

초격자 반도체에서 전기장에 의한

Continuum Transitions들의 Dephasing

Dephasing of continuum transitions induced by an electric field
in semiconductor superlattices

제구출, 박승한

연세대학교 물리학과,

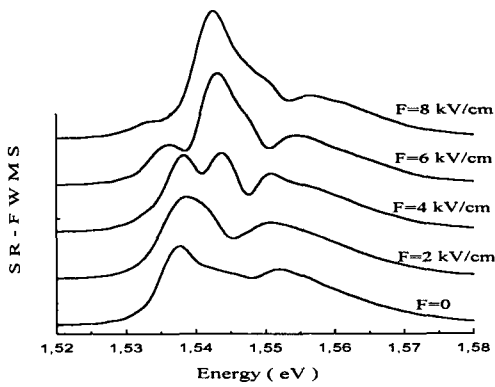
je@phya.yonsei.ac.kr

층 성장 방향으로 정전기장을 걸어준 GaAs/AlGaAs 초격자 반도체에서, 두 개의 100 fs 광학 펄스에 의해 생성된 four-wave-mixing(FWM) 신호의 dephasing 현상을 반도체 블록 방정식을 사용해서 분석하고자 한다. 이 FWM 신호의 이완은 전하-전하와 전하-포논 충돌과 같은 phase-breaking 충돌 과정들에 의해서 야기되는 비선형적인 광분극의 dephasing에 의해서 결정되어진다.⁽¹⁾ 이 비선형적인 광분극은 펄스들에 의해서 동시에 여기되어 나타나는 자유전하 분극과 엑시톤 분극으로 구성되는데, 이 두 분극의 이완시간 특성은 서로 다른 거동을 보인다.⁽²⁾ GaAs/AlGaAs 초격자 반도체에서 이 자유 전하 분극의 dephasing이 엑시톤 분극의 dephasing 보다 훨씬 빠르게 일어나고, 엑시톤이 자유 전하의 특성을 갖게 될수록, 즉 온도가 높을수록 또 엑시톤이 3차원의 특성을 가질수록 이 dephasing은 빠르게 일어난다.⁽⁴⁾

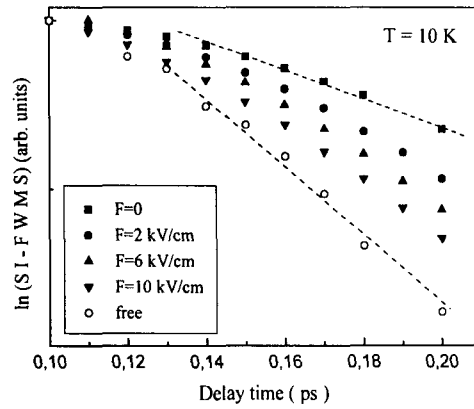
가해진 전기장은 초격자 반도체에서 전하들을 블록진동과 엑시톤을 이온화⁵ 시키게되는데, 이들 현상으로 인한 비선형적인 광분극의 dephasing을 분석하고자 한다. 이 분석을 위해서 블록 방정식에 나타나는 세 종류의 비균질성 항들인, phase-space 채움, effective field, 밴드 갭 재규격화들을 가지고⁶ spectral resolved(SR)와 spectral integrated(SI) FWM 신호들을 조사할 것이다.

그림[1]은 온도 10 K인 GaAs/AlGaAs 초격자 반도체에서 전기장 세기 F에 따른 SR-FWM 신호를 나타내고 있다. 시간지연 $\tau_d=0$ 를 가진 두 펄스는 엑시톤 위치(1.544 eV)와 밴드 내(1.555 eV)에 동조되어 있다. 이때 여기된 전하밀도는 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 정도이다. F=0 일 때, 엑시톤 위치와 pump 펄스 위치에 피이크가 나타나는 것을 볼 수 있다. 자유전하에 해당하는 신호는 전하들의 전기장에 의한 블록진동에 의해서 새로운 피이크들로 나타나는 것을 볼 수 있다. 약한 전기장 F=2 kV/cm에서 두 피이크는 뚜렷하게 분리되면서 넓어진다. 강한 전기장에서는 뚜렷한 블록진동의 현상으로 여러 피이크가 나타나면서 신호가 넓어지는 것을 볼 수 있다. 엑시톤 위치의 피이크가 사라지게 되는 것은 엑시톤의 이온화 현상과 관계되어진다.

그림[2]는 온도 10 K에서 전기장 F에 따른 SI-FWM 신호를 보여주고 있다. 이 신호들의 기울기가 비선형 분극의 dephasing에 관계되는데, F가 클수록 이 dephasing은 점점 빠르게 일어나며, 자유 전하 분극의 dephasing (빈원형 된 곡선) 시간으로 접근되는 것을 볼 수 있다. 따라서 전기장에 의해서도 비선형 분극의 dephasing이 여기 된 자유 전하에 의한 dephasing에 가까워지는 것을 볼 수 있다.



그림[1]



그림[2]

참 고 문 헌

1. S. Arlt, et al., Phys. Rev. B 59, 14860 (1999).
2. A. Lohner, et al., Phys. Rev. Lett. 71, 77 (1993).
3. S. Hunsche, et al., Phys. Rev. B 48, 17818 (1993).
4. K-C Je, et al., Phys. Rev. B submitted.
5. G. von Plessen, et al., Phys. Rev. B 53, 13688 (1996).
3. K-C Je, et al., Kor. J. Phys. Soc. Vol. 32, L437 (1998).