

Thời gian tán xạ của điện tử trong giếng lượng tử GaAs/InGaAs/GaAs ở nhiệt độ hữu hạn có xét đến hiệu ứng tương quan trao đổi

Trương Văn Tuấn^{1,2,*}, Nguyễn Quốc Khánh¹, Võ Văn Tài¹



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Chúng tôi khảo sát tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển τ_t và thời gian hồi phục đơn hạt τ_s của khí điện tử tựa hai chiều (Q2DEG) trong giếng lượng tử ghép mạng không đối xứng hữu hạn GaAs/InGaAs/GaAs ở nhiệt độ bất kỳ có xét đến hiệu ứng tương quan – trao đổi thông qua hiệu chỉnh trường cục bộ LFC với gần đúng $G = 0$, gần đúng Hubbard G_H , và gần đúng tự hợp STLS G_{GA} . Chúng tôi xem xét các tán xạ bề mặt nhám, áp điện nhám-cộng hưởng, tạp chất tích điện xa và tạp chất tích điện nền đồng nhất theo mật độ điện tử và theo bề rộng giếng. Trong trường hợp nhiệt độ bằng không và hiệu chỉnh trường cục bộ Hubbard G_H , kết quả chúng tôi phù hợp với kết quả của một số tính toán khác. Tại mật độ hạt tải thấp, hiệu chỉnh tương quan – trao đổi ảnh hưởng đáng kể lên tỉ số thời gian vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt. Trong khi ở mật độ cao hiệu ứng hệ nhiều hạt do hiệu chỉnh tương quan – trao đổi ảnh hưởng không đáng kể lên tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt. Với miền mật độ và nhiệt độ khảo sát $T = 0,3T_F$, nhiệt độ ảnh hưởng không đáng kể lên tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt cho cả bốn cơ chế tán xạ. Bên cạnh đó, với sự thay đổi của bề rộng giếng, ảnh hưởng của LFC và nhiệt độ lên tỉ số τ_t / τ_s là không đáng kể cho tán xạ áp điện nhám-cộng hưởng, tạp chất tích điện xa và đáng kể cho tán xạ bề mặt nhám, tạp chất tích điện nền đồng nhất.

Từ khóa: Thời gian tán xạ vận chuyển, thời gian hồi phục đơn hạt, hiệu ứng tương quan-trao đổi

GIỚI THIỆU

Giếng lượng tử GaAs/InGaAs/GaAs, ở đó electron định xứ trong miền InGaAs, đã được nhiều tác giả khảo sát ở nhiệt độ không tuyệt đối. Gần đây, Quang và các cộng sự đã tính độ linh động của điện tử do hai cơ chế tán xạ là bề mặt nhám và áp điện nhám-cộng hưởng ở nhiệt độ không theo mật độ và bề rộng giếng¹. Cơ chế tán xạ làm giới hạn độ linh động có thể được xác định bằng cách so sánh những kết quả thực nghiệm với những tính toán lý thuyết. Thời gian tán xạ vận chuyển, thời gian hồi phục đơn hạt là những thông số quan trọng được sử dụng để biểu thị phẩm chất của các transistor có độ linh động cao. Theo chúng tôi biết, hiện chưa có sự tính toán nào cho tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt ở nhiệt độ hữu hạn được thực hiện dù rằng trong thực tế các transistor thường hoạt động ở nhiệt độ khá cao. Do đó, trong bài báo này, chúng tôi tính tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt ở nhiệt độ bất kỳ đối với các tán xạ bề mặt nhám, áp điện nhám-cộng hưởng, tạp chất tích điện xa và tạp chất tích điện nền đồng nhất. Ngoài ra trong các hệ thấp chiều mật độ hạt tải có thể có giá trị rất thấp nên hiệu ứng tương quan-trao đổi là rất quan trọng. Do vậy trong các tính toán của mình chúng tôi sẽ xét đến hiệu ứng tương quan - trao đổi thông qua hiệu chỉnh trường cục bộ.

PHƯƠNG PHÁP

Trong khảo sát những tính chất vận chuyển của Q2DEG, chúng tôi nhận ra một sự phân biệt rõ ràng giữa hai đặc trưng thời gian hồi phục. Ngoài ra, sự phụ thuộc của Q2DEG được xác định bởi một số yếu tố, chủ yếu, cấu trúc điện tử, nguồn giam giữ dọc theo hướng nuôi, và những nguồn tán xạ trong mặt phẳng. Ở đây, Q2DEG là các điện tử có thể chuyển động hoàn toàn tự do trong mặt phẳng (xy), nhưng chuyển động của chúng theo phương z bị giới hạn. Khi kích thước của vật rắn giảm xuống vào cỡ nanomet thì hạt tải điện tự do trong cấu trúc này sẽ thể hiện tính chất giống như một hạt chuyển động trong giếng thế $V(z)$. Tại nhiệt độ

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

²Trường Đại học Trần Đại Nghĩa

Liên hệ

Trương Văn Tuấn, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

Trường Đại học Trần Đại Nghĩa

Email: tuanbo83@gmail.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 10-12-2018
- Ngày chấp nhận: 04-7-2019
- Ngày đăng: 30-9-2019

DOI: 10.32508/stdjns.v3i3.638



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Trích dẫn bài báo này: Tuấn T V, Khánh N Q, Tài V V. Thời gian tán xạ của điện tử trong giếng lượng tử GaAs/InGaAs/GaAs ở nhiệt độ hữu hạn có xét đến hiệu ứng tương quan trao đổi. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 3(3):180-187.

thấp, chúng tôi giả sử rằng electron chỉ chiếm dải con thấp nhất. Giếng lượng tử chúng tôi xét ở đây là giếng GaAs/InGaAs/GaAs với độ sâu hữu hạn, hàm sóng có dạng như sau¹:

$$\Psi(z) = c\sqrt{\frac{2}{L}} \begin{cases} \cos\left(\frac{1}{2}kL\right) \exp(\kappa z), & z < 0 \\ \cos\left[k\left(z - \frac{1}{2}L\right)\right], & 0 \leq z \leq L \\ \cos\left(\frac{1}{2}kL\right) \exp[-\kappa(z-L)], & z > L \end{cases} \quad (1)$$

với C là hằng số chuẩn hóa được xác định từ hệ thức¹:

$$C^2 \left(1 + \frac{\sin a}{a} + \frac{1 + \cos a}{b}\right) = 1 \quad (2)$$

Thời gian tán xạ vận chuyển $\tau_r(E_k)$ là khoảng thời gian trung bình giữa hai lần tán xạ liên tiếp khi hạt di chuyển định hướng dưới tác dụng của điện trường và có dạng^{2,3}:

$$\frac{1}{\tau_r} = \frac{1}{(2\pi)^2 \hbar E_r} \int_0^{2k_r} dq \int_0^{2\pi} d\phi \frac{q^2}{(4k_r^2 - q^2)^{1/2}} \frac{\langle |U(q)|^2 \rangle}{\varepsilon^2(q)} \quad (3)$$

Thời gian hồi phục đơn hạt $\tau_s(E_k)$ (hay thời gian sống lượng tử) là thời gian tồn tại của một trạng thái của hạt tải và không có khái niệm tương tự trong vật lý cổ điển. Thời gian hồi phục đơn hạt được xác định bởi biểu thức⁴:

$$\frac{1}{\tau_s} = \frac{1}{2\pi \hbar E_F} \int_0^{2k_F} dq \frac{2k_F^2}{(4k_F^2 - q^2)^{1/2}} \frac{\langle |U(q)|^2 \rangle}{\varepsilon^2(q)} \quad (4)$$

Ở đây:

$$\varepsilon(q) = 1 + \frac{2\pi e^2}{\varepsilon_L} \frac{1}{q} F_C(q) [1 - G(q)] \Pi(q, T) \quad (5)$$

trong đó $\pi(q, T)$ là hàm phân cực tính ở $T \neq 0$,

$$\Pi(q, T) = \frac{\beta}{4} \int_0^\infty d\mu' \frac{\pi^\circ(q, \mu')}{\cosh^2 \frac{\beta}{2} (\mu - \mu')} \quad (6)$$

với $\pi^\circ(q)$ là hàm phân cực ở $T = 0$ (trong gần đúng RPA).

$$\pi^\circ(q, E_F) = \pi^\circ(q) = \frac{g_v m^*}{2\pi \hbar^2} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2k_F}{q}\right)^2} \right] \Theta(q - 2k_F) \quad (7)$$

Thừa số dạng $F_C(q)$ phụ thuộc vào tương tác giữa hai điện tử dọc theo phương z và được xác định qua biểu thức:

$$F_C(q) = \frac{1}{C^4} \int_{-\infty}^{+\infty} dz \int_{-\infty}^{+\infty} dz' |\xi(z)|^2 |\xi(z')|^2 e^{-q|z-z'|} \quad (8)$$

với $\beta = (k_B T)^{-1}$, $E = \hbar^2 k^2 / (2m^*)$, ε_L là hằng số điện môi, $k_F = (4\pi n / g_v)^{1/2}$, $E_F = \hbar^2 k_F^2 / (2m^*)$, $\mu = \ln[-1 + \exp(\beta E_F)] / \beta$. $G(q)$ là hiệu chỉnh trường cục bộ (LFC) mô tả hiệu ứng tương quan trao đổi⁵ và $\langle |U(q)|^2 \rangle$ là thể ngẫu nhiên phụ thuộc vào cơ chế tán xạ⁶.

Đối với tán xạ tạp chất tích điện xa RI, thế tán xạ có dạng⁷:

$$\langle |U_{RI}(q)|^2 \rangle = N_{RI} \left(\frac{2\pi e^2 Z}{\epsilon_L q} \right)^2 F_{RI}(q, z_i)^2 \quad (9)$$

với N_{RI} là mật độ tạp chất 2D, z_i là khoảng cách của lớp tạp chất tính từ cạnh giếng tại $z = 0$, $t = qL$, $a = kL$, $b = \kappa L$ và $F_N = \int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi(z)|^2 e^{-q|z-z_i|} dz$ là thừa số tương tác electron-tạp chất.

Đối với tán xạ tạp chất tích điện nền đồng nhất BI, thế tán xạ được cho bởi⁷:

$$\begin{aligned} \langle |U_{BI}(q)|^2 \rangle &= \left(\frac{2\pi e^2 Z}{\epsilon_L q} \right)^2 \int_{-\infty}^{+\infty} dz_i N_i(z_i) [F_{RI}(q, z_i)]^2 \\ &= \left(\frac{2\pi e^2 Z}{\epsilon_L q} \right)^2 F_{BI}(q) \end{aligned} \quad (10)$$

với $F_{BI}(q) = N_{B1}F_{B1}(q) + N_{B2}F_{B2}(q) + N_{B3}F_{B3}(q)$

trong đó:

$$\begin{aligned} F_{B1}(q) &= \int_{-\infty}^0 [F_{RI}(q, z_i < 0)]^2 dz_i \\ F_{B2}(q) &= \int_0^L [F_{RI}(q, 0 \leq z_i \leq L)]^2 dz_i \\ F_{B3}(q) &= \int_L^{+\infty} [F_{RI}(q, z_i > L)]^2 dz_i \end{aligned} \quad (11)$$

Đối với tán xạ bề mặt nhám SR, thế tán xạ được cho bởi¹:

$$\begin{aligned} \langle |U_{se}(q)|^2 \rangle &= \left(\frac{\pi^{1/2} \hbar^2 C^2 a^2 \Delta \Lambda}{m_z L^3} \right)^2 \exp(-q^2 \Lambda^2 / 4) \end{aligned} \quad (12)$$

với Δ và Λ , tương ứng, là biên độ nhám và độ dài tương quan.

Trong trường hợp tán xạ áp điện nhám-cộng hưởng PESR, thế tán xạ được cho bởi¹:

$$\begin{aligned} \langle |U_{PESR}(q)|^2 \rangle &= \left(\frac{3\pi^{3/2} e e_{14} G A \epsilon_{//} C^2 a^2 \Delta \Lambda}{8 \epsilon_L c_{44}} \right)^2 F_{PE}^2(t) \\ &\times \exp(-q^2 \Lambda^2 / 4) \sin^2 2\theta \end{aligned} \quad (13)$$

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

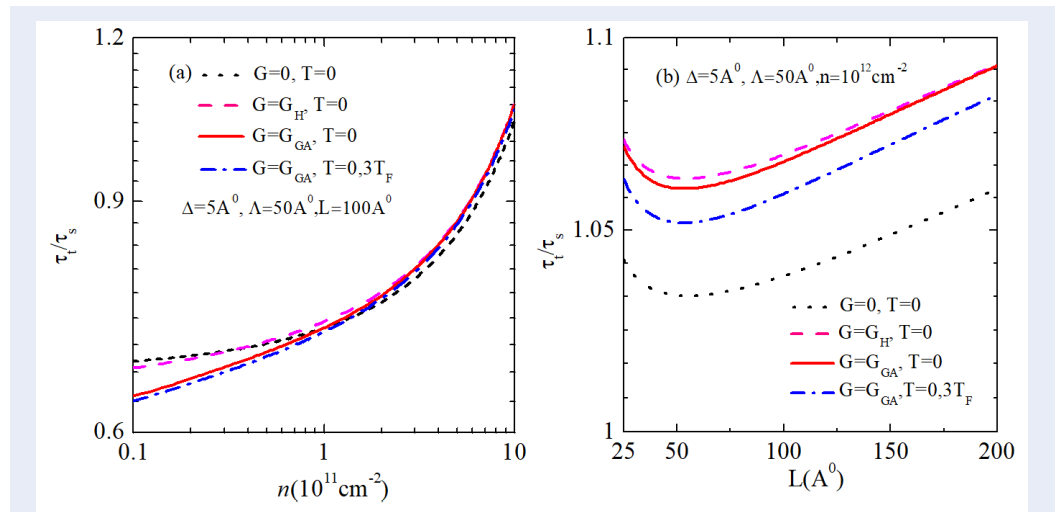
Để thực hiện tính toán số chúng tôi sử dụng các tham số sau: $m_z = m^* = 0,058 m_0$ với m_0 là khối lượng electron tự do, chiều cao rào thế $V_0 = 131$ meV. Chúng tôi tính số tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt τ_t / τ_s ở nhiệt độ bằng không và hữu hạn có xét đến hiệu ứng tương quan trao đổi trong ba gần đúng: RPA với $G = 0$, Hubbard với $G_H(q) = \frac{1}{g_s g_v} \frac{q}{\sqrt{q^2 + k_F^2}}$ trong đó g_s, g_v là độ suy biến spin và

độ suy biến valley, và STLS với

$$G_{GA}(q) = r_s^{4/3} \frac{1,402q}{\sqrt{2.644C_{21}^2 q_s^2 + C_{22}^2 r_s^{4/3} q^2 - C_{23} r_s^{2/3} q_s, q}} \quad (14)$$

Hình 1 biểu diễn tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt τ_t/τ_s cho tán xạ bề mặt nhám (SR) nhóm: (a) theo mật độ với $L = 100 \text{ \AA}$, và (b) theo bề rộng giếng với $n = 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ứng với những gần đúng khác nhau cho LFC ở nhiệt độ bằng không và hữu hạn. Quan sát thấy rằng:

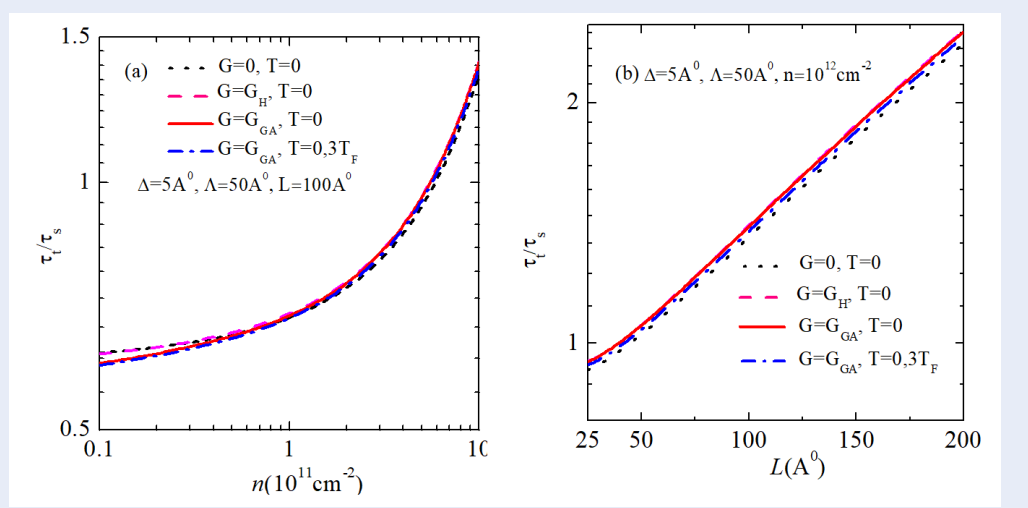
- Theo mật độ: sự phụ thuộc của tỉ số τ_t/τ_s vào LFC ở mật độ cao là rất yếu. Ở mật độ thấp, ảnh hưởng của LFC lên τ_t/τ_s là đáng kể và tỉ số τ_t/τ_s nhỏ hơn 1. Và cũng thấy τ_t/τ_s luôn tăng theo mật độ.
- Theo bề rộng giếng: tỉ số τ_t/τ_s là khác nhau đối với bề rộng giếng khác nhau và luôn lớn hơn 1. τ_t/τ_s đạt giá trị thấp nhất đối với $G = 0$, và sự khác biệt của τ_t/τ_s trong hai gần đúng G_H và G_{GA} là nhỏ.
- Ảnh hưởng của nhiệt độ: nhiệt độ ảnh hưởng đáng kể lên tỉ số τ_t/τ_s đối với mọi giá trị khảo sát của bề rộng giếng (**Hình 1b**), và tỉ số τ_t/τ_s theo nhiệt độ $T = 0$ luôn lớn hơn theo nhiệt độ T khác không. Tuy nhiên, nhiệt độ ảnh hưởng không đáng kể ở vùng mật độ khảo sát (**Hình 1a**).



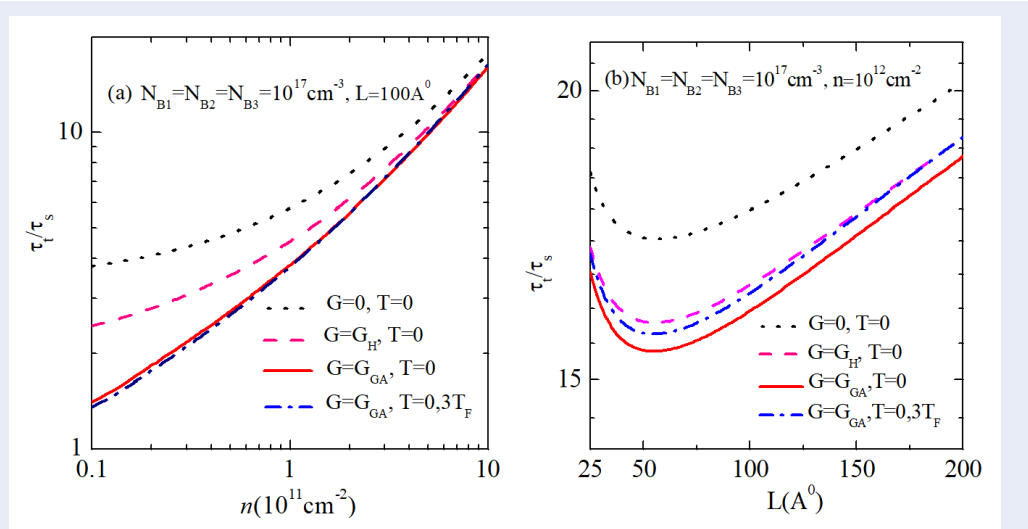
Hình 1: Tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt τ_t/τ_s cho tán xạ bề mặt nhám (SR) với $\Delta = 5 \text{ \AA}$, $A = 50 \text{ \AA}$. **Chú thích:** (a) theo mật độ với $L = 100 \text{ \AA}$, và (b) theo bề rộng giếng với $n = 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ứng với các mô hình LFC khác nhau cho nhiệt độ bằng không và hữu hạn.

Trong **Hình 2** tỉ số τ_t/τ_s cho tán xạ áp điện nhám-cộng hưởng nhám (PESR): (a) theo mật độ cho $L = 100 \text{ \AA}$, và (b) theo bề rộng giếng cho $n = 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ứng với những gần đúng khác nhau cho LFC ở nhiệt độ bằng không và khác không. Kết quả cho thấy:

- Theo mật độ: ảnh hưởng của LFC là đáng kể ở mật độ thấp. Tỉ số τ_t/τ_s nhỏ hơn 1 ở mật độ thấp và tăng dần theo mật độ, đạt giá trị lớn hơn 1 khi mật độ $n \geq 5,8 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$
- Theo bề rộng giếng: với bề rộng giếng $L < 45 \text{ \AA}$, tỉ số $\tau_t/\tau_s < 1$ và tăng dần theo sự tăng của bề rộng giếng. Ảnh hưởng của LFC là không đáng kể lên tỉ số τ_t/τ_s .



Hình 2: Tỷ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt τ_t/τ_s cho tán xạ áp điện nhám-cộng hưởng nhám (PESR) với $\Delta = 5 \text{ \AA}$, $\Lambda = 50 \text{ \AA}$. **Chú thích:** (a) theo mật độ; (b) theo bề rộng giếng ứng với các mô hình LFC khác nhau cho nhiệt độ bằng không và hữu hạn.



Hình 3: Tỷ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt τ_t/τ_s cho tán xạ tạp chất tích điện nền đồng nhất (BI) với $N_{B1} = N_{B2} = N_{B3} = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. **Chú thích:** (a) theo mật độ; (b) theo bề rộng giếng ứng với các mô hình LFC khác nhau cho nhiệt độ bằng không và hữu hạn.

- Ảnh hưởng của nhiệt độ: nhiệt độ ảnh hưởng lên tỉ số τ_t/τ_s là không đáng kể đối với mọi mật độ và nhỏ đối với các giá trị khảo sát của bề rộng giếng.

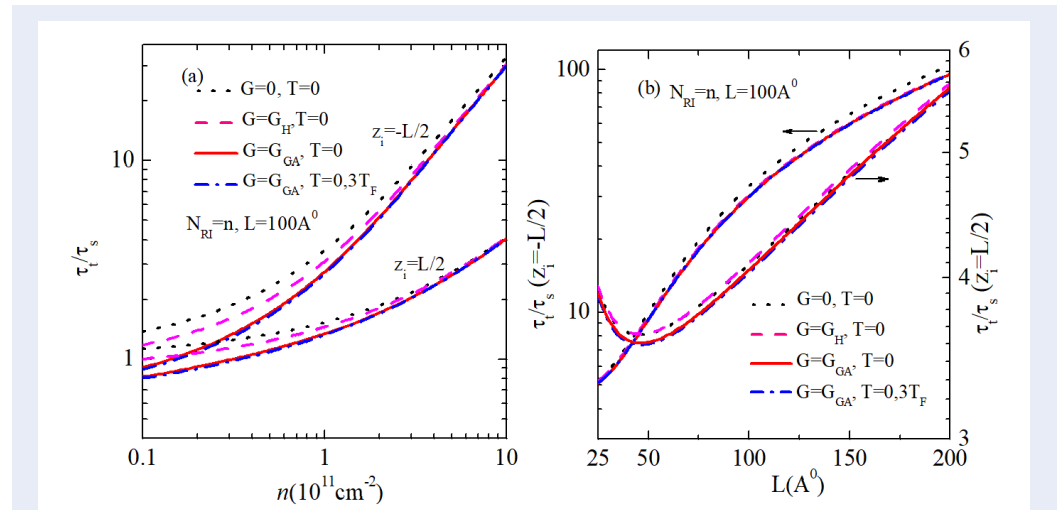
Hình 3, biểu diễn tỉ số τ_t/τ_s cho tán xạ tạp chất tích điện nền đồng nhất (BI): (a) theo mật độ với $L = 100 \text{ \AA}$, và (b) theo bề rộng giếng với $n = 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ứng với những gần đúng khác nhau của $G = 0$, $G = G_H$ và $G = G_{GA}$ cho nhiệt độ bằng không và khác không.

Hình vẽ cho thấy rằng:

- **Theo mật độ:** có sự khác biệt lớn giữa các giá trị τ_t/τ_s cho các LFC khác nhau ở mật độ thấp nhưng sự khác biệt là không đáng kể ở mật độ hạt cao. Tỉ số τ_t/τ_s luôn lớn hơn 1 trong miền mật độ khảo sát.
- **Theo bề rộng giếng:** khi bề rộng giếng thay đổi, ảnh hưởng của LFC lên τ_t/τ_s luôn là đáng kể và τ_t/τ_s đạt giá trị thấp nhất đối với G_{GA} . Đối với tán xạ BI tỉ số τ_t/τ_s lớn hơn nhiều so với 1.
- **Ảnh hưởng của nhiệt độ:** ảnh hưởng nhiệt độ là không đáng kể theo mật độ (**Hình 3a**). Tỉ số τ_t/τ_s theo nhiệt độ $T = 0$ luôn lớn hơn theo nhiệt độ T khác không ứng với bề rộng giếng được khảo sát (**Hình 3 b**).

Hình 4 chỉ ra tỉ số τ_t/τ_s cho tán xạ tạp chất tích điện xa (RI): (a) theo mật độ cho $L = 100 \text{ \AA}$ và (b) theo bề rộng giếng cho $n = 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ ứng với những gần đúng khác nhau cho LFC ở nhiệt độ bằng không $T = 0$ và khác không $T = 0,3T_F$ cho pha tạp trong giếng ($z_i = L/2$) và pha tạp ngoài giếng ($z_i = -L/2$). Kết quả theo mật độ, bề rộng giếng, và nhiệt độ như sau:

- **Theo mật độ:** ảnh hưởng của LFC lên tỉ số τ_t/τ_s ở mật độ cao không đáng kể cho cả hai miền pha tạp trong giếng và ngoài giếng. Tỉ số τ_t/τ_s cho pha tạp ngoài giếng luôn lớn hơn so với pha tạp trong giếng, nhất là ở mật độ cao. Đối với cả hai loại pha tạp, tỉ số τ_t/τ_s luôn tăng theo mật độ.
- **Theo bề rộng giếng:** tỉ số τ_t/τ_s đối với pha tạp ngoài giếng lớn hơn nhiều so với pha tạp trong giếng. Ảnh hưởng của LFC (G_H và G_{GA}) đối với tán xạ này là không đáng kể cho các giá trị khảo sát của bề rộng giếng.
- **Ảnh hưởng của nhiệt độ:** nhiệt độ ảnh hưởng không đáng kể lên τ_t/τ_s cho cả hai miền pha tạp ứng với miền mật độ và bề rộng giếng được khảo sát.



Hình 4: Tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt τ_t/τ_s cho tán xạ tạp chất tích điện xa (RI) với $N_{RI} = n$ pha tạp trong giếng và ngoài giếng. **Chú thích:** (a) theo mật độ ; (b) theo bề rộng giếng ứng với các mô hình LFC khác nhau cho nhiệt độ bằng không và hữu hạn.

KẾT LUẬN

Tỉ số thời gian tán xạ vận chuyển và thời gian hồi phục đơn hạt τ_t/τ_s của khí điện tử tựa hai chiều trong giếng lượng tử GaAs/InGaAs/GaAs được khảo sát ở nhiệt độ bằng không và nhiệt độ hữu hạn có xét đến hiệu ứng tương quan- trao đổi thông qua hiệu chỉnh trường cục bộ theo mật độ hạt tải và bề rộng giếng cho bốn cơ chế tán xạ khác nhau. Khi mật độ hạt thay đổi, nhiệt độ ảnh hưởng không đáng kể lên tỉ số τ_t/τ_s . Ở mật độ cao, tỉ số τ_t/τ_s không phụ thuộc vào LFC và tăng theo sự tăng mật độ đối với cả bốn cơ chế tán xạ. Với sự thay đổi của bề rộng giếng, ảnh hưởng của LFC và nhiệt độ lên tỉ số τ_t/τ_s là không đáng kể cho tán xạ PESR và RI. Tỉ số τ_t/τ_s đối với pha tạp ngoài giếng ($z_i = -L/2$) luôn lớn hơn so với trường hợp pha tạp trong giếng ($z_i = L/2$). Trong trường hợp tán xạ SR và BI, ảnh hưởng của LFC và nhiệt độ lên tỉ số τ_t/τ_s là đáng kể đối với các giá trị khảo sát của bề rộng giếng.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Q2DEG: Quasi-two-dimensional electron gas (Khí điện tử tựa hai chiều)

LFC: Random phase approximation (Gần đúng pha ngẫu nhiên)

RPA: Local field correction (Hiệu chỉnh trường cục bộ)

STLS : the self-consistent formalism of Singwi, Tosi, Land and Sjölande (Hình thức luận tự hợp STLS)

RI: Remote charged impurity scattering (Tán xạ tạp chất tích điện xa)

BI: Homogenous background impurity scattering (Tán xạ tạp chất tích điện nền đồng nhất)

SR: Surface roughness scattering (Tán xạ bề mặt nhám)

PESR : Roughness-induced piezoelectric scattering (Tán xạ áp điện nhám-cộng hưởng)

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Trương Văn Tuấn: tính toán số, giải thích và viết và gửi bài ;

Võ Văn Tài: tính giải tích cơ chế tán xạ RI, BI ;

Nguyễn Quốc Khánh: hiệu chỉnh các giải thích và bài viết.

LỜI CẢM ƠN

Công trình này được tài trợ bởi Quỹ phát triển Khoa học và Công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong khuôn khổ đề tài 103.01-2017.23.\

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Quang DN, Tuoc VN, Huan TD. Roughness-induced piezoelectric scattering in lattice-mismatched semiconductor quantum wells. Phys Rev B. 2003;68:195316.
2. S, Sarma D, Stern F. Single-particle relaxation time versus scattering time in an impure electron gas. Phys Rev B. 1985;32.
3. Hsu L, Walukiewicz W. Transport-to-quantum lifetime ratios in AlGaIn/GaN heterostructures. Appl Phys Lett. 2002;80:2508–2508.
4. Coleridge PT, Stoner R, Fletcher R. Low-field transport coefficients in GaAs/Ga_{1-x}Al_xAs heterostructures. Phys Rev B. 1989;39(1120).
5. The local-field correction for the interacting electron gas: many-body effects for unpolarized and polarized electrons. Z Phys B. 1997;103.
6. Electronic transport properties of a 2DEG in a silicon quantum-well structure at low temperature. Phys Rev B. 1987;35.
7. Ando T, Fowler AB, Stern F. Electronic properties of 2D systems. Rev Mod Phys. 1982;54:437–672.

The scattering time of electrons in a GaAs/InGaAs/GaAs quantum well including temperature and exchange-correlation effects

Truong Van Tuan^{1,2,*}, Nguyen Quoc Khanh¹, Vo Van Tai¹



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

The ratio of the scattering and single-particle relaxation time of a quasi-two-dimensional electron gas (Q2DEG) in a finite lattice-mismatched GaAs/InGaAs/GaAs quantum well was investigated at zero and finite temperatures, taking into account the exchange-correlation effects via a local-field correction with three approximations for the LFC, $G = 0$, G_H , and G_{GA} . We studied the dependence of the surface roughness, roughness-induced piezoelectric, remote and homogenous background charged impurity scattering on the carrier density and quantum well width. In the case of zero temperature and Hubbard local-field correction our results reduced to those of different theoretical calculations. At low density, the exchange-correlation effects depend strongly on the ratio τ_i/τ . While at high density many-body effects due to exchange and correlation considerably modified the ratio of the scattering and single-particle relaxation time. We found that, for densities and temperatures considered $T = 0,3T_F$ in this study, the temperature affected weakly on the time ratio for four scatterings. Furthermore, with the change of quantum well width, the effect of LFC and temperatures act on the ratio τ_i/τ are negligible for the roughness-induced piezoelectric and remote charged impurity scattering, and are notable for the surface roughness and homogenous background charged impurity scattering.

Key words: transport scattering time, single-particle relaxation time, exchange-correlation effects

¹University of Science, VNU-HCM

²Tran Dai Nghia University

Correspondence

Truong Van Tuan, University of Science, VNU-HCM

Tran Dai Nghia University

Email: tuanbo83@gmail.com

History

- Received: 10-12-2018
- Accepted: 04-7-2019
- Published: 30-9-2019

DOI : 10.32508/stdjns.v3i3.638



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Van Tuan T, Quoc Khanh N, Van Tai V. **The scattering time of electrons in a GaAs/InGaAs/GaAs quantum well including temperature and exchange-correlation effects.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 3(3):180-187.