CHÖÔNG VIII: SÖÏ NHIEÃU XAÏ AÙNH SAÙNG

I. Nguyeân lyù Huygens – Fresnel:

Giaû söû coù moät loã phaúng (Σ) ñöôïc chieáu saùng bôûi nguoàn ñieåm S ñôn saéc, böôùc soùng λ. Xeùt dieän tích $d\sigma(P)$ treân (Σ) taïi ñieåm P.

Nguyeân lyù:

- Moïi phaàn töû cuûa beà maët gioáng nhö moät nguoàn ñieåm aûo (nguoàn thöù caáp), phaùt ra soùng coù bieân ñoä phöùc töùc thôøi taïi P coù bieân ñoä tæ leä vôùi bieân ñoä phöùc cuûa soùng phaùt ra töø S taïi P, vaø tæ leä vôùi dieän tích $d\sigma(P)$.

- Caùc nguoàn aûo laø keát hôïp.

Moät loã trong suoát trong moät maøn ñöôïc goïi laø "con ngöôi".

$$\underline{s}^*(P,t) = \underline{t}(P)\ \underline{s}_i(P,t)$$

$\underline{t}(P)$: ñoä trong suoát phöùc = 0 neáu khoâng trong suoát taïi P

(haøm truyeàn qua) = 1 neáu P laø moät ñieåm cuûa loã.

$\underline{S}_i(P,t)$: bieân ñoä soùng tôùi taïi P khi khoâng coù loã nhieãu xaï.

$\underline{S}^*(P,t)$: bieân ñoä soùng quan saùt ñöôïc taïi P khi khoâng coù nhieãu xaï, coù nghóa laø tuaân theo caùc ñònh luaät cuûa quang hình.

Ghi chuù : $\underline{t}(P) = -1$ ñoái vôùi göông kim loaïi lyù töôûng.

$$\underline{t}(P) = t_0 e^{-i\frac{2\pi}{\lambda}(n-1)e}$$ vôùi $t_0 < 1$ ñoái vôùi thuûy tinh beà daøy e.

Bieân ñoä soùng taïi ñieåm M phaùt ra bôûi dieän tích $d\sigma(P)$:

$$d\underline{s}_p(M,t) = \underline{f}(P,M).\underline{t}(P).\underline{s}_i(P).e^{i\varphi_{P\to M}}\, d\sigma(P)$$

$\varphi_{P\to M}$: ñoä leäch pha khi truyeàn töø P tôùi M.

$\underline{f}(P,M)$: laø moät haøm maø ñoä bieán thieân cuûa noù raát chaäm so vôùi $e^{i\varphi_{P\to M}}$

Neáu con ngöôøi nhieãu xaï ñöôïc ñaët trong moâi tröôøng ñoàng nhaát chieát suaát n, neáu phöông PM gaàn vôùi phöông cuûa soùng tôùi, vaø neáu PM lôùn hôn nhieàu so vôùi böôùc soùng, thì soùng phaùt ra töø P coù daïng soùng caàu:

$$\underline{\mathbf{f}}(\mathbf{P},\mathbf{M}) = \frac{\mathbf{C}}{\mathbf{PM}}$$ C: haèng soá phöùc

Neáu M ôû khaù xa con ngöôøi, $\underline{f}(P,M) \to K$: haèng soá phöùc do $\frac{1}{PM}$ thay ñoåi khoâng ñaùng keå.

II. Nhieãu xaï FRAUNHOFER.

Ta goïi nhieãu xaï trong caùc ñieàu kieän Fraunhofer laø tröôøng hôïp ñaëc bieät khi S vaø M ôû voâ cöïc. Trong ñieàu kieän naøy, S phaùt ra soùng phaúng vôùi vectô soùng $\overrightarrow{k_i}$, giaû söû noù chieáu saùng moät con ngöôøi phaúng vôùi ñoä trong suoát $\underline{t}(P) = \underline{t}(x,y)$ vuoâng goùc vôùi Oz vaø chöùa ñieåm O.

(x,y) laø toïa ñoä ñieåm P.

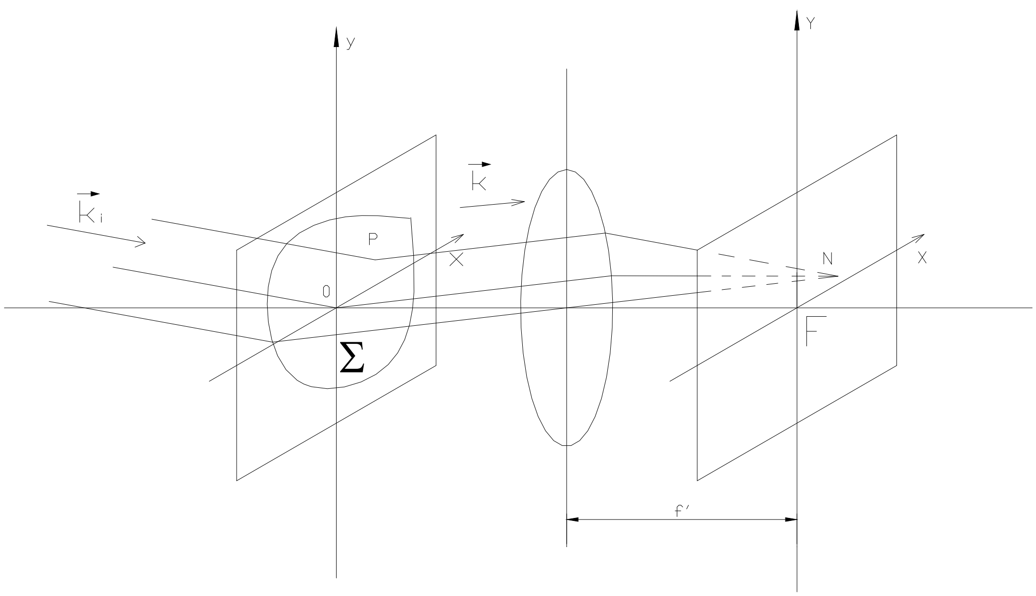
(X,Y) laø toïa ñoä ñieåm M ñöôïc quan saùt treân tieâu dieän cuûa thaáu kính.

Moãi ñieåm M töông öùng trong khoâng gian vaät cuûa thaáu kính, vôùi moät phöông truyeàn coù vectô ñôn vò $\overrightarrow{u}$(M) vaø vectô soùng $\overrightarrow{k}$(M).

Giaû söû chieát suaát moâi tröôøng = 1.

- <u>Pha φ_P(M) taïi ñieåm M cuûa soùng thöù caáp phaùt ra bôûi ñieåm P treân (Σ).</u>

(hình 14 trang 156)



Hình 14.Nhieãu xaï ôû voâ cöïc cuûa soùng phaúng qua loã Σ, maøn quan saùt naèm taïi tieâu dieän aûnh cuûa moät thaáu kính

$\varphi_P(M) = \varphi_i(P) + \varphi_{P \to M}$

$\varphi_i(P)$ la pha cua song tôi tai P:

$$\varphi_i(P) - \varphi_i(O) = -\overrightarrow{k_i}.\overrightarrow{OP}$$

Theo ñònh ly Malus, quang lo (PM) va (HM) bang nhau.

$$(PM) - (OM) = (OH) - \overrightarrow{u}.\overrightarrow{OP}$$

va $\qquad \varphi_{P \to M} = \varphi_{O \to M} + \overrightarrow{k}(M) . \overrightarrow{OP}$

$\varphi_O(M) = \varphi_i(O) + \varphi_{O \to M}$: pha tai M cua song thö cap phat ra tai O.

$\Rightarrow \varphi_P(M) = \varphi_O(M) + (\overrightarrow{k}(M) - \overrightarrow{k_i}).\overrightarrow{OP}$

- <u>Bien ño song:</u>

$$\underline{s}(M,t) = \iint_{\Sigma} d\underline{s}_P(M,t) = Ks_0 e^{i(\omega t + \varphi_0(M))} \iint_{\Sigma} \underline{t}(x,y) e^{[i(\overrightarrow{k}(M) - \overrightarrow{k_i})\overrightarrow{OP}]} dxdy$$

Bieu dien cac thanh phan cua cac vectô k_i va $k(M)$:

$$k_{ix} = \frac{2\pi}{\lambda}\alpha_i \qquad k_{iy} = \frac{2\pi}{\lambda}\beta_i \qquad k_{iz} = \frac{2\pi}{\lambda}\gamma_i$$

$$k_x = \frac{2\pi}{\lambda}\alpha \qquad k_y = \frac{2\pi}{\lambda}\beta \qquad k_z = \frac{2\pi}{\lambda}\gamma$$

α_i, β_i la cac thanh phan song song vôi (Ox) va (Oy) cua vectô ñôn vò cua phöông song tôi.

α va β la cac thanh phan song song vôi (Ox) va (Oy) cua vectô ñôn vò cua phöông song lo ra tö (Σ) ve phía M.

Neu ta giôi han ô nhöng phöông gan vôi truc:

$$\gamma \approx \gamma_i \approx 1 \qquad \alpha \approx \frac{X}{f'} \qquad \beta \approx \frac{Y}{f'}$$

- <u>Be rong cua hình nhieu xa.</u>

Be rong Δx cua con ngöôi nhieu xa va be rong goc $\Delta\alpha$ cua hình nhieu xa Fraunhofer tren cung phöông:

$$\Delta x.\Delta\alpha \approx \lambda.$$

- <u>Sö dòch chuyen cua con ngöôi.</u>

Con ngöôi dòch chuyen ñöa O ñen O' va P ñen P'.

$$d\underline{s}_{P'}(M) = K's_0 e^{i(\omega t + \varphi_{0'}(M))} \underline{t}(x,y) e^{[i(\overrightarrow{k}(M) - \overrightarrow{k_i})\overrightarrow{O'P'}]} d\sigma$$

Sö dòch chuyen khong lam thay ñoi vectô $\overrightarrow{k}(M)$ va $\overrightarrow{k_i}$.

$\overrightarrow{OP} = \overrightarrow{O'P'}$

Neáu khoâng tính ñeán söï thay ñoåi giöõa K vaø K':

$$d\underline{s}_{P'}(M) = d\underline{s}_P(M)e^{i(\varphi_{0'}(M)+\varphi_0(M))}$$

Sau khi laáy tích phaân treân con ngöôi

$$\underline{s}'(M) = \underline{s}(M)e^{i(\varphi_{0'}(M)+\varphi_0(M))}$$

I'(M) = I(M)

=> Bieân ñoä soùng nhieãu xaï taïi moät ñieåm treân tieâu dieän aûnh cuûa thaáu kính chæ chòu ñoä leäch pha gioáng nhau. Cöôøng ñoä cuûa hình nhieãu xaï khoâng thay ñoåi.

- <u>Ñònh lyù Babinet.</u>

Ta goïi diaphragtres boå phuï cuûa caùc maøn laø sao cho toång caùc ñoä trong suoát =1 .

$\underline{t}_1(P) + \underline{t}_2(P) = 1$

<u>Ñònh lyù:</u> Hình nhieãu xaï Fraunhofer cuûa 2 maøn boå phuï thì nhö nhau, tröø aûnh hình hoïc S' cuûa nguoàn S.

$\underline{S}_1(M) + \underline{S}_2(M) = \underline{S}_0(M)$

Neáu $M \neq S'$: $\underline{S}_0(M) = 0 \Rightarrow \underline{S}_1(M,t) = -\underline{S}_2(M,t)$

vaø $I_1(M) = I_2(M)$

III. <u>Nhieãu xaï bôûi loã hình vuoâng.</u>

$\underline{t}(x,y) = 1$ neáu $-\frac{a}{2} < x < \frac{a}{2}$ vaø $-\frac{b}{2} < y < \frac{b}{2}$

$\underline{t}(x,y) = 0$ ôû ngoaøi voøng treân.

$$\underline{s}(M,t) = Ks_0 e^{i(\omega t+\varphi_0(M))} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} e^{i\frac{2\pi}{\lambda}\left((\alpha-\alpha_i)x+(\beta-\beta_i)y\right)} dxdy$$

$$\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} e^{i\frac{2\pi}{\lambda}(\alpha-\alpha_i)x}dx = \frac{e^{i\frac{2\pi}{\lambda}(\alpha-\alpha_i)\frac{a}{2}} - e^{-i\frac{2\pi}{\lambda}(\alpha-\alpha_i)\frac{a}{2}}}{i\frac{2\pi}{\lambda}(\alpha-\alpha_i)\frac{a}{2}} = a\frac{\sin\left[\frac{\pi}{\lambda}\left(\alpha-\alpha_i\right)a\right]}{\frac{\pi}{\lambda}\left(\alpha-\alpha_i\right)a} = a\sin c(u)$$

$$\underline{s}(M,t) = Ks_0 e^{i(\omega t+\varphi_0(M))}\int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} e^{i\frac{2\pi}{\lambda}(\alpha-\alpha_i)x}dx\int_{-\frac{b}{2}}^{\frac{b}{2}} e^{i\frac{2\pi}{\lambda}(\beta-\beta_i)y}dy$$

Vôi $u = \frac{\pi}{\lambda}(\alpha-\alpha_i)a$ va $\sin c(u) = \frac{\sin u}{u}$ (ham sinus cardinal)

=> $\underline{s}(M,t) = Ks_0 abe^{i(\omega t+\varphi_0(M))}\sin c(u)\sin c(v)$

vôi $u = \frac{\pi}{\lambda}(\alpha-\alpha_i)a$ va $v = \frac{\pi}{\lambda}(\beta-\beta_i)b$

Cöông ño sang : I(M) = $\underline{s}(M,t).\underline{s}^*(M,t)$

$$I(M) = I_0 \sin c^2\left(\frac{\pi}{\lambda}(\beta-\beta_i)b\right).\sin c^2\left(\frac{\pi}{\lambda}(\alpha-\alpha_i)a\right)$$

-Hình nhieu xa co tam nam tren phöông cua chum tia tôi

-Cöc tieu nhieu xa khi:

$\alpha = \alpha_i + p\frac{\lambda}{a}$ hay $\beta = \beta_i + q\frac{\lambda}{b}$ vôi p,q nguyen $\neq 0$

Vet trung tam co ño rong $2\frac{\lambda}{a}$ doc theo (Ox) va $2\frac{\lambda}{b}$ doc theo (Oy)

Cac vet thö cap co ño rong nho hôn hai lan theo cac phöông.

Vet trung tam sang nhat.

- Tröông hôp khe hep.

$\frac{\lambda}{b} \to 0$; β=0.

$$I(M) = I_0 \sin c^2\left(\frac{\pi}{\lambda}(\theta-\theta_i)a\right)$$

$$\underline{s}(M,t) = Ks_0 e^{i(\omega t+\varphi_0(M))} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} e^{i\frac{2\pi}{\lambda}(\theta-\theta_i)x} dx$$

IV.Nhieãu xaï ô voâ cöïc cuûa soùng phaúng bôûi loã troøn.

Hình nhieãu xaï Fraunhofer cuûa soùng phaúng bôûi loã troønbaùn kính R goàm veát trung taâm hình troøn, taâm laø aûnh hình hoïc cuûa nguoàn, bao quanh laø caùc vaân troøn ñoàng taâm. Caùc vaân troøn coù ñoä saùng giaûm daàn khi caøng xa taâm .

Baùn kính goùc cuûa veát trung taâm coù baäc $\frac{\lambda}{D}$:1,22 $\frac{\lambda}{D}$.

$$\Delta\theta = 1{,}22\frac{\lambda}{R}$$: ñöôøng kính goùc cuûa veát trung taâm.

V. Nhieãu xaï bôûi taäp hôïp con ngöôøi gioáng nhau.

Khaûo saùt tröôøng hôïp goàm N con ngöôøi gioáng nhau. Con ngöôøi m coù toïa ñoä ta ïm $O_m(x_m,y_m)$ vaø ñoä trong suoát) vaø ñoä trong suoát $\underline{t}(x,y) = \underline{t}_o(x-x_m,y-y_m)$, haøm $\underline{t}_o$ nhö nhau ñoái vôùi moïi con ngöôøi. Heä ñöôïc chieáu saùng bôûi moät soùng phaúng ñôn saéc coù phöông truyeàn ñöôïc cho bôûi α_i vaø β_i .

$$\underline{s}_m(M,t) = Ks_0 e^{i(\omega t+\varphi_{0m}(M))} \iint_{\Sigma m} \underline{t}(x,y) e^{[i\frac{2\pi}{\lambda}((\alpha-\alpha_i)(x-x_m)+(\beta-\beta_i)(y-y_m))]} dxdy$$

Ñoåi bieán: $\xi = x - x_m$ vaø $\eta = y - y_m$

$$\underline{s}_m(M,t) = Ks_0 e^{i(\omega t+\varphi_{0m}(M))} \iint_{\Sigma m} \underline{t}_0(\xi,\eta) e^{[i\frac{2\pi}{\lambda}((\alpha-\alpha_i)\xi+(\beta-\beta_i)\eta)]} d\xi d\eta$$

tích phaân $$F_D(M) = \iint_{\Sigma m} \underline{t}_0(\xi,\eta) e^{[i\frac{2\pi}{\lambda}((\alpha-\alpha_i)\xi+(\beta-\beta_i)\eta)]} d\xi d\eta$$

nhö nhau ñoái vôùi moïi con ngöôøi, ñöôïc goïi laø soá haïng nhieãu xaï.

Theo nguyeân lyù Huygens – Fresnel, N con ngöôøi ñöôïc chieáu saùng moät caùch keát hôïp , bieân ñoä taïi M ô û voâ cöïc baèng toång caùc bieân ñoä nhieãu xaï bôûi töøng con ngöôøi.

$$\underline{s}(M,t) = Ks_0.F_D(M)e^{i\omega t}\sum_{m=1}^{N} e^{i\varphi_{0m}(M)}$$

φ_{0m} : pha tai M cua song thöi cap phat ra töi O_m

$\varphi_{Om}(M) = \varphi_O(M) + (\overrightarrow{k}(M) - \overrightarrow{k_i}).\overrightarrow{OO_m}$

$$= \varphi_0(M) + \frac{2\pi}{\lambda}\left[(\alpha - \alpha_i)x_m + (\beta - \beta_i)y_m\right]$$

Tong Σ la <u>so hang giao thoa</u> cua N song nhieu xa bôi N con ngöôi.

$$F_I(M) = \sum_{m=1}^{N} e^{i\frac{2\pi}{\lambda}\left[(\alpha-\alpha_i)x_m + (\beta-\beta_i)y_m\right]}$$

- Tröông hôp phan bo ngau nhien.

  Khao sat tröông hôp N rat lôn.

$$I = I_0\left|F_D(M)\right|^2\left|F_I(M)\right|^2$$

$$\left|F_I(M)\right|^2 = \left(\sum_{m=1}^{N} e^{i\varphi_m}\right)\left(\sum_{m=1}^{N} e^{-i\varphi_m}\right)$$

vôi $\varphi(M) = \frac{2\pi}{\lambda}\left[(\alpha - \alpha_i)x_m + (\beta - \beta_i)y_m\right]$

$$\left|F_I(M)\right|^2 = N + \sum_m \sum_{n\neq m} e^{i(\varphi_n - \varphi_m)}$$

$$\sum_m \sum_{n\neq m} e^{i(\varphi_n - \varphi_m)} = \sum_{n>m}\left(e^{i(\varphi_n - \varphi_m)} - e^{-i(\varphi_n - \varphi_m)}\right)$$

$$\Rightarrow \left|F_I(M)\right|^2 = N + 2\sum_{n>m}\cos\left[\varphi_n(M) - \varphi_m(M)\right]$$

Neu cac con ngöôi ñöôc phan bo ngau nhien thì cac goc

$\varphi_{nm}(M) = \varphi_n(M) - \varphi_m(M)$ cung ñöôc phan bo ngau nhien va tong

$\sum_{n>m}\cos\left[\varphi_n(M) - \varphi_m(M)\right]$ chæ khac khong ñoi vôi α va β rat gan α_i va β_i.

Tong nay chöa $\frac{N(N-1)}{2}$ so hang:

$\left|F_I(M)\right|^2 = N^2$ ô phöông cua song tôi

$\left|F_I(M)\right| = N$ cac phöông khac.

www.mientayvn.com

- Chúng tôi đã dịch được một số chương của một số khóa học thuộc chương trình học liệu mở của hai trường đại học nổi tiếng thế giới MIT và Yale.
- Chi tiết xin xem tại:
- http://mientayvn.com/OCW/MIT/Vat_li.html
- http://mientayvn.com/OCW/YALE/Ki_thuat