Монгол Улсын Их Сургуулийн Эрдэм Шинжилгээний Бичиг №224 ФИЗИК (11):65-70, 2004

Сөрөг керр орчинд тарах гэрлийн стационар ТЕ долгионы оронд диэлектрикийн функц параметрүүдаас хамаарах нь

Г. Очирбат, О. Нямсүрэн

Онолын Физикийн Лаборатори, ФЭС, МУИС

Сөрөг керр орчинд тарах гэрлийн стационар ТЕ цахилгаан соронзон долгионы оронгийн амплитудууд диэлектрикийн функцээр илэрхийлэгддэг ба түүний координатаас хамаарах хамаарлыг тодорхойлох квадратур томъёо [2-3] дөрвөн сул параметр агуулдаг. Бид эдгээр параметрүүдын утгын огторгуйнуудыг дэд огторгуйнуудад хувааж үүсэн дэд огторгуй тус бүрийн хэмжээн дээр диэлектрикийн функцийн координатаас хамаарах өвөрмөц хамаарлыг тогтоов.

ОХ-тэнхлэгийн дагуу гүйхийн хамт OZ тэнхлэг дагуу тарах гэрлийн стационар цахилгаан соронзон долгионы орон :

$$E_y = e(z)\tau\exp(i\phi_e),$$
$$H_x = iH(z)\tau\exp(i\phi_H), \qquad (1)$$
$$H_z = h(z)\tau\exp(i\phi_e),\ \tau = \exp(i(\beta kx - \omega t))$$

үүнд $e(z), H(z), h(z)$ - амплитудууд, β - рефракцийн тогтмол, k - вакуум дахь долгионы векторын модуль, ϕ_e, ϕ_H -фазууд.

Максвеллийн тэгшитгэлүүдэд

$$\mu_0 c\vec{H} \to \vec{H},\quad |\alpha|\vec{E} \to \vec{E},\quad kz \to z$$

гэж тавья. α -керрийн тогтмол.

Сөрөг керр орчины диэлектрикийн функц

$$\varepsilon = \varepsilon_l - e^2 - A^2 \qquad (2)$$

ε_l -диэлектрикийн тогтмол. Эндээс

$$e^2 = \varepsilon_l - \varepsilon,\quad \varepsilon \le \varepsilon_l \qquad (3)$$

Максвеллийн тэгшитгэлүүдээс

$$\frac{d}{dz}H^2 = 2(\beta^2 - \varepsilon)eH\cos\Delta\phi, \qquad (4.1)$$
$$\Delta\phi = \phi_e - \phi_H$$

$$\frac{d}{dz}e^2 = 2eH\cos\Delta\phi \qquad (4.2)$$

$$\frac{d}{dz}\phi_H = \frac{(\beta^2-\varepsilon)e}{H}\sin\Delta\phi = -\frac{2(\beta^2-\varepsilon)e}{H^2}co \qquad (4.3)$$

$$\frac{d}{dz}\phi_e = -\frac{H}{e}\sin\Delta\phi = \frac{2}{e^2}co \qquad (4.4)$$

Максвеллийн тэгшитгэлүүдийн анхны интеграл [1] ашиглан H^2-хэмжигдүүнийг диэлектрикийн функцийн утгаар илэрхийлбээс

$$H^2 = (\varepsilon_l - \varepsilon)(\beta^2 - \frac{\varepsilon_l + \varepsilon}{2}) + cnst \qquad (5)$$

$cnst$ -анхны интегралын тогтмол.

OZ тэнхлэг дагуу урсгал:

$$-\frac{1}{2}He\sin\Delta\phi = co,\quad \Delta\phi = \phi_e - \phi_H \qquad (6)$$

үүнд co - интегралчлалын тогтмол

Диэлектрикийн функц ε -ийн z-координатаас хамаарах хамаарлыг дараахь интеграл ашиглан олно.

$$z = z_0 - \int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon}\frac{1}{2\sqrt{H^2(\varepsilon,\varepsilon_l,\beta,cnst)e^2(\varepsilon,\varepsilon_l) - 4co^2}}d\varepsilon. \qquad (7)$$

H^2 -амплитудын квадрат ε -ээр дамжуулж z-ээс хамаарна. ϕ_e, ϕ_H -фазууд ч ялгаагүй, ε -ээр дамжуулж z-ээс хамаарна.

$$\phi_e = -\int\frac{co}{e^2}\frac{1}{\sqrt{H^2e^2 - 4co^2}}d\varepsilon + c_e, \qquad (8)$$

c_e -тогтмол

$$\phi_H = -\int\frac{co}{H^2}\frac{\beta^2 - \varepsilon}{\sqrt{H^2e^2 - 4co^2}}d\varepsilon + c_H \qquad (9)$$

c_H -тогтмол

Бид сөрөг керр орчинд тарах гэрлийн стационар ТМ долгионы оронд диэлектрикийн функц 4 сул параметраас хамаарах хамаарлын ихээхэн төвөгтэй шинжилгээ хийсэн. ТЕ долгионых хавигүй хялбар ч гэсэн судалгааг иж шинжтэй болгохын үүднээс ТЕ долгионыхыг бид өөрсдийн арга барилаар үйлдэх нь зүйтэй гэж үзлээ.

ТЕ долгионы амплитудыг олох аргыг аль эрт [2-3] өгүүлэлд мэдээлсэн юм. Бид энэ өгүүллээрээ (7) интегралаар илэрхийлэгдэх, $\varepsilon_l, \beta, cnst, 4co^2$ -дөрвөн сул параметраас хамаарсан функцийн бүрэн шинжилгээ толилуулж байгаа юм.

$H^2(\varepsilon,\varepsilon_l,\beta,cnst)$ функц

H^2 -ийг ε -ээс хамаарсан $\varepsilon_l, \beta, cnst$ - гурван параметртай функц гэж үзэн (5)-г дараахь хэлбэртэй бичье.

$$H^2 = \frac{1}{2}(\varepsilon - \beta^2)^2 - \frac{1}{2}(\varepsilon_l - \beta^2)^2 + cnst \qquad (10)$$

$$H^2(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst) \geq 0 \qquad (11)$$

байх ε-ийн утгын мужийг тодорхойлох нь төвөггүй. Тэмдэглэл : $c^2 = (\varepsilon_l - \beta^2)^2$ Хэрвээ $cnst > \frac{1}{2}c^2$ байвал ε -ийн бүх утгад, хэрвээ $cnst \leq \frac{1}{2}c^2$ байвал ε -ийн $(-\infty, \theta_1]$, $[\theta_2, \infty)$ мужуудад (11) нөхцөл биелнэ. Үүнд

$$\theta_1 = \beta^2 - \sqrt{c^2 - 2cnst} \qquad (12)$$

$$\theta_2 = \beta^2 + \sqrt{c^2 - 2cnst} \qquad (13)$$

Хэрвээ $cnst = \frac{1}{2}c^2$ бол $\theta_1 = \theta_2 = \beta^2$.

$F(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst)$ функц

Тэмдэглэл :

$$F(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst) = H^2(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst)\,(\varepsilon_l - \varepsilon) \qquad (14)$$

$F(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst)$-ийг $\varepsilon_l, \beta^2, cnst$ гэсэн гурван параметртай, ε-ээс хамаарсан функц гэж үзье. Тодорхойлогдох муж нь $H^2 \geq 0$ байх мужийн $\varepsilon \leq \varepsilon_l$ нөхцлийг хангах хэсэг болно. (14) бол ε-ийн хувьд куб илэрхийлэл. Түүнийг манай методикоор шинжлэхэд төвөггүй. Энэ функцийн стационар цэгийг ξ гэе. ξ стационар цэг нь $cnst$ -ын

$$cnst = cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta) = (\varepsilon_l - \xi)(-2\beta^2 + \frac{\varepsilon_l + 3\xi}{2}) \qquad (15)$$

гэсэн утгад үүснэ. $cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta)$-ийн шинжлэгээнээс үзэхэд $F(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst)$ функц нь $cnst > \frac{2}{3}c^2$ байхад монотонно буурах функц, $cnst < \frac{2}{3}c^2$ байхад $cnst$ -ийн утга бүрд хоёр экстремумийн цэгтэй. Энэ хоёр цэг нь min, max -ийн цэгүүд. Сүүлчийн тохиолд $F(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst)$ функц нь энэ хоёр цэг дээр нугарсан (гурван нугалаатай) куб муруйгаар дүрслэгдэх функц юм. Энэ функц $cnst \leq \frac{1}{2}c^2$ тохиолд гурван тэг цэгтэй. Тэг цэгүүд нь $\theta_1, \theta_2, \varepsilon_l$, үүнд эхний хоёр хэмшигдүүн (12), (13)-аар тодорхойлогдоно.

Харин $cnst = \frac{1}{2}c^2$ байхад $\theta_1 = \theta_2$. $\varepsilon = \xi$ гэсэн стационар цэг дээр

$$e^2 = e^2(\xi, \varepsilon_l) = \varepsilon_l - \xi, \qquad (16)$$

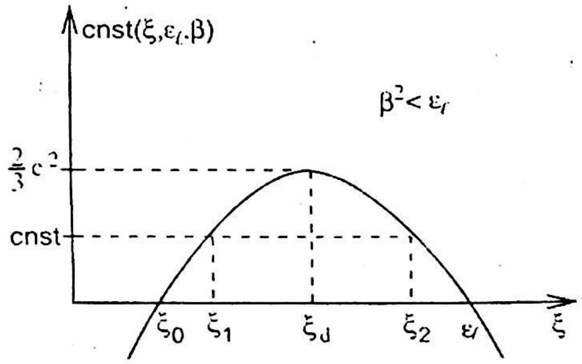
$$H^2 = H^2(\xi, \varepsilon_l, \beta, cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta)) = (\varepsilon_l - \xi)(\xi - \beta^2) \qquad (17)$$

$cnst \leq \frac{2}{3}c^2$ тохиолд $cnst$ параметрийн оронд ξ параметр хэрэглэх нь тохиромжтой байдаг. $cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta)$-ийг ξ параметрээс хамаарсан функц гэж үзэж (15) илэрхийлэлийг дараахь хэлбэртэй бичье.

$$cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta) = -\frac{3}{2}(\xi - \xi_d)^2 + \frac{2}{3}(\varepsilon_l - \beta^2)^2, \qquad (18)$$

$$\xi_d = \frac{1}{3}(2\beta^2 + \varepsilon_l)$$

Энэ функцийн бүдүүвч графикийг нэгдүгээр зурагт үзүүлэв.



Нэгдүгээр зураг. $F(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst)$ *функц* $cnst > \frac{2}{3}c^2$ *байхад стационар цэггүй.* $cnst < \frac{2}{3}c^2$ *байхад cnst -ийн утга бүрд хоёр стационар цэгтэй.* $\xi = \xi_1$ *-минимумын,* $\xi = \xi_2$ *-максимумын цэг.* $\xi_1 < \xi_d$, $\xi_2 > \xi_d$ $\xi = \xi_d$ *бол тахийлтын цэг.* $\xi_1 = \xi_0 = \frac{4\beta^2 - \varepsilon_l}{3}$, $\xi_2 = \varepsilon_l$ *цэгүүдэд* $cnst = 0$. *Зурагт* $\xi_0 < \varepsilon_l$ *(буюу* $\beta^2 < \varepsilon_l$*) тохиолдыг үзүүлжээ. Хэрвээ* $\beta^2 > \varepsilon_l$ *бол* $\xi_0 > \varepsilon_l$ *байх болно.*

$4co^2$ - параметрийн авч болох утгын муж

(7) интегралд $4co^2$ параметр тэгээс эхлэн дээш ямарч утга авч болно.

Хавтгай долгио

Зөвхөн $\beta^2 < \varepsilon_l$ тохиолд хавтгай долгио байдаг. ξ максиумын цэг байг, тэхдээ $\xi_d < \xi < \varepsilon_l$ гэе. Хэрвээ

$$4co^2 = H^2(\xi, \varepsilon_l, \beta, cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta))e^2(\xi, \varepsilon_l) = (\varepsilon_l - \xi)^2(\xi - \beta^2) \quad (19)$$

гэж авбал $\varepsilon = \xi$ цэг нь (7)-ийн интеграндын язгуур утгатай байх тусгаар ганц цэг болчихно. Энэ цэгт хавтгай долгио харгалзана гэдгийг үзүүлье. Учир нь, (16), (17) -гоос

$$H = e\sqrt{\xi - \beta^2} \quad (20)$$

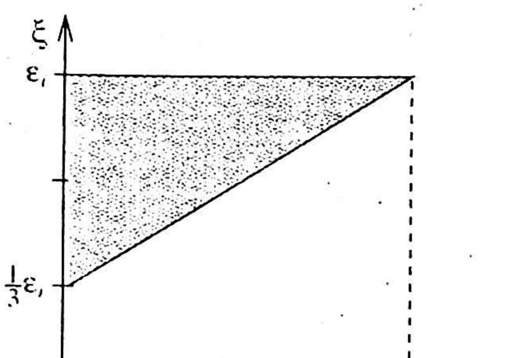
болно. Тэгвэл $\varepsilon = \xi$ гэсэн диэлектрикийн тогтмолтой орчинд дахь ТЕ хавтгай долгионд H ба e амплитутын хооронд ийм холбоо байдаг. ε нь $\varepsilon = \xi$ тогтмол утгатай учир (4,3) (4,4)-ээс

$$\phi_e = \phi_e(0) + \sqrt{\xi - \beta^2}\, z \quad (21)$$

$$\phi_H = \phi_H(0) + \sqrt{\xi - \beta^2}\, z \quad (22)$$

Энэ хоёр бол ε нь $\varepsilon = \xi$ тогтмол утгатай орчин дахь ТЕ хавтгай долгионы фазууд мөн.

Ийнхүү $\xi_d < \xi < \varepsilon_l$ нөхцөл хангах ξ бүрд (15) ба (19)- өөр бодогдсон $cnst$, $4co^2$ утгуудад тогтвортой ТЕ хавтгай долгио байх нээ. Тогтвортой гэдгийн учир $\varepsilon = \xi$ цэг тусгаар цэг мөн гэдэгт оршино. Хавтгай долгио оршин байх параметруудын хоёр хэмжээст муж бий. Мужийг хоёрдугаар зурагт дүрслэв.



Хоёрдугаар зураг. $\beta^2 = 0, \quad \xi = \dfrac{2\beta^2 + \varepsilon_l}{3}$,

$\xi = \varepsilon_l$ гурван шулуунаар хязгаарлагдсан гурвалжны дотоод цэг бүрд тогтвортой хавтгай ТЕ долгио харгалзана.

Экспоненциаль асимтот бүхий долгио

$\beta^2 < \varepsilon_l$ тохиол. $F(\varepsilon; \varepsilon_l, \beta, cnst)$ функцийн миниумын ξ цэг авч үзье. Тэхдээ ξ нь $\beta^2 \le \xi < \xi_d$ завсарт дурын утга авдаг байг.

$$4co^2 = (\varepsilon_l - \xi)^2(\xi - \beta^2) \quad (23)$$

гэж авбал (7)-ийн интеграндад язгуур дор $\varepsilon = \xi$ цэг дээр хоёрдугаар эрэмбийн тэг үүсиэ.

$$H^2(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta))e^2(\varepsilon, \varepsilon_l) - 4co^2 = -\frac{1}{2}(\varepsilon - \xi)^2(\varepsilon - \varepsilon_2(\xi)) \quad (24)$$

Үүнд, $\varepsilon_2(\xi) = 3\xi_d - 2\xi$.

(7) интеграл элементар авагдана.

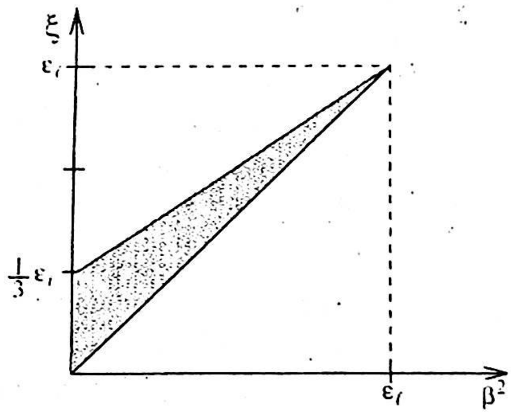
$$\varepsilon_2(\xi) - \varepsilon = 3(\xi_d - \xi)th^2\left(\frac{\sqrt{6(\xi_d - \xi)}(z - z_0) - u_0}{2}\right) \quad (25)$$

Үүнд

$$u_0 = \ln\left|\frac{\sqrt{\varepsilon_2(\xi) - \xi} - \sqrt{\varepsilon_2(\xi) - \varepsilon_0}}{\sqrt{\varepsilon_2(\xi) - \xi} + \sqrt{\varepsilon_2(\xi) - \varepsilon_0}}\right|,$$

$$\varepsilon_2(\xi) > \varepsilon_0, \quad \varepsilon_0 \ne \xi$$

Энд $z = z_0$ байхад $\varepsilon = \varepsilon_0$ байхаар авчээ. Экспоненциаль асимптот бүхий долгио оршин байх параметруудын хоёр хэмжээст мужийг гуравдугаар зурагт дүрслэв.



Гуравдугаар зураг. $\beta^2 = 0, \quad \xi = \dfrac{2\beta^2 + \varepsilon_l}{3}$,

$\xi = \beta^2$ гурван шулуунаар хязгаарлагдсан гурвалжны дотоод цэг бүрд экспоненциаль асимптоттой гүйгч долгио $(4co^2 \ne 0)$ харгалзана. Гурвалжны $\xi = \beta^2$ шулуун дээрх цэг бүрд экспоненциаль асимптоттой босоо долгио $(4co^2 = 0)$ харгалзана.

Зэрэгт асимптот бүхий долгио

$\beta^2 < \varepsilon_l$ тохиол. $F(\varepsilon,\varepsilon_l,\beta,cnst)$ функцийн $\xi = \xi_d$ гэсэн тахийлтын цэг авч үзье. $cnst = \frac{2}{3}c^2$, $4co^2 = \frac{4}{27}c^3$ гэж авбал

$$H^2(\varepsilon,\varepsilon_l,\beta,cnst(\xi_d,\varepsilon_l,\beta))e^2(\varepsilon,\varepsilon_l) = -\frac{1}{2}(\varepsilon-\xi_d)^3 + 4co^2 \quad (26)$$

(7)-оос

$$\varepsilon_d - \varepsilon = \left(\frac{z-z_0}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{\xi_d - \varepsilon_0}}\right)^{-2}, \quad \xi_d > \varepsilon_0 \quad (27)$$

Энд $z = z_0$ байхад $\varepsilon = \varepsilon_0$ байхаар авчээ.

ε_0-параметр

Одоо $4co^2$ параметрийн утгыг $F(\varepsilon,\varepsilon_l,\beta,cnst)$ функцийн $\varepsilon = \varepsilon_0$ цэг дээрхи утгатай тэнцүү гэж авъя. $4co^2 = F(\varepsilon_0,\varepsilon_l,\beta,cnst)$. Тэхэд

$$F(\varepsilon,\varepsilon_l,\beta,cnst) - 4co^2 = \frac{1}{2}(\varepsilon_0-\varepsilon)((\varepsilon+g)^2+s) \quad (28)$$

Үүнд

$$g = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_l - 2\beta^2}{2} = \frac{\varepsilon_0 - 3\xi_d}{2} \quad (28a)$$

$$s = \frac{3}{4}\varepsilon_0^2 - \frac{1}{2}\varepsilon_0(\varepsilon_l + 2\beta^2) - \frac{5}{4}\varepsilon_l^2 - \beta^4 + 3\beta^2\varepsilon_l + 2cnst \quad (28b)$$

Диэлектрикийн функц үелэн өөрчлөгдөх долгио

$\beta^2 < \varepsilon_l$ тохиол. $F(\varepsilon,\varepsilon_l,\beta,cnst)$ функцийн ξ гэсэн минимумын цэг авч үзье. Минимумийн цэг бүхэн $\xi < \xi_d$ нөхцөл хангах ёстой. Тэхдээ ξ нь минимумын цэг байхын тул $cnst$ нь $cnst = cnst(\xi,\varepsilon_l,\beta)$ томъёогоор бодогдсон байх ёстой.
$4co^2 = F(\varepsilon_0,\varepsilon_l,\beta,cnst(\xi,\varepsilon_l,\beta))$ гэж авъя. Ингээд $cnst, 4co^2$ параметруудын оронд ξ, ε_0 хоёр параметр хэрэглэе. ε_0-нь куб муруйн лундах нугалааны нэгэн цэгийн абсцисс байг. Ийм байхын тулд $\xi \in [\beta^2, \xi_d)$ байх тохиолд ε_0 цэг нь $[\xi, \xi_d)$ интервалд утга авна. $\xi \in [\xi_0, \beta^2)$ байх тохиолд ε_0 цэг нь $[\theta_2(\xi), \xi_d)$ интервалд утга авна, үүнд $\xi_0 = (4\beta^2 - \varepsilon_l)/3$. Үүнд θ_2-ийг (13) томъёогоор тодорхойлно. Томъёонд $cnst = cnst(\xi,\varepsilon_l,\beta)$ гэж тавина. Тэхэд

$$F(\varepsilon,\varepsilon_l,\beta,cnst(\xi,\varepsilon_l,\beta)) - 4co^2 = \frac{1}{2}(\varepsilon_0-\varepsilon)\left((\varepsilon + \frac{\varepsilon_0 - 3\xi_d}{2})^2 + \frac{3}{4}[(\varepsilon_0-\xi_d)^2 - 4(\xi_d-\xi)^2]\right) \quad (29)$$

хэлбэрт орно. Үүнийг цааш нь

$$= \frac{1}{2}(a-\varepsilon)(\varepsilon-b)(\varepsilon-c),\ c<b<a$$ гэж

бичиж болно.
Үүнд

$$c = -\frac{\varepsilon_0 - 3\xi_d}{2} - \sqrt{\frac{3}{4}[-(\varepsilon_0-\xi_d)^2 + 4(\xi_d-\xi)^2]} \quad (30a)$$

$$b = \varepsilon_0$$

$$a = -\frac{\varepsilon_0 - 3\xi_d}{2} + \sqrt{\frac{3}{4}[-(\varepsilon_0-\xi_d)^2 + 4(\xi_d-\xi)^2]} \quad (30b)$$

(7) интеграл нэгдүгээр төрлийн эллипслэг интеграл хэмээх тусгай функцээр илэрхийлэгдэнэ.

$$z - z_0 = \sqrt{\frac{2}{a-c}}F(\chi(\varepsilon),p), \quad \varepsilon_0 < \varepsilon \le a \quad (31)$$

Энд $\varepsilon = \varepsilon_0$ байхад $z = z_0$ байхаар авчээ. Үүнд

$$\chi(\varepsilon) = \arcsin\sqrt{\frac{(a-c)(\varepsilon-b)}{(a-b)(\varepsilon-c)}}$$

ε нь $[\varepsilon_0, a]$ завсарт наааш цааш холхиж өөрчлөгдөх бүрд $(z-z_0)$ нь

$$\Delta(z-z_0) = \sqrt{\frac{2}{a-c}}F(\chi(a),p) \quad (32)$$

хэмжээгээр нэмэгдэнэ. Урвуугаар ε-ийг $(z-z_0)$-оос үелэх функц гэж тодорхойлж болно. Үеийн хэмжээ нь $2\cdot\Delta(z-z_0)$ болно.

Диэлектрикийн функц үелэн өөрчлөгдөлгүй долгио

(7) интегралыг яаж авах нь интеграндын язгуур доорхи гуравдугаар зэргийн олон гишүүнтийн тэг цэгүүдийн байршлаас хамаарна.

А. *гурван өөр бодит тэгтэй байх тохиол.* Сая үзсэнээр бол ε нь $[\varepsilon_0, a]$ завсарт наашц цааш холхиж өөрчлөгдөх долгио бий. ε нь $\varepsilon \le c$ хязгаард үргэлж оршиx долгио бас бий. Энэ долгиог дүрслэхийн тулд (28)-д ε_0-ийг куб муруйн гурван нугалааны зүүн нугалааны нэгэн цэгийн абсцисс гэж үзье. ε_0 гурван тэгийн хамгийн бага нь. Ийм байхын тулд

$\beta^2 < \varepsilon_l$ тохиолд

Хэрвээ ξ цэгийг $[\beta^2, \xi_d)$ интервалаас авбал ε_0 цэгийг $(\varepsilon_1(\xi), \xi)$ интервалаас авах, хэрвээ ξ цэгийг β^2-аас багаар авбал ε_0 цэгийг $(\varepsilon_1(\xi), \theta_1(\xi)]$ интервалаас авах хэрэгтэй. Үүнд $\varepsilon_1(\xi) = -\xi_d + 2\xi$, $\theta(\xi)$ нь (12) томъёогоор тодорхойлогдоно, томъёонд $cnst = cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta)$ гэж тавина.

$\beta^2 > \varepsilon_l$ тохиолд

хэрвээ ξ цэгийг $(\varepsilon_l, \dfrac{\beta^2 + 2\varepsilon_l}{3})$ интервалаас авбал ε_0 цэгийг $(\varepsilon_1(\xi), \varepsilon_l]$ интервалаас авах, хэрвээ $\xi = \varepsilon_l$ байвал ε_0 цэгийг $(\varepsilon_1(\xi), \varepsilon_l)$ интервалаас авах, хэрвээ $\xi < \varepsilon_l$ байвал ε_0 цэгийг $(\varepsilon_1(\xi), \theta_1(\xi)]$ интервалаас авах хэрэгтэй. Үүнд $\varepsilon_1(\xi) = -\xi_d + 2\xi$, $\theta_1(\xi)$ нь (12) томъёогоор тодорхойлогдоно, томъёонд $cnst = cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta)$ гэж тавина. ξ, ε_0 утгуудыг энд дурдсан хязгаарлалтанд захируулан авбал (30) томъёог хэрэглэж болно. Тэхдээ

$$c = \varepsilon_0 \tag{33a}$$

$$b = -\frac{\varepsilon_0 - 3\xi_d}{2} - \sqrt{\frac{3}{4}[-(\varepsilon_0 - \xi_d)^2 + 4(\xi_d - \xi)^2]} \tag{33b}$$

$$a = -\frac{\varepsilon_0 - 3\xi_d}{2} + \sqrt{\frac{3}{4}[-(\varepsilon_0 - \xi_d)^2 + 4(\xi_d - \xi)^2]} \tag{33c}$$

гэж авна. (7) интегралыг

$$z = z_0 + \frac{1}{\sqrt{2}}\int_{\varepsilon}^{\varepsilon_0} \frac{1}{\sqrt{(c-\varepsilon)(\varepsilon-b)(\varepsilon-a)}} d\varepsilon, \quad \varepsilon < \varepsilon_0 \tag{33}$$

гэж шинэчлэн бичье. Интегралыг авбал

$$z = z_0 + \sqrt{\frac{2}{a-c}} F(\gamma(\varepsilon), p) \tag{34}$$

$$\gamma(\varepsilon) = \arcsin\sqrt{\frac{c-\varepsilon}{b-\varepsilon}}, \quad p = \sqrt{\frac{a-b}{a-c}} \tag{34a}$$

Б. Гурван тэгийн хоёр нь давхар байх тохиол. Давхар биш тэгийг ε_0 гэе. ε_0 нь давхар тэгээсээ зүүн тийш оршино. ξ цэг $F(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst)$ функцийн миниумын цэг байг.

$\beta^2 < \varepsilon_l$ тохиолд

$\xi < \xi_d$. Энд $\varepsilon_0 = \varepsilon_1(\xi)$ гэж авна. Үүнд $\varepsilon_1(\xi) = -\xi_d + 2\xi$.

$\beta^2 > \varepsilon_l$ тохиолд

$\xi \le \dfrac{\beta^2 + 2\varepsilon_l}{3}$ байг. Бас $\varepsilon_0 = \varepsilon_1(\xi)$ гэж авна. Эдгээр хязгаарлалтанд тохируулан $cnst$-ыг (15). аар тодорхойлоод $4co^2 = F(\varepsilon_0, \varepsilon_l, \beta, cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta))$ гэж авбал

$$F(\varepsilon, \varepsilon_l, \beta, cnst(\xi, \varepsilon_l, \beta)) - 4co^2 = \frac{1}{2}(\varepsilon_0 - \varepsilon)((\varepsilon_m - \varepsilon)^2, \quad \varepsilon_m = 2\xi_d - \xi \tag{35}$$

болно. $\varepsilon \le \varepsilon_0 < \xi < \xi_d < \varepsilon_m$ (7) интегралаас

$$\varepsilon = \varepsilon_a + a \cdot tg^2[(z - z_a)\sqrt{-\frac{a}{2}} - arctg(\sqrt{\frac{\varepsilon_a - \varepsilon_0}{a}})] \tag{36}$$

Үүнд $a = \varepsilon_0 - \varepsilon_m < 0$. $z = z_a$ байхад $\varepsilon = \varepsilon_a$ $(\varepsilon_a < \varepsilon_0)$ гэж үзжээ.

В. Гурван тэгийн нэг нь бодит байх тохиол. Бодит тэгийг ε_0 гэе. ε_0-ийн утгыг нэг параметрээр авъя. ε_0 нь ганц бодит тэг байхын тулд $cnst$ буюу ξ параметрийн өгөгдсөн утганд тодорхой хязгаарын дотор утга авах ёстой. Тэрхүү хязгаарыг олж тогтоовоос:

1. $cnst > \dfrac{2}{3}c^2$ байхад β^2 -ын альч утганд ξ параметр оруулах боломжгүй. ε_0 нь ε_l-тэй тэнцүү буюу бага ямарч утга авч болно. $\varepsilon_0 \le \varepsilon_l$.

$\beta^2 < \varepsilon_l$ тохиолд

2. $cnst = \dfrac{2}{3}c^2$ байхад $\varepsilon_0 \le \varepsilon_l$. Гэхдээ $\varepsilon_0 \ne \xi_d$

3. $cnst < \dfrac{2}{3}c^2$ байхад $cnst$-ийн оронд миниумын цэг ξ-ийг параметрээр авна.

$\xi < \xi_d$. Тэхэд $\varepsilon_0 < \varepsilon_1(\xi)$, үүнд. $\varepsilon_1(\xi) = -\xi_d + 2\xi$. Хэрвээ $\beta^2 < \xi < \xi_d$ бол бас $\varepsilon_2(\xi) < \varepsilon_0 \le \varepsilon_l$ байж болно, үүнд $\varepsilon_2(\xi) = 3\xi_d - 2\xi$.

$\beta^2 > \varepsilon_l$ тохиолд

4. $cnst < \frac{2}{3}c^2$ байхад максимумын ξ цэгийг параметрээр авна. $\xi_d < \xi$. Энд зөвхөн $\beta^2 \le \xi$ нөхцөл хангах ξ цэгүүдийг авч үзэх хэрэг гардаг. Энд $\varepsilon_0 \le \varepsilon_1$, үүнд $\varepsilon_l = 3\xi_d - 2\xi$.

1.,2. тохиол тус бүрд (28)-ын $cnst$, ε_0 хоёр параметрд 1.,2.-д заасан хүрээнд утга өгнө.

3.,4. тохиол тус бүрд (29)-ын ε_0 параметрд эдгээр тохиол тус бүрд заасан хязгаарын хүрээнд утга өгнө.Харин (29)-ын $cnst$-д (15) томъёогоор бодсон утгыг тавина. Энд $s > 0$ байна. (7)-д интегралын өмнөх тэмдгийг эсрэгээр солисны дараа интегралыг авбал

$$z - z_0 = -\frac{1}{\sqrt{2p}} F(2 \cdot arctg(\sqrt{\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{p}}), \sqrt{\frac{p + g + \varepsilon_0}{2p}}), \quad (37)$$

Үүнд

$$\varepsilon < \varepsilon_0, \quad p = \sqrt{(g + \varepsilon_0)^2 + s}, \quad (38)$$

g, s – ийн илэрхийлэлийг (29)- өөс үзнэ үү.

Дүгнэлт

Сөрөг керр орчинд тарах гэрлийн стационар ТЕ цахилгаан соронзон долгионы оронгийн амплитудууд диэлектрикийн функцээр илэрхийлэгддэг. Диэлектрикийн функцийн координатаас хамаарах хамаарлыг тодорхойлох квадратур томъёо [2-3] дөрвөн сул параметр агуулдаг. Бид эдгээр параметруудын утгын огторгуйнуудыг дэд огторгуйнуудад хувааж үүсгэн дэд огторгуй тус бүрийн хэмжээн дээр диэлектрикийн функцийн координатаас хамаарах өвөрмөц хамаарлыг тогтоов. ТМ долгионоос ялгарах нэг онцлог нь гэвэл энд уг хамаарал олон утгатай биш байлаа.

Ном зүй

1. Очирбат Г., Препринт ОИЯИ, 1996, Р17-96-382, Дубна.
2. Каплан А. Е., Письма в ЖЭТФ, 1976, Т24, с 132-137
3. Leung K. M., Ling R. L., Phys.Rev., 1989, B 39., P.3590

Выводы

Амплитуды электромагнитных полей световых ТЕ волн в дефокусирующей керр –среде выражаются через диэлектричекую функцию. Квадратурная формула для зависимости диэлектрической функции от координаты [2-3] содержит четыре свободных параметры. Нам удалось разложить пространство значений этих параметров на такие подпространства что в каждом из них вид зависимости диэлектрической функции от координаты имеет свою специфическую форму. В отличие от ТМ волн здесь не имеет места многозначности.