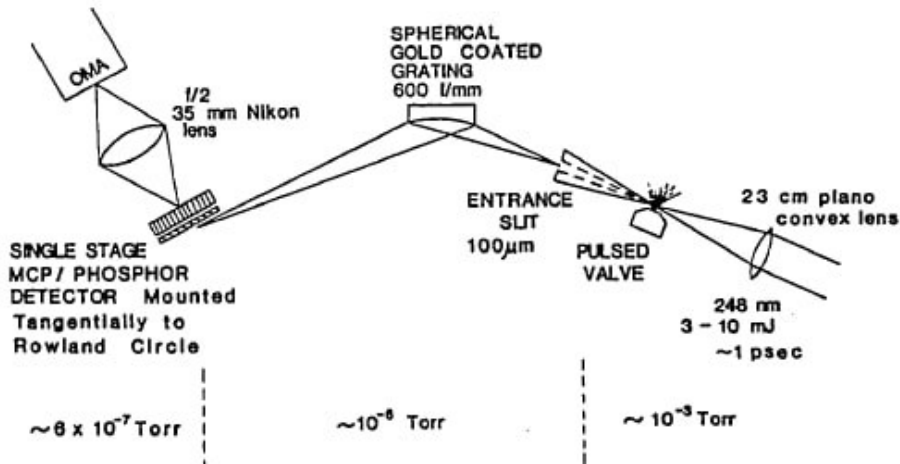


Генерация гармоник высокого порядка (ГГВП)

Карибджанов Матвей

27 ноября 2023 г.

Обнаружение



Параметры системы

Параметры системы:

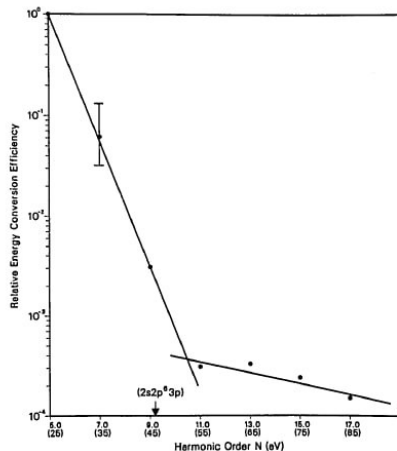
- $\mathfrak{J} \sim 10^{15} W/cm^2$
- $n \sim 10^{18} cm^{-3}$
- $p \approx 3.1 \cdot 10^4 Torr$
- $T > 350 fs$
- $\lambda 248 nm$

Material	Maximum Harmonic Order Observed	Maximum Charge State Observed	Energy Coupling Associated with Charge State (eV)
He	13 (19.1 nm)	2	79
Ne	17 (14.6 nm)	4	224
Ar	7 (35.5 nm)	8	627
Kr	7 (35.5 nm)	8	544
Xe	9 (27.6 nm)	9	630

Результаты

Material	Harmonic Scattering Cross Sections σ_N (cm ²)			
	σ_5	σ_9	σ_{13}	σ_{17}
He	$\sim 1 \times 10^{-25}$	$\sim 1 \times 10^{-27}$	$\sim 1 \times 10^{-29}$	—
Ne	$\sim 2 \times 10^{-25}$	$\sim 6 \times 10^{-28}$	$\sim 6 \times 10^{-29}$	$\sim 3 \times 10^{-29}$
Ar	$\sim 5 \times 10^{-27}$	—	—	—
Kr	$\sim 3 \times 10^{-26}$	—	—	—
Xe	$\sim 8 \times 10^{-26}$	$\sim 6 \times 10^{-29}$	—	—

$$\varepsilon = \varepsilon_i + 3U(\zeta) \quad (1)$$



Модель 1

Подгоночная модель

$$\varepsilon = \varepsilon_i + U_e \quad (2)$$

$$\ddot{x} = -\frac{e}{m}E \cos(\omega t)$$

$$x = \frac{eE}{m\omega\tau}[(t_r - t) \cos t_r\omega + \\ + (t - t_i) \cos t_i\omega + \tau \cos t\omega]$$

Где

$$\tau = t_r - t_i$$

$$\varepsilon = \frac{m\dot{x}(t_r)}{2} = 3.17 U \quad (3)$$

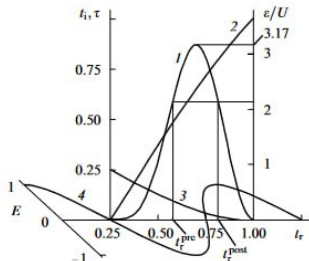


Рис.3. К полуклассической модели ГТВП: кинетическая энергия электрона $\varepsilon(t_r)$ в момент рекомбинации t_r (1), промежуток времени между моментом ионизации и моментом рекомбинации $\tau = t_r - t_i$ (2), момент t_i ионизации электрона, рекомбинирующего в момент t_r (3), напряженность внешнего электрического поля E (выделен интервал времени 0–0.25, на котором ионизируются электроны, рекомбинирующие в интервале 0.25–1 (4); t_r^{pre} и t_r^{post} – моменты генерации пре- и постгармоник; время измеряется в периодах возбуждающего поля).

Модель 2

Квантовомеханическая модель

$$\varphi = \varphi_0 + \varphi_1$$

$$i\hbar \frac{\partial \varphi}{\partial t} = \left(\frac{p^2}{2m} + U + H^{int} \right) \varphi \quad (4)$$

φ_0 - связанный, φ_1 - свободный электрон.

В простейшем случае

$$U = \alpha \delta r, \quad H^{int} = erE \quad (5)$$

$$\begin{aligned} |\varphi_0 + \varphi_1\rangle = & \frac{1}{i\hbar} \int_{-\infty}^t d\tau \int d^3p \exp\left(-\frac{i}{\hbar} \int_{\tau}^t E_p dt\right) \\ & \times |\varphi_p\rangle \langle \varphi_p | V | \varphi_0(\tau) \rangle \end{aligned}$$

Бывают модели

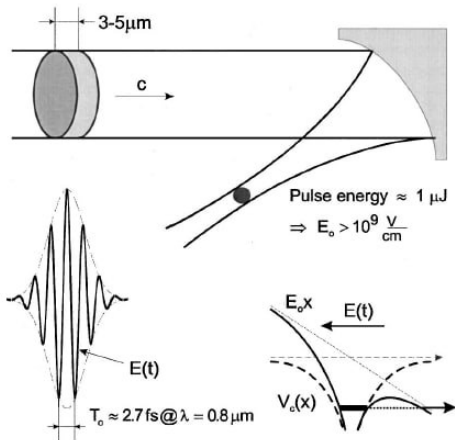
$$U = \frac{e^2 Z}{r}, \quad H^{int} = pmA + \frac{e^2 A^2}{2mc^2} \quad (6)$$

$$\varphi_p = (2\pi\hbar)^{3/2} \exp(i/\hbar pr)$$

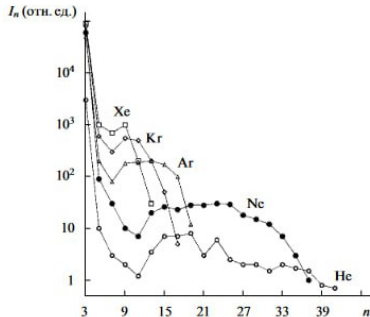
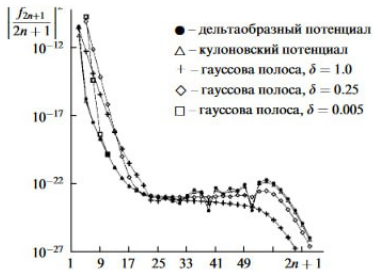
Критерий приближения $WT \ll 1$

Современные методы

- $n \sim 3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
- $\lambda = 1.05 - 0.388 \mu\text{m}$
- $T = 25 - 800 \text{ fs}$
- $\mathfrak{J} \sim 10^{14} - 10^{18} \text{ W/cm}^2$



Результаты предсказания модели



Список литературы

- В. Т. Платоненко, В. В. Стрелков, Генерация гармоник высокого порядка в поле интенсивного лазерного излучения, Квантовая электроника, 1998, том 25, номер 7, 582–600 (Теория)
- Б. В. Румянцев, А. В. Пушкин, Ф. В. Потёмкин, Генерация гармоник высокого порядка вблизи низкочастотного края плато при нелинейном распространении фемтосекундного лазерного излучения ближнего ИК диапазона с длиной волны 1.24 мкм в плотной струе аргона
- Thomas Brabec and Ferenc Krausz, Intense few-cycle laser fields: Frontiers of nonlinear optics, 545-585
- McPherson A., Gibson G., Jara H., Johann U., Luk T.S., McIntyre I.A., Boyer K., Rhodes C.K. J.Opt.Soc.Amer. B, 4, 595 (1987).
(Первый эксперимент с хорошим описанием)