

# Хоёр атомт бодисоос тогтсон шугаман бус нимгэн илтсээс гэрэл сарних бодлогын формаль шийд

Г.Очирбат, Д.Улам-Оргих, О.Идэрсайхан

## Abstract

Formal solution of Maxwell equations for stationary TE and TM wave in nonlinear thin film of two level atoms are obtained. Parameter domains of possible wave regims are established.

Сүүлийн жижүүдэд шугаман бус нимгэн илтсээс гэрэл сарних үзэгдлийн судалгаа эрчимтэй хийгдэж байна [1-12]. Шугаман бус илтсийн хамгийн хялбар модель нь керр төрлийн орчин бөгөөд туйлшралын ТЕ тохиолд бодлого эллипс интегралаар бүрэн бодогддог байна. Харин үнэнхүү шугаман бус бодисын тохиол болгон ханадаг керр төрлийн шугаман бус илтсээс гэрэл сарних үзэгдлийг судалж байсан. Саяхан бидэнд хоёр төвшинт атомоос тогтсон бодисын диэлектрик функц орны локаль эрчмээс яаж хамаардаг талаар мэдээлэл олдсон [13]. Энэ бодисийн диэлектрик нэвтрүүлэх чадвар нь гэрлийн эрчмээс хамаарах боловч  $I_s$  гэсэн тодорхой утганд хүрэхэд бүрэн ханах шинж чанартай юм. Энэ нь зөвхөн хоёр төвшинт атом төдийгүй өөр бусад материалын шинж чанарыг ч илэрхийлж болох талтай юм. Нөгөө талаас шугаман бус оптикт ханах шинж чанар ямар нөлөөтэйг судлахад мөн сонирхолтой. Ер нь ханах үзэгдэл шугаман бус шинж чанарыг ашигласан оптик багаж хийхэд тогтворжилттой шинж чанараараа илүү бололцоо олгодог.

Энэ ажил хоёр төвшинт атомоос тогтсон шугаман бус нимгэн илтсэ дээрээс ТЕ ба ТМ туйлширсан гэрэл сарних үзэгдлийн хувьд олдсон формаль шийд болон уг шийдийн тусламжтайгаар хийсэн тоон судалгааны зарим үр дүнг мэдээлэх зорилготой юм.

Бид өмнөх ажлуудад хэрэглэж байсан тэмдэглэгээг хэрэглэх болно.

## Хоёр төвшинт атомоос тогтсон материалаар хийсэн илтсээс ТЕ туйлширсан гэрэл сарних бодлогын формаль шийд

Хоёр төвшинт атомоос тогтсон материалаар хийсэн шугаман бус илтсийн диэлектрик функц дараах хэлбэртэй байдаг [13].

$$\epsilon = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_s e^2 / I_s}{1 + e^2 / I_s} \quad (1)$$

Үүний хувьд

$$U = \epsilon_s e^2 + (\epsilon_1 - \epsilon_s) \cdot I_s \ln(I_s + e^2) \quad (2)$$

гэж олдоно. Илэрхийлэл 1-ээс

$$e^2(\epsilon) = I_s \left( \frac{\epsilon - \epsilon_1}{\epsilon_s - \epsilon} \right) \quad (3)$$

байна.

Иймд

$$U(\epsilon) = \epsilon_s I_s \left( \frac{\epsilon - \epsilon_l}{\epsilon_s - \epsilon} \right) - (\epsilon_s - \epsilon_l) I_s \ln \left( \frac{\epsilon_s - \epsilon_l}{\epsilon_s - \epsilon} I_s \right) \quad (4)$$

болно. Туйлшралын ТЕ тохиолд бичигдсэн анхны интеграл ёсоор

$$H^2(\epsilon) = \beta^2 \epsilon^2 - U + cnst = (\beta^2 - \epsilon_s) \epsilon^2 + (\epsilon_s - \epsilon_l) \ln \left( \frac{\epsilon_s - \epsilon_l}{\epsilon_s - \epsilon} I_s \right) + cnst \quad (5)$$

байна. Үүний уламжлал нь

$$\frac{dH^2}{d\epsilon} = I_s (\epsilon_s - \epsilon_l) \frac{\beta^2 - \epsilon}{(\epsilon_s - \epsilon)^2} \quad (6)$$

байх бөгөөд үүнээс харвал  $\beta^2$  бол максимумын цэг байна.

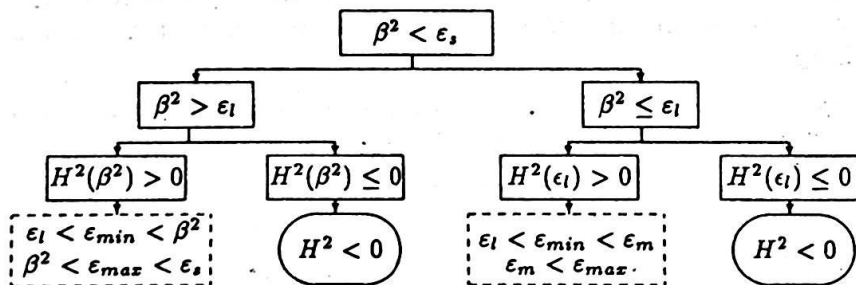
Харин функц  $e^2$  нь монотон өсдөг болох нь дараах уламжлалаас харагдаж байна:

$$\frac{de^2}{d\epsilon} = \frac{\epsilon_s - \epsilon_l}{(\epsilon_s - \epsilon)^2} I_s. \quad (7)$$

Мөн

$$\frac{de^2 H^2}{d\epsilon} = \frac{(\epsilon_s - \epsilon_l) I_s}{(\epsilon_s - \epsilon)^2} \{ (2\beta^2 - \epsilon) \epsilon^2 - U + cnst \} \quad (8)$$

гэсэн уламжлал нь илтэсний ёроолд  $\epsilon$ -гийн хамгийн их ба бага утгын аль нь таарахыг болон интегралыг сингуляр цэг дээр нь бодох зэрэгт чухал хэрэглүүр болно. Эдгээр тэгшитгэл нь бүрэн аналитик судалгаа явуулах бололцоо олгож байгаа юм. Тухайлбал,  $\beta^2 \geq \epsilon_s$  нөхцөл нь дотоод бүрэн ойлтын нөхцөл болох нь мэдээж.  $e^2 H^2$  функцийн максимум байх цэгийг  $\epsilon_m$  гэж тэмдэглэвэл дараах диаграммаар  $\epsilon$ -гийн хамгийн их ба бага утгыг олох нөхцлийг тодорхойлж болно:



Хоёр төвт атомоос тогтсон илтэснээс ТМ туйлширсан гэрэл сарних бодлогын формаль шийд

Хоёр төвт атомоос тогтсон бодисын хувьд диэлектрикийн функц нь орны локаль эрчмээс

$$\epsilon = \frac{\epsilon_l + \epsilon_s I/I_s}{1 + I/I_s} \quad (9)$$

гэж хамаарна [13]. Үүнээс

$$I = A^2 + E^2 = \frac{\epsilon - \epsilon_l}{\epsilon_s - \epsilon} \cdot I_s. \quad (10)$$

Мөн  $U$  функцийн тодорхойлолт ёсоор

$$U = \epsilon_s (A^2 + E^2) + (\epsilon_l - \epsilon_s) I_s \ln(I_s + E^2 + A^2) \quad (11)$$

гэж олдоно. Үүнд 10-ийг тооцож  $\epsilon$ -гээс яаж хамаарахыг олж болно:

$$U(\epsilon) = \frac{\epsilon - \epsilon_l}{\epsilon_s - \epsilon} \epsilon_s I_s + (\epsilon_l - \epsilon_s) I_s \ln \left( \frac{\epsilon_s - \epsilon_l}{\epsilon_s - \epsilon} I_s \right). \quad (12)$$

Урьдын адил  $E^2$  функц  $\epsilon$ -гээс яаж хамаарахыг анхны интегралын тусламжтайгаар

$$E^2(\epsilon) = \frac{\beta^2}{\epsilon(2\beta^2 - \epsilon)} \{U - \text{const}\} \quad (13)$$

гэж олж болно. Үүний уламжлал нь

$$\frac{dE^2}{d\epsilon} = \frac{\beta^2}{(2\beta^2 - \epsilon)\epsilon} \left[ \frac{2(\epsilon - \beta^2)}{\beta^2} E^2(\epsilon) + \frac{\epsilon_s - \epsilon_l}{(\epsilon_s - \epsilon)^2} I_s \epsilon \right] \quad (14)$$

байх нь мэдээж. Мөн бидний тооцоонд

$$E^2 + \frac{\epsilon}{2} \cdot \frac{dE^2}{d\epsilon} = \frac{\beta^2}{2\beta^2 - \epsilon} \left[ E^2(\epsilon) + \frac{I_s(\epsilon_s - \epsilon_l)}{(\epsilon_s - \epsilon)^2} \cdot \frac{\epsilon}{2} \right] \quad (15)$$

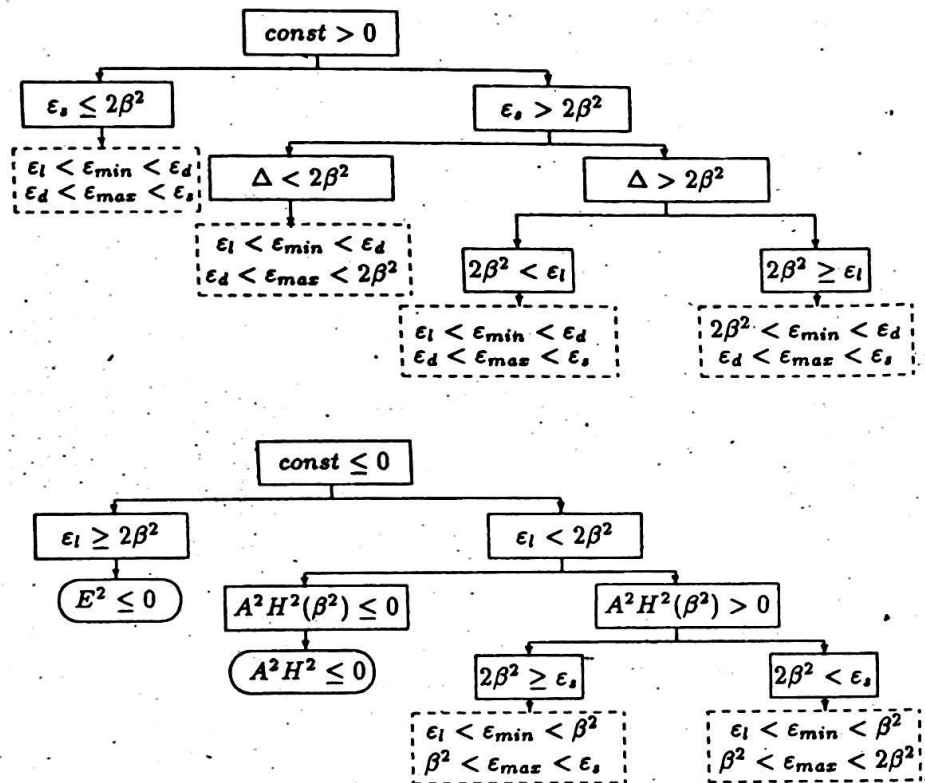
гэсэн функцийг тооцоолох шаардлага байдаг. Илэрхийлэл 10 ёсоор

$$A^2(\epsilon) = \frac{\epsilon - \epsilon_l}{\epsilon_s - \epsilon} I_s - E^2(\epsilon) \quad (16)$$

байх бөгөөд үүний уламжлал нь

$$\frac{dA^2}{d\epsilon} = \frac{\beta^2 - \epsilon}{2\beta^2 - \epsilon} \left\{ I_s \frac{\epsilon_s - \epsilon_l}{(\epsilon_s - \epsilon)^2} + \frac{2E^2(\epsilon)}{\epsilon} \right\} \quad (17)$$

болно. Эндээс харвал  $\epsilon = \beta^2$  цэг дээр функц эстремум утгаа авах нь. Харин  $A^2 h^2$  функцийг тодорхойлогдох муж дахь максимум утгаа авах цэгийг  $\epsilon_d$  гэж тэмдэглээд янз бүрийн горимыг тодорхойлох диаграммыг доор үзүүлээ.



## Ном зүй

- [1] K. M. Leung. Exact results for the scattering of electromagnetic waves with nonlinear film. Phys. Rev. B 39, 3590 (1988).
- [2] U. Langbein, F. Lederer, T. Perschel, U. Trutschel and D. Mihalache, Non-linear transmission resonances at stratified dielectric media, Phys. Rep. 194, No5 & 6, 1990.
- [3] K. M. Leung and R. L. Lin Scattering of transverse-magnetic waves with a nonlinear film: Formal field solutions in quadratures, Phys. Rev. B. vol.44, No 10, 1991.
- [4] G. Ochirbat. On the theory of scattering of p-polarized light with nonlinear film. Preprint, P17-91-338: Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia (1991).
- [5] Г. Очирбат, Д. Улам-Оргих, О. Нямсүрэн. Шугаман бус соронзон орчинд цахилгаан соронзон долгио тархах Препринт ИМ АНМ. P17-17, 1994
- [6] Г. Очирбат, Д. Улам-Оргих. Ханадаг керр төрлийн шугаман бус диэлектрик илтсээр ТМ туйлширсан гэрэл нэвтрэхүй Препринт ИМ АНМ. P17-20, 1994
- [7] Г. Очирбат, Д. Улам-Оргих. ТЕ туйлширсан гэрэл керр болон ханадаг керр төрлийн шугаман бус диэлектрик илтсээр нэвтрэх нь Препринт ИМ АНМ. P17-22, 1994
- [8] Г. Очирбат, Д. Улам-Оргих. Шугаман бус соронзон керр болон ханадаг керр төрлийн илтсээр ТЕ туйлшралтай гэрэл нэвтрэх үзэгдлийг харьцуулахуй. Препринт ИМ АНМ. P17-23, 1995
- [9] Г. Очирбат, Д. Улам-Оргих. ТМ туйлширсан гэрэл керр болон ханадаг керр төрлийн соронзон бус илтсээр нэвтрэх үзэгдлийн онцлог Препринт ИМ АНМ. P17-29, 1995
- [10] G.Ochirbat, D.Ulam-Orgikh. First integrals of Maxwell's equations for stationary electromagnetic wave propagating in nonlinear medium homogeneous except single direction Preprint Inst. Math. Acad. of Sc. P17-33, 1995
- [11] Очирбат Г, Улам-Оргих Д, Нямсүрэн О. Некоторые задачи рассеяния оптических волн на планарной структуре, которые приводятся к квадратуре Препринт ОИЯИ P-17-96-382, Дубна, 1996
- [12] G.Ochirbat, D.Ulam-Orgikh, I.V.Puzynin Comparison of optical response behavior of kerr like and kerr like saturable nonlinear thin film, in press
- [13] Л.С.Асланян, Ю.С.Чилигарян. Поверхностные электромагнитные волны на границе раздела между линейной средой и средой из двухуровневых атомов. Письма в ЖТФ, том 20, вып. 19, 1-5 (1994)