulse라 한다.

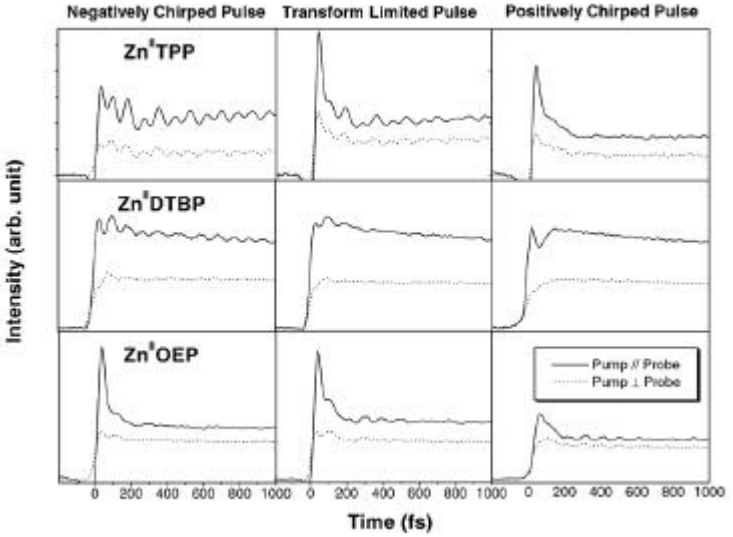


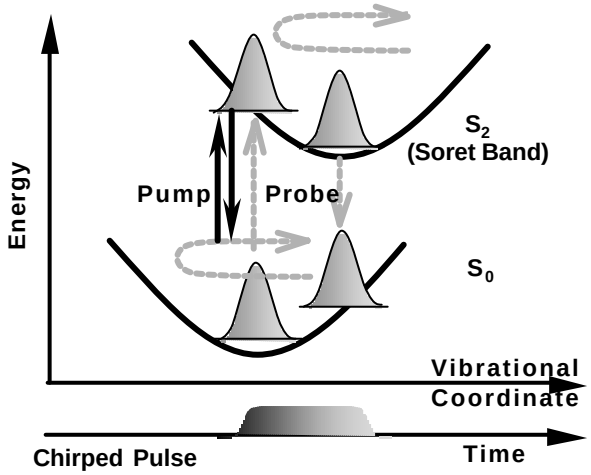
반면에 $w_i=w+2at$ 와 같이 어느 임의의 시간 t 에서 주파수가 시간의 함수로 주어지면, 시간에 따라 파장분포가 달라지게 되며, 이를 Linearly-chirped Pulse라고 한다. Chirped Pulse에는 두 가지 종류가 있는데 하나는 단파장쪽이 장파장쪽보다 시간상으로 펄스의 앞쪽에 있는 경우로, Negatively-Chirped Pulse라 하고, 그 반대인 경우를 Positively-Chirped Pulse라 한다. 이런 Chirping의 Control은 Laser Pulse를 Compression하는 Prism을 움직임으로써 제어가 가능하다. 최근에는 극초단 레이저 펄스의 재단을 통해 Shaping을 하여 분자의 반응경로를 제어하려는 연구도 진행되고 있다.

새로운 Molecular Opto-electronic Device로서 Molecular wire로 응용가능한 포피린 array의 구성요소인 포피린 단량체중 서로 특이한 성질의 $Zn^{II}TPP$, $Zn^{II}OEP$, 그리고 $Zn^{II}DTBP$ 의 Soret Band (B band)를 Pump-probe Technique를 사용하여 Transient Absorption 실험을 하였다. 각 Porphyrin 단량체들은 특징적으로 두 개의 흡수밴드를 가지고 있다. 이중 400nm 영역의 Soret Band를 펨토초 펄스로 Excitation시켰다. Laser Pulse는 약 30 펨토초의 Cavity-dumped Mode-locked Ti:Sapphire Laser의 이차조화파를 이용하였고, Pump 와 Probe pulse의 파장은 모두 416 nm를 중심으로 하였다.



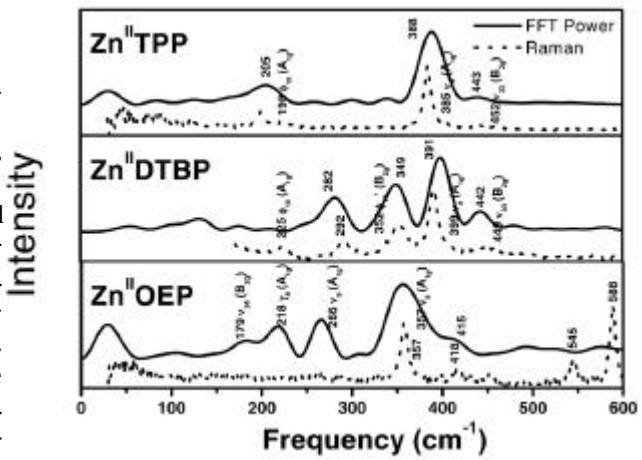
Transient Absorption 스펙트럼에서 보듯이 Time-resolved Spectrum은 두 가지 항목으로 구성되어 있다. Ground-state Bleaching, Excited-state Stimulated Emission, Excited-state Absorption과 같이 Electronic Transition에 의한 것과 원자핵의 Coherent Vibrational Motion에 의한 Oscillatory Signal이 그것이다. 전체적인 Oscillation의 크기는 $Zn^{II}TPP$ > $Zn^{II}DTBP$ > $Zn^{II}OEP$의 순으로 감소하였다. 단, 여기서 주목할 것은 $Zn^{II}TPP$와 $Zn^{II}DTBP$ 는 그 크기가 Negatively Chirped > Transform limited > Positively Chirped Pulse의 순으로 감소하는 반면에, $Zn^{II}OEP$의 경우는 그 반대의 현상이 관측되었다.





Potential Energy Surface(PES)상에서, Pump Pulse에 의해 아주 짧은 순간에 두 Electronic State (S_2-S_0) 의 Coherent State가 형성되고, 그러한 짧은 시간에서의 동력학은 시간의존 진동파동함수의 선형결합으로 이루어지는 파동뭉치(Wave Packet)의 운동으로 기술되어 진다. Pump Pulse에 의해 생성된 파동뭉치는 Excited 와 Ground State 모두에서 PES를 따라 움직이게 되는데, 흡수밴드의 단파장쪽을 Excitation한 $Zn^{II}TPP$와 $Zn^{II}DTBP$의 경우는 파동뭉치가 움직이는 방향과 Negatively Chirped Pulse의 주파수분포가 일치하여 상쇄간섭을 일으키지 못하고 PES에서 오랫동안 이동할 수 있다. 따라서 Oscillation의 크기가 크며 Dephasing이 느리게 나타난다. 또한, Positively Chirped Pulse에서는 상쇄간섭으로 인해 Dephasing이 빨라 Oscillation이 거의 나타나지 못한다. 반대로 $Zn^{II}OEP$의 경우는 흡수밴드의 장파장쪽을 Excitation하였기 때문에 이와는 정반대의 현상을 나타내는 것이다.

시간영역의 Oscillatory Part만을 Fourier Transform하면 주파수영역의 Power Spectrum을 얻을 수 있게 된다. 이로부터 아주 짧은 시간대의 분자의 진동운동에 관한 정보를 얻을 수 있게 되는데, 얻어진 Power Spectrum은 모든 포피린 단량체에 있어서 Ground State Resonance Raman Spectrum과 아주 유사하게 일치하였다. 단, $Zn^{II}OEP$의 경우 200 cm^{-1} 영역대에서 Raman에서는 보이지 않는 몇 개의 밴드가 발견되었다. FCS의 경우, Ground State뿐만 아니라 Excited State의 진동운동도 기여를 하므로 이것은 Excited State의 진동모드가 관여한 것으로 볼 수 있다. 이는 Transition에서 두 Electronic State간 분자구조의 변화가 좀 더 많다는 것을 말해주고 있다. Energy Transfer를 위한 분자전선으로서, Electronic State들 간에 분자구조의 변화가 없는 것이 효과적이므로 $Zn^{II}TPP$와 $Zn^{II}DTBP$가 그 Candidate로서 가치가 있다는 것을 말해준다.



Molecular Wire에서의 Exciton Coupling에 의한 Energy Transfer 에 관한 연구와 Coherent Spectroscopy Noncollinear OPA System를 이용한 보다 짧은 5펨토초 시간대의 Pulse를 이용한 연구가 진행 중이다.

Photophysics of Porphyrin Molecular Wire as Photonic Devices

최근에 분자수준에서 광물리적 및 광전자적 성질을 임의로 조절할 수 있는 광범위한 연구가 광학 디바이스, 센서 및 태양에너지의 이용 등에 이용될 수 있다는 점에서 다양하게 수행되어 왔다. 분자 전자 소재로써 포피린 어레이와 같은 거대 유기분자는 좋은 광감응성을 갖고 있을 뿐 아니라 포피린 단위체와 어레이 구조에 따른 포피린 어레이의 성질을 다양하게 조절할 수 있어 지금까지 많은 연구가 되어왔다. 본 연구단에서 연구중인 분자 전자 소재 어레이는 그림 1이 보여주고 있다. 즉 메조 위치에 직접 연결된 포피린 어레이와 완전히 π-오비탈이 공액 (conjugation)된 fused 어레이의 두 형태의 분자 어레이에 대한 광물리적 현상을 연구 중에 있다.

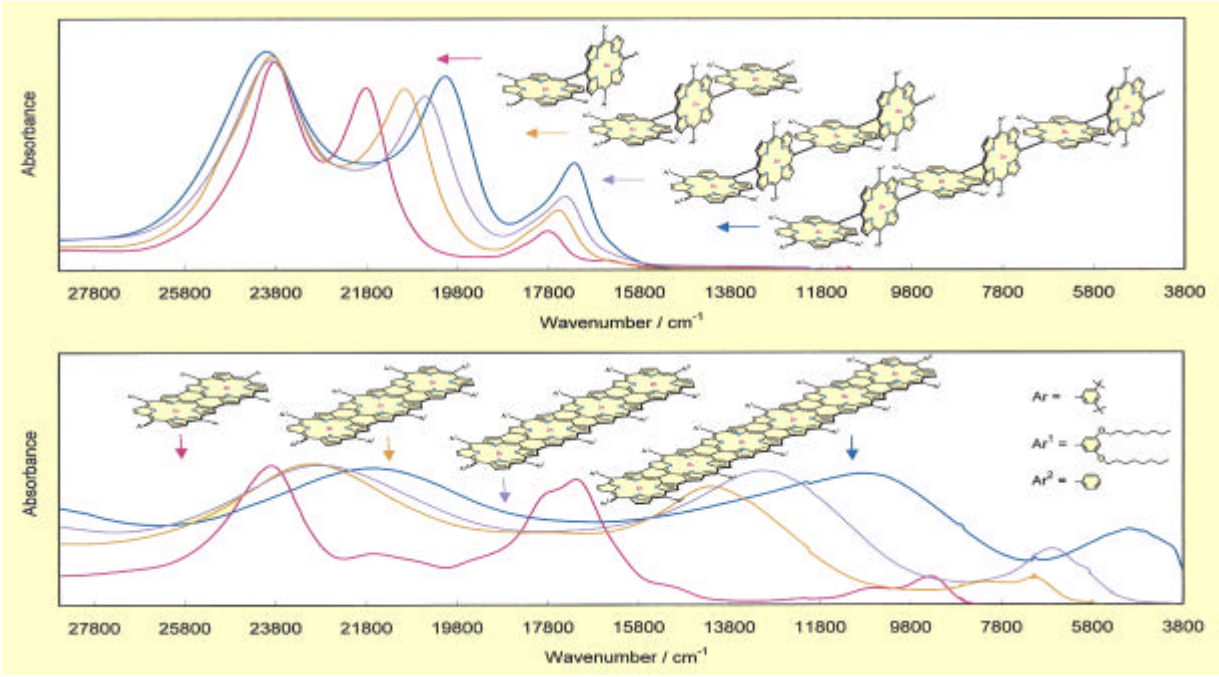


그림 1. 메조 위치에 직접 연결된 포피린 어레이와 fused 포피린 어레이의 구조 및 흡수 스펙트럼

그림 1의 흡수 스펙트럼에서 메조 위치에 직접 연결된 어레이의 엑시톤 밴드가 나타남을 알 수 있다. 즉 포피린 단량체 사이의 엑시톤 상호 작용이 강하게 일어나고 있음을 알 수 있다.

이러한 포피린 어레이는 좋은 에너지 전달 전선으로 사용될 수 있는 가능성이 예측되는데 이와 관련된 중요한 이슈가 흥분 상태에서의 결맞음 길이(coherent length)가 "몇 개의 포피린 분자에 분포되어 있는가"일 것이다.

이것을 결정하기 위하여 포피린 어레이의 분자의 개수는 단량체에서부터 길이가 108 nm가 되는 128개까지의 포피린이 연결된 어레이들을 연구하였다. 그에 따른 어레이의 자연 소멸 시간 (natural radiative lifetime)을 측정하였는데 그림 2는 메조 위치에 직접 연결된 포피린 어레이의 결맞음 길이는 5-6개임을 보여주고 있다. 이는 식물이나 박테리아의 광합성계에서 관찰되는 결맞음 길이가 4개 정도임을 감안할 때, 상당히 에너지 전달 효율이 좋다는 것을 의미한다.

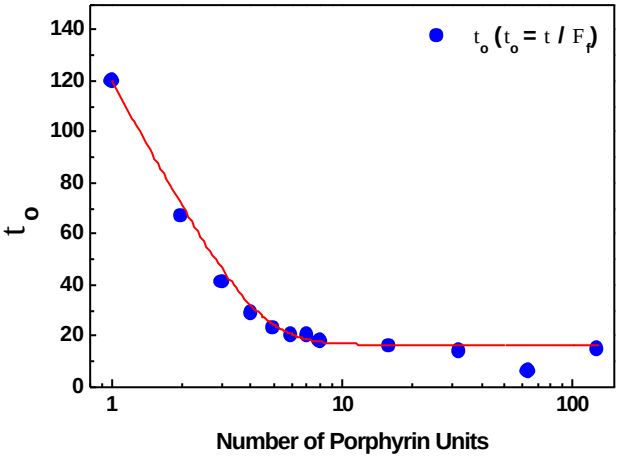


그림 2. 포피린 분자 개수에 따른 상대적인 소멸 시간 (relative natural radiative lifetime)

두번째 어레이로 포피린들이 12개까지 공액된 시스템에 대한 연구를 수행하고 있다. 지금까지 유기 전도 물질, 근적외선 색소체, 비선형 광학 물질 및 분자 전선으로 응용 가능한 공액된 다양한 유기 분자들에 대한 연구가 수행되었는데 몇 가지의 어려운 문제들이 야기되었다. 즉 화학적 불안정성, 낮은 용해도 및 공액 포화 (conjugation saturation) 현상 등이 그러한 예라 할 수 있다. 그림 1은 공액된 포피린 어레이들의 흡수 스펙트럼이 나타나 있다. 이 어레이들의 흡수 스펙트럼은 메조 위치에 직접 연결된 포피린 어레들과는 상당히 다른 경향을 보여주는데 특히 Q-band로 정의될 수 있는 흡수 밴드가 적외선 영역까지 이동함을 알 수 있다. 이 밴드의 변화는 에너지 축에서 볼 때 선형적으로 비례함을 알 수 있다. 즉 효율적인 공액 길이(effective conjugated length)가 상당히 크다는 것을 의미한다. 또한 전자 산화 포텐셜이 어레이 크기에 따라 점차 낮아짐을 알 수 있었다. 위로부터 이 포피린 어레이는 효율적인 전자 전달 전선으로 사용될 수 있음을 알 수 있다.

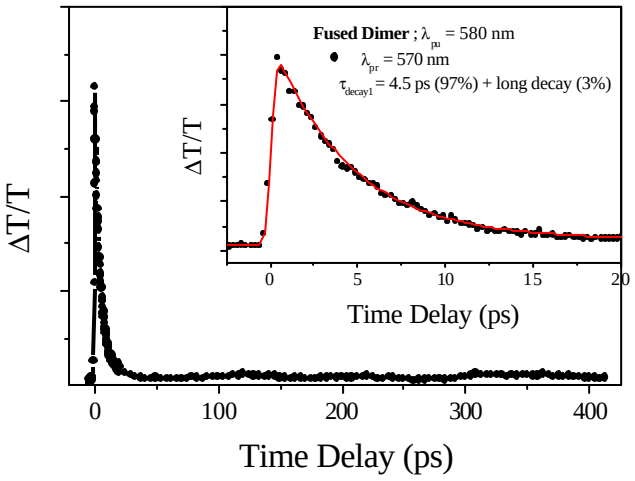


그림 3. 2.1 eV 광펌핑 후에 일어나는 fused 포피린 다이머의 bleaching recovery

그림 4는 B-밴드(3.1 eV)의 광펌핑 후의 에너지 소멸 현상을 보여준다. 즉 상당히 많은 여기 에너지를 받았을 때 각각의 프로브 에너지에서의 bleaching recovery를 관찰하였다. 다른 낮은 에너지 (1.2, 2.2 eV)에서 bleaching rise가 나타난 반면 2.9 eV 프로브 에너지에서는 bleaching rise가 나타나지 않았다. 이로부터 fused 다이머의 에너지 소멸 현상의 주된 경로를 유추할 수 있었다. 두번째 밴드와 마지막 Q-밴드 사이에서는 상당히 빠른 에너지 소멸 pathway가 존재하는 반면 첫번째(B-밴드)와 두번째 밴드사이가 에너지의 소멸의 bottle-neck으로 작용하고 있음을 알 수 있었다.

Fused 어레이의 광물리적 현상은 지금까지 연구된 포피린과는 상당히 다르다는 것을 알 수 있었다. 현재 12개의 포피린으로 구성된 fused 어레이의 광물리적 현상을 연구 중에 있고 이를 위해서는 2500 cm^{-1}의 낮은 에너지인 적외선 영역까지의 실험을 수행 중에 있다.

이러한 fused 포피린 어레이들의 기본을 이루는 이합체의 광물리적 현상에 대한 연구가 수행되어졌다. 그림 3에서 이 분자의 두번째 주요 밴드(2.1 eV)로 광펌핑된 후 나타나는 bleaching recovery를 보여주고 있다. 상당한 부분이 빠른 시간 (~4.5 ps)에 bleaching recovery되고 있음을 보여준다. 다른 프로브 에너지 (1.2, 2.9 eV)에서의 bleaching recovery도 동일한 현상이 관찰되었다. 이에 반하여 메조 위치에 직접 연결된 포피린 이합체는 1.9 ns의 느린 bleaching recovery를 보인다. 두 포피린 어레이가 상당히 다른 광물리적 현상을 보인다는 것을 알 수 있었다.

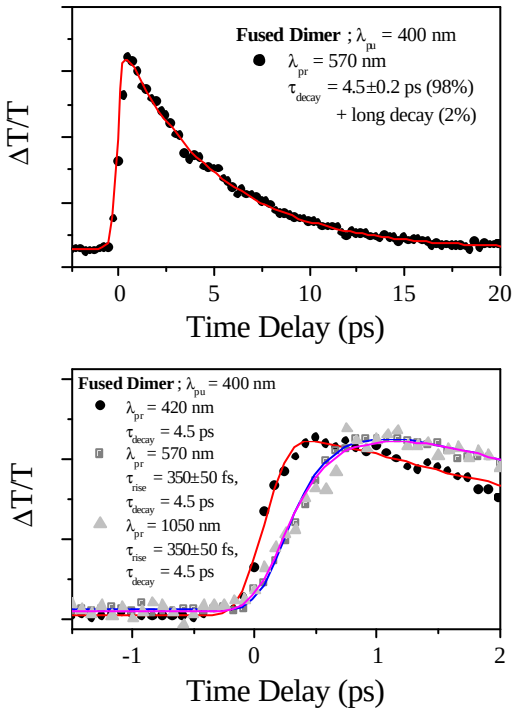


그림 4. 3.1 eV 광펌핑 후에 일어나는 fused 포피린 이합체의 bleaching recovery.

Supermolecular MO description for Strapped Porphyrin Dimers

Strapped Porphyrin Dimer 는 본 연구단에서 수행하고 있는 연구 대상계의 하나로, meso-meso Directly-Linked Porphyrin Dimer (Z2) 와 이의 연장된 형태인 Porphyrin Array 들에서 보이는 Porphyrin Ring 들간의 수직한 구조를 인위적으로 변화 시켜 Porphyrin Ring 사이의 이면각에 따른 물질 특성의 변화를 관찰하기 위하여 합성된 화합물이다.

그림 1에서 보듯이 Porphyrin Ring 간의 이면각을 Porphyrin meso 위치에 연결된 Phenyl 치환체를 연결하는 탄화수소 사슬의 길이를 조절하여 변화하도록 하였다. 이렇게 Porphyrin Ring 간의 각을 조절함으로써 그림 2에서 보는 바와 같은 흡수 스펙트럼의 변화를 관찰할 수 있었다.

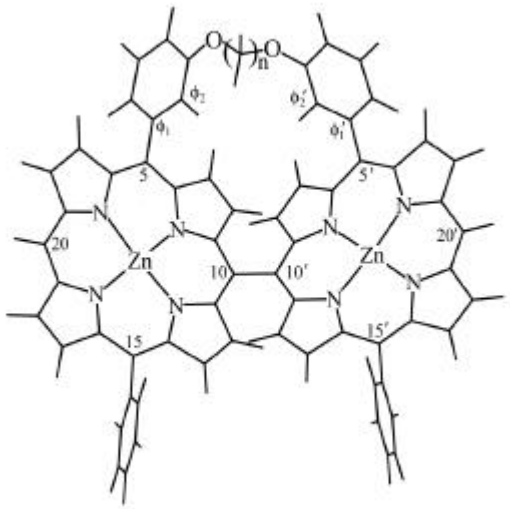


그림 1. Strapped Porphyrin Dimer 의 화학 구조

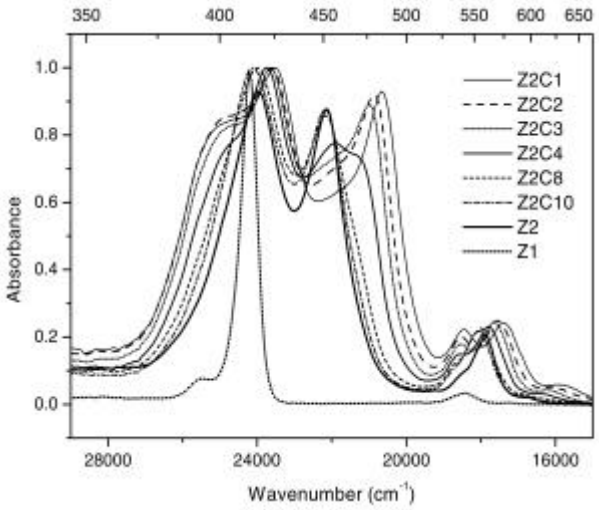


그림 2. Strapped Porphyrin Dimer 의 흡수 스펙트럼

그림 2에서 보면, 탄화수소 사슬을 연결하지 않아 Porphyrin Ring 간에 직각을 유지하는 경우 (Z2) 로부터 스펙트럼이 점차 변해 가는 것을 볼 수 있다. 특징적으로, 400 nm 부근의 흡수 밴드가 점차 갈라져서 분리되고, 450 nm 부근의 밴드가 점차 줄어 더 긴 파장쪽으로 새로운 밴드가 강하게 형성되는 것을 볼 수 있다. Q 밴드 영역에서도 비슷한 변화가 관찰되지만, Q 밴드 자체의 Oscillator Strength 가 작아 밴드들이 B 밴드 영역에서만큼 눈에 띄게 분리되지는 않는다. 각의 변화에 따라 수반되는 여러 현상들이 Circular Dichroism (CD) Spectroscopy, Electroabsorption Spectroscopy, Resonance Raman (RR) Spectroscopy 등의 분광법으로 관찰되었다.

CD Spectroscopy 결과는 400 nm 부근에서 갈라지는 두 밴드가 서로 다른 특성을 가지고 있음을 나타내었고, 450 nm에서 480 nm까지의 스펙트럼 변화가 하나의 밴드가 이동해 가는 것이 아닌 새로운 밴드가 나타나고 있던 밴드는 소멸되어 가는 것임을 확인시켜 주었다. 또한, Electroabsorption Spectroscopy를 통해서 390 nm와 480nm에서 나타나는 밴드들이 Charge Resonance Character를 지닌다는 것을 보여 주었다. 특히, 458 nm와 488 nm 레이저 광으로 여기시켜 얻은 RR Spectrum은 450 nm와 480 nm에 나타나는 두 밴드가 명확히 구별되는 다른 특성을 지닌 두 밴드라는 것을 확인시켜 주었다 (그림 3). Excitonic Character를 지닌 450 nm에 Resonance Excitation 시킨 경우 이면각의 변화에 따라 새로운 밴드들이 강하게 나타나는데, 이는 이면각의 변화에 따라 수반되는 Symmetry Relaxation을 잘 반영하고 있다. 반면, Charge Resonance Character 를 지닌 480 nm 밴드에 Resonance Excitation 시킨 경우 Symmetry Relaxation을 반영하는 새로운 밴드가 전혀 나타나지 않고 있다.

이러한 현상들은 Z2의 광학적 특성을 설명하기 위해서 사용한 Simple Exciton Theory로 설명이 되지 않는다. 일반적으로 Exciton Theory는 Dimer를 이루는 구성 성분의 전자적 특성이 서로에 의해서 크게 변화하지 않는 경우에 잘 적용되는 것으로, meso 위치에 두 Porphyrin 분자가 직접 연결된 형태에서는 이 이론을 적용하기가 어렵다. Z2에서는 두 Porphyrin의 구조가 직각을 이루어 π–π interaction이 거의

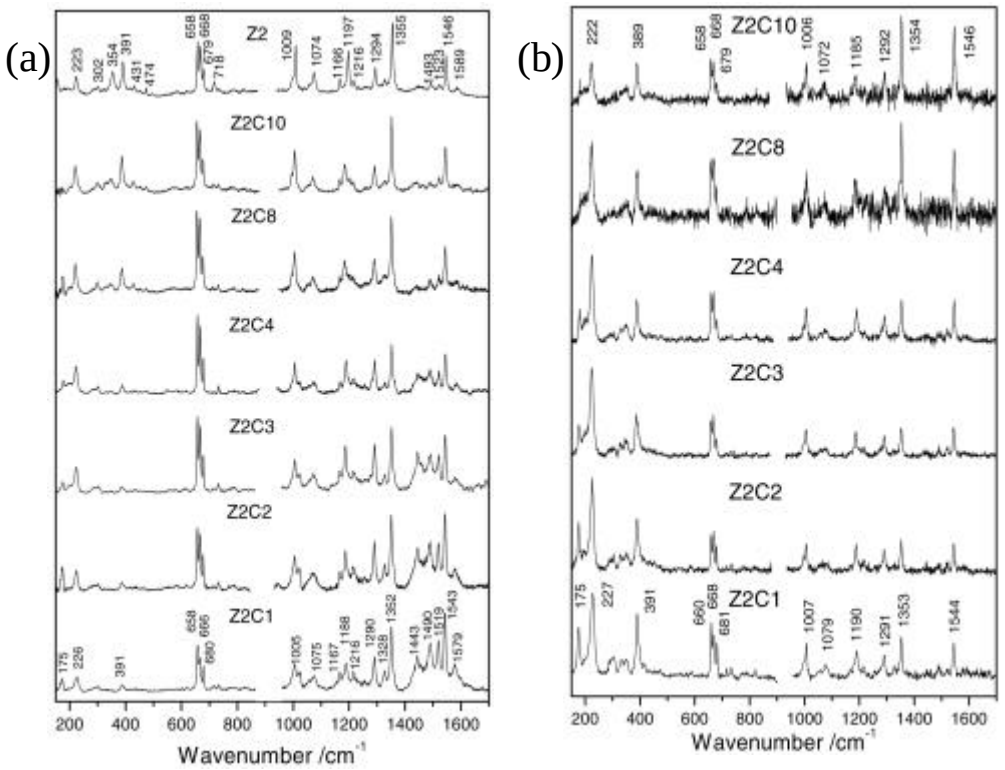


그림 3. Strapped Porphyrin Dimers **의** Resonance Raman Spectra.
(a) 458 nm excitation. (b) 488 nm excitation.

완전히 억제되어 Exciton Theory**를 이용하여 현상을 잘 설명할 수 있었다. 하지만**, Strapped Porphyrin Dimer **에서는 각이 직각에서 벗어나게 되면서** π–π interaction**이 커지게 되므로 이 이론을 적용하는데 한계가 있다**.

구성 Porphyrin Ring**들간의 상호작용이 큰** Strapped Porphyrin Dimer**의 광학적 현상을 설명하기 위하여** Dimer **전체의** Molecular Orbital**을 구성하는** Supermolecular MO Approach**를 적용하였다**. Supermolecular MO**를 구성하기 위하여** Goutermann**의** four orbital**을** basis function**으로 이용하였으며** four orbital theory**에 사용된 가정들을 바탕으로** Strapped Porphyrin Dimer**의** MO **를 구성하였다**.

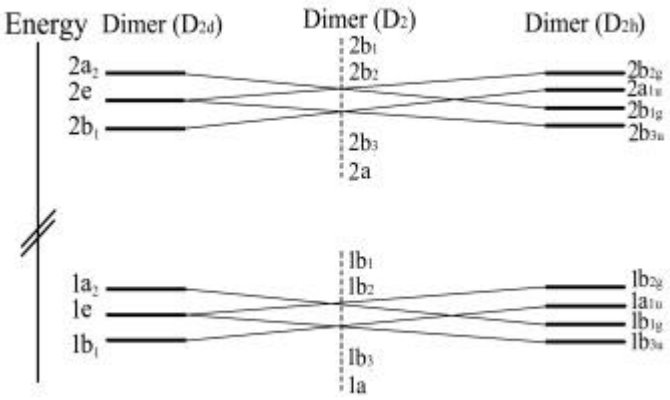


그림 4. Strapped Porphyrin Dimer**의** Molecular Orbital

그림 4**는 이면각이** 90**도** (D_{2d})**에서** 0**도** (D_{2h})**까지 변화함에 따른** MO**의 변화를 나타내고 있다**. **이** Supermolecular MO **를 바탕으로** configuration interaction **계산하여** Strapped Porphyrin Dimer**의 광학적 특성을 기술함으로써** Exciton Theory**로 설명할 수 없었던 특정 밴드의** Charge Resonance Character**를 기술할 수 있게 되었고 또한 이면각의 변화에 따른 여러 광학적 특성의 변화를 예측할 수 있었다**.

Resonance Raman Study of Directly-Linked Porphyrin Arrays

Resonance Raman Spectroscopy는 분자의 여기상태에 대한 정보를 제공하는 분광법으로 특히 분자의 구조와 관련된 연구에 효과적으로 이용되어 왔다. Directly-Linked Porphyrin Array의 경우 특성이 다른 두 Soret Exciton Band가 존재하는데 이 두 밴드에 의한 Resonance Raman 현상을 연구하였다.

그림 1은 Porphyrin Array의 흡수 스펙트럼으로 Porphyrin Unit의 수가 증가함에 따른 흡수 스펙트럼의 변화를 보여주는 것으로 410 nm 부근의 High-Energy Soret Exciton Band는 거의 변화를 보이지 않는 반면에 Low-Energy Soret band는 지속적으로 장파장으로 이동하였다. 따라서 Raman Excitation Line을 그림에서와 같이 선택하였다. 그림 2는

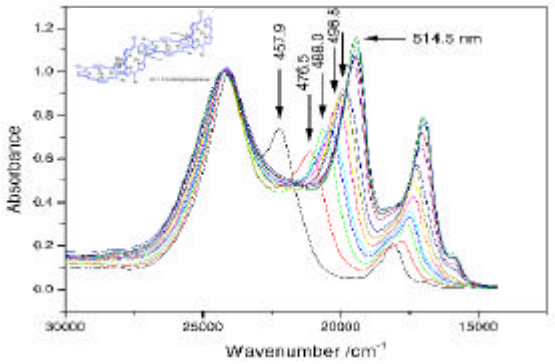
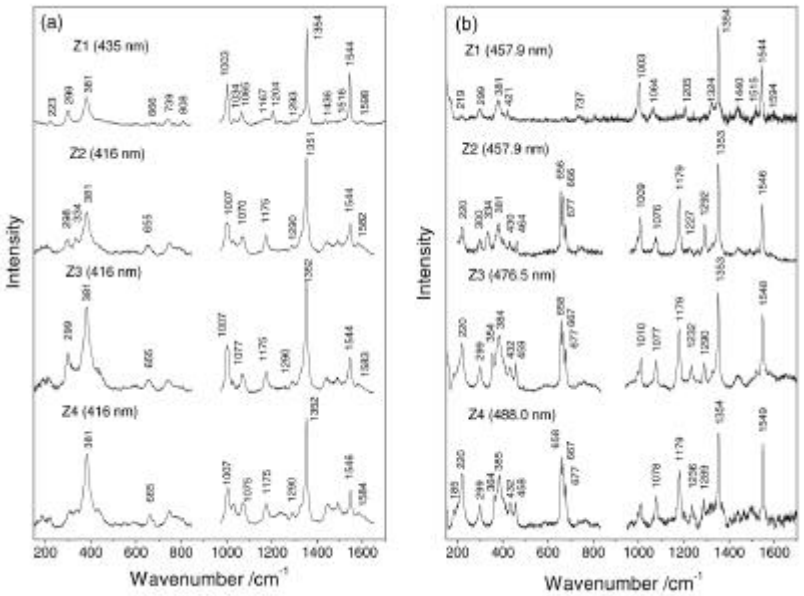


그림 1. Porphyrin Array의 흡수 스펙트럼



Z1 ~ Z4 의 RR spectrum 으로서 High-Energy Soret Exciton Band에 Resonance Excitation 하였을 때 Porphyrin Monomer의 Spectrum을 닮았고 Low-Energy Soret Exciton Band에 Excitation 시켰을 때 Dimer의 Symmetry를 반영하는 Spectrum을 보여준다. 후자의 경우 AM1 또는 PM3 수준의 Normal Mode Calculation을 통하여 Vibration Spectrum을 분석한 결과, 지금까지 Porphyrin Dimer에서 관찰되지 않았던 Dimeric Interaction에 의한 Vibrational Splitting이 예측되었고 이러한 Splitting이 Mode에 따라 다름을 보여주었다. 그림 3에서 나타난 isotope 치환 실험을 통해 계산에 의한 결과를 뒷바침하였다.

그림 2. Porphyrin Array의 RR Spectrum. Excitation at High-Energy Soret Transition, (a) & Low-Energy Soret Band (b).

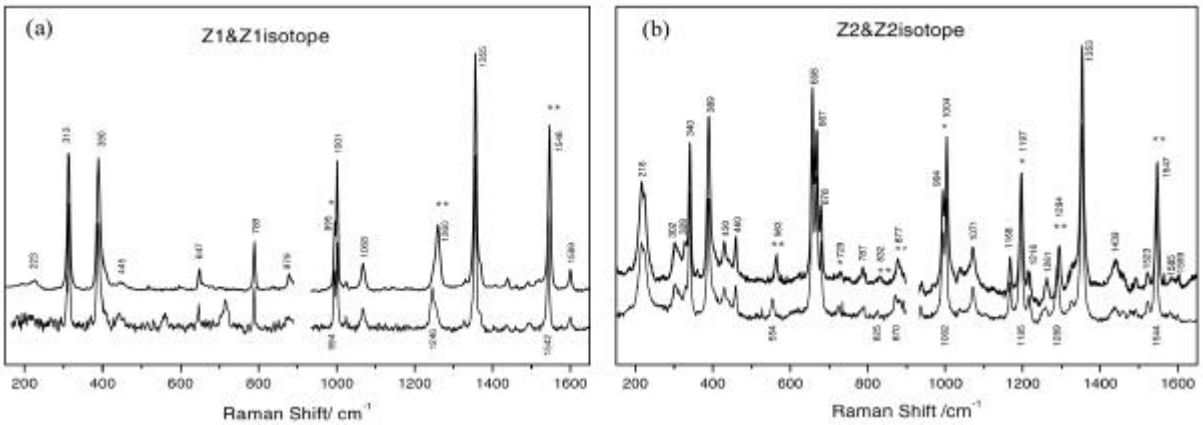
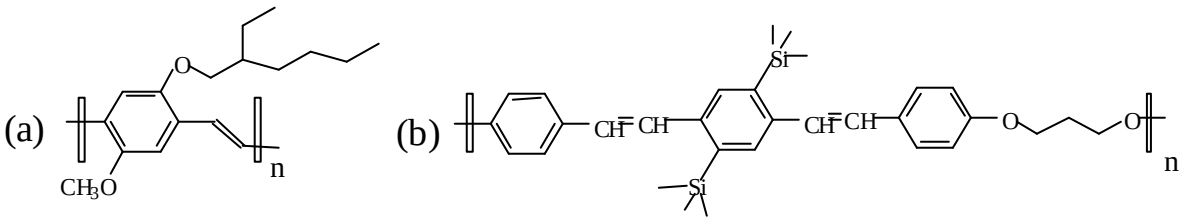
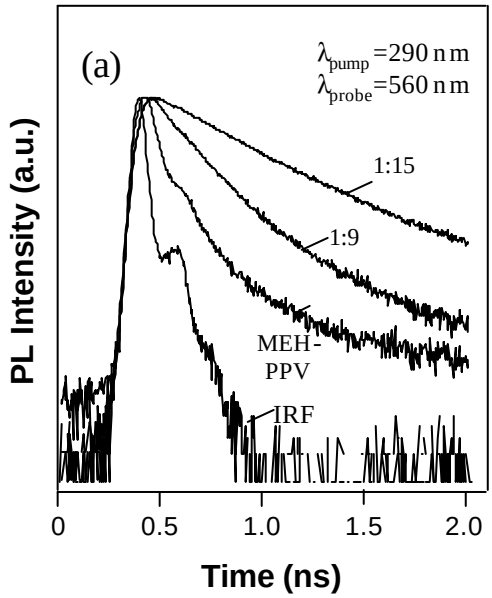


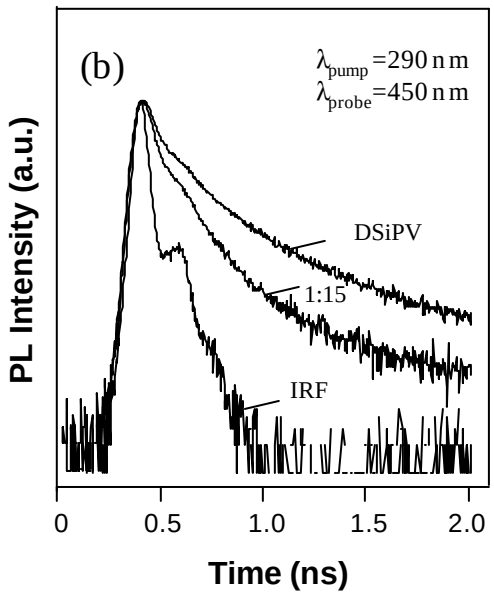
그림 3. Isotope Experiment. (a) for Z1 & (b) for Z2.

Ultrafast Energy Transfer Dynamics of Blended Polymeric Systems

고분자 전기 발광 소자들의 양자 효율을 증가 시키기 위해서 에너지 전달을 유발시키는 고분자의 blending 방법이 많이 사용되어져 왔다. 에너지 전달 과정은 dipole-dipole 상호 작용에 기인한 Förster type 에너지 전달 과정으로 설명되어져 왔다. 시간 분해 분광학에 기초한 자료를 분석한 결과 MEH-PPV (poly[2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-phenylenevinylene]) 과 DSiPV (poly[1,3-propane-dioxy-1,4-phenylene-1,2-ethylene(2,5-bis(tri-methylsilyl)-1,4-phenylene)-1,2-ethylene-1,4-phenylene]) 고분자를 섞은 blend polymer에서는 바로 인접한 가장 가까운 고분자 사슬간의 거리에 의해 매우 빠르게 에너지 전이가 일어 나며 이러한 현상은 유도 방출과 광 유도 흡수를 설명하는데 고려되어야 한다는 여러 가지 증거를 발견하였다. 실험 방법으로는 형광의 수명 시간을 측정하기 위해서는 picosecond laser에 기초한 시간 일치 단일 광자 계수법과 femtosecond laser를 이용하는 fluorescence up-conversion 방법이 사용되었으며 고출력 femtosecond laser를 이용한 순간 흡수 분광학 방법이 사용되었다. 이러한 고분자 사슬간의 상호 작용은 순간 흡수 분광학에서 고분자 사슬간의 exciton 생성에 의한 광 유도 흡수의 증가로 인한 유도 방출의 감소를 설명할 수 있다. 따라서 고분자 사슬간의 상호 작용이 dipole-dipole 상호 작용에 기초를 둔 에너지 전달 과정에서 매우 중요한 역할을 한다고 제안하였으며 이러한 상호 작용은 고분자의 morphology (용매에 의한 miscibility), 사용되는 용매 등 여러 가지 분광학적 성질이외의 요소들이 고려되어야 한다는 것을 나타내고 있다. 이러한 연구 결과는 이종 고분자 전기 발광 고분자 소자의 성능을 개선시키는데 고분자 사슬간의 상호 작용의 역할에 대한 새로운 이해를 돕게 되리라 기대된다.



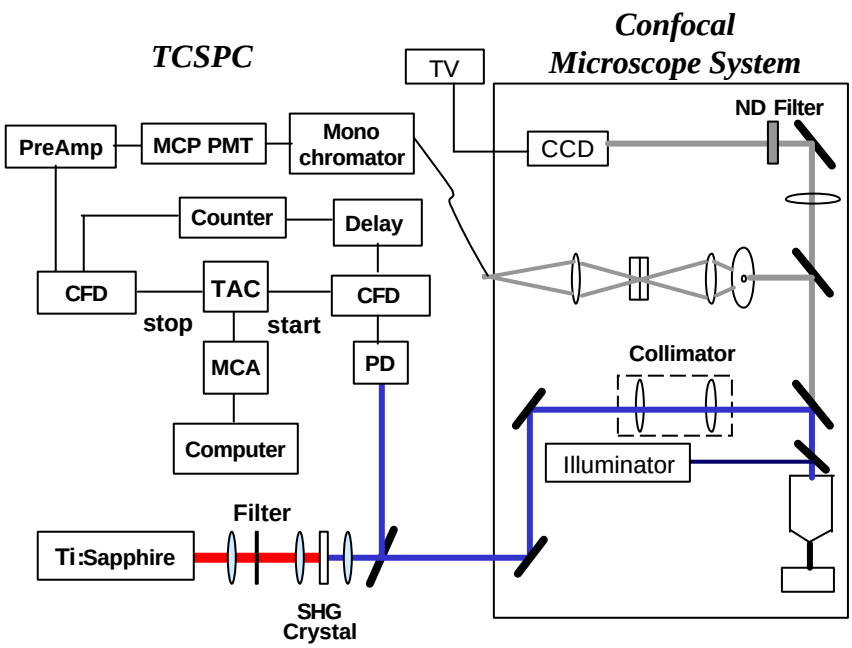




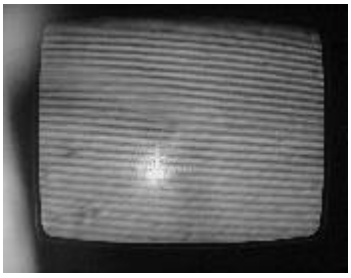
Confocal Scanning Microscope System

기존의 반도체 발광소자를 대체 할 수 있는 신소재의 미세구조와 발광층 두께에 따른 광 물리적 현상 및 발광 특성을 연구하기 위하여 화학,의학,생물학 등 매우 다양한 분야에서 널리 사용되는 Confocal Microscope 기술을 steady-state 및 time- resolved photoluminescence 장치에 도입시킨 실험장치를 구성하였다. 본 장치는 공간 (~ μm) 및 시간 (~ ps) 분해능을 동시에 구현할 수 있는 장점을 지니고 있어 실제 공간상에서 일어나는 화학 및 물리적 변화를 시간에 따라 직접 관측할 수 있다. 본 연구에서는 발광 고분자의 미세구조와 고분자 층의 두께에 의한 에너지 전달 효율성이 발광 특성과 발광수명에 미치는 영향을 연구중에 있다.

5W 출력의 cw Nd:YAG 레이저 (Verdi, 532 nm)에 의해 광펌핑하여 Mode-Locking 된 Ti:sapphire laser를 beam splitter를 이용하여 Confocal Microscope를 거쳐 시료를 여기시키는데 사용되고 광 다이오드로 보내진 빔은 trigger source로 이용된다. Trigger 신호는 지연선을 거쳐 CFD로 보내진 후 노이즈를 제거하여 TAC의 시작 신호로 사용되어 진다. 시료로부터 방출된 발광은 단색화 장치를 사용하여 관측하고자 하는 파장을 선택하여 PMT에 의하여 검출되며 동시에 TAC의 정지 신호로 사용된다.



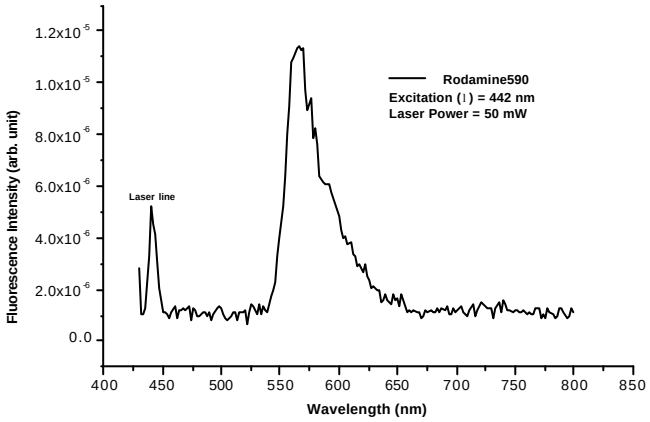
1200 groove/mm



×100 Objective Lens (N.A 0.9)

Confocal Microscope를 이용하여 미세구조에 따른 발광 특성을 보다 정확히 측정하기 위해서는 여기빔의 크기가 매우 중요한 요인이 된다. 이를 정확히 측정하기 위하여 회절격자(1200 groove/mm)에 cw He-Cd laser(442nm)를 대물렌즈(*100, N.A 0.9) 를 통하여 조사시킨 결과 직경이 1μm의 크기를 갖는 여기광을 얻을 수 있었다.

cw He-Cd laser(442nm, 50 mw)를 시료(Rodamine 590)에 조사하여 발광 스펙트럼을 측정하였다. 실제 발광은 In-Focus 및 Out of Focus 지점에서 동시에 일어나며 spatial filter (slit)를 사용하여 Out of Focus 지점에서 발생한 발광을 제거하여 줌으로써 신호 대 잡음 비를 향상시키고 focal point에서 정확한 특성을 측정할 수 있다.

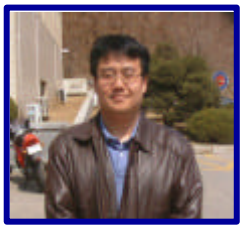


연구단 구성

□ 연구단장

Director ***Prof.*** **Dongho Kim**
dongho@yonsei.ac.kr

Post Doc. *Dr.* Dae Hong Jeong
jeongdh@alchemy.yonsei.ac.kr



Ph.D Student Cheon Min Kim
cmkim@alchemy.yonsei.ac.kr

Ph.D Student Hyun Sun Cho
hscho@alchemy.yonsei.ac.kr

Ph.D Student Jeong-Hyun Ha
hajh@yonsei.ac.kr

Ph.D Candidate Yong Hoon Kim
yhkim@alchemy.yonsei.ac.kr

Ph.D Candidate Min-Chul Yoon
mcyoon@alchemy.yonsei.ac.kr

Grad. Student Sung Mun Jang
jangsm@yonsei.ac.kr

Undergrad. Student Jae Hong Park
astral77@yonsei.ac.kr

Undergrad. Student Sung Cho
qlcnsksl@yahoo.co.kr

Undergrad. Student Bo Mi Choi
conpoco@hanmail.net

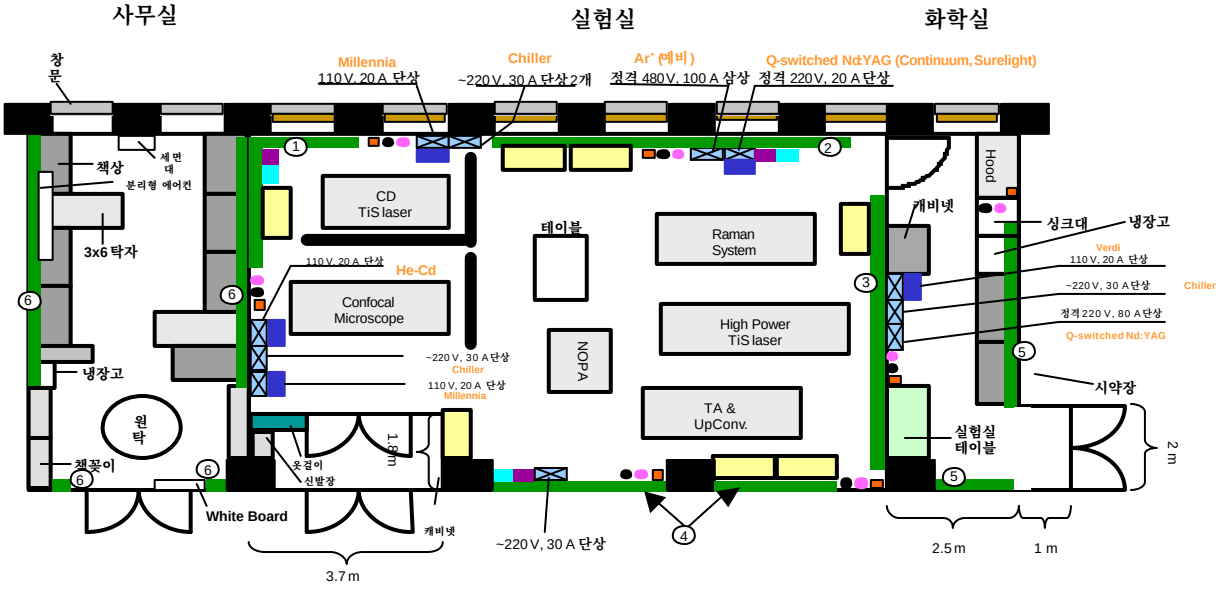
Undergrad. Student Shin Ae Cho
gram26@hanmail.net

Secretary Jin Min Lee
jinmin@alchemy.yonsei.ac.kr

연구단 소식

1997 년 12 월 한국표준과학연구원 양자 표준 연구부의 김동호 박사를 단장으로 하여 과학 기술부의 창의적 연구 진흥 사업단인 "초고속 광물성 제어 연구단" 이 한국 표준 과학 연구원내에 설립되어 2000 년 9 월 30 일자로 1 단계 연구를 마무리하고 연구 결과 평가를 2000 년 8 월 30 일에 교육 문화 회관에서 받았다. 과제 평가 결과와 외국인의 서면 평가를 종합한 결과가 우수하여 본 연구단은 2 단계 연구를 계속하기로 결정되었다. 아울러 사업 단장이 2000 년 10 월 1 일부로 연세 대학으로 자리를 옮김에 따라서 창의 사업의 관리 규정에 의해 유치 기관 변경 신청을 요청하여 2000 년 11 월에 연세 대학교에서 유치 기관의 지원 사항 및 연구 공간등에 대해서 실사를 받게 되었고, 최종적으로 과학 기술부로부터 유치 기관 변경이 승인이 되었다. 따라서 새로운 유치 기관인 연세 대학의 실험실 공간에 대해서 필요한 제반 공사를 완료하고 이전 유치 기관 이었던 한국 표준 과학 연구원과 이전 장비에 대한 제반 절차를 완료하여 2001 년 2 월에 새로운 유치 기관인 연세 대학으로 장비 이전을 완료 하였다.

새로운 연구 공간으로 대략 10 평의 사무실 공간과 40 평의 실험실 공간을 이과 대학의 B 115 와 B 116의 공간에 배정 받았다. 실험실 공간 중 37 평은 clean room 환경으로 공사를 하여서 먼지의 숫자가 대략 10,000 counts 이하이며 온도는 20 °C로 상대 습도는 50 %를 항상 유지하도록 설비를 갖춰, 실험실 환경이 이전보다 향상 되었다. 나머지 3 평의 공간은 wet chemistry를 하기 위한 hood, solvent distillation 장치, vacuum line, oven등이 갖춰진 공간과 공조기, pump, automatic voltage regulator등이 있는 기기실로 구성 되었다. 실험실 layout은 다음과 같이 구성되었으며 필요한 cooling water line, 전기 line, 압축 공기 line등도 잘 구비 되어있다. 이러한 실험실 공사를 위하여 연세 대학교로부터 7000 만원의 재정 지원을 받았다.



연구원 동정

1 단계 사업을 같이한 연구원들 중에서 황영남 박사는 2000 년 9 월 1 일부로 삼성 반도체로 그리고 김용희 박사는 대전 소재 벤처 기업인 "아하 사이언스"로 2000 년 10 월 1일 부로 각각 자리를 옮기게 되었다. 그리고 연세 대학에서는 장성문 학생이 석사 과정으로 본 연구단에 합류하여 현재 porphyrin array의 resonance Raman과 normal mode analysis에 관한 연구를 수행 중 이다.

☞ **장성문** (세종 대학교 화학과 졸업)
세부 연구 분야: porphyrin array의 resonance Raman 및 normal mode analysis를 통한 array 분자의 구조 연구

연구단 활동

1. 2 단계 사업의 1 차 년도 연구 결과

가장 중요한 일은 1 단계 창의 사업으로 구입한 연구 장비를 연세 대학으로 이전하여 새로이 설치하는 문제였다. 이를 성공적으로 수행하여 이전보다는 더 좋은 환경에서 연구할 수 있는 연구 환경을 구축하였다. Cavity -dumped Ti:sapphire laser는 pulse 폭을 더욱 줄이고 wavelength tuning range를 확대하도록 하였다. 그리고 더 짧은 펄스를 발생하기 위한 방법으로는 Noncolinear Optical Parametric Amplifier (NOPA) 기술을 이용하여 5 fs 이하의 optical pulse를 발생할 계획으로 여러 가지 optical components를 주문하였다. Confocal microscope는 He:Cd laser 와 새로운 광학계로 구성하여 laser beam spot을 0.9 μm 이하로 줄일 수 있도록 하였다. Transient absorption 측정 장치는 두 개의 Optical Parametric Amplifier를 pump하여 두 개의 independent한 tunable source를 보유하여서 two-color pump/probe 실험을 IR 영역까지 확대하도록 할 계획이다. 아울러 Raman 실험은 picosecond time-resolved Raman 실험을 위하여 liquid nitrogen cooled CCD detector를 이용하여 picosecond Raman data를 얻을 계획이며 nanoseocnd 및 cw laser를 이용한 Raman 도 종래의 방법으로 실험하고 있다. 또한 normal mode analysis와 molecular orbital calculation등과 같은 이론적 계산이 porphyrin array의 electronic structure를 이해하는데 점점 더 중요한 문제로 대두되었다.

2. 국내외 연구논문 발표

◆ **Full Paper**

1. N. Q. Liem, V. X. Quang, D. X. Thanh, J. I. Lee, A. K. Viswanath and D. Kim, "BiexcitonPhotoluminescence in cubic ZnS single crystals", *App. Phys. Lett.* **75(25)**, 3974 (2000).

2. Y.-N. Hwang, C. M. Kim, S. C. Jeoung, D. Kim and S.-H. Park, "Effect of glass electronic states on carrier dynamics in semiconductor quantum-dot structures", *Phys. Rev. B* **61(7)**, 4496 (2000).

3. H. S. Cho, N. W. Song, Y. H. Kim, S. C. Jeoung, S. J. Hahn, D. Kim, S. K. Kim, N. Yoshida and A. Osuka, "Ultrafast Energy Relaxation Dynamics of Directly Linked Porphyrin Arrays", *J. Phys. Chem.* **103(31)**, 6504 (2000).

4. S. I. Yang, J. Li, H. S. Cho, D. Kim, D. F. Bocian, D. Holten and J. S. Lindsey, "Synthesis and Excited-State Photodynamics of Phenylethyne-Linked Porphyrin-Phthalocyanine Dyads", *J. Mater. Chem.* **10(2),** 283-296 (2000).

5. H. S. Cho, S. K. Kim, D. Kim, K. Fujiwara and K. Komatsu, "Ultrafast Energy Relaxation Dynamics of C120, a[2+2]-bridged C60 Dimer", *J. Phys. Chem. A* **104(43),** 9666-9669 (2000).

6. J.-I. Lee, T. Zyung , R. D. Miller, Y. H. Kim, S. C. Jeoung and D. Kim, "Photoluminescence study on exciton migration and trapping in a copolymer based on poly(fluorene)", *J. Mater. Chem.* **10(7),** 1547-1550 (2000).

7. S.-H. Jung, H. K. Kim, S.-H. Kim, Y. H. Kim, S. C. Jeoung and Dongho Kim, "Palladium-Catalyzed Direct Synthesis, Photophysical Properties, and Tunable Electroluminescence of Novel Silicon-Based Alternating Copolymers", *Macromolecules* **33(25),** 9277-9288 (2000).

8. K. S. Cho, W. H. Lee, D. Kim and J. -W. Choi, "Fabrication of molecular scale photodiode using phase separation technique", *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Sci. Technol. Sect. A* **349,** 319-322 (2000).

9. J. -W. Choi, Y. -S. Nam, S. -Y. Oh, D. Kim and W. H. Lee, "Development and Application of a Direct Beam Lithography for the Bioelectronic Device", *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Sci. Technol. Sect. A* **349,** 295-298 (2000).

10. J. W. Yu, J. K. Kim, H. N. Cho, D. Y. Kim, C. Y. Kim, N. W. Song and D. Kim, "Long-Range Energy Migration in Photoexcited Polymers", *Macromolecules* 33, 5443 (2000).

11. Y. H. Kim, D. H. Jeong, D. Kim, S. C. Jeoung, Sae Chae, H. S. Cho, S. K. Kim, N. Aratani and A. Osuka, "Photophysical Properties of Long Rodlike Meso, Meso-Linked Zinc(II) Porphyrins Investigated by Time-Resolved Laser Spectroscopic Methods", *J. Am. Chem. Soc*. **123(1),** 76-86 (2001).

12. Y. H. Kim, H. S. Cho, Dongho Kim, S. K. Kim, N. Yoshida and A. Osuka, "Photophysical Properties of meso, meso-linked Porphyrin Arrays: Steady-state and Time-resolved Fluorescence Polarization", *Syn. Met.* **117,** 183(2001).

13. Y. H. Kim, M. J. Yoon and D. Kim, "Excited-state Intramolecular Proton Transfer Coupled-charge Transfer of *p-N,N*-dimethylaminosalicylic Acid in Aqueous βcyclodextrin Solutions", *J. of Phochem. and Photobiol. A:Chem.* **138,** 167(2001).

14. Y.-T. Park, C.-H. Jung, M.-S. Kim, and K.-W. Kim, "Photoreaction of 2-Halo-*N*-pyridinylbenzamide: Intramolecular Cyclization Mechanism of Phenyl Radical Assisted with n-Complexation of Chlorine Radical", *J. Org. Chem.* **66**(7), 2197(2001).

15. H. S. Cho, D. H. Jeong, M.-C. Yoon, Y. H. Kim, Y.-R. Kim, and D. Kim, "Excited-State Energy Transfer Processes in Phenylece- and Biphenylene-Linked and Directly-Linked Zinc(II) and Free-Base Hybrid Diporphyrins", *J. Phys. Chem.* A **105**, 4200(2001).

16. M.-C. Yoon, C. M. Kim, Y. N. Hwang and D. Kim, "Transient Absorption Anisotropy Study of Ultrafast Energy Transfer in Porphyrin Monomer, Its Direct *Meso-Meso* Coupled Dimer and Trimer", *J. Chem. Phys.* **114**(15), 6750(2001).

17. D. H. Jeong, D. Kim, D. W. Cho and S. C. Jeong, "Picosecond Transient Resonance Raman Study on the Excited State Conformational Dynamics of a Highly Ruffled Nickel Porphyrin", *J. Raman Spectrosc.* **32**, 487 (2001).

18. Y. H. Kim, S. C. Jeoung, D. Kim, J. Y. Han, M. S. Jang and H. K. Shim, "Ultrafast Energy Transfer Dynamics Between Block Copolymer and π-Conjugated Polymer Chains in Blended Polymerie Systems", *Chem. Mat.* submitted (2001).

19. Y.-N. Hwang, K.-C. Je, D. Kim and S.-H. Park, "Enhanced Biexcitonic Effect in Semiconductor Nanocrystals", *Phys. Rev.* B in press (2001).

20. H. S. Cho, S. M. Jin, S. I. Yang, S. K. Kim, D. Kim and H.-D. Kim, "Anomalous Fluorescence from Highly Violation of the Kasha'a Rule", *J. Phys. Chem. B* in press (2001).

21. S. C. Jeoung, D. Kim, J.-Y. Han and H.-K. Shim, "Direct Probe of Superfluorescence from Cooperative Optical State in π-conjugated Polymers: The Elucidation of Mechanism for Spectral Line-Narrowing", *Chem. Mat.* In press (2001).

22. K. S. Cho, D. Kim, J.-W. Choi and W. H. Lee, "Investigation of Photoinduced Electron Transport in Electron Sensitizer/Relay/Acceptor Hetero LB Films using Transient Absorption Technique", *Thin Solid Film* submitted (2001).

23. D. H. Jeong, S. Hahn, Y. H. Kim, S. C. Jeoung, D. Kim, D. W. Cho, N. Yoshida and A. Osuka, "Resonance Raman Spectroscopic Investigation of Directly Linked Zinc(II)porphyrin Linear Arrays", *J. Phys. Chem*. submitted (2001).

24. J.-W. Yu, J. K. Kim, D. Y. Kim, J. S. Lee, C. Kim, N. W. Song, Y.-H. Kim, D. Kim and C. Y. Kim, "Prediction of efficient energy transfer in emissive polymer blends based on the lifetime ratio of a donor and an acceptor", *Macromolecules* submitted (2001).

25. J.-W. Choi, Y. -S. Nam, H. -G. Choi, W. H. Lee, D. Kim, and M. Fujihira, "Rectified Photocurrent of the Protein-Based Bio-Photodiode" *App. Phys. Lett.* in press, 2001.

26. J. -W. Choi, Y. -S. Nam, W. H. Lee, D. Kim, and M. Fujihira, "Photoinduced Electron Transfer in GFP/Viologen?TCNQ Structured Hetero-LB Film" *Synth. Met.* in press, 2001.

◆ **Conference Proceedings**

1. Hyun Sun Cho, Seong Keun Kim, Sae Chae Jeoung, Dongho Kim, and Atsuhiro Osuka, "Excimer Formation of Face-to-Face Porphyrin Dimer and Electron Transfer Reaction to C_{60}: An Approach to Mimic the Special Pair to Reaction Center", The First Student's International Symposium on Advanced Engineering, Osaka University, Osaka, Japan, Dec. 7-10, 2000.

2. Min-Chul Yoon, Cheon Min Kim and Dongho Kim, "Coherent Vibrational Spectroscopic Study of Zn(II)Porphyrins in Solution using Chirped Femtosecond Pulses", The 10th International Conference on Time-resolved Vibrational Spectroscopy", Institue for Molecular Science, Okazaki, Japan, May 21-25, 2001.

3. Dae Hong Jeong, Dongho Kim and Dae Won Cho, "Excited State Conformational Dynamics of a Ruffled Nickel Porphyrin by Picosecond Transient Raman Spectroscopy," The 10th International Conference on Time-resolved Vibrational Spectroscopy", Institue for Molecular Science, Okazaki, Japan, May 21-25, 2001.

3. 전문가 초청 및 세미나 개최

전문가 초청

♣ 2001. 4 .15 – 2001.4.18
Professor Atsuhiro Osuka (Department of Chemistry, Kyoto University, Kyoto, Japan)
그 동안 창의 사업단과 공동 연구를 수행하던 Osuka 교수가 방문하여 Porphyrin Array 합성과 steady-state 성질 및 앞으로의 공동 연구에 대한 토의를 하였다. 특히 fused porphyrin arrays의 photophysical processes의 연구 방향과 strapped porphyrin dimer의 electronic transition의 origin의 밝히기 위한 Molecular Orbital calculation의 필요성이 대두 되었다는데 인식을 같이하고 이 계산을 창의 사업단에서 하기로 결정하였다.

♣ 2001. 5. 10
Professor Keiichi Kaneto (Kyushu Institute of Technology, Japan)
Dr. Yasuo Wada (Hitachi Co., Japan)

Molecular Wire의 Electrical Conductance 측정과 전반적인 Molecular Electronics 응용 기술 및 향후 발전 방향에 관한 토의

♣ 2001. 6. 8.
송 남웅 박사 (한국 표준 과학 연구원 레이저 계측 연구실) 지난 1 년간 미국 University of Texas at Austin의 Prof. Paul Barbara 연구실에서 postdoctoral fellow로 confocal microscope를 이용한 single molecule spectroscopy를 연구해왔던 송 남웅 박사를 초청하여 confocal microscope의 최근 연구 동향과 이 실험을 위한 여러 가지 기술에 대한 토의를 하였다.

세미나 개최

1. "Synthesis of Porphyrin Arrays and Their Characterizations" Prof. A. Osuka (Department of Chemistry, Kyoto University, Kyoto, Japan), 2001. 4. 17.

2. "Single Molecule Spectroscopy를 이용한 Nano환경에서의 Polymer의 거동 연구" 송 남웅 박사 (한국 표준 과학 연구원 레이저 계측 연구실), 2001. 6. 8.

4. 학술회의 초청 발표

국제 학술회의 초청 발표

1. Dongho Kim, "Photophysical Properties of meso, meso-linked Zn(II)Porphyrin Arrays Investigated by Time-resolved Laser Spectroscopic Methods", The 9th Japan-Korea Joint Symposium, Institute for Molecular Science, Okazaki, Japan, January 10-12, 2001,

2. Dongho Kim, "Photophysical Proterties of Molecular Photonic Wires based on Multiporhpyrin Arrays", International Workshop on Quantum Transport in Synthetic Metals & Quantum Functional Semiconductors, 2001", Culture Hall in Dongguk University, Seoul, Korea, May 8-11, 2001.

3. Dongho Kim, "Energy Relaxation Dynamics of Excited Singlet and Triplet States of Directly-Linked Zn(II)Porphyrin Arrays", The 10th International Conference on Time-resolved Vibrational Spectroscopy", Institue for Molecular Science, Okazaki, Japan, May 21-25, 2001.

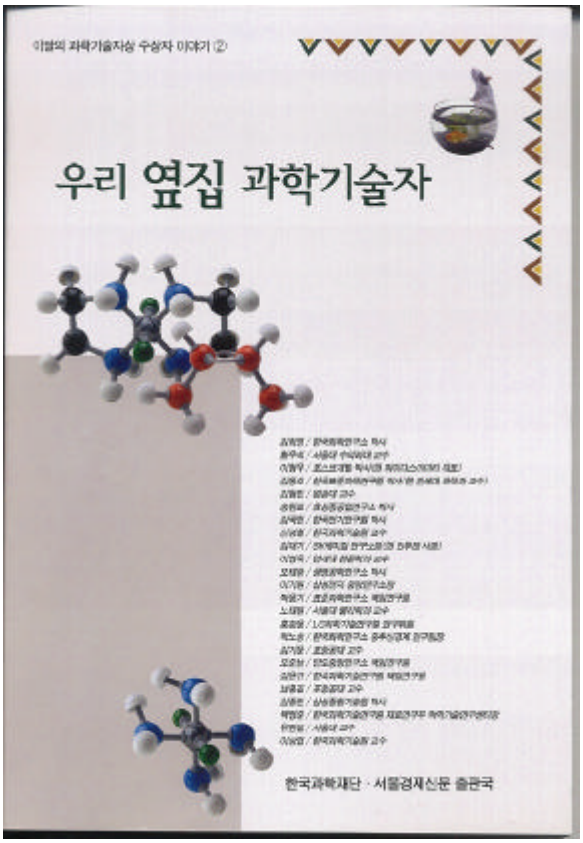
4. Dongho Kim, "Molecular Photonics based on Porphyrin Arrays", The workshop of organic electronics in IEICE, Kyushu Institute of Technology, Kitakyushu, Fukuoka, Japan, July 25-27, 2001.

5. Dongho Kim, "Molecular Photonics based on Porphyrin Arrays", International Conference on Photo-responsive Organics and Polymers 2001", Shilla Hotel, Cheju Island, Korea, August 19-25, 2001.

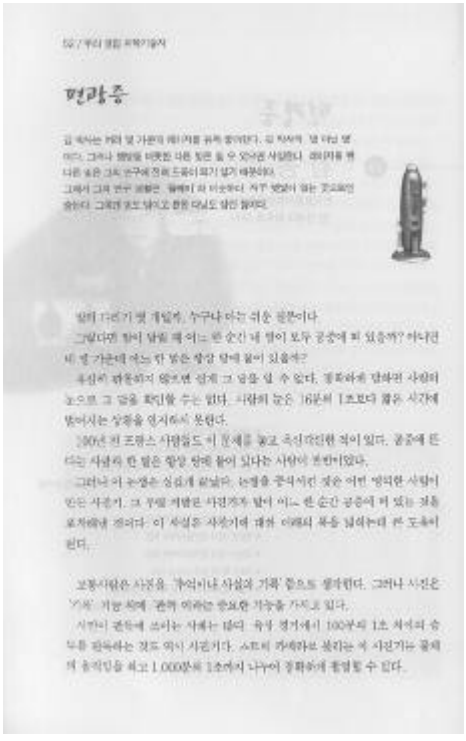
초청 강연

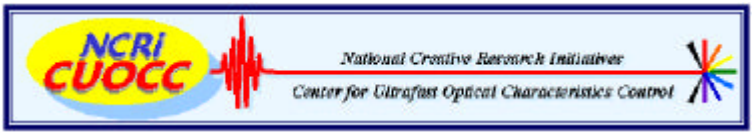
1. Dongho Kim, "Characterization of Molecular Photonic Devices Based on Multiporphyrin Arrays", 한양 대학교 화학과, May 17, 2001.

2. Dongho Kim, "Molecular Photonic Devuces Based on Multiporphyrin Arrays", 서강 대학교 화학 공학과, June 1, 2001.


이달의 과학기술자상 수상자 이야기 ②
우리 옆집 과학기술자
한국과학재단 · 서울경제신문 출판국


전광증
28
김 동 호


전광증



서울특별시 서대문구 신촌동 134번지

연세대학교 부설 연구소 초고속광물성제어연구단

Tel. (02) 2123-2436, Fax. (02) 2123-2434, http://chem.yonsei.ac.kr/~CUOCC/