

Introdução

Com o avanço das técnicas experimentais de crescimento de cristais como MBE, novas estruturas constituídas de semicondutores têm sido realizadas. Sistemas como poços quânticos, fios e pontos quânticos de alta qualidade são criados e apresentam várias propriedades interessantes, muitas delas com aplicações práticas. Para entendermos as propriedades eletrônicas destas estruturas, governados pela mecânica quântica, precisamos calcular seus estados resolvendo a equação de Schrödinger. Neste trabalho utilizamos um método numérico para resolver a equação de Schrödinger dependente do tempo.

Metodologia

- Uso do método numérico conhecido como Split- Operator
- Vantagens: pode-se obter a evolução temporal dos estados assim como calcular os auto-estados do sistema através da propagação no domínio dos tempos imaginário.

Partindo de um estado inicial, a função de onda evolui da seguinte forma:

$$\Psi(\mathbf{r}, \Delta t) = e^{-\frac{iH\Delta t}{\hbar}} \Psi(\mathbf{r}, 0)$$

Aproximação:

$$e^{-\frac{iH\Delta t}{\hbar}} = e^{-\frac{i(T+V)\Delta t}{\hbar}} = e^{-\frac{iV\Delta t}{2\hbar}} e^{-\frac{ip^2\Delta t}{2m\hbar}} e^{-\frac{iV\Delta t}{2\hbar}} + O(\Delta t^3)$$

$$\Psi(x, \Delta t) \cong e^{-\frac{iV\Delta t}{2\hbar}} e^{-\frac{ip^2\Delta t}{2m\hbar}} e^{-\frac{iV\Delta t}{2\hbar}} \Psi(x, 0)$$

- Obtenção do estado fundamental através da propagação no domínio de tempo imaginário, $t = -i\tau$, os estados excitados são obtidos impondo orto-normalidade entre os estados.

- Estudamos o efeito de um campo elétrico estático e oscilante:

$$H = \frac{p^2}{2m} + V(z) + ezF_{st} + ezF_0 \sin \omega t$$

Resultados

- Calculamos a transmissão eletrônica através de vários potenciais.
- O estudo foi realizado para sistemas a partir de combinações entre poços e barreiras de $Ga_{1-x}Al_xAs$, variou-se a concentração x do alumínio, a distância e largura entre barreiras.
- Escolhemos uma estrutura com dupla barreira para calcular a fotocorrente em função da frequência ω do campo elétrico. Mostramos a existência de dois picos principais, um deles com intensidade proporcional a $\sim F_0^2$ e o outro, para campos acima de 10 kV/cm $\sim F_0^{3.5}$, demonstrando os efeitos não lineares.

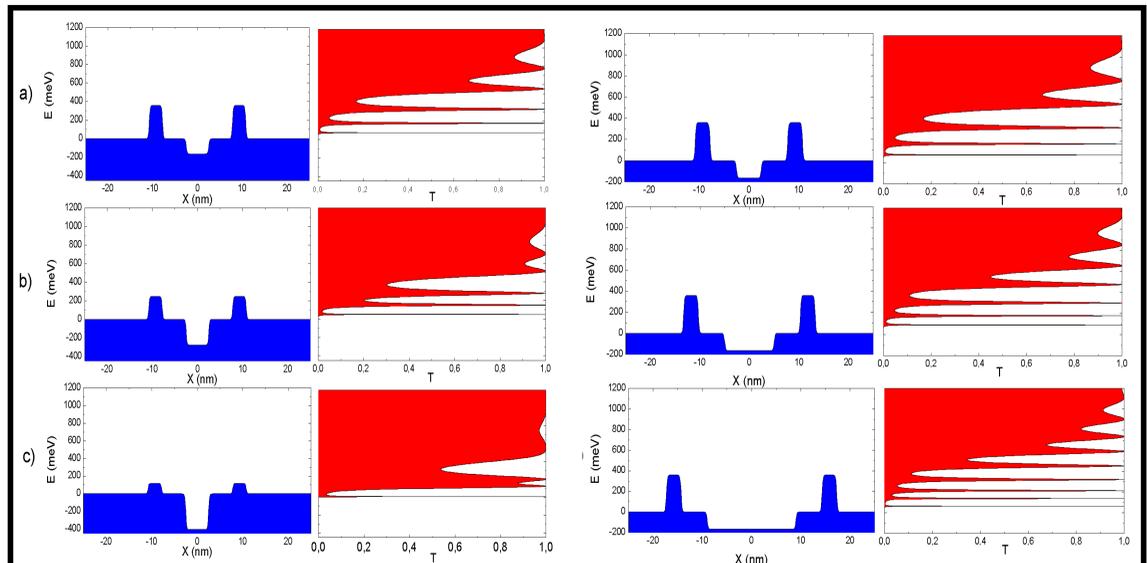
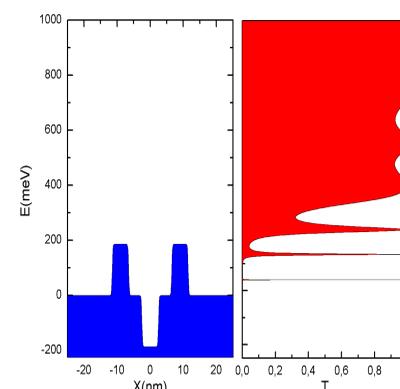


Gráfico de transmissão do $Ga_{1-x}Al_xAs$ para um potencial composto por um poço e duas barreiras. Em a) $X_{Al} = 0.2$. Em b) $X_{Al} = 0.3$. Em c) $X_{Al} = 0.4$.

Gráfico de transmissão do $Ga_{0.8}Al_{0.2}As$ para um potencial composto por um poço e duas barreiras. a) $L_{wel} = 50\text{\AA}$. Em b) $L_{wel} = 100\text{\AA}$. Em c) $L_{wel} = 180\text{\AA}$



Potencial escolhido para estudo de fotocorrente: $L = 50\text{\AA}$, $D = 40\text{\AA}$, $X_{Al-wel} = 0.2$, $X_{Al-bar} = 0.4$

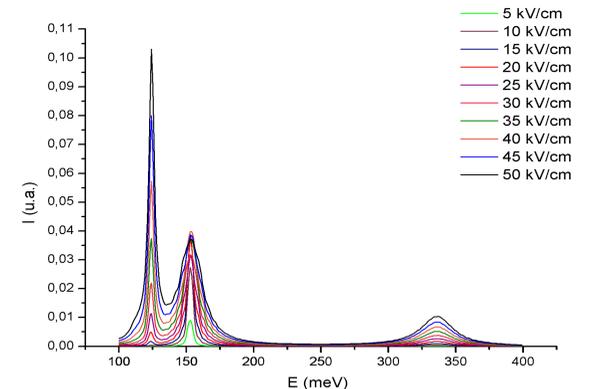


Gráfico de corrente versus energia para vários valores da intensidade do campo elétrico (F_0).

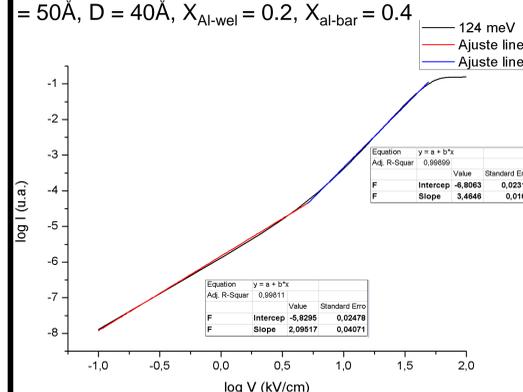


Gráfico de log da corrente versus log da tensão para energia de 124 meV.

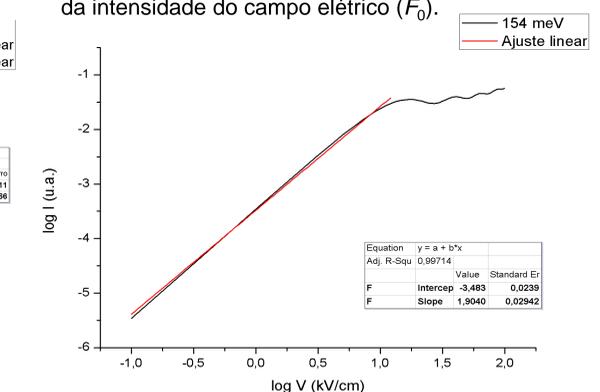


Gráfico de log da corrente versus log da tensão para energia de 154 meV.

Conclusões

- Os resultados obtidos com a presença de um campo oscilante mostraram que há na fotocorrente, um pico em 124 meV e outro em 154 meV
- Origem do pico em 154 meV: transição do estado fundamental (-112,4 meV) para o primeiro pico ressonante (40,5 meV)
- Origem do pico em 124 meV: transição do estado fundamental (-112,4 meV) para o segundo pico ressonante (134,6 meV) envolvendo a absorção de dois fótons de 123,5 meV.
- Pico de 124 meV tem dependência proporcional a $\sim F_0^2$ para campos até 10 kV/cm. Para campos mais fortes a dependência é proporcional a $F_0^{3.5}$ dependência não linear com a potência, característica de fenômenos envolvendo absorção de mais de um fóton.
- Pico de 154 meV a fotocorrente tem dependência proporcional a $\sim F_0^{1.9}$.