

# Éxcitons em Semicondutores Magnéticos Diluídos

CORREIA, Maury Duarte<sup>1</sup> ; OSÓRIO, Francisco A. P.<sup>2</sup>

Palavras-Chaves: Semicondutores; Éxcitons; Stark; Magnéticos

## 1 Introdução

Os materiais semicondutores tem causado uma verdadeira revolução em tecnologia e em pesquisa básica. Em grande parte, essa revolução tecnológica é devido a descoberta do *efeito transistor*<sup>3</sup> [1] em 1948 por Bardeen e Brattain<sup>4</sup> [2]. O efeito transistor é, de maneira geral, uma amplificação de um sinal elétrico produzido por dispositivos do estado sólido (análogo das válvulas termoiônicas, que funcionam a gás). Esses dispositivos propiciaram a criação dos CIs (circuitos integrados), sendo possível a implementação de computadores com alta capacidade de processamento a baixo custo. Heteroestruturas semicondutoras são nada mais que empilhamentos de camadas alternadas de diferentes tipos de semicondutores que tenham diferentes gaps de energia (região proibida entre as bandas de condução e valência). Fazendo as camadas desse empilhamento da ordem do tamanho atômico (algumas dezenas de Angstroms) obtem-se então um perfil de potencial no qual existem um confinamento quântico (diz-se que o espectro energético, valores possíveis de energia que um estado pode ter, é discretizado, figura 1)<sup>5</sup>.

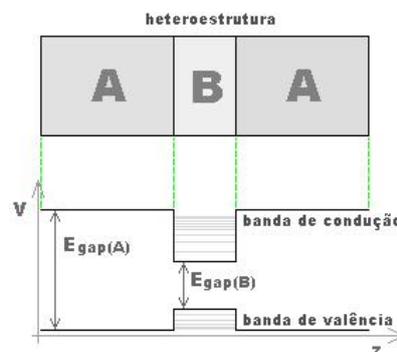


Figura 1: Heteroestrutura formada pelo empilhamento de 2 semicondutores distinto, formando um perfil de potencial cofinante (poço quântico), e conseqüentemente níveis discretos de energia.

---

<sup>1</sup>Bolsista de iniciação científica. Instituto de Física - Grupo de Semicondutores, maury@gmail.com

<sup>2</sup>Orientador/Instituto de Física/UFG, osorio@if.ufg.br

<sup>3</sup>O nome transistor vem de **transfer resistor**, ou resistor de transferência

<sup>4</sup>Ganhadores de prêmio nobel de 1956 por essa descoberta

<sup>5</sup>Esse efeito é puramente quântico

## 2 Metodologia

Foram estudadas as propriedades cristalinas e eletrônicas de semicondutores magnéticos diluídos, além dos fundamentos da teoria quântica e física do estado sólido.

A solução analítica da equação de Schrödinger, para os sistemas estudados, é impraticável, portanto os resultados do trabalho foram obtidos numericamente. Utilizamos o método da *potência inversa* para calcular os níveis de energia e autofunções de um elétron confinado num poço quântico. Estudamos também o modelo de Kane para o cálculo da estrutura de banda dos semicondutores.

## 3 Resultados e Discussão

Investigamos o efeito da variação da largura da interfaces (perfil difuso e segregado) no nível de energia do ground-state <sup>6</sup> de um elétron na banda de condução, o que pode ser visto na figura 2a. O material utilizado foi a liga ternária semicondutora magnética  $Cd_{1-x}Mn_xTe$ , com a concentração de 30% de Mn nas barreiras magnéticas ( $x = 0.3$ ). Vemos que o modelo de interface segregada (tratada pela função exponencial) afeta mais os níveis, em relação ao perfil difuso (tratado pela função erro). Na figura 2b observamos a variação do nível de elétron com a largura do poço. Quanto mais estreito é o poço, mais energético será o ground-state do poço e consequentemente haverá menos estados confinados no poço.

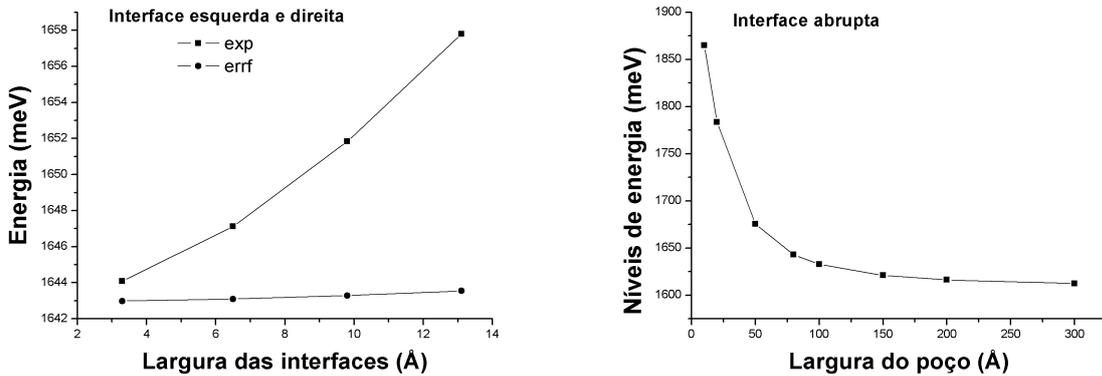


Figura 2: Níveis de energia pela largura das (a) interfaces (variando a largura das duas interfaces simultaneamente) e (b) pela largura do poço.

A variação da energia de ligação excitônica com o campo magnético é mostrado na figura 3b.

Outro efeito investigado nos semicondutores magnéticos diluídos foi o *efeito stark*, que de maneira geral é a variação de um espectro energético com um campo elétrico. Aplicamos um campo elétrico na direção de crescimento e verificamos como a energia de transição entre buraco pesado e elétron (hh-el) varia (figura 3). Utilizamos um poço quântico com passo para aumentar o efeito stark.

## 4 Conclusão

É inegável a potencialidade das heteroestruturas semicondutoras. O aprimoramento e o desenvolvimento de novas tecnologias como por exemplo a *spintrônica* [3], o laser semicondutor

<sup>6</sup>Estado de menor energia

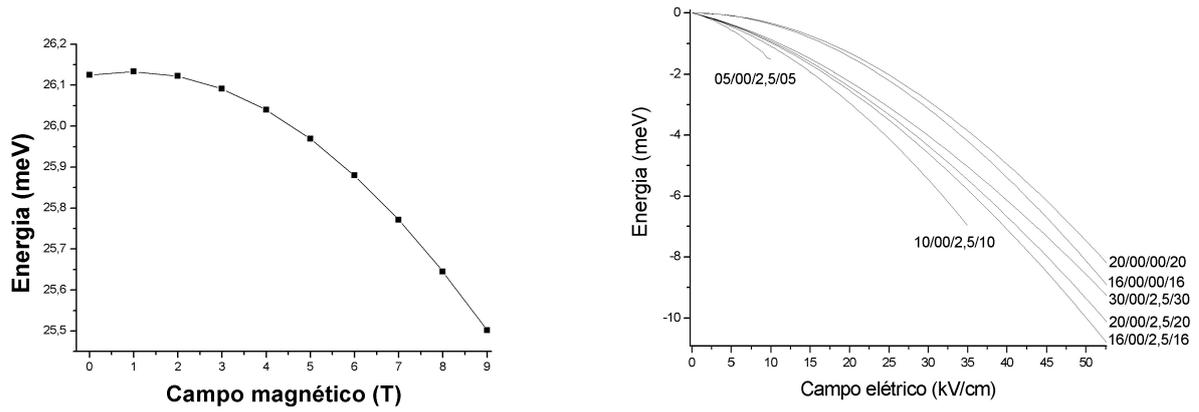


Figura 3: (a) Energia de transição excitônica; (b) Variação de energia da transição hh-el com o campo elétrico (efeito stark). O sistema é constituído de 4 camadas com variadas concentrações de  $Mn^{2+}$ . A nomenclatura 10/00/02/10 significa que analisamos uma heteroestrutura do tipo  $Cd_{0,9}Mn_{0,1}Te/Cd_{1,0}Mn_{0,0}Te/Cd_{0,98}Mn_{0,02}Te/Cd_{0,9}Mn_{0,1}Te$ , ou seja os valores entre as barras indicam a porcentagem de  $Mn^{2+}$  em cada camada semicondutora.

na região do azul<sup>7</sup>, os átomos artificiais (quantum dots) e etc, darão continuidade a inovação e melhoria tecnológica, que os semicondutores são capazes de proporcionar. Do ponto de vista da pesquisa básica, é necessário estudar as heteroestruturas para entender o comportamento das mais variadas configurações possível de sistemas 2D, 1D e 0D, sob a aplicação de campos externos ou não, para termos um controle das propriedades dos materiais.

Este trabalho revisa tópicos importantes na descrição teóricas dos estados eletrônicos em semicondutores quasi-2D (teoria da massa efetiva, estrutura de bandas, método  $\vec{k}\cdot\vec{p}$ ). Nossos cálculos mostram a influência de campos externos (elétrico e magnético) na estrutura do potencial. Isso afeta diretamente a altura (em energia) dos níveis dos portadores, conseqüentemente alterando as energias de transição.

## Referências

- [1] Francesco Lanciotti Jr. Adenilson J. Chiquito. O Transistor, 50 anos. Rev. Bras. de Ens. de Fís., (1998, ).
- [2] W. H. Brattain J. Bardeen. Physical Review, **74**, 230, 1947.
- [3] Datta and Das. Appl. Phys. Lett., **56**, 665, 1990.

<sup>7</sup>O laser azul, feito de GaN (nitro de gálio), tem comprimento de onda menor que o laser vermelho, assim é possível armazenar mais informações em Cds e DVDs.