

# Physics of Semiconductors (2)

Shingo Katsumoto  
Institute for Solid State Physics,  
University of Tokyo

# Resume of the lecture

<http://kats.issp.u-tokyo.ac.jp/kats/>



勝本信吾  
Shingo Katsumoto

自己紹介  
現在の研究テーマ  
論文リスト  
出版された書籍

- 研究紹介
- メンバー
- 実験装置
- 投稿
- 出版リスト
- アルバム
- 物性研トップ

「半導体」講義ノート (2013 Apr.-July.)

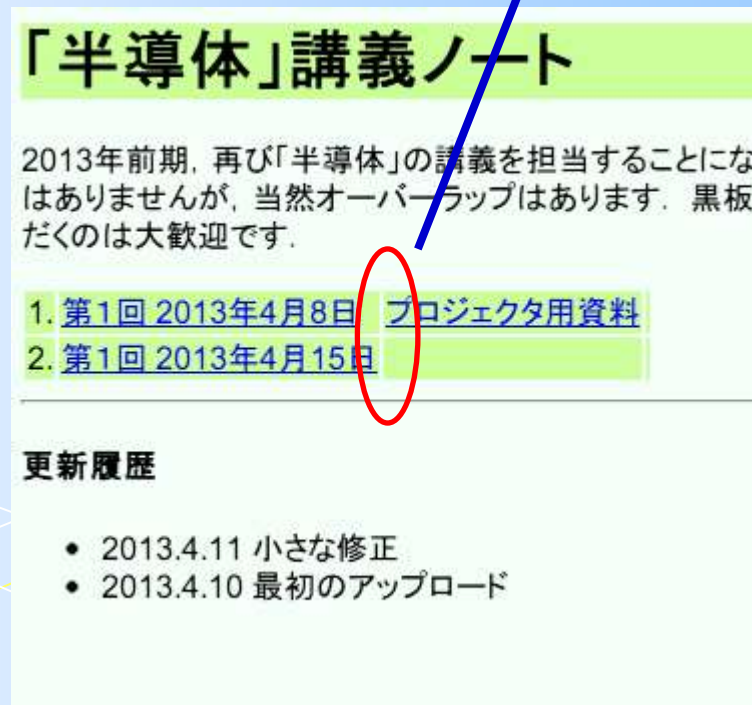
「半導体」講義ノート (2011 Jun.-July.)

「低温物理学」講義ノート (2009 Apr.-Jun.)

「低温物理学」講義ノート (2005 Apr.-May)

<http://kats.issp.u-tokyo.ac.jp/kats/semiconII/>

English versions will be here



## 「半導体」講義ノート

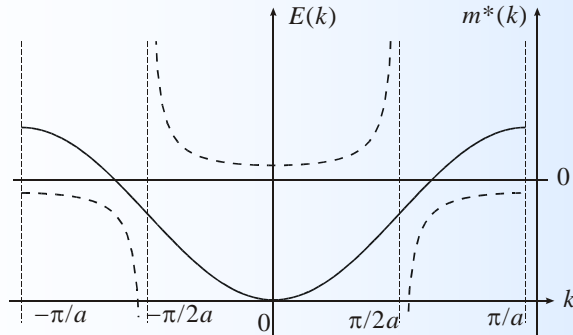
2013年前期, 再び「半導体」の講義を担当することになりましたが, 当然オーバーラップはあります. 黒板で書くのは大歓迎です.

- 第1回 2013年4月8日 [プロジェクト用資料](#)
- 第1回 2013年4月15日

### 更新履歴

- 2013.4.11 小さな修正
- 2013.4.10 最初のアップロード

# Bloch oscillation in semiconductors

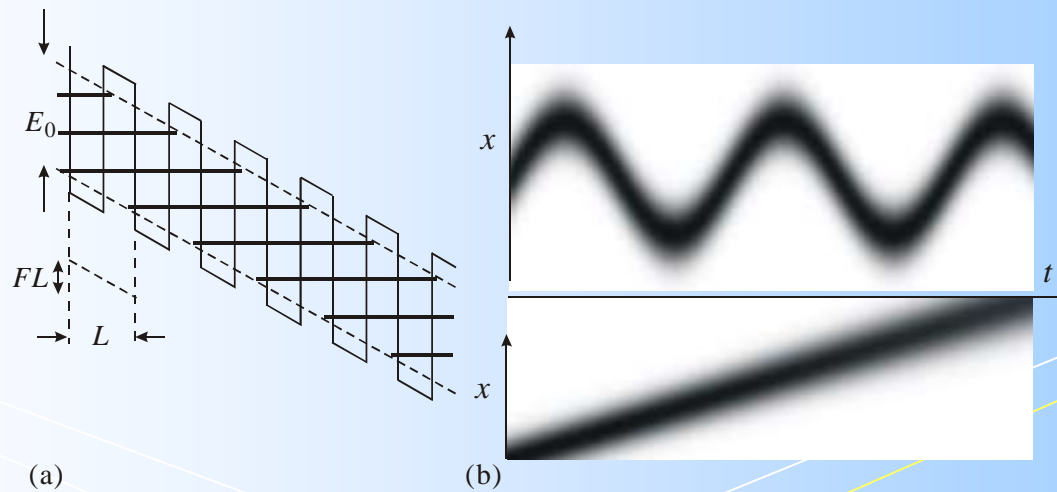


$$E(k) = E_0(1 - \cos ka)$$

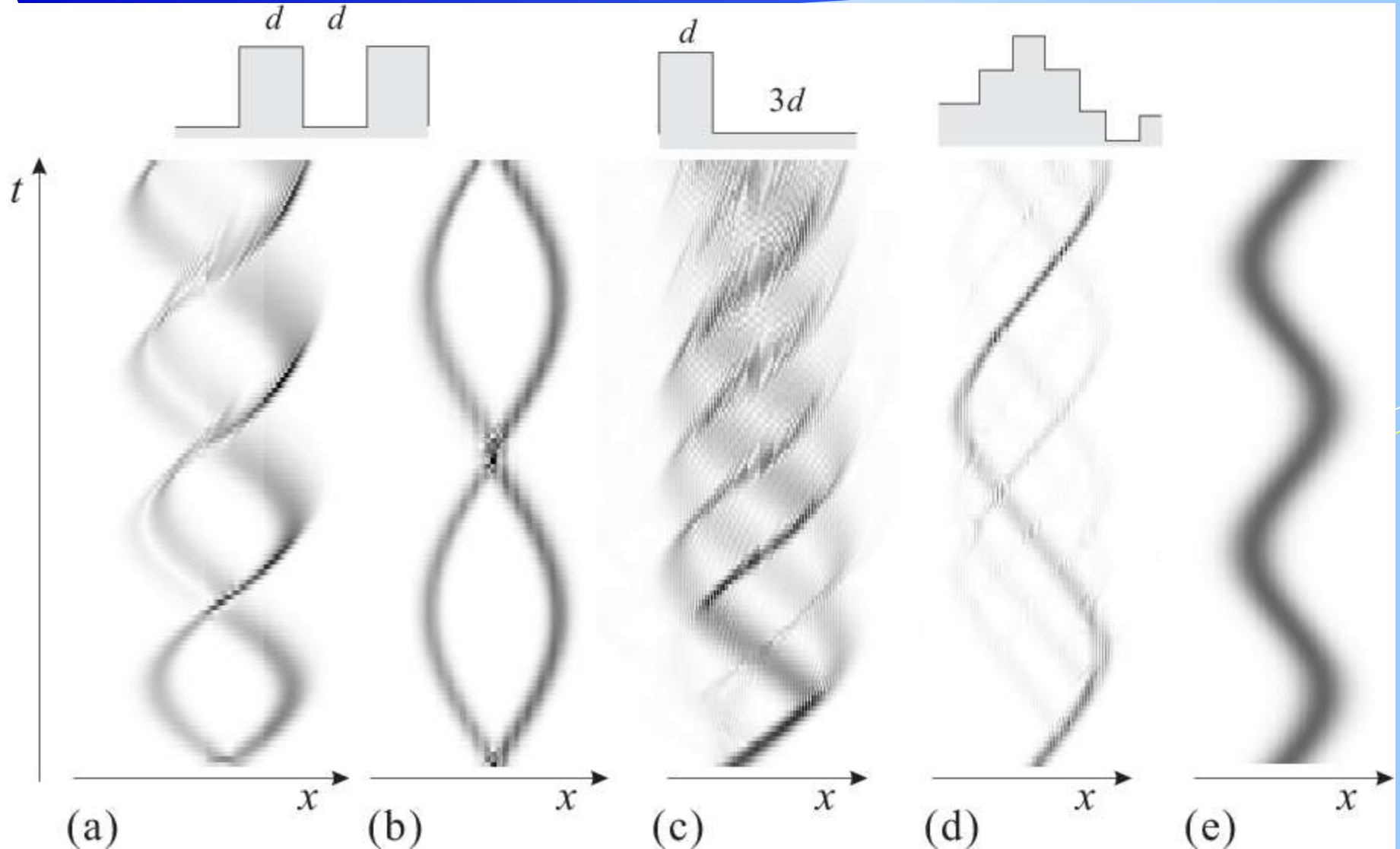
$$m^*(k) = \hbar^2(E_0 L^2 \cos ka)^{-1}$$

$$\langle x \rangle = \frac{E_0}{F} \left( 1 - \cos \frac{Fa}{\hbar} t \right) = \frac{E_0}{F} (1 - \cos \omega_B t), \quad \omega_B \equiv \frac{Fa}{\hbar}.$$

# Bloch oscillation in semiconductors



# Simulation in Kronig-Penny potential



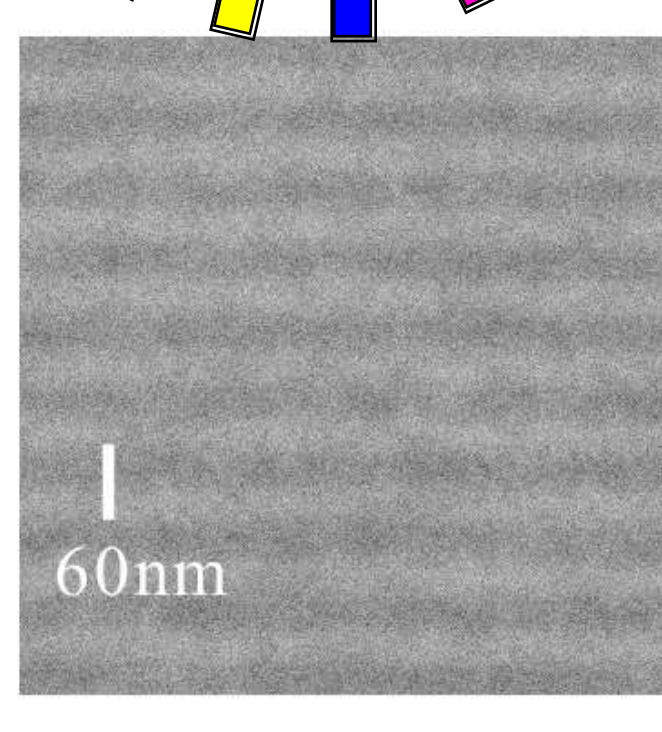
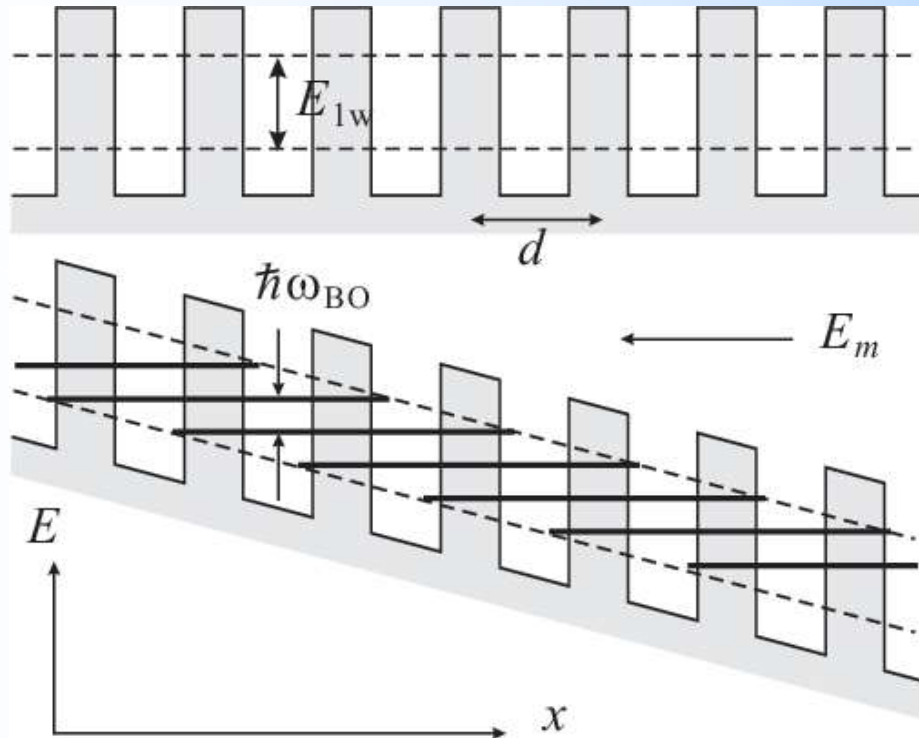
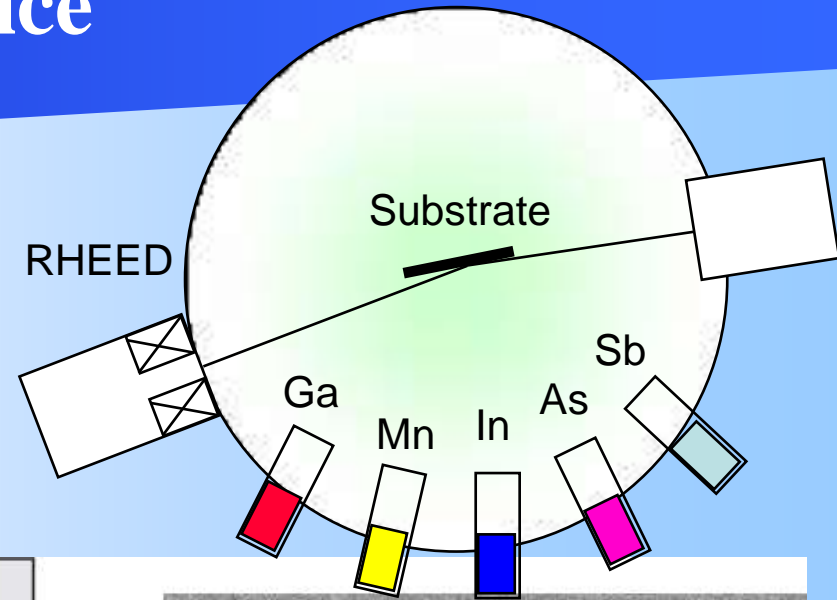
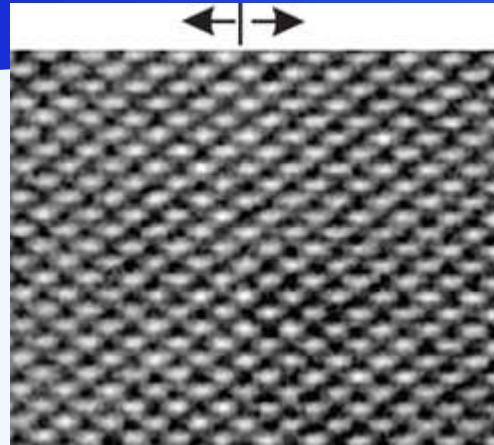
# Semiconductor superlattice



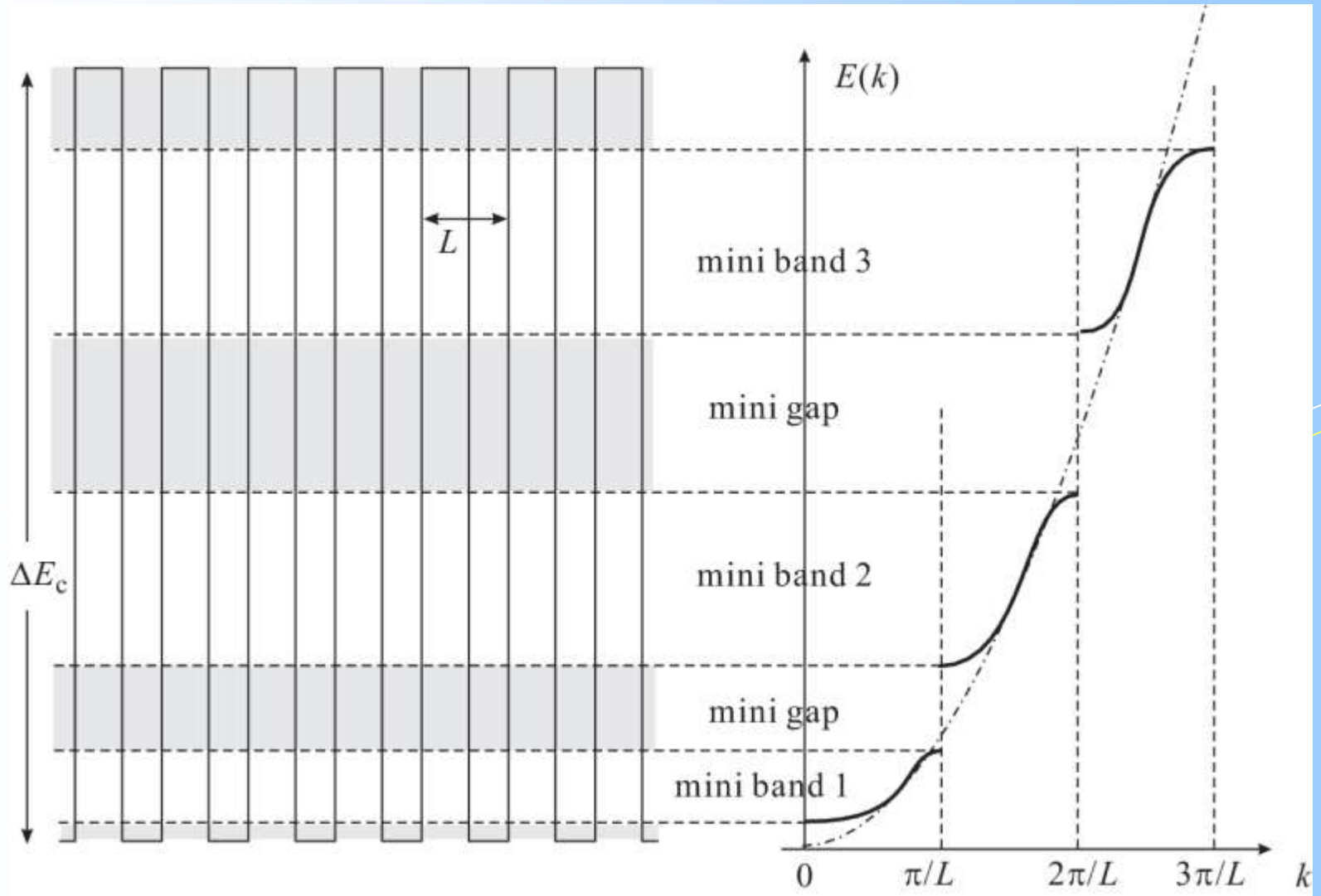
Raphael Tsu



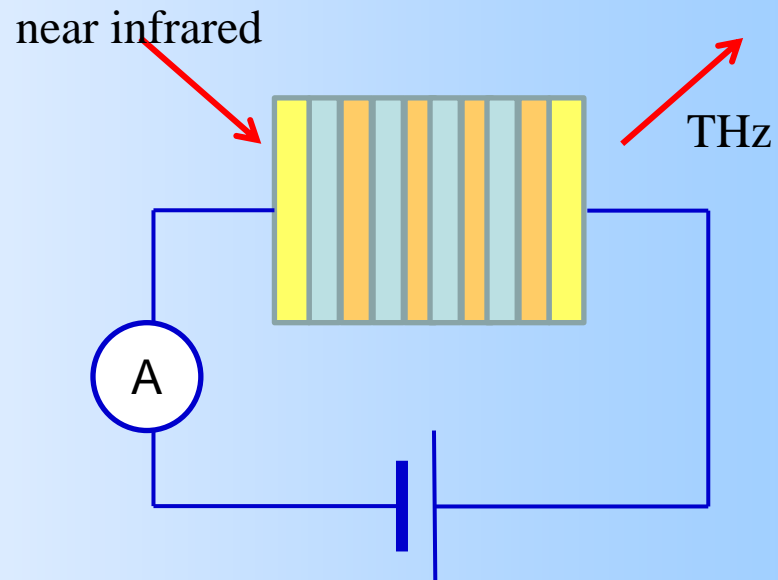
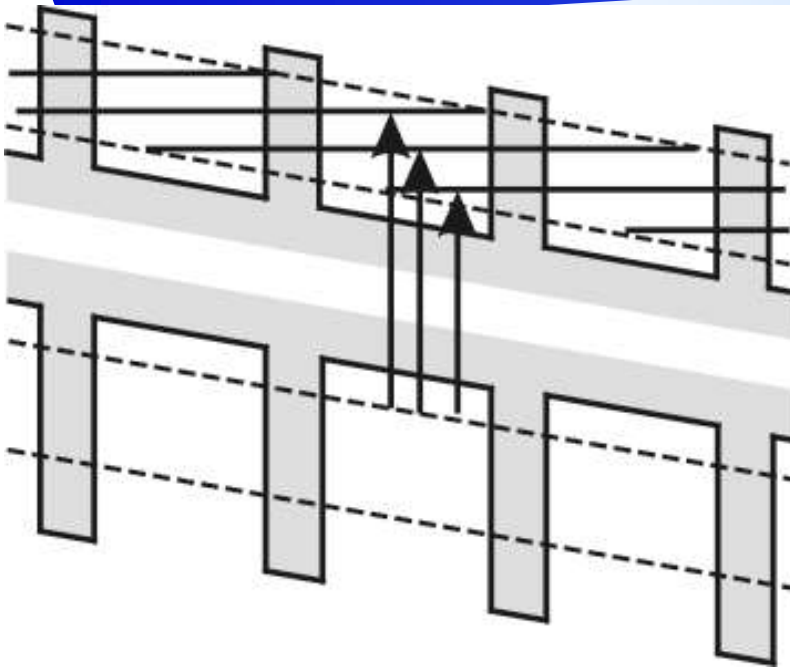
Leo Esaki



# Formation of minibands



# Experiment on Bloch oscillation



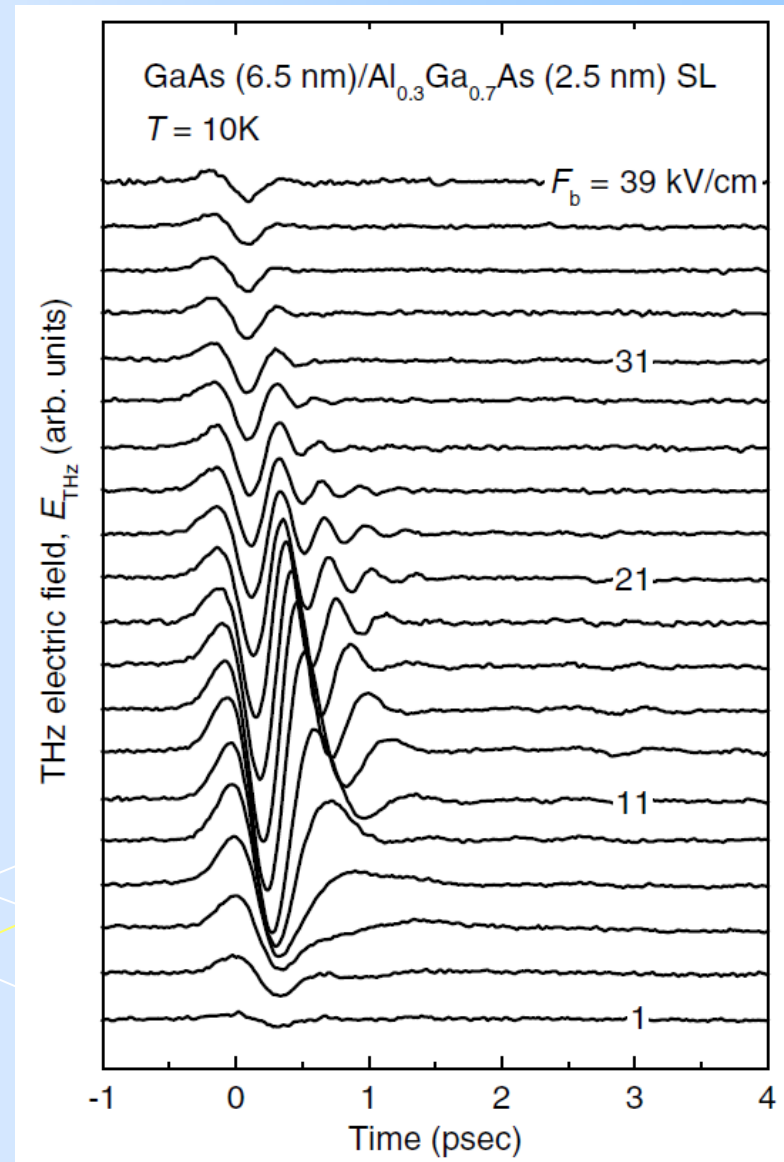
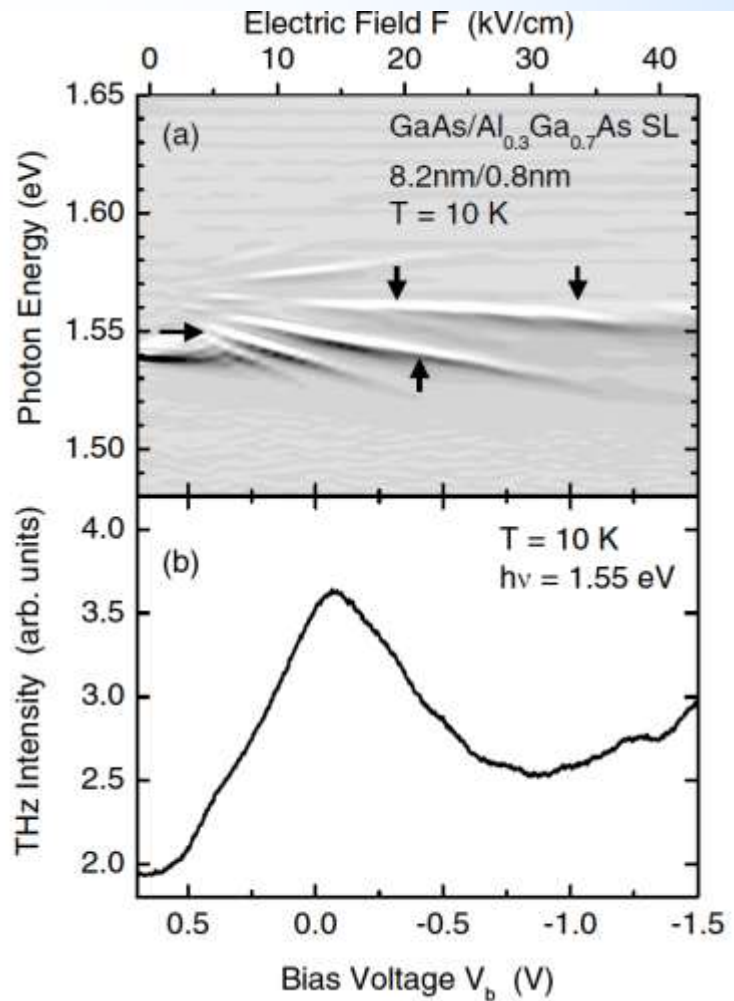
$$h\nu_n = E_g^* + n\hbar\omega_{\text{BO}} = E_g^* + nedE_m \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots).$$

Y. Shimada et al. Phys. Rev. Lett. 90, 046806 (2003).

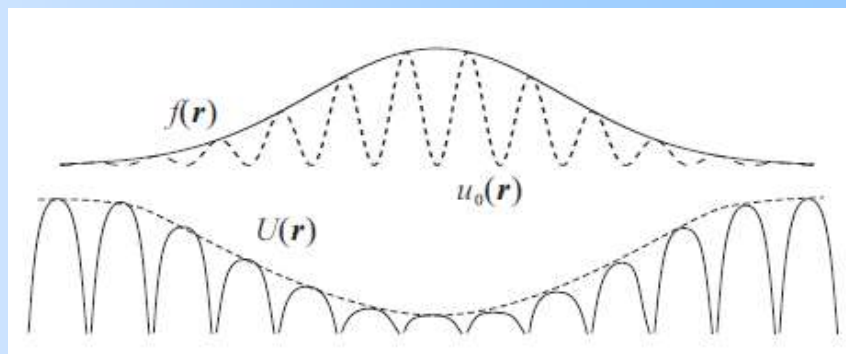
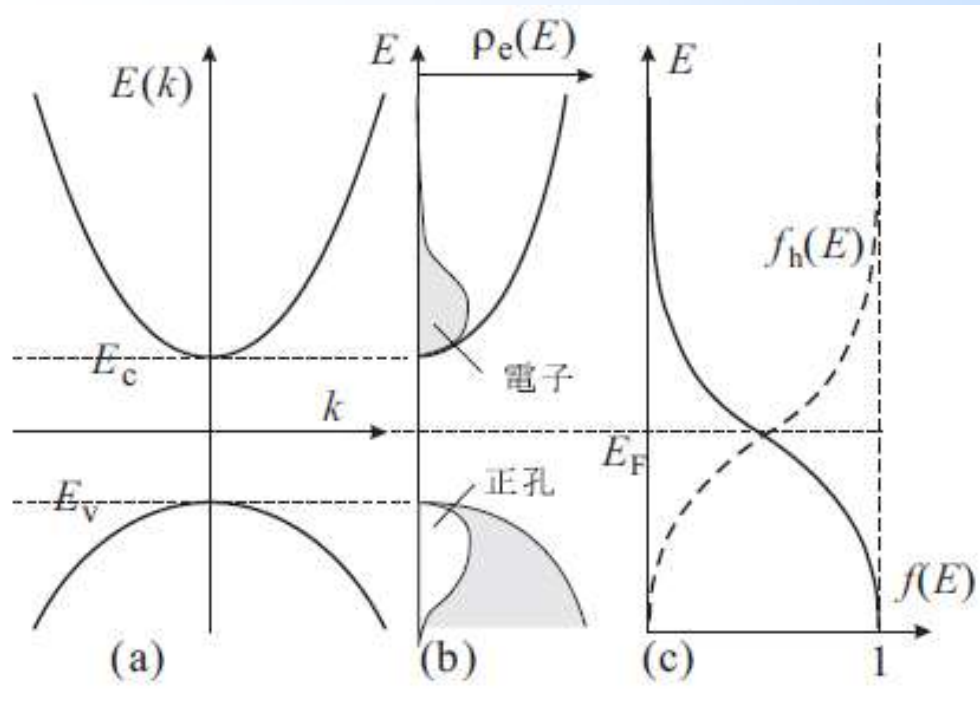
N. Sekine et al. Phys. Rev. Lett. 94, 057408 (2005).



# Experiment on Bloch oscillation



# Figures



# Exercise

1. Consider a Kronig-Penny potential in which the unit cell is given below. Numerically calculate the lowest four band structure and effective mass at wavenumber zero.
2. Explain why the effective mass can be lighter than that in vacuum.

