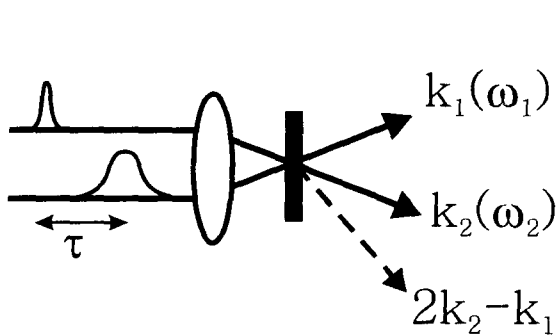


# GaAs 양자 우물에서의 펨토초 광학적 장동 효과

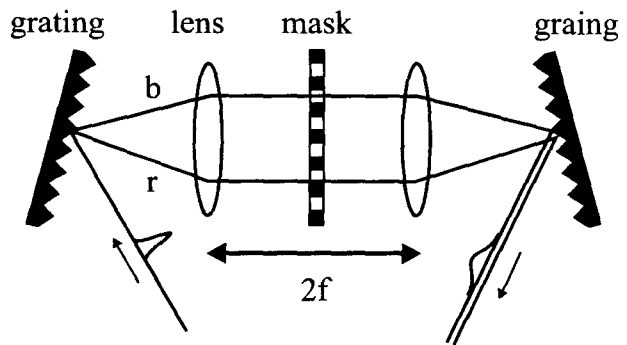
## Femtosecond Optical Nutation Effects as a Function of Detuning in GaAs Quantum Wells

안영환, 김대식  
 서울대학교 물리학과  
 photon@phya.snu.ac.kr

지속적인 발전을 거듭해 온 초고속 분광학으로 인해, 반도체(semiconductor) 또는 반도체 양자 구조(quantum structure)와 같은 물질에서 결맞는(coherent) 시간 내에 일어나는 다양하고 흥미로운 광학적 특성들의 관찰이 가능해졌다. 대부분의 펨토초(femtosecond) 광학 실험이 공명여기(resonant excitation)에 국한되어왔던 반면 최근엔 비공명(off-resonant) 흡수에 의한 가상 여기(virtual excitation)에 대한 관심이 증대되고 있다[1, 2]. 가상 여기 상태는 실제 여기 상태와 달리 섭동이 존재하는 동안 에너지를 순간적으로 흡수하며 볼 수 있으며 섭동의 종결과 동시에 불확정 원리에 따르는 짧은 시간  $\sim \frac{1}{|\omega - \omega_0|}$  ( $\omega_0$ =공명진동수;  $\omega$ =섭동 진동수) 안에 다시 그 에너지를 고스란히 방출한다. 본 연구에서는 펨토초/피코초 이색 초고속 레이저 시스템을 이용하여 광학적 장동(optical nutation)을 가상여기와 실제 여기와의 상호작용이라는 측면에서 새롭게 접근하고자 한다[3, 4]. 즉, 실제 여기에 의해 생성된 편광(real polarization)과 가상여기에 의해 생성된 편광(virtual polarization)간의 맥놀이(beating)의 관측을 통한 가상/실제 여기간의 상호작용을 펨토초 영역에서 관측하고자 한다.



<fig 1(a)> 사파혼합 실험 구성

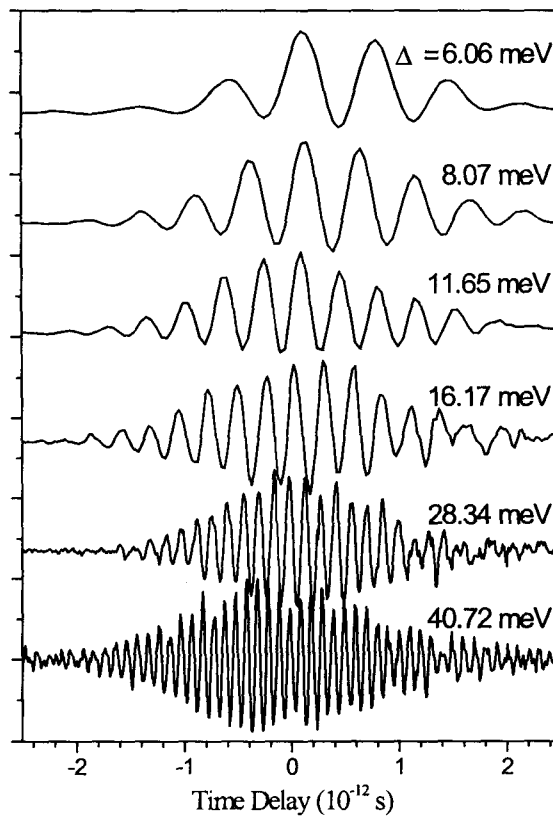


<fig 1(b)> 펄스 제단기(pulse shaper)

본 연구에서는 가상-실제 편광간의 상호작용을 연구하기 위해 두색(펨토/피코) 두빔 사파혼합실험(Four-Wave Mixing)을 수행했다(fig 1(a)). 사파혼합에 이용되는 첫 번째 펄스(pump)는 피코초 펄스( $k_1, \omega_1$ )를, 두 번째 펄스(probe)는 충분한 시간분해능을 위해 펨토초 펄스( $k_2, \omega_2$ )를 사용했으며 생성된 사파혼합 신호( $2k_2 - k_1$ )를 분광기와 광증폭튜브(PMT)를 통해 관측했다. 본 연구에서는 기존의 독립적인 두 레이저를 동기화 하는 대신 펨토초 펄스를 예돌이발(600gr/mm)과 마스크 slit, LCD light modulator)

를 이용, 스펙트럼을 제단함으로써 피코초 펄스를 생성하였다(fig 1(b)). 이용된 펨토초 레이저는 65 fs Ti:Sapphire 레이저였으며 제단된 피코초 펄스는 약 1.5 ps였다. 또한 에칭된 GaAs 양자 우물(100 Å)이 10 K 온도에서 시료로 사용되었다.

<fig 2> 는 두빔 경로차에 따른 사파혼합 신호의 진동하는 부분만을 추출해낸 결과들이다. 그림에서와 같이  $\omega$ 의 튜닝에 따른 맥놀이의 주기가  $\sim \frac{2\pi}{|\omega - \omega_0|}$  값을 가지며 변하는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 파장튜닝에 따라 명백한 변화를 보이는 장동현상은 펨토초 영역에서 관측된 바 없는 새로운 현상이며, 특히 주기의 변화 범위가 100 fs에서 800 fs까지에 이르는 광범위한 조절이 가능했다는 점에서 주목할 만하다. 장동의 진폭은 기존의 다른 방법으로 측정 불가능했던 파장 튜닝(tuning)에 따른 가상편광의 시기 측정에 응용될 수 있으며, 향후 LCD light modulator 에 의한 다양한 펄스 제단을 통해 짧은 시간 안에 일어나는 빛의 흡수와 관련된 새로운 물리현상들의 대한 연구가 지속될 전망이다.



<fig 2> 파장 튜닝에 따른 광학적 장동(optical nutation)의 관측 ( $\Delta = \omega_0 - \omega$ )

Reference

- [1] D. S. Kim et al., Phys. Rev. Lett. **80**, 4803 (1998)
- [2] Y. H. Ahn et al., Phys. Rev. Lett. **82**, 3879 (1999)
- [3] G. B. Hocker et al., Phys. Rev. Lett. **21**, 591 (1968)
- [4] R. G. Brewer et al., Phys. Rev. Lett. **27**, 631 (1971)