



54-я Международная Тулиновская конференция по
Физике Взаимодействия Заряженных Частиц с
Кристаллами

Черенковское излучение в области вакуумного ультрафиолета



А.Р. Гучева, В.С. Малышевский, Г.В. Фомин

«Южный федеральный университет»

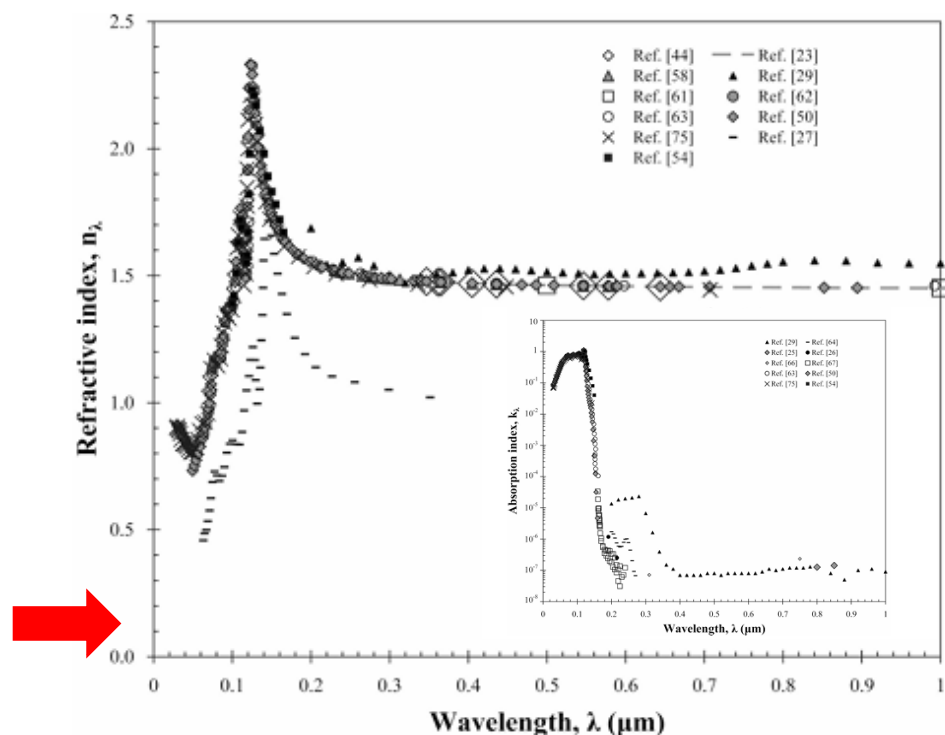
Цели и задачи

Целью настоящей работы является анализ возможности генерации черенковского излучения в области вакуумного ультрафиолета и его применения в качестве источника монохроматического излучения.

В работе решена задача о генерации резонансного параметрического и черенковского излучения, возникающего при прохождении ускоренных заряженных частиц через многослойную регулярную структуру из кварцевого стекла.

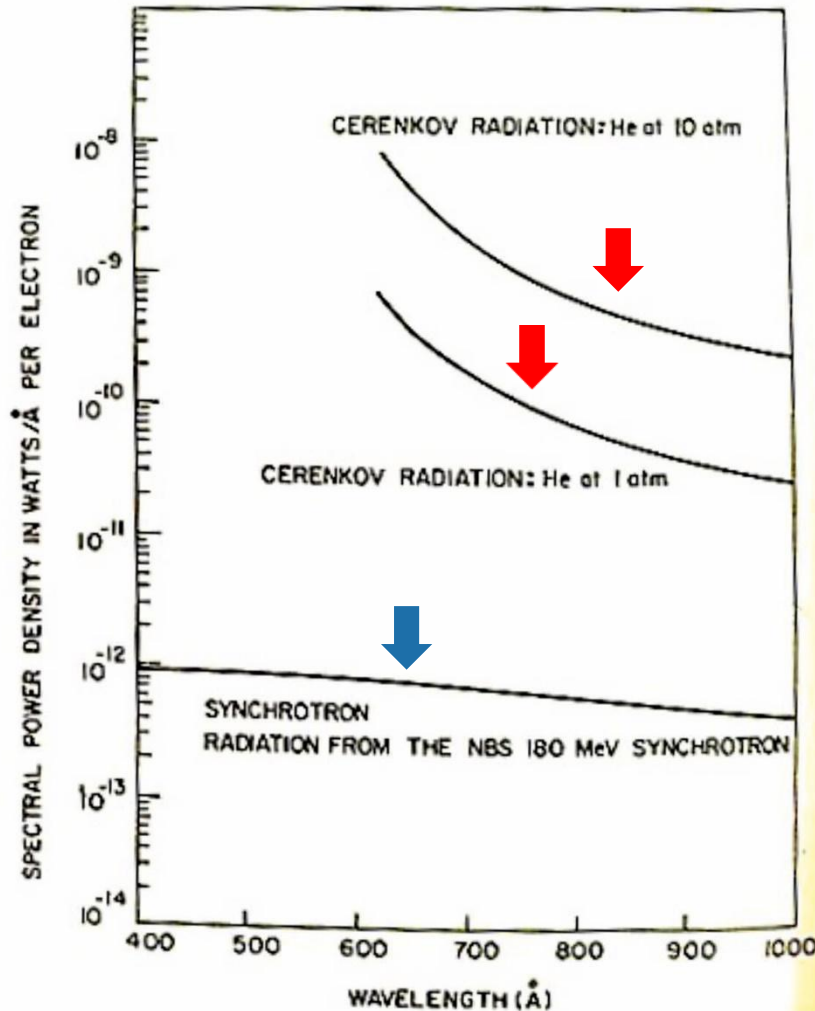
Материалы, в которых возможно черенковское излучение в ультрафиолетовой области

Вещество	λ , нм	n'
He	58,4	1,000036
Ne	73,6	1,000069
Ar	104,8	1,0003
LiF	105,8	1,418
CaF ₂	135,0	1,4673
Al ₂ O ₃	142,5	1,845
SiO ₂	165,0	1,5074



Rei Kitamura, Laurent Pilon, and Miroslaw Jonasz.
APPLIED OPTICS. 2007 Vol. 46, No. 33

О перспективности...

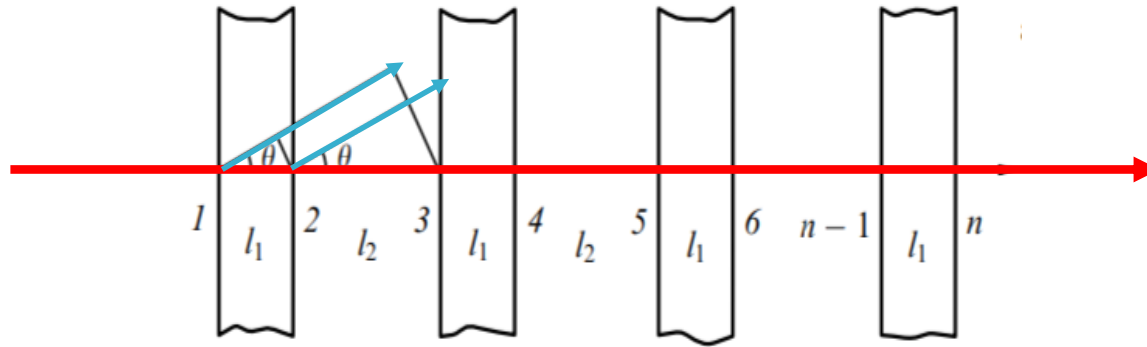


Выход черенковского излучения в ультрафиолетовой области может значительно превысить выход излучения на существующих синхротронах.

M.F. Piestrup, et.al.,
J. Appl. Phys. 1973, v. 44, #.11

Излучение в многослойной структуре

Параметры фотонной слоистой структуры $l_1 = l_2 = 0,1$ мкм.



- Переходное излучение на границах раздела.
- Черенковское излучение при выполнении порога.
- Резонансное параметрическое излучение («структурное черенковское» излучение).

Диапазон энергий частиц для наблюдения черенковского излучения ограничен снизу пороговым условием, а сверху полным внутренним отражением на выходе из мишени. Для длины волны 0.16 мкм Лоренц-фактор должен находиться в пределах $1.5 < \gamma < 2.2$.

Расчеты проводились методами классической электродинамики

Для численных расчетов использованы известные и ранее опубликованные результаты теоретического исследования переходного и черенковского излучения в неоднородных средах и слоистых структурах:

- *Гарибян Г.М., Ян Ши*, Рентгеновское переходное излучение. Ереван : Изд-во АН АрмССР , 1983.
- *Тер-Микаелян М. Л.* Электромагнитные процессы при высоких энергиях в аморфных и неоднородных средах // УФН. — 2003. — № 173. — С. 1265—1286.
- *Тер-Микаелян М. Л.* Радиационные электромагнитные процессы при высоких энергиях в периодических средах // УФН. — 2001. — № 171. — С. 597—624.
- *Арутюнян Ф. Р., Тер-Микаелян М. Л.* Излучение заряженных частиц в неоднородных средах и его применения // УФН. — 1972. — № 107. — С. 332—334.

Частотно-угловое распределение

Гарибян Г.М., Ян Ши, Рентгеновское переходное излучение. Ереван : Изд-во АН АрмССР , 1983.

$$W_{\text{cr}}^{(+)}(\omega, \vartheta) = \frac{2e^2\beta^2}{\pi c} \frac{u_0^2 \sin^3 \vartheta}{(1-u_0^2)^2} \left| \frac{\varepsilon-1}{1+u^2} \right|^2 |F_N(\omega, \vartheta)|^2,$$

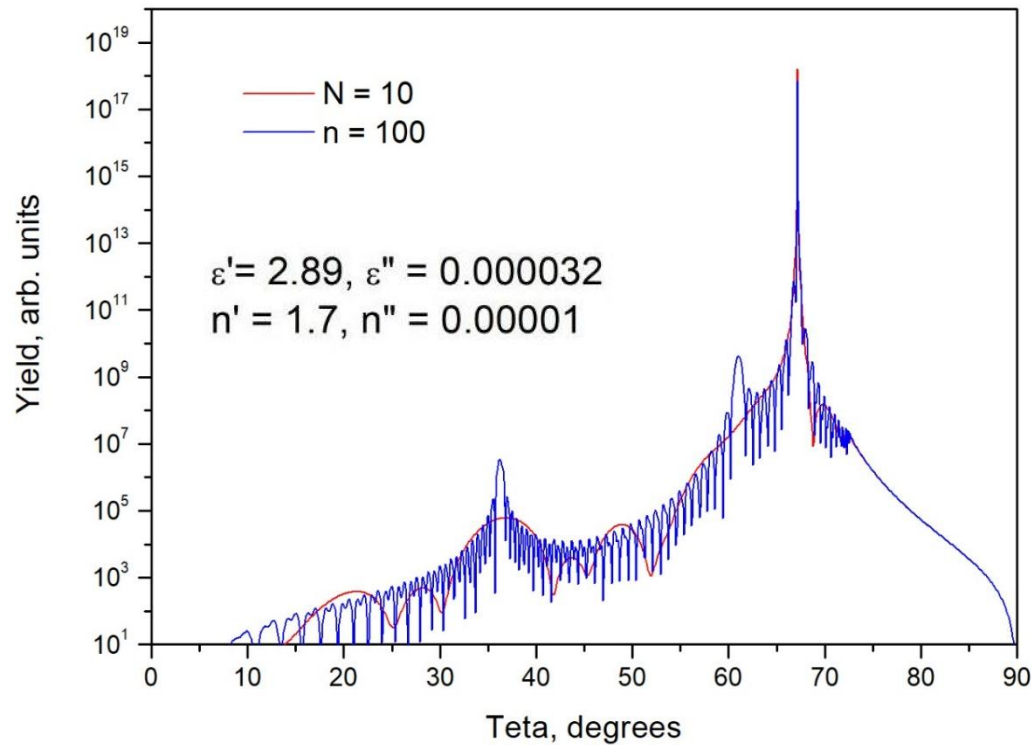
$$F_N(\omega, \vartheta) = \frac{1}{2Q_N} \left\{ 2BU_{N-1} + \frac{B+B_1 \exp [ib_0(1+u_0)]}{\cos(a_0+ b_0)-z} \times \right. \\ \left. \times [U_{N-2} - U_{N-1} \exp (-i(a_0+ b_0)) + \exp(-iN(a_0+ b_0))] \right\},$$

$$z = \cos(a_0 u) \cos(b_0 u_0) - \frac{1}{2} \left(\frac{u}{\varepsilon u_0} + \frac{\varepsilon u_0}{u} \right) \sin(a_0 u) \sin(b_0 u_0),$$

$$Q_N = Q_1 U_{N-1} - 4U_{N-2} \varepsilon u u_0 \exp [i(a_0 u + b_0 u_0)],$$

$$B_1 = 2u(1+u_0)(1-u_0-\beta^2\varepsilon) \exp [ia_0(1+u)] - \\ - (\varepsilon u_0+u)(1+u)(\gamma^{-2}+u) \exp(2ia_0 u) + (\varepsilon u_0-u)(1-u)(\gamma^{-2}+u)$$

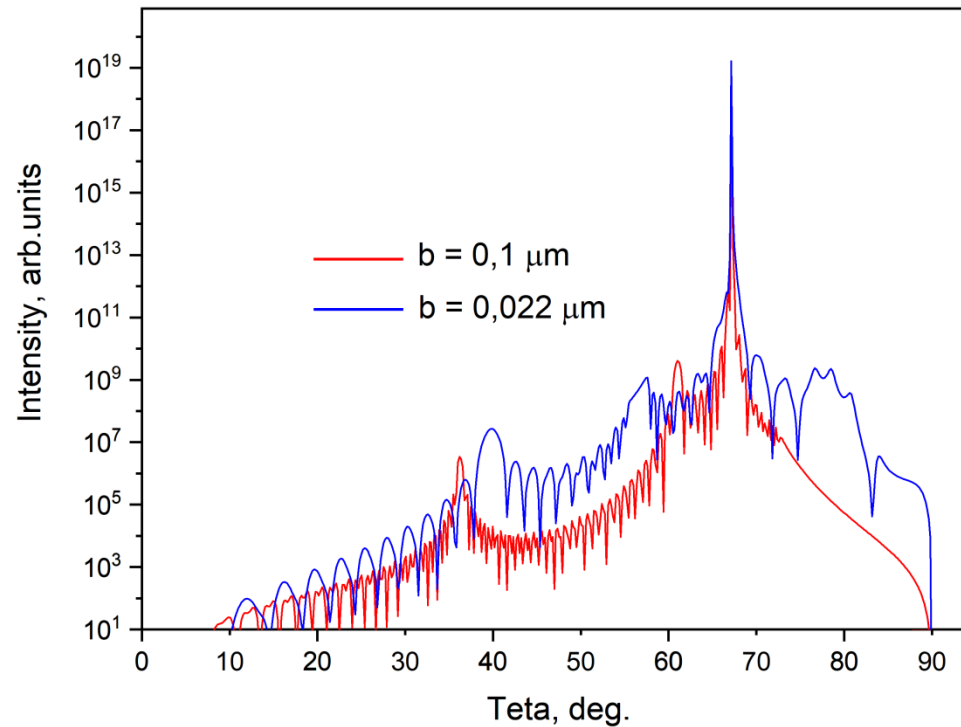
Угловое распределение



Угловое распределение интенсивности излучения с длиной волны 0,16 мкм заряженных частиц ($\beta = 0,7$), пролетающих через регулярную стопку пластин из кварцевого стекла, состоящую из 10 и 100 пластин

На рисунке показано, как формируются пики с увеличением числа пластин. Постепенно вырисовываются пики резонансного параметрического излучения. Также виднеющиеся на угловом распределении интенсивности излучения (рис.7) мелкие осцилляции связаны с интерференцией волн внутри пластины.

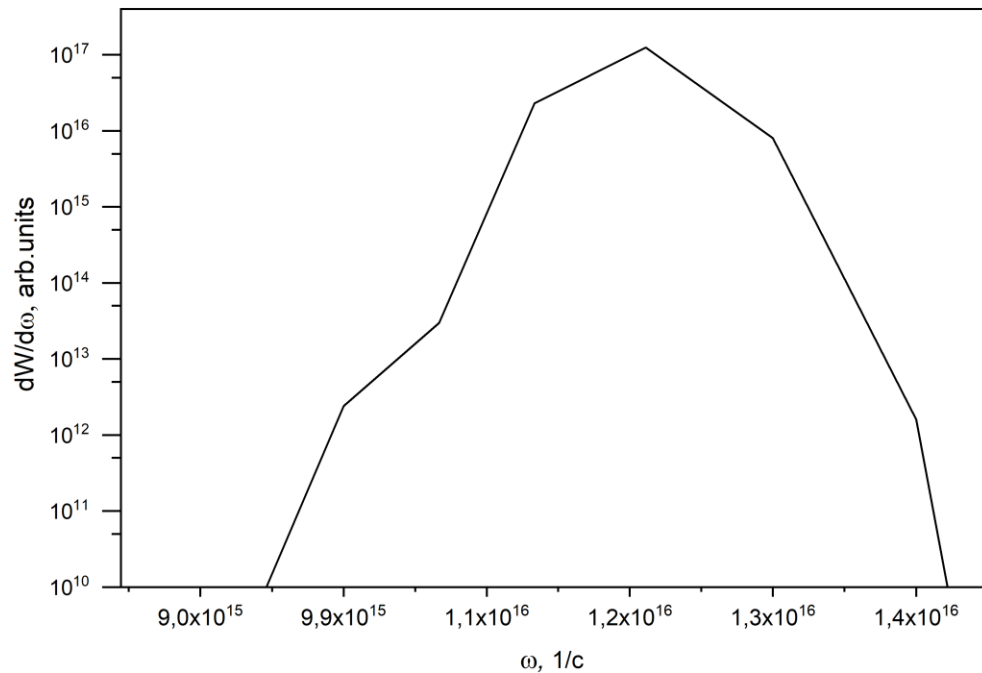
Угловое распределение



Угловое распределение интенсивности излучения с длиной волны 0,16 мкм заряженных частиц ($\beta = 0,7$), пролетающих через регулярную стопку пластин из кварцевого стекла, при разных размерах вакуумного отсека

При наложении черенковского максимума с ближайшим максимумом резонансного параметрического излучения стало очевидно, что они интерферируют, и полученный пик на два порядка больше, чем исходный черенковский максимум. Прирост интенсивности излучения является достаточно существенным.

Спектральная плотность



Спектральная плотность излучения в зависимости от частоты.

При построении спектральной плотности излучения в зависимости от частоты был обнаружен максимум, который характеризует количество энергии, излучаемой в определенном диапазоне частот. Положение максимума достигается при значении частоты при частоте $\sim 1,2 \cdot 10^{16} \text{ c}^{-1}$.

Выводы

Полученные результаты демонстрируют принципиальную возможность использования черенковского эффекта для создания эффективных источников поляризованного излучения в ультрафиолетовой спектральной области.

Спасибо за внимание!