

電子波束の反射と透過

波多腰玄一

1 はじめに

前回までの2回で、電子の反射と透過、および電子の閉じ込めとトンネリングについて紹介した。今回は3層構造における電子波束の振る舞いについて述べる。

2 位相速度と群速度

第20章で位相速度と群速度について少し紹介した。ここではまず復習として、ポテンシャルエネルギーの異なる2つの媒質を通過する電子波束について考える。

第20章でも紹介したように、ガウス型の電子波束は以下の式で表すことができる(第20章の式(18), (19)再掲)¹⁾。

$$\Psi(x,t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} a(k_x) \exp\left(ik_x x - i\frac{E}{\hbar} t\right) dk_x \quad (1)$$

$$\Psi(x,0) = \psi(x) = A \exp\left(-\frac{x^2}{4\sigma_x^2} + ik_0 x\right) \quad (2)$$

式(1)の積分内の波動関数(以下では実際には包絡波動関数)の反射と透過については第20章と第21章で紹介した式をそのまま用いることができる。そこで第20章でも紹介したように、積分の代わりに異なる k_x を持つ波動関数の和で波束を表し、その反射と透過を計算することにする。個々の波数成分に対する反射と透過はこれまでに述べてきた式で計算できるので、Excelでは波束の計算も容易にできる。

ガウス型波束の近似として、中心波数と両側に5つず

つ、計11の k_x を合成した電子波束の透過と反射の様子を図1に示す。第20章の図10とほぼ同様であるが、パラメーターが異なる。

図1(a)に示した E_x の分布は波数領域でガウス型となる波束に対応するエネルギー分布である。図1(b)に示したように波束は境界で一部が透過し、一部は反射される。透過した領域IIでは $E_x - U$ の値が領域Iより大きくなるため、位相速度および群速度のどちらも大きくなる。

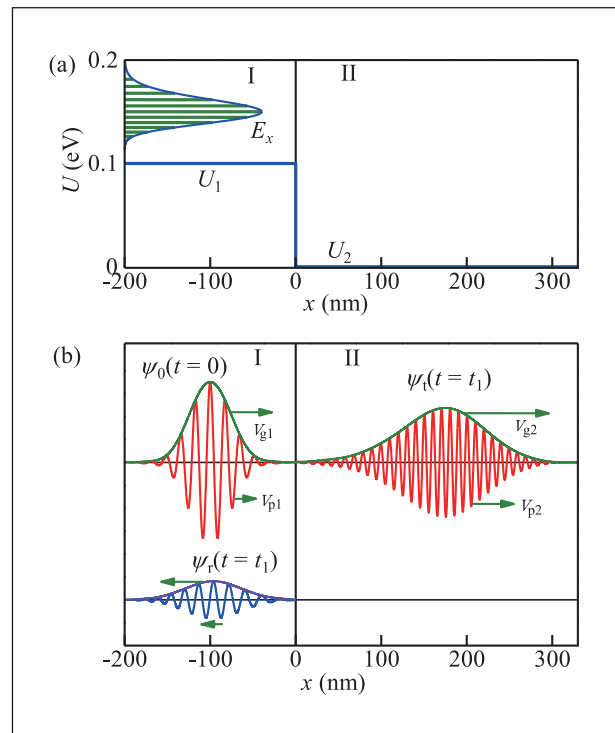


図1 電子波束の反射と透過