HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	4重バリヤ構造の透過特性に関する一考察
Author(s)	任, 捷; 真田, 博文; 永井, 信夫
Citation	電子科学研究, 3, 107-109
Issue Date	1996-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24363
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_P107-109.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

4重バリヤ構造の透過特性に関する一考察

信号処理研究分野　任　　捷，真　田　博　文，永　井　信　夫

近年，共鳴トンネル現象を利用したデバイスの開発が盛んである。デバイスの可能性を最大限に引き出すには，ポテンシャル形状とそれによって生じる波動現象を体系的に把握する必要がある。本稿では，多重バリヤ構造の性質を利用して，複数の共鳴準位を自在に制御することを目標として，特に4重バリヤ構造について考察した。その結果，特性が把握された二つの2重バリヤを量子井戸と接続することによって，所望の二つの完全共鳴準位を生じる4重バリヤ構造（対称，非対称）が得られた。これを利用すれば一つの素子で複数の動作点を持つデバイスが可能となりうる。また，合成された4重バリヤ構造では，第一番目の完全共鳴準位のピーク面積が広くなることがわかった。

1．はじめに

半導体作製技術の発展とともに共鳴トンネル効果を利用するデバイスの開発が盛んになっており，超格子の共鳴トンネル現象の解析や，超格子構造の設計に関する研究が多く行われている。その中で，回路理論を利用して量子効果の基本となる電子波伝搬の性質を把握し，所望の波動現象を実現するためのポテンシャルの設計が試みられている。

これまで2重バリヤに関しては多くの研究報告があり，合成問題の観点からの報告もある。しかし，3重，4重バリヤについてはまだ十分な検討がなされているとはいい難い。本稿では特に4重バリヤに注目し，その構造を特性が把握された二つの2重バリヤが接続されたものとしてとらえ，二つの完全共鳴準位を任意のエネルギーで独立に生じる構造の合成法について述べる。

2．対称4重バリヤの合成

完全共鳴準位Eを生じる普通型対称2重バリヤ構造（井戸ポテンシャル $U_{w1} = U_{w2} = 0$ meV，バリヤポテンシャル $U_{w1} = U_{w2} = 400$ meV）を量子井戸Ly（ポテンシャル Uw = 0 meV）を間に挟んで接続する。合成された対称4重バリヤ構造の透過特性を図1に示す。$E_1 = 60$ meV の完全共鳴準位は保存され，また井戸幅Lyを調整することによって（Ly = 33.55Å）所望な二番目の完全共鳴準位 E_n（$E_n = 150$ meV）を得られる。しかし，図1の透過特性からわかるように E_1 の約4倍のところにおいて E_2 も生じている。このような特性は文献3で考察されている。本稿では，二つの，深い井戸を持つ対称2重バリヤ構造（井戸ポテンシャル $U_{w1} = U_{w2} = -0.44$ eV，バリヤポテンシャル $U_{w1} = U_{w2} = 400$ meV）を利用して，二つの所望の完全共鳴準位を生じる対称4重バリヤ構造を合成する。

図2の4重バリヤにおいて，ss'を境界として左と右の部分は深い井戸型対称2重バリヤ構造である。これらの2重バリヤの透過特性は $E_1 = 60$ meV のとき唯一つの完全共鳴準位を生じる。このような構造を量子井戸（ポテンシャル Uw = 0）Lyで縦続接続すると，

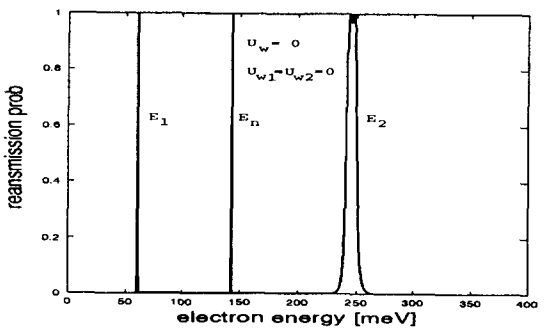

図1　普通型対称4重バリヤの透過確率

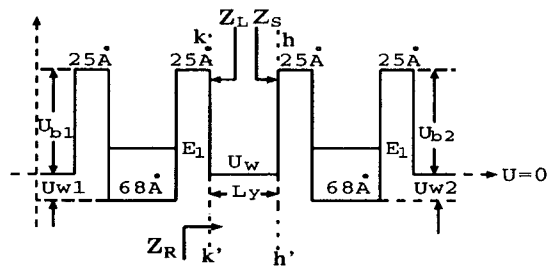

図2　対称4重バリヤ構造

$E_1 = 60$ meV の完全共鳴準位は保存され，井戸幅 Ly を調整することによって（Ly = 33.55Å）所望な二番目の完全共鳴準位 E_n ($E_n = 150$ meV) を得られる。透過特性を図3に示す。図1の特性でみられた E_2 の準位は生じていないことがわかる。

ここで，図2に示した対称4重バリヤの縦続接続する部分の量子井戸幅を Ly = 33.55Å にして，そのポテンシャル Uw = −0.44 eV としたときの透過特性を図4に示す。図4から，縦続接続する部分の量子井戸のポテンシャルを深くすると（$U_w = -0.44$ eV），一番目の完全共鳴準位 E_1 におけるピーク値が二つになっている。

3．非対称4重バリヤの合成

つぎに，文献［1］，文献［2］の方法を参考にして，所望の完全共鳴準位を生じる非対称4重バリヤ構造の合成法を検討する。図5の hh'から左部分はエネルギーが $E_1 = 60$ meV において唯一つ完全共鳴準位を生じる深い井戸（$U_{w1} = -0.44$ eV）を持つ対称2重バリヤである。hh'から右の部分は $E_1 = 60$ meV において第一番目の完全共鳴準位を生じ，その約4倍の $E_2 = 248$ meV のところで第二完全共鳴準位を生じる対称2重バリヤである（井戸の深さ $U_{w2} = 0$）。井戸幅 Ly 及び Lw を調整することによって（Ly = 33.55Å，Lw = 68Å）E_1 がそのまま生じ，また，所望の第二番目の完全共鳴準位 $E_n = 150$ meV を得られる。透過特性を図6に示す。

4．まとめ

所望の完全共鳴準位を生じる4重バリヤ構造(対称，非対称）の合成法に関して検討した。例に示したように三つの方法とも二つの所望の完全共鳴準位を生じる

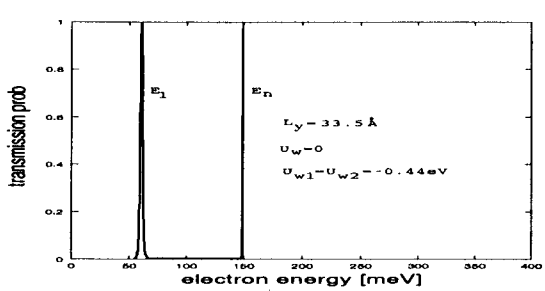

図3　対称4重バリヤ構造の透過確率（$U_w = 0$ eV）

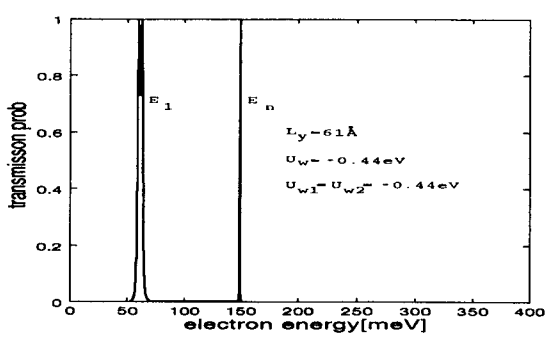

図4　対称4重バリヤの透過確率（$U_w = -0.44$ eV）

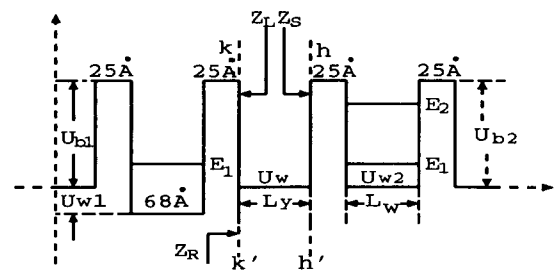

図5　非対称4重バリヤ構造

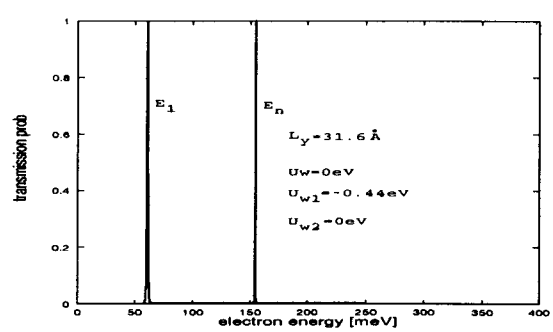

図6　図5の透過確率

4重バリヤ構造が得られることがわかった。

【参考文献】

[1] 任捷，真田博文，永井信夫：〝深い井戸を持つ非対称2重バリヤ構造の透過特性に関する一研究〟，信学技報，CAS 95-21，pp.67-73 (1995-06)．

[2] 任捷，永井信夫，大谷直毅，三木信弘：〝非対称3重バリヤ構造による唯一つの完全共鳴準位の実現〟，信学論（C-II)，J 73-C-II，pp.181-189 (1994-04)．

[3] 大谷直毅：〝複素等価回路による共鳴トンネル効果の定式化に関する研究〟，博士論文(北海道大学)，第四章，(1994-03)．