بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
دانشکده مهندسی و علم مواد

کریستالوگرافی

جلسه دوازدهم

(تقارن در بلورها – ادامه
و دایره استریوگراف)

دکتر رضا اسلامی فارسانی

سایر تقارن ها

اگر عمل ترانسیلاسیون را با عمل محورهای دورانی تقارن یا با عمل سطح تقارن آینه ای ترکیب کنیم تقارن های جدیدی بدست می آید که آنها نیز مخصوص ساختمان داخلی کریستال است.

در این حالت دو نوع تقارن ایجاد می شود:

۱- تقارن انتقالی دورانی یا تقارن پیچشی یا حلزونی

۲- تقارن انتقالی انعکاسی

سایر تقارن ها

۱- تقارن انتقالی دورانی یا تقارن پیچشی یا حلزونی

با ترکیب عمل ترانسیلاسیون و عمل محورهای دورانی، این تقارن بدست می آید. به عنصر تقارن حاصل در این حالت، محور پیچشی و یا محور حلزونی (Screw Axis) اطلاق می شود.

۲- تقارن انتقالی انعکاسی

با ترکیب عمل ترانسیلاسیون و عمل تصویر آینه ای تقارن انتقالی انعکاسی داریم. به عنصر تقارنی که در نتیجه این ترکیب بدست می آید، سطح تقارن انتقالی و یا سطح لغزشی (Glide Plane) گویند.

سایر تقارن ها

تقارن انتقالی دورانی

در تقارن انتقالی دورانی، محورهای پیچشی یا حلزونی داریم. هر نقطه برای منطبق شدن بر نقطه مشابه خود باید علاوه بر این که حول محوری دوران می کند همزمان با این گردش حرکتی انتقالی نیز در امتداد این محور انجام دهد مانند پیچی که در حین گردیدن در جهتی هم پیش می رود.
اگر گردش محور مانند پیچی باشد که در جهت عقربه های ساعت بگردد و به جلو برود راست بر و اگر گردش در جهت عکس عقربه های ساعت باشد محور حلزونی چپ بر است.

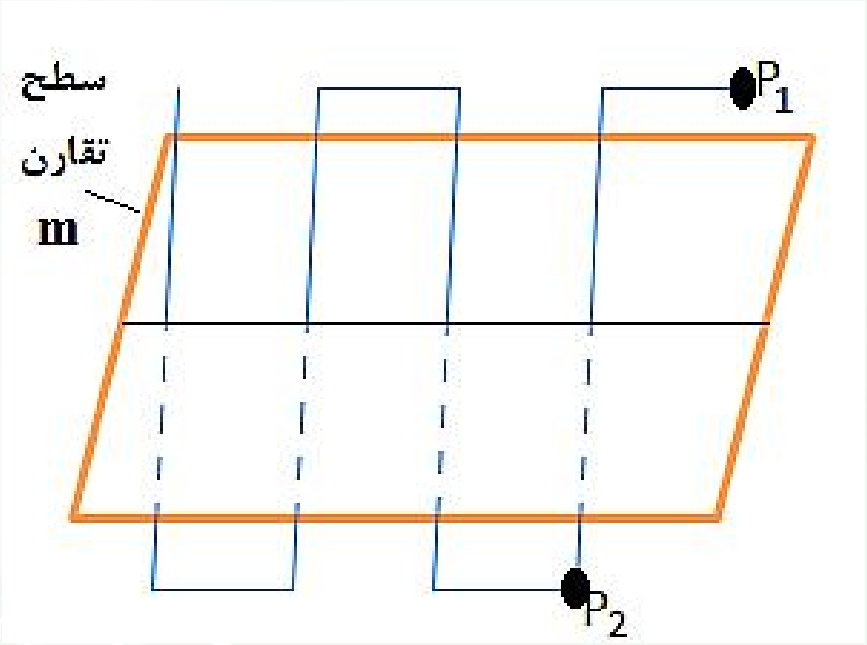
این نوع تقارن که از محور تقارن حلزونی یا پیچی ناشی می شود را تقارن انتقالی دورانی گویند.

سایر تقارن ها

تقارن انتقالی انعکاسی

در این نوع تقارن نقطه P_1 در یک امتداد انتقال و سپس یک سطح تقارن عمل انعکاس را انجام می دهد. در این حالت نقطه P_2 در اثر عملکرد این نوع تقارن بوجود می آید. در شکل زیر تقارن انتقالی انعکاسی یک نقطه که به دفعات با اندازه های مساوی انجام شده، نشان داده است.

هر نقطه به میزان نصف فاصله پریودی به موازات سطح تقارن می لغزد و سپس توسط همین سطح تصویر می شود.



دایره استریوگراف

برای تهیه تصویر استریوگراف یک بلور آن را در داخل کره ای در نظر گرفته و سپس فرض می کنند که صفحات موجود این بلور آن قدر بطور موازی حرکت کرده و به سطح کره نزدیک شده اند که هر صفحه در نقطه ای بر کره مماس شوند. به چنین نقاط تماسی قطب صفحات گویند و مجموعه آنها را فیگور قطب های صفحه نامند.

هدف از تصویر استریوگرافیک مطالعه و بررسی شکل و وضعیت بلور با شکل فضایی در صفحه و در دو بعد است.

دایره استریوگراف در حقیقت رابطه بین جهات و صفحات کریستالی به صورت یک نقشه دو بعدی است که از داده های سه بعدی بدست می آیند.

دایره استریوگراف

روش دیگر برای رسم دایره استریوگراف قرار دادن کریستال در مرکز یک کره مبنا و سپس رسم عمودهایی از مرکز کره به تمامی سطوح این کریستال است. این عمودها (نرماله ها) را آن قدر امتداد داده تا سطح کره را قطع کنند. محل برخورد نرماله هر صفحه با سطح کره قطب صفحه مذکور است.

بنابراین هر نقطه سطح کره نماینده یک صفحه از کریستال است. در این کره مبنا، قطب شمال، N، قطب جنوب، S و دایره استوایی عمود بر امتداد، NS است.

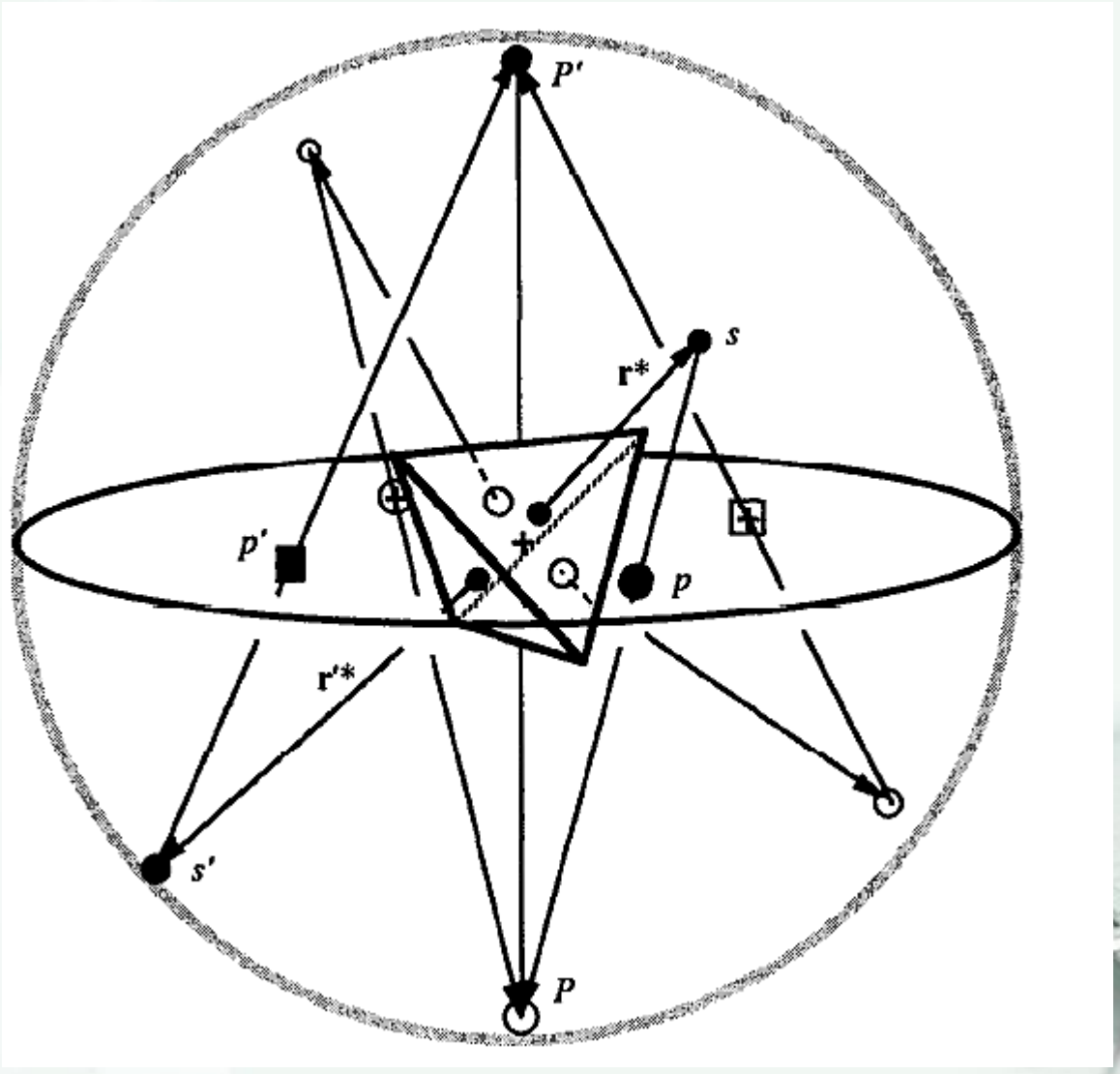
با روش استریوگراف می توان اطلاعات ناشی از نقاط روی سطح کره را به دایره استوایی انتقال داد.

دایره استریوگراف

اگر نقاط واقع بر نیمکره شمالی را به قطب جنوب و نقاط واقع بر نیکره جنوبی را به قطب شمال وصل کنیم این خطوط دایره استوایی را در نقاطی قطع می کند و این دایره شامل یک سری نقاطی خواهد بود.

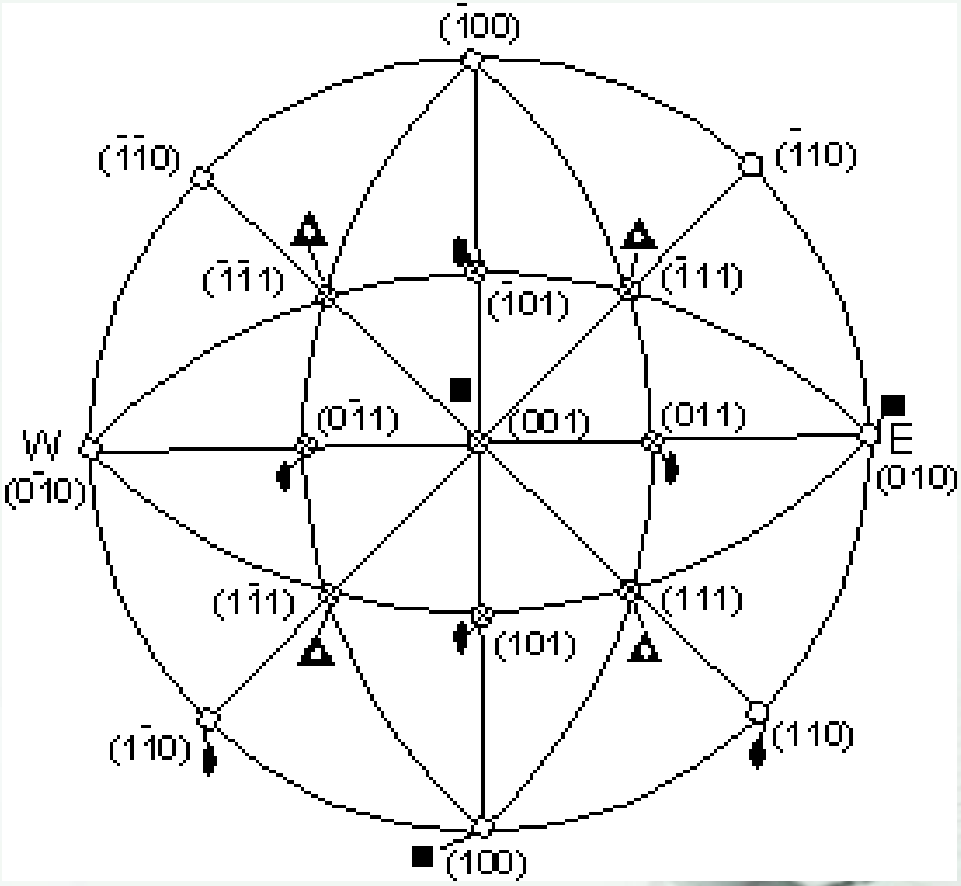
هر کدام از این نقاط از نقطه ای روی سطح کره و هر نقطه روی سطح کره از صفحه ای از کریستال حاصل شده اند. این دایره استوایی نقطه نقطه شده تصویر استریوگراف کریستال را نشان می دهد.

دایره استریوگراف



هر نقطه در نیمکره شمالی به S و هر نقطه در نیمکره جنوبی به N وصل شده، لذا مقادیر منفی محور X که مربوط به صفحات در نیمکره جنوبی هستند، در بالا نمایش داده می شوند.

دایره استریوگراف



قوانین

مجموعه صفحاتی که نرماله های آن ها در صفحه واحدی قرار گیرند، منطقه (Zone) و این صفحات را صفحات هم منطقه نامند. محور منطقه نیز خطی است که از محل تقاطع محورهای کریستال می گذرد.

خطی مانند [uvw] در صورتی می تواند روی صفحه ای همچون (hkl) قرار داشته باشد یا با آن موازی باشد که رابطه زیر برقرار باشد:

$$hu + kv + lw = 0$$

آیا صفحه $(\bar{2}10)$ در منطقه $[12\bar{1}]$ قرار دارد؟ بله

$$(\bar{2}\times 1) + (1\times 2) + (0\times \bar{1}) = 0$$

قوانین

روش محاسبه یال [uvw] که بین دو صفحه متقاطع $(h_1k_1l_1)$ و $(h_2k_2l_2)$ مشترک است. چون یال در این دو صفحه مشترک است بنابراین داریم:

$$h_1u+k_1v+l_1w=0$$
$$h_2u+k_2v+l_2w=0$$

با روش دترمینانت داریم:

h_1	k_1		l_1	h_1	k_1	l_1
h_2	k_2		l_2	h_2	k_2	l_2
---	uvw					---

$$u:v:w:(k_1l_2-k_2l_1):(l_1h_2-l_2h_1):(h_1k_2-h_2k_1)$$

قوانین

مثال: تعیین کنید صفحات (100) و (010) به چه منطقه ای تعلق دارند؟

$$u:v:w:(0\times0-0\times1):(0\times0-0\times1):(1\times1-0\times0)=[001]$$

1	0		0		1		0	0			
0	1		0		0		1	0			
---	001							---			

صفحات فوق در منطقه [001] قرار دارند.

قوانین

روش تعیین اندیس های صفحه (hkl) که بین دو یال $[u_1v_1w_1]$ و $[u_2v_2w_2]$ قرار گرفته است.

$$hu_1 + kv_1 + lw_1 = 0$$

$$hu_2 + kv_2 + lw_2 = 0$$

u_1	v_1	w_1	u_1	v_1	w_1	
u_2	v_2	w_2	u_2	v_2	w_2	
---	hkl				---	

$$h : k : l : (v_1w_2 - v_2w_1) : (w_1u_2 - w_2u_1) : (u_1v_2 - u_2v_1)$$

قوانین

مثال: چه صفحه ای می تواند در آن واحد به دو منطقه [010] و [001] تعلق داشته باشد؟

$$h:k:l:(1\times1-0\times0):(0\times0-0\times1):(0\times0-0\times1)=(100)$$

0		1		0		0		1		0
0		0		1		0		0		1
---		100								---

صفحه (100)، صفحه مشترک بین دو منطقه است.

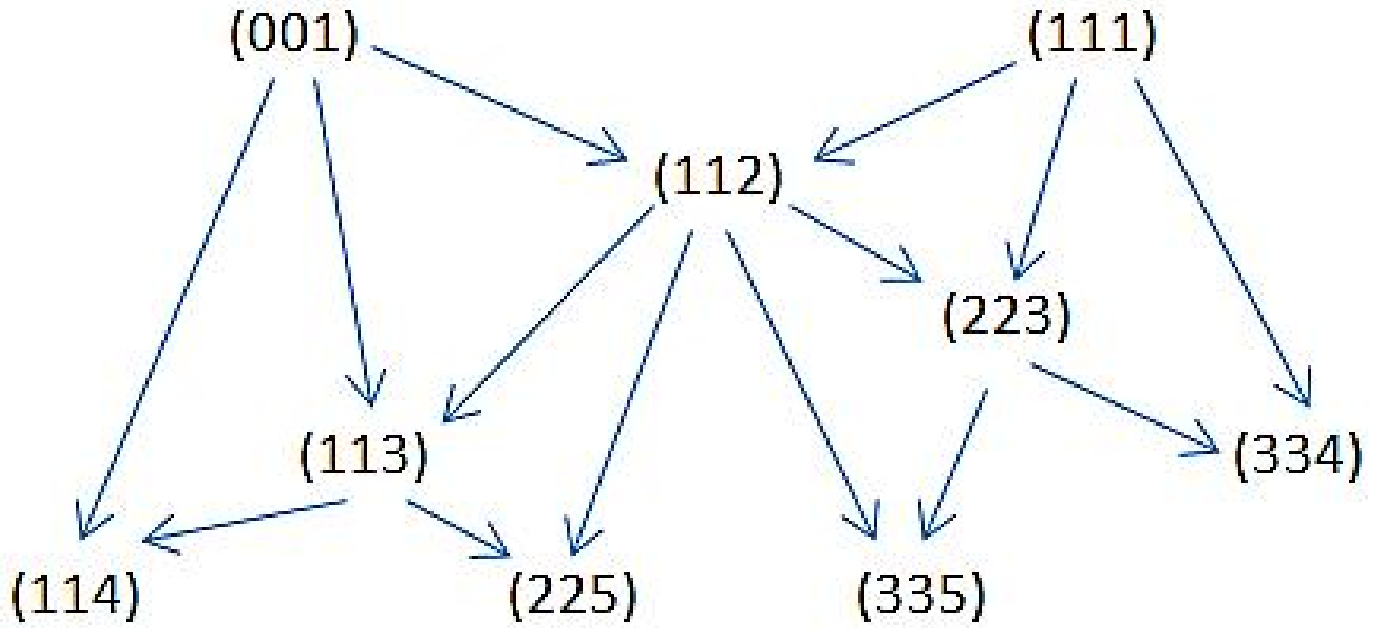
قاعده کمپلیکاسیون

هر چه اندیس میلر صفحات بلوری کوچکتر باشند با اهمیت تر هستند. این بدان معناست که بیشتر از صفحات با اندیس های بزرگتر بوجود آمده و وسعت بیشتری می یابند. این رابطه را قاعده کمپلیکاسیون نامند.

بنابراین هرگاه بر اثر کمپلیکاسیون (یعنی جمع کردن اندیس ها) از دو صفحه معلوم صفحه سومی را بدست آوریم، این صفحه اهمیت کمتری از صفحات اولیه دارد چون اندیس های آن بزرگتر است.

قاعده کمپلیکاسیون

$$(h_1k_1l_1)+(h_2k_2l_2)=(h_1+h_2,k_1+k_2,l_1+l_2)$$



قاعده کمپلیکاسیون

در صفحات با اندیس ساده و کوچک فاصله ذرات سازنده بلور از هم کمتر بوده و چگالی آن سطح و تراکم اتمی بیشتر است، یعنی تعداد بیشتری از ذرات سازنده در آن صفحات وجود دارند. امکان بوجود آمدن این صفحات نیز در واقعیت بیشتر است.

برای تعیین اندیس صفحه ای که در آن واحد به دو منطقه تعلق دارد یعنی در محل تلاقی آنها قرار گرفته است، می توان از قاعده کمپلیکاسیون استفاده کرد.

اگر حاصل جمع اندیس صفحات برای هر دو منطقه یکسان باشد، حاصل جمع مزبور مشخص کننده صفحه مطلوب است.

قاعده کمپلیکاسیون

مثال: اندیس صفحه ای که از یک طرف در یک منطقه و بین صفحاتی چون (100) و (021) قرار داشته و از طرف دیگر در منطقه ای دیگر و بین سطوحی مانند (110) و (001) واقع شده را به صورت زیر بدست می آوریم:

چون جمع اندیس ها در این مرحله یکسان نیست، لذا باید عمل کمپلیکاسیون را ادامه دهیم تا صفحه موردنظر حاصل شود.

$$(100)+(021)=(121)$$

$$(110)+(001)=(111)$$

اندیس صفحه موردنظر (221) است.