

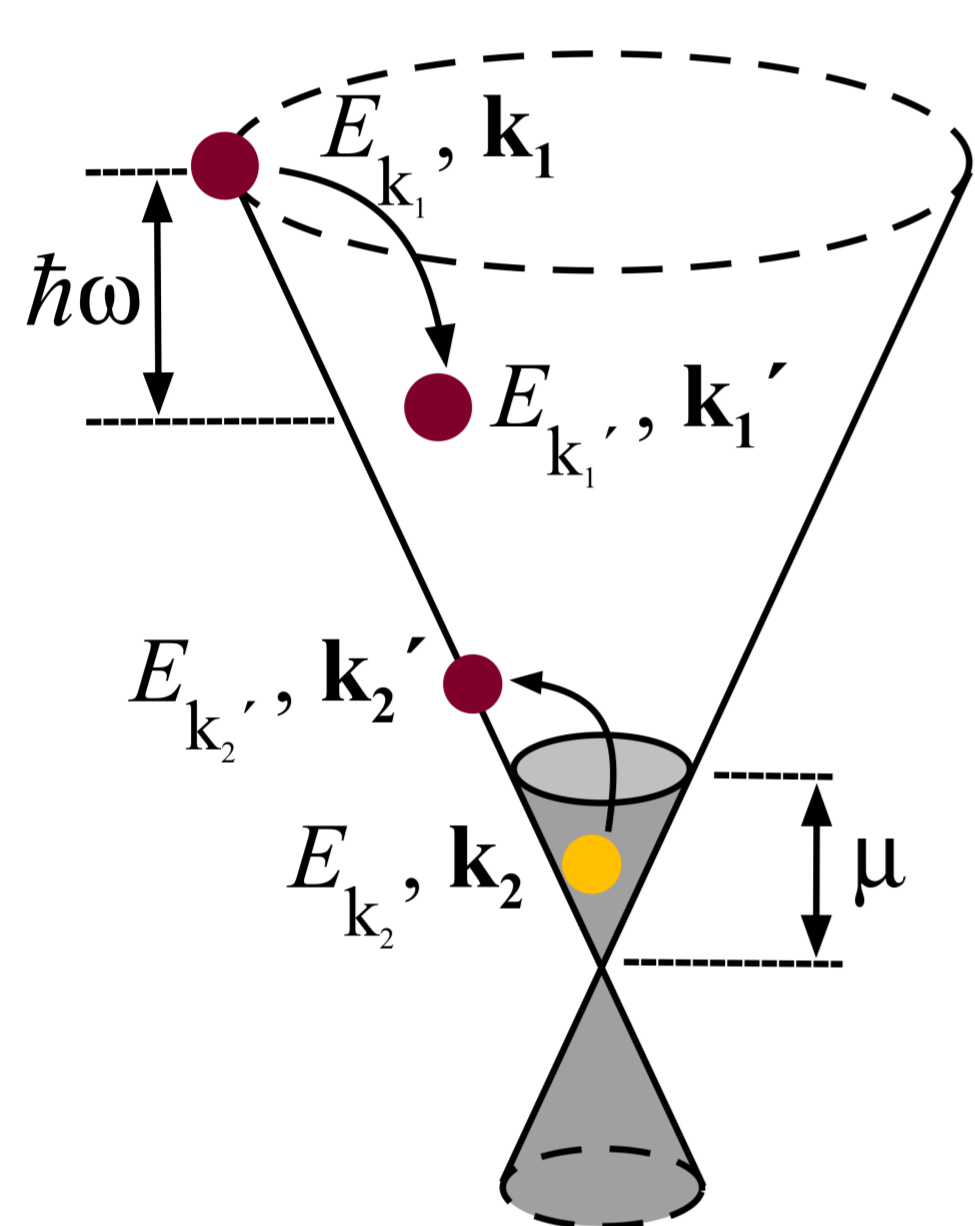
Resumen

Las fuertes interacciones electrón-electrón en el grafeno producen una cascada en la que se generan múltiples portadores calientes con energía por encima del nivel de Fermi a partir de un solo fotón absorbido como resultado de los llamados procesos de impacto-excitación que participan en la relajación energética de los portadores fotoexcitados principales. Aquí nos enfocamos en la cascada de procesos de impacto-excitación en grafeno dopado y su efecto en la fotocorriente. Se calcula la absorción de la luz y se presenta el comportamiento de la fotocorriente con el dopaje para una capa suspendida de grafeno. Se muestra que el número de portadores generados y la densidad de fotocorriente tienen una alta sensibilidad con el dopaje. La efectiva multiplicación de portadores en grafeno representa un enfoque muy interesante para convertir eficientemente la energía de la luz en excitaciones electrónicas.

Resultados

Generación de múltiples portadores calientes

Número promedio de pares $e-h$ producidos por electrón fotoexcitado:



$$\langle N \rangle = \int_{\mu}^{E_0} \frac{dE}{\langle \Delta E \rangle}, \quad \langle \Delta E \rangle = \frac{\mathfrak{S}_{el}(E)}{\Gamma(E)}$$

$\mathfrak{S}_{el}(E)$ - razón en que cede la energía
 $\Gamma(E)$ - razón de dispersión

$$\Gamma(E) = \sum_{\vec{k}_1} W_{\vec{k}_1, \vec{k}_1'} (1 - f_{\vec{k}_1'}) F_{\vec{k}_1, \vec{k}_1'}$$

$$\mathfrak{S}_{el}(E) = \sum_{\vec{k}_1} (E_{\vec{k}_1'} - E_{\vec{k}_1}) W_{\vec{k}_1, \vec{k}_1'} (1 - f_{\vec{k}_1'}) F_{\vec{k}_1, \vec{k}_1'}$$

$$F_{\vec{k}_1, \vec{k}_1'} = \langle \vec{k}_1' | \vec{k}_1 \rangle$$

$$W_{\vec{k}_1, \vec{k}_1'} = \frac{2\pi N}{\hbar} \sum_{\vec{q}, \vec{k}_2, \vec{k}_2'} f_{\vec{k}_2} (1 - f_{\vec{k}_2'}) F_{\vec{k}_2, \vec{k}_2'} |\tilde{V}_{\vec{q}}|^2 \times \delta_{\vec{k}_1, \vec{k}_1' + \vec{q}} \delta_{\vec{k}_2, \vec{k}_2' - \vec{q}} \delta(E_{\vec{k}_1'} - E_{\vec{k}_1} + E_{\vec{k}_2'} - E_{\vec{k}_2})$$

$\tilde{V}_{\vec{q}}$ - interacción de Coulomb

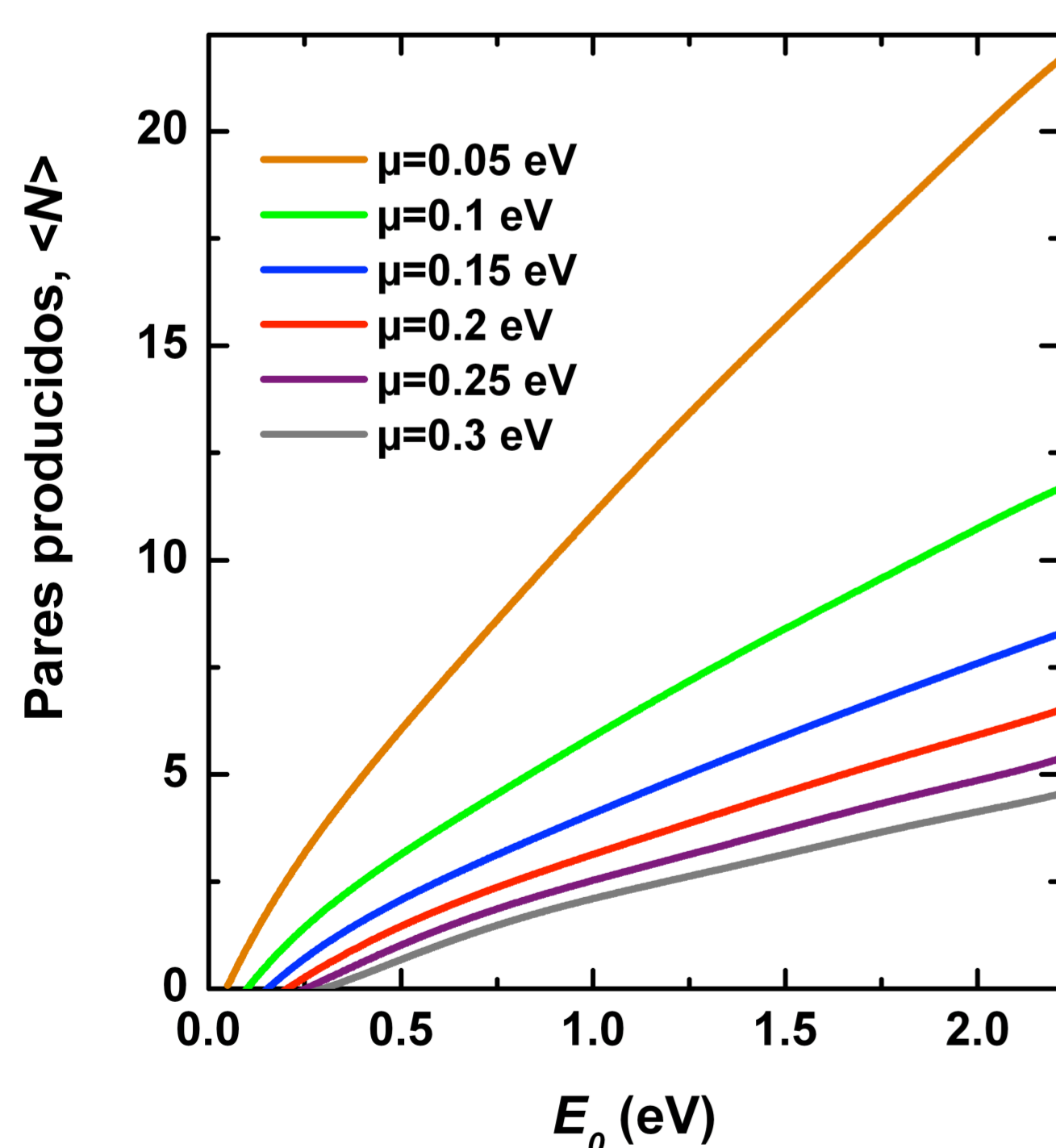


Fig. 1. Número promedio de pares $e-h$ producidos por electrón fotoexcitado en función de la energía del electrón fotoexcitado, para varios valores del nivel de Fermi en una capa de grafeno.

Conclusiones

Se calculó la absorción de fotones y la densidad de fotocorriente con el dopaje para una capa suspendida de grafeno, considerando la generación de múltiples portadores calientes. Se obtuvo que el número de portadores calientes generados y la densidad de fotocorriente tienen una alta sensibilidad con el dopaje.

Absorción de fotones

Conductividad óptica:

$$\sigma_{interbanda}(\omega, T) = \frac{G_0}{8} \pi \left[\tanh\left(\frac{\hbar\omega + 2\mu}{4k_B T}\right) + \tanh\left(\frac{\hbar\omega - 2\mu}{4k_B T}\right) \right]$$

$$\sigma_{intrabanda}(\omega, T) = (2 \ln 2) G_0 \frac{(\hbar\tau) k_B T}{(\hbar\omega)^2 + (\hbar\tau)^2}$$

$G_0 = \frac{q^2}{\pi\hbar}$ y τ - razón de dispersión fenomenológica

Transmitancia y reflectancia:

$$T = \left| 1 + \frac{2\pi}{c} \sigma(\omega, T) \right|^{-2} \quad R = \left[\frac{2\pi}{c} \sigma(\omega, T) \right]^2$$

Coefficiente de absorción:

$$\alpha(E) = \frac{1}{d_{GL}} \ln(AB), \quad A = \frac{(1-R)^2}{2T}, \quad B = 1 + \left(1 + \frac{R^2}{A^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Densidad de fotocorriente

$$J_{ph} = q \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F(\lambda) QE_{hot}(\lambda) d\lambda$$

$$QE_{hot}(\lambda) = (1 - R(\lambda)) (1 - e^{-\alpha(\lambda)d_{GL}}) \langle N(\lambda) \rangle$$

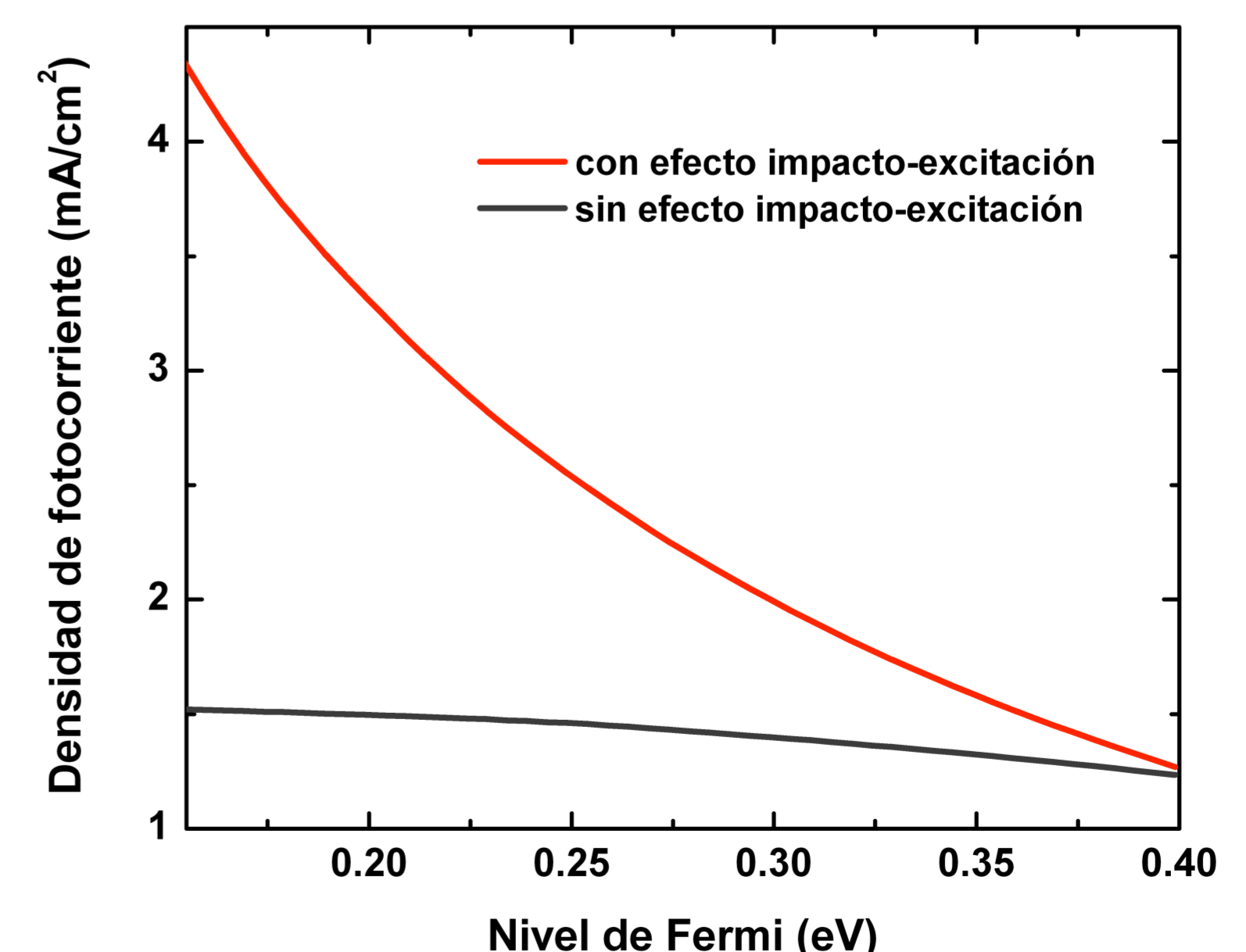


Fig. 2. Densidad de fotocorriente en función del nivel de Fermi para una capa de grafeno dopado tipo n . También es mostrada la dependencia de la densidad de fotocorriente para el caso de generación de solo un par $e-h$ por fotón absorbido con fines comparativos. El espectro solar AM1.5 fue considerado en los cálculos.