

5168707953

Препринт ЕФМ-904(55)-86

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**  
**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

---

**Н. Г. ТЕР-АРУТЮНЯН-САВВИДИ**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПА УСКОРЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
ПО ПАРАМЕТРАМ ВОЛНЫ В СХЕМЕ УСКОРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫМИ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ**

**ЦНИИатоминформ**

**ЕРЕВАН-1986**

Նախնաորիկ **ԸՄՊ-904(55)-86**

**Ն.Գ.ՏԵՐ-ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ-ԱՆՎԻԴԻ**

**ԼԻՑԵՆԱՎՈՐՎԱԾ ՄԱՌՆԻԿՆԵՐԻ ԱՐԱԳԱՑՄԱՆ ԿԱՏԱՐԵԼԱՑՄԱՆ  
ԸՆԹԱՑՔԸ ԱԼ ԻՔԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐՈՎ՝ ՄԱԿԵՐԵՍՈՅԻՆ  
ԷԼԵԿՏՐԱՄՈԳՆԻՍՏԻԱՆ ԱԼ ԻՔՆԵՐՈՎ ԱՐԱԳԱՑՄԱՆ ՄԹԵՐԱՅՈՒՄ**

Կատարելացված է/օպտիմացված/ մակերեսային էլեկտրամագնիսական  
ալիքով լիցքավորված մասնիկի արագացման ընթացքը ըստ նյութի Բեկման  
ցուցչի և ալիքի անկման անկյան՝ լավագույն Բեկոացման ժամանակ: Ոչ  
լավագույն Բեկոացման դեպքում արագացման ընթացքը կատարելացված է  
ըստ անկման անկյան՝ **KPC -5** ապակու համար:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1986

© **Центральный научно-исследовательский институт информации  
и технико-экономических исследований по атомной науке  
и технике (ЦНИИатоминформ) 1985г.**

Препринт ЕФМ-904(55)-86

УДК 538.9.004.74:535.39:621.378.325:621.384.6

Н. Г. ТЕР-АРУТЮНЯН-САВВИДИ

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПА УСКОРЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
ПО ПАРАМЕТРАМ ВОЛНЫ В СХЕМЕ УСКОРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫМИ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ

Оптимизирован темп ускорения заряженных частиц поверхностной электромагнитной волной по показателю преломления вещества и по углу падения волны при оптимальной поляризации. В случае не-оптимальной поляризации темп ускорения оптимизирован по углу падения для стекла КРС-5.

Ереванский физический институт

Ереван 1986

Preprint EΦM-904(55)-86

N.G. TER-ARUTYUNYAN-SAVVIDY

CHARGED PARTICLES ACCELERATION RATE OPTIMIZATION  
OVER WAVE PARAMETERS IN THE SCHEME OF ACCELERATION  
BY SURFACE ELECTROMAGNETIC WAVES

The rate of acceleration of charged particles accelerated by surface electromagnetic wave is optimized over the index of refraction of material and over the angle of incidence of the wave at optimal polarization. In case of non-optimal polarization, the acceleration rate is optimized over the angle of incidence for KPC - 5 glass.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1986

Темп ускорения равновесных частиц поверхностной электромагнитной волной (ПЭВ), возникающей при полном внутреннем отражении, дается формулой [1]

$$\left\langle \frac{d\varepsilon}{dz} \right\rangle = \frac{e \sqrt{n^2 \beta^2 - 1}}{\beta (n^2 - 1)} \frac{\sum_i \delta_i \sqrt{\beta_3^{(i)}} \cos \psi_i}{\sum_j \delta_j \sqrt{\beta_3^{(j)}} \cos \psi_j}, \quad (1)$$

где  $n = \sqrt{\varepsilon} \sin \varphi$  - эффективный показатель преломления,  $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды,  $\delta_i$  - безразмерные длины участков. Постоянное магнитное поле  $\beta_3$ , нормальное к поверхности, определяется параметрами поляризации ПЭВ -  $\varphi_1, \varphi_2, \chi$ :

$$\beta_3 = \frac{2E_0 e^{-2\chi \xi \sqrt{n^2 - 1}} \sqrt{\varepsilon - n^2}}{\varepsilon^{1/4} (\varepsilon - 1)^{1/2}} \frac{n}{\gamma_n^2} \left( \frac{1}{\varepsilon} \sin \chi \cos \varphi_1 + \cos \chi \cos \varphi_2 \right), \quad (2)$$

где  $\varepsilon = (1 + \gamma_n^2 \varepsilon^{-1})^{1/2} \sqrt{n^2 \beta^2 - 1}$ ,  $\gamma_n = (1 - n^2)^{-1/2}$ ,  $\xi = \frac{z}{\lambda}$  - высота частицы над поверхностью в единицах длины волны,  $E_0$  - амплитуда поля ПЭВ.

Как показано в [1], темп ускорения максимален при  $\varphi_1 = \varphi_2 = \psi$ ,  $\operatorname{tg} \chi = \frac{1}{\varepsilon}$ , когда в выражении (1) можно выделить множитель  $F$ , не зависящий от типа фокусировки,

$$\left\langle \frac{d\varepsilon}{dz} \right\rangle = e E_0 F \langle \cos \psi \rangle, \quad (3)$$

где

$$F = \frac{2}{\beta \varepsilon^{1/4}} \sqrt{\frac{\varepsilon - n^2}{\varepsilon - 1} \left[ \beta^2 - \frac{1}{\varepsilon(n^2 - 1) + n^2} \right]} \exp \left\{ -2\pi \xi \sqrt{n^2 - 1} \right\}. \quad (4)$$

На рис. I. (а - в) приведены результаты оптимизации фактора  $F$  по  $n$  при различных  $\xi$  и  $\beta$ . Пунктирная линия соединяет максимумы кривых, что соответствует оптимизации  $F$  и по  $n$ , и по  $\varepsilon$ . Численные значения  $F_m$  - экстремальные по  $n$  значения  $F$  - приведены в таблице. Все значения  $\beta$ , кроме последнего, соответствуют характерным энергиям электронных микроскопов (ЭМ-200, УЭМВ-100К), которые предполагается использовать в качестве инжекторов. Там же приведен интервал значений показателя преломления  $[n_{90}^-, n_{90}^+]$ , для которого  $F > 0,9 F_m$ . Диапазон таких значений достаточно широк даже в нерелятивистском случае, т.е. выбор рабочей среды по показателю преломления не критичен. Величина  $n_{\min}$  определяет границу черенковской области ( $n\beta > 1$ ). В таблице приведены также значения  $F/F_m$  (в процентах) для алмаза, сапфира и кварца, показатели преломления которых на длине волны  $\lambda = 1$  мкм равны соответственно  $n_{\text{алмаз}} = 2,3819$ ,  $n_{\text{сапфир}} = 1,75576$ ,  $n_{\text{кварц}} = 1,53503$ .

При неоптимальных параметрах поляризации оптимизированная по  $n$  функция  $F$  слабо зависит от  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ , а пример ее зависимости от  $\chi$  для стекла КРС-5 ( $\varepsilon = 5,98$ ) при  $\cos \Phi_1 = 0,29$ ,  $\cos \Phi_2 = 0,39$ ,  $\xi = 0,01$  приведен на рис. 2. При других параметрах картина качественно такая же.

Более существенно ограничение на  $E_0$  - максимальную напряженность поля на поверхности, которая определяется лучевой прочностью используемого вещества (см. [2] ).

В заключение автор выражает благодарность Нагорскому Г.А. за стимулирование работы и обсуждения, а также Арутюняну С.Г. и Оганджянну А.А. за обсуждения.

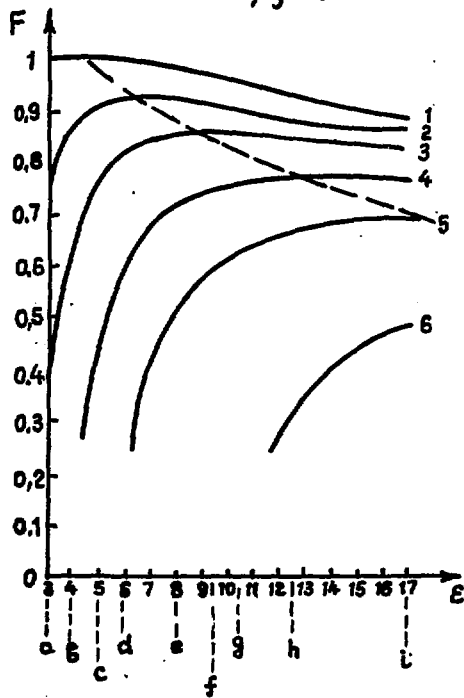
Таблица

$\varepsilon$ (кэВ)	$\beta$	$\sqrt{\varepsilon_m}$	$F_m$	$n_{90}^-$	$n_{90}^+$	(F/F <sub>m</sub> ) алмаз	(F/F <sub>m</sub> ) сапфир	(F/F <sub>m</sub> ) кварц	$n_{min} = 1/\beta$
25	0,3018412	5,7422091	0,6810085	-	6,72	-	-	-	3,31
50	0,4126858	4,2079517	0,7940264	2,46	5,72	-	-	-	2,42
75	0,4894815	3,5585009	0,8609325	2,24	5,23	97,9	-	-	2,04
100	0,5482204	3,1900705	0,9058710	2,10	4,96	98,6	-	-	1,82
150	0,6343194	2,7870050	0,9600387	1,94	4,55	99,0	74,9	-	1,58
200	0,6953140	2,5907759	0,9873318	1,84	4,32	99,5	86,2	70,4	1,44
210	0,7054719	2,5691242	0,9912502	1,83	4,30	99,6	87,0	71,7	1,42
225	0,720	2,51	0,936	1,79	4,23				1,39
250	0,741	2,47	0,945	1,76	4,16				1,35
275	0,760	2,43	0,952	1,71	4,10				1,32
300	0,777	2,40	0,959	1,69					1,29
350	0,805	2,35	0,970	1,65	3,96				1,24
400	0,828	2,30	0,979	1,62	3,89				1,21
450	0,847	2,27	0,987	1,60	3,84				1,18
500	0,863	2,24	0,993	1,59	3,79				1,16
I		2,0581709	1,0959619	1,44	3,48	99,0	98,4	93,6	I

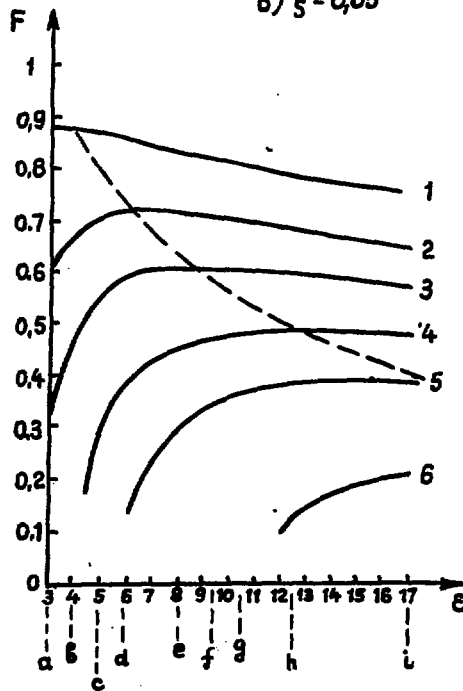
При  $\lambda = 1$  мкм показатель преломления для алмаза, сапфира и кварца равен соответственно:  
 2,3819; 1,75576; 1,53503. Для  $U = 225-500$  кэВ } = 0,01, для остальных значений энер-

гии } = 0.

a)  $\xi = 0,01$



b)  $\xi = 0,05$



c)  $\xi = 0,1$

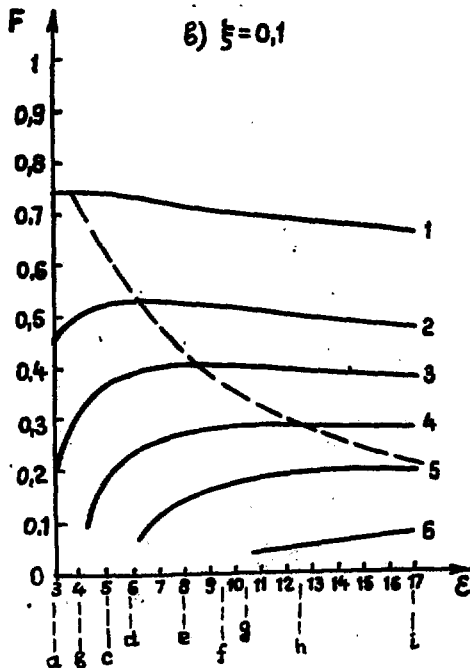


Рис. 1 Зависимость оптимизированного по  $n$  формфактора  $F$  от диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  при разных значениях скорости электронов (случай оптимальной поляризации):

- а) - сапфир ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ),
- б) - каломель ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ),
- с) - ниобат лития ( $\text{LiNbO}_3$ ),
- д) - КРС-5 ( $\text{TlBr} - \text{TlI}$ ),
- е) - ( $\text{CuGaSe}_2$ ),
- ф) - пираргирит ( $\text{Ag}_3\text{SbS}_3$ ),
- г) - фосфид галлия ( $\text{GaP}$ ),
- h) - кремний ( $\text{Si}$ ),
- и) - германий ( $\text{Ge}$ ),

1 -  $\beta = 0,999$ ;

2 -  $\beta = 0,705$  ( $\epsilon = 210$  кэВ);

3 -  $\beta = 0,595$  ( $\epsilon = 125$  кэВ);

4 -  $\beta = 0,489$  ( $\epsilon = 75$  кэВ);

5 -  $\beta = 0,413$  ( $\epsilon = 50$  кэВ);

6 -  $\beta = 0,302$  ( $\epsilon = 25$  кэВ);

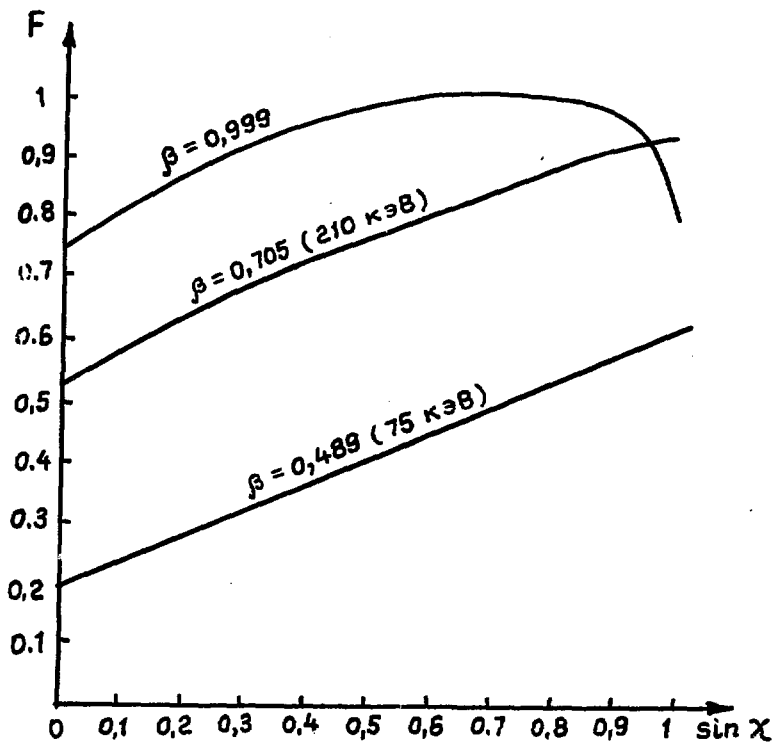


Рис.2 Зависимость оптимизированного по  $n$  формфактора  $F$  от поляризации света при разных значениях скорости электронов для стекла КРС-5 ( $\epsilon = 5,98$ ) при  $\cos \varphi_1 = 0,29$ ,  $\cos \varphi_2 = 0,39$ ,  $f = 0,01$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nagorsky H.A., Amatuni A.Ts., Harutiunian V.M. Resonance acceleration of charged particles by a surface wave arising at total internal reflection.- Preprint EPI-589(76)-82, Yerevan, 1982.
  
2. Арутюнян С.Г., Тер-Арутюнян-Саввиди Н.Г. Материалы для ускорения поверхностными электромагнитными волнами. Препринт ЕФИ-874(25)-86, Ереван, 1986.

Рукопись поступила 27 мая 1986 г.

Н. Г. ТЕР-АРУТЮНЯН-САВВИДИ

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕМПА УСКОРЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПО ПАРАМЕТРАМ  
ВОЛНЫ В СХЕМЕ УСКОРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ  
ВОЛНАМИ

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

---

Подписано в печать 15/УП-86      ВФ-06773      Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 0.5      Тираж 299 экз. Ц. 8 к.

Зак. тип. № 421

Индекс 3624

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте

Ереван 36, Маркьяна 2

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ