Relativistická transparence pevných terčů a její využití pro zvýšení kontrastu ultra-intenzivního laserového impulsu

Bakalářská práce

Sergei Kulkov

Leden 2018

Obsah

1. Teoretický úvod
   - Podmínka pro transparenci pevného terče
   - Relativistická transparence
2. Výsledky simulací
   - Profil pulsu
   - Hustota elektronů a iontů
   - Transmisivita a reflektivita terčů

Obsah

1. Teoretický úvod
   - Podmínka pro transparenci pevného terče
   - Relativistická transparence
2. Výsledky simulací
   - Profil pulsu
   - Hustota elektronů a iontů
   - Transmisivita a reflektivita terčů

Teoretický úvod

- Pro průchod EM vlny plazmatem musí být splněna podmínka:

$$\omega > \omega_p, \tag{1}$$

kde ω je úhlová frekvence dopadající vlny a $\omega_p = (\frac{n_e e^2}{\varepsilon_0 m_e})^{\frac{1}{2}}$ je tzv. *plazmová frekvence*.

- Pomocí elektronové hustoty:

$$n_e < n_c = \frac{m_e \omega^2}{4\pi e^2}, \tag{2}$$

kde n_c je tzv. *kritická hustota* plazmatu pro dopadající EM vlnu s danou vlnovou délkou λ.

Teoretický úvod

- V relativistickém případě (pro vysoce intenzivní EM vlnu) se objeví další člen: gamma faktor γ_e. Podmínka pak bude mít tvar:

$$\frac{n_e}{\gamma_e} < n_c. \tag{3}$$

Obsah

1. Teoretický úvod
   - Podmínka pro transparenci pevného terče
   - Relativistická transparence
2. Výsledky simulací
   - Profil pulsu
   - Hustota elektronů a iontů
   - Transmisivita a reflektivita terčů

Relativistická transparence

- K popisu laser-plazma interakci se často zavádí parametr a_0, který je definován následovně:

$$a_0 \equiv \frac{eE_0}{m_e \omega c}, \tag{4}$$

  kde E_0 je amplituda elektrického pole dopadající vlny.
- Gamma faktor γ_e lze pak zapsat následovně:

$$\gamma_e(a_0) = \left(1 + \frac{a_0^2}{2}\right)^{\frac{1}{2}}. \tag{5}$$

Relativistická transparence

- Pro vysoké intenzity laserových pulsů platí:

$$a_0 \gg 1, \tag{6}$$

a gamma faktor se redukuje na tvar:

$$\gamma_e(a_0) = \left(1 + \frac{a_0^2}{2}\right)^{\frac{1}{2}} \approx \frac{a_0}{\sqrt{2}}. \tag{7}$$

Relativistická transparence

Po dosazení $\gamma_e(a_0)$ do relativistické podmínky pro transparenci dostaneme:

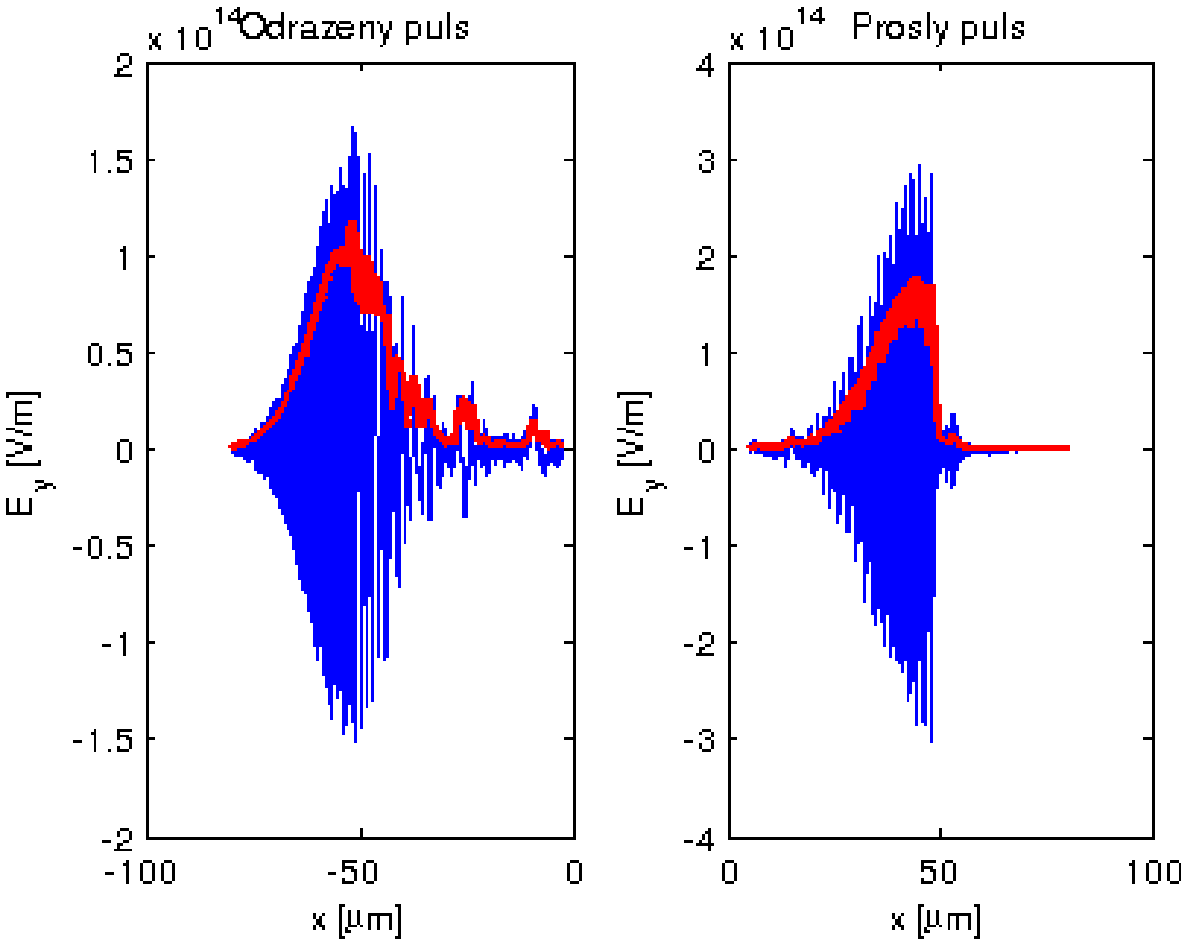
$$\frac{n_e}{\gamma_e} < n_c \Rightarrow a_0 \geq \sqrt{2}\frac{n_e}{n_c}. \tag{8}$$

Pro laserové pulsy, které splňují podmínku (8), dochází k tzv. *relativistické transparenci* [1].

Obsah

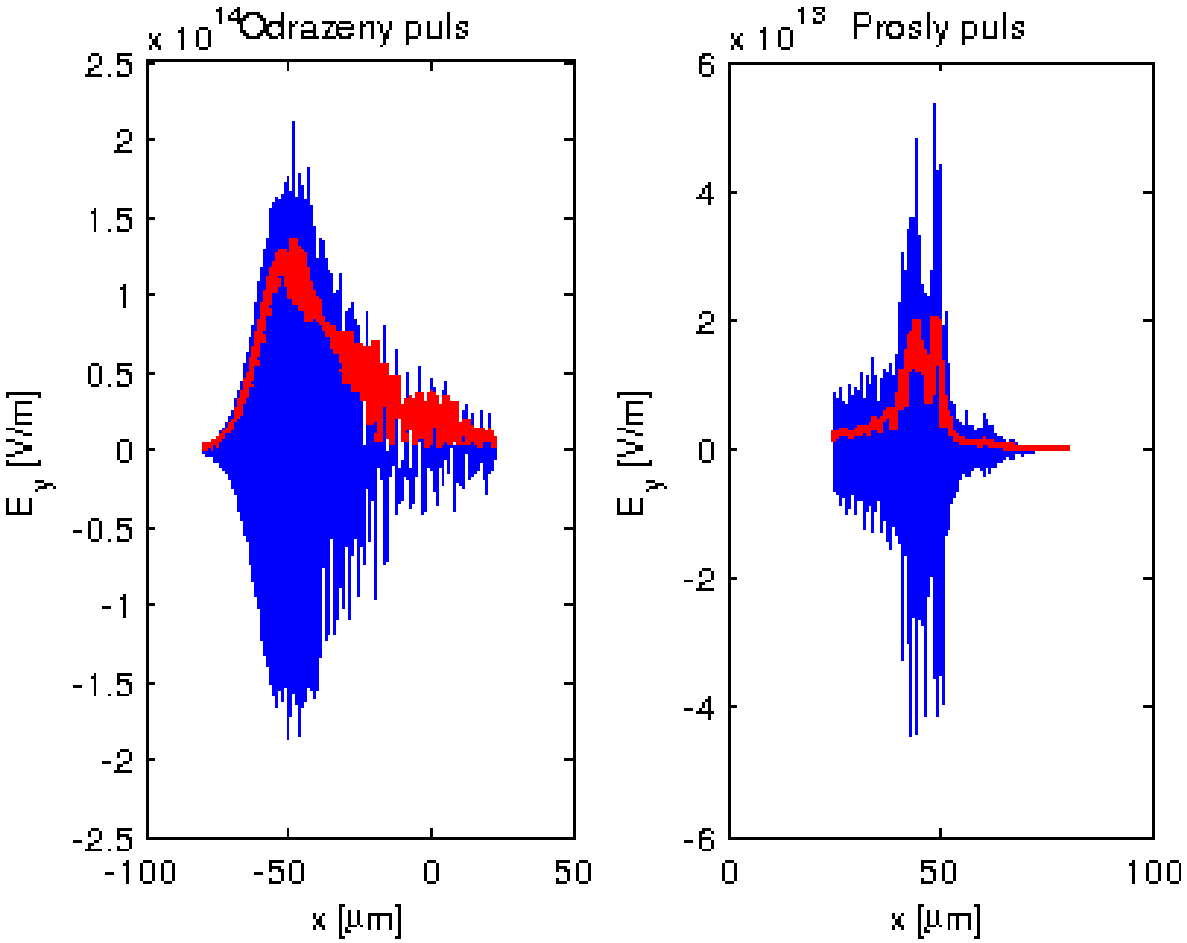
1. Teoretický úvod
   - Podmínka pro transparenci pevného terče
   - Relativistická transparence
2. Výsledky simulací
   - Profil pulsu
   - Hustota elektronů a iontů
   - Transmisivita a reflektivita terčů

60-femtosekundový laser



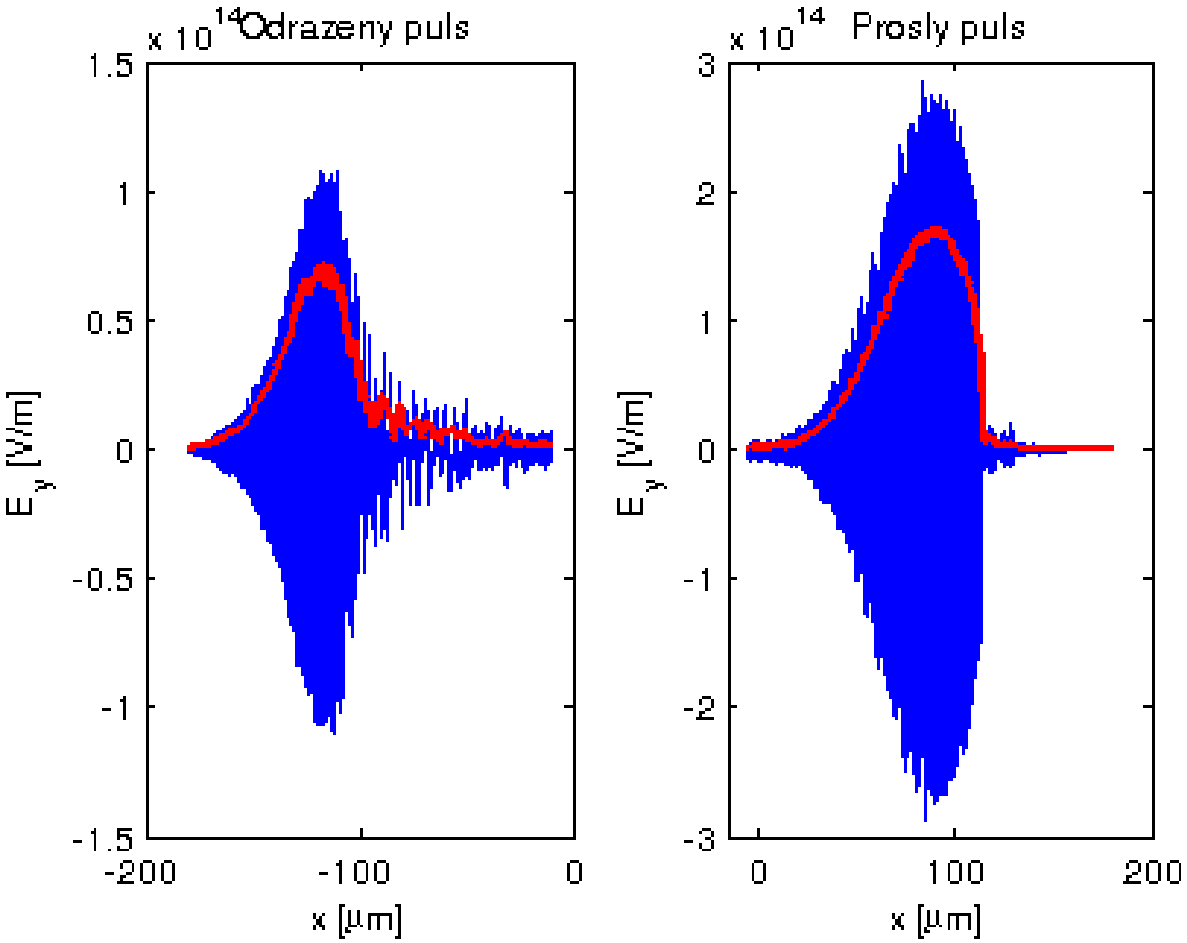
Obrázek: Odražený a prošlý laserový puls po interakci s 50 nm terčem. Červeně je označena amplituda pulsu po vyhlazení.

60-femtosekundový laser



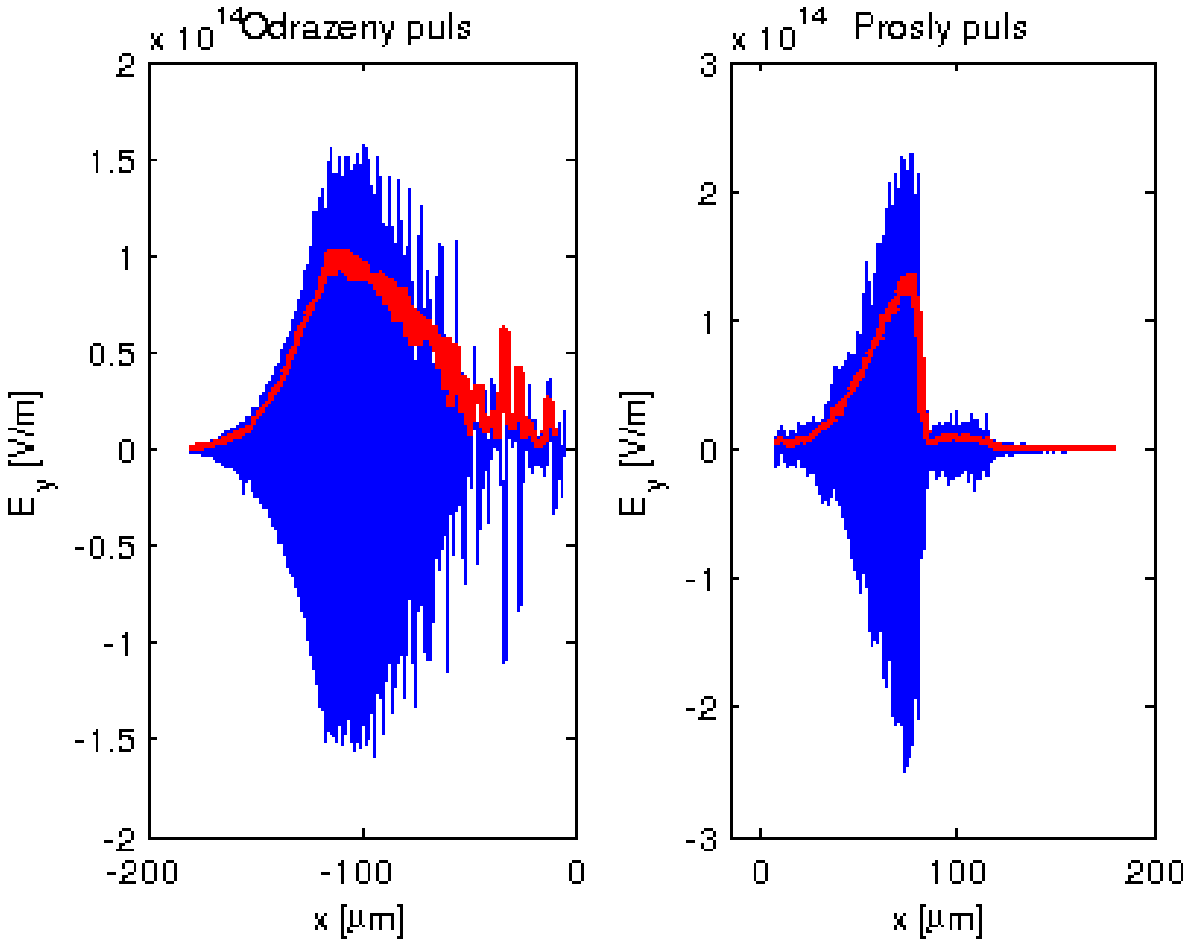
Obrázek: Odražený a prošlý laserový puls po interakci s 70 nm terčem. Červeně je označena amplituda pulsu po vyhlazení.

150-femtosekundový laser



Obrázek: Odražený a prošlý laserový puls po interakci s 50 nm terčem. Červeně je označena amplituda pulsu po vyhlazení.

150-femtosekundový laser

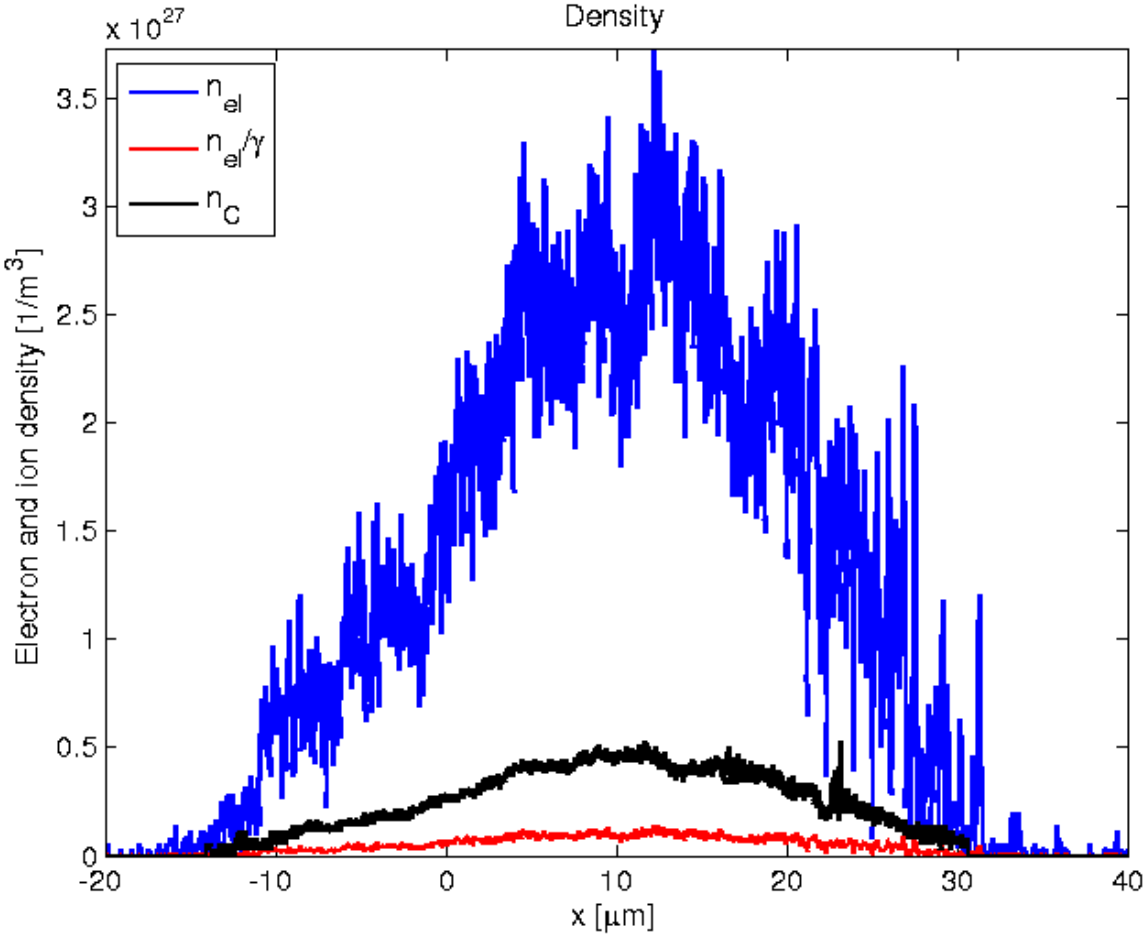


Obrázek: Odražený a prošlý laserový puls po interakci s 100 nm terčem. Červeně je označena amplituda pulsu po vyhlazení.

Obsah

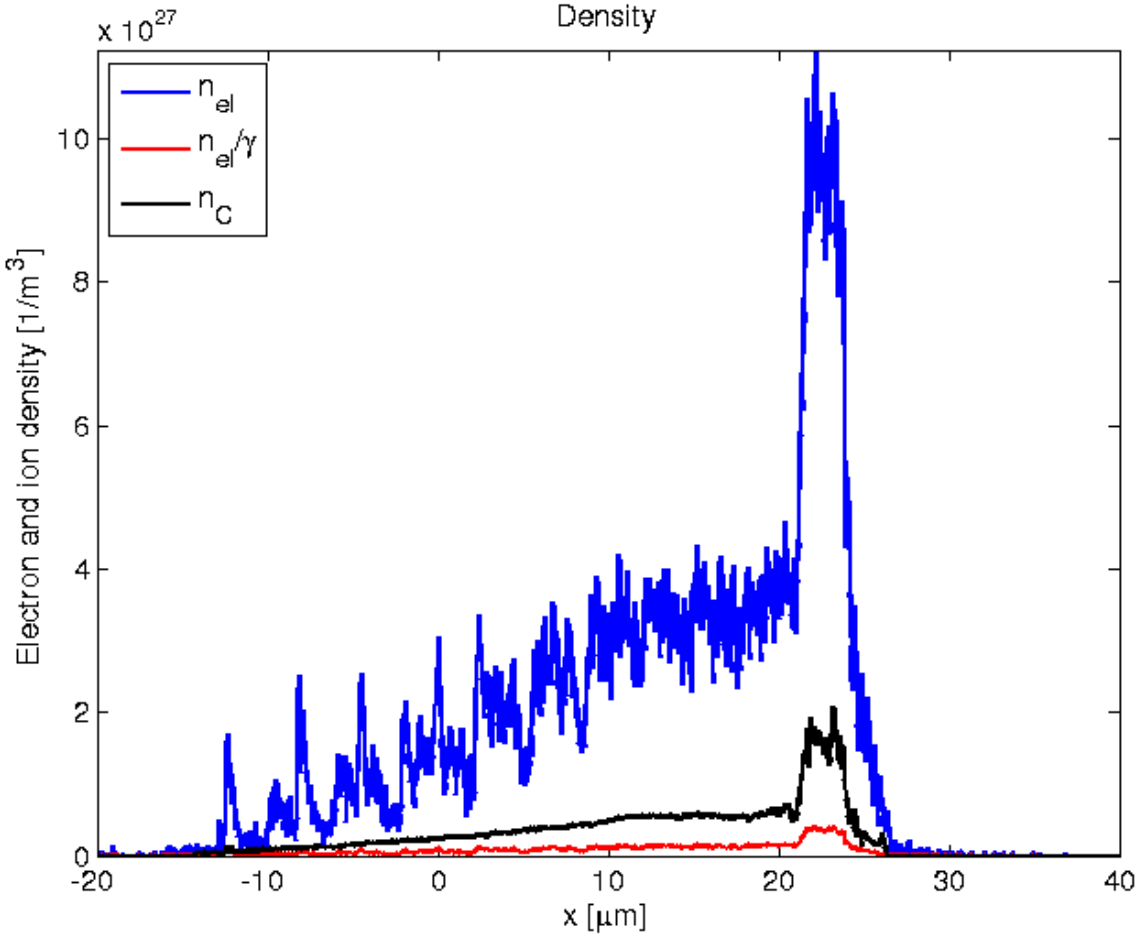
1. Teoretický úvod
   - Podmínka pro transparenci pevného terče
   - Relativistická transparence
2. Výsledky simulací
   - Profil pulsu
   - Hustota elektronů a iontů
   - Transmisivita a reflektivita terčů

60-femtosekundový laser



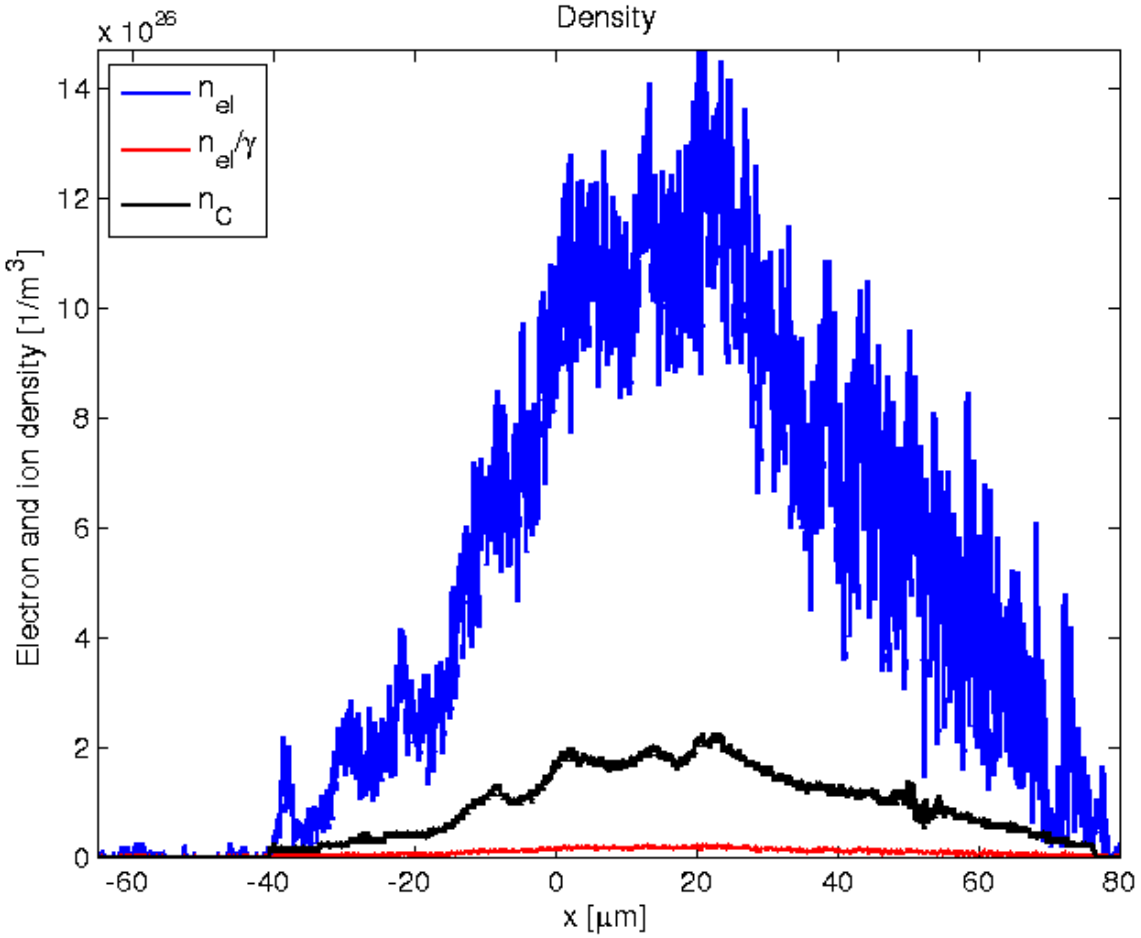
Obrázek: Hustota elektronů a iontů 50 nm terče po interakci s 60 fs laserovým pulsem.

60-femtosekundový laser



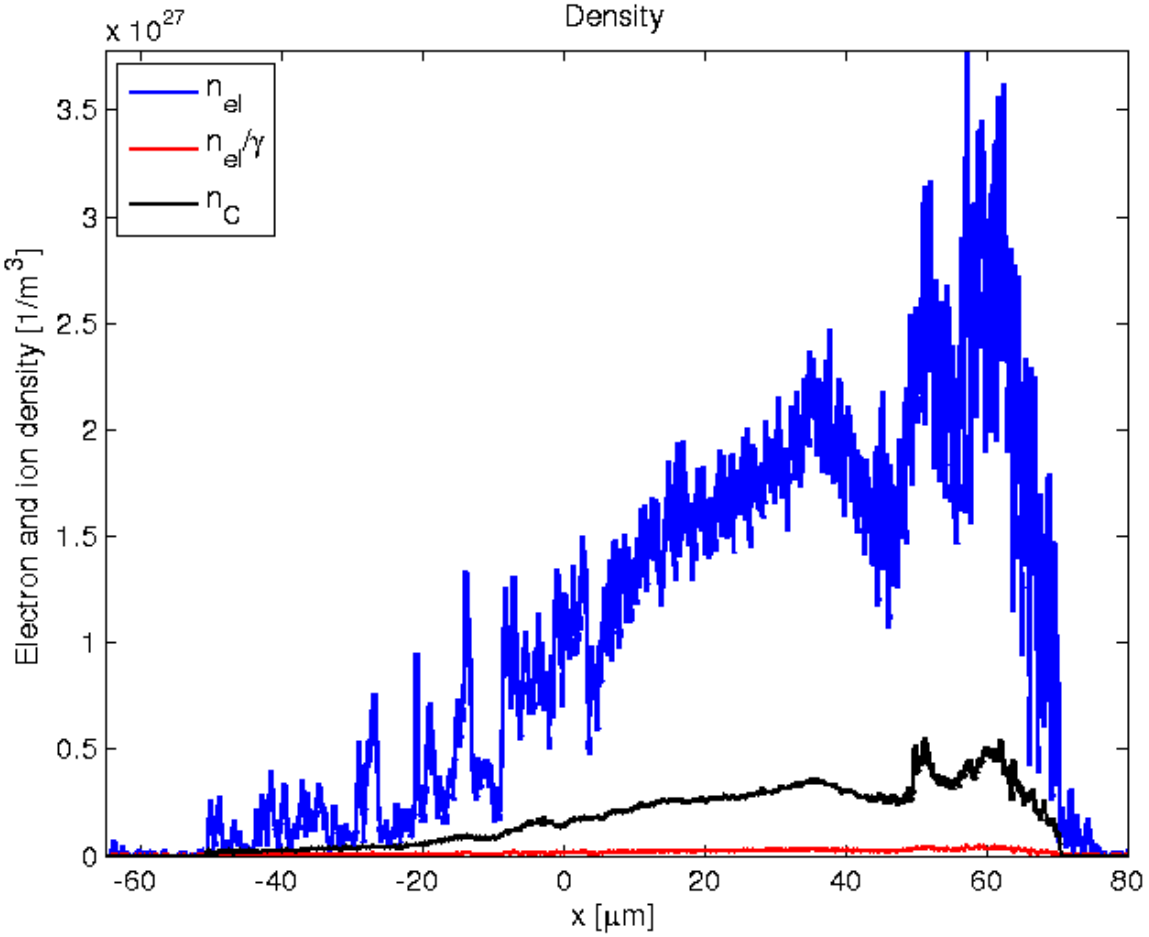
Obrázek: Hustota elektronů a iontů 70 nm terče po interakci s 60 fs laserovým pulsem.

150-femtosekundový laser



Obrázek: Hustota elektronů a iontů 50 nm terče po interakci s 150 fs laserovým pulsem.

150-femtosekundový laser

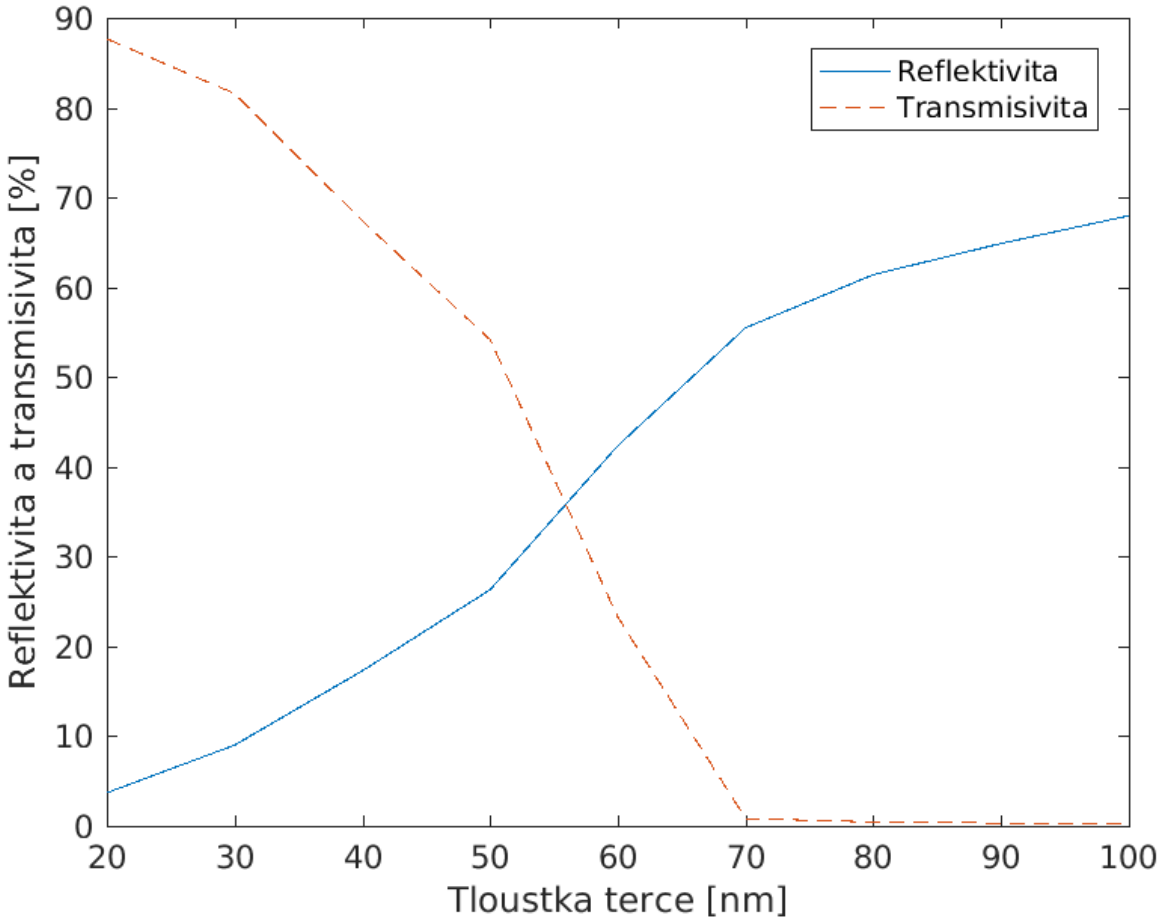


Obrázek: Hustota elektronů a iontů 100 nm terče po interakci s 150 fs laserovým pulsem.

Obsah

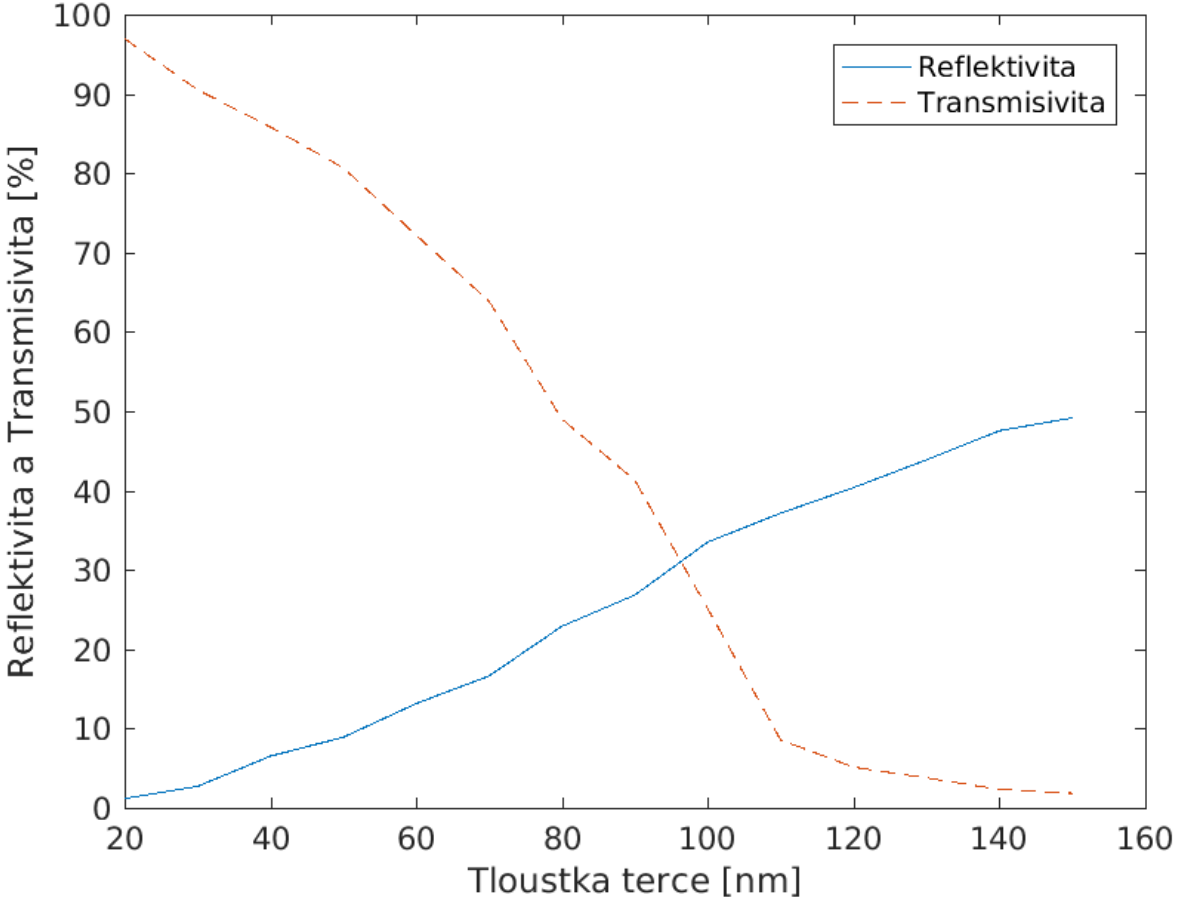
1. Teoretický úvod
   - Podmínka pro transparenci pevného terče
   - Relativistická transparence
2. Výsledky simulací
   - Profil pulsu
   - Hustota elektronů a iontů
   - Transmisivita a reflektivita terčů

60-femtosekundový laser



Obrázek: Transmisivita a reflektivita terče v závislosti na jeho tloušťce.

150-femtosekundový laser



Obrázek: Transmisivita a reflektivita terče v závislosti na jeho tloušťce.

Reference

Macchi, A. *A Superintense Laser-Plasma Interaction Theory Primer*, Springer, 2013

Děkuji za pozornost