

طریقه مطالعه فلدسپاتها بوسیله میکروسکوپ الکترونی بروش ترانسفورماسیون الکترونها و تهیه عکسهای دیفر اکسیونی از ساختمان داخلی آنها

نوشته‌ی

منوچهر دانائی

دانشکده علوم دانشگاه مشهد

درباره فلدسپاتها پژوهندگان بسیاری مطالعه کرده و مقالاتی نوشته‌اند ولی زمینه برای مطالعه فلدسپاتها بقدری وسیع است که تصور آن بسختی ممکن است.

این مقاله حاصل تحقیقاتی است که درباره خاصیت لابرادوریزاسیون فلدسپاتهای سدیم و کلسیم (پلاژیوکلازها) صورت گرفته است.

لابرادوریتها برحسب جهت تأثیر نور بر روی آنها و یا حرکتی که در جهات مختلف در مقابل نور دارند درخشش یا تلولو مخصوصی از خود ظاهر میسازند که باین خاصیت لابرادوریزاسیون (Labradorisation) یا شیلر - (Schiller) گویند. جهت شیلر در لابرادوریت سطح (201) میباشد که با سطح (010) زاویه ۱۸ درجه میسازد.

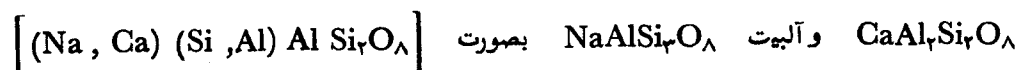
چون این کانی فاقد رنگ است لذا این درخشش رنگین ارتباطی با رنگ کانی نداشته بلکه یک نوع رنگ کاذب (Pseudochroismus) میباشد.

این رنگ کاذب بستگی کامل به ضخامت لامل (Lamelle) یا تیغه‌های موازی هم میتوان نامید) های کانی دارد هرچه فاصله این لامل زیادتر باشد درخشش یا تلولو کانی برنگهای قرمز و مادون قرمز نزدیکتر میشود در صورتیکه اگر فاصله لاملها کمتر گردد به رنگهای بنفش و ماوراء بنفش متمایل تر میشود.

چگونگی تشکیل لامل‌ها را عده‌ای حاصل عوامل تفکیک و گروهی دیگر نتیجه تأثیر نیروهای مکانیکی میدانند.

در مقاله زیر سعی شده است با استفاده از یک روش جدید (تکنیک مشروحه زیر برای اولین بار است که بر روی فلدسپاتها انجام میشود) عکسهائی از ساختمان داخلی لاملهای لابرادوریت گرفته و نشان دهیم که این روش یکی از بهترین و مفیدترین راهها جهت مشخص نمودن ترکیب مشابه و یا متفاوت لاملها است. باین ترتیب که اگر:

ترکیب شیمیائی دولامل مجاور برابر باشند میتوان نتیجه گرفت که تفکیک صورت نگرفته در حالیکه اگر ترکیب شیمیائی دولامل مجاور مختلف باشند تفکیک انجام پذیرفته است. بهر صورت در آینده بدینوسیله میتوان مشخص نمود که ماکلهای پلی سنتتیک در کدام یک از دو حالت فوق تشکیل یافته‌اند لابرادوریت از نظر ترکیب شیمیائی دارای فرمول ثابتی نیست بلکه بلور مختلطی است از آنورتیت



که مقدار آل بیت آن بین سی تا پنجاه درصد و مقدار آنورتیت آن بین پنجاه تا هفتاد درصد متغیر است برای گرفتن عکس مستقیم (ترانسفورماسیون) از یک بلور بوسیله میکروسکوپ الکترونی بایستی جسم مورد نظر بقدری نازک باشد که الکترونها بتوانند از آن عبور کنند، در این صورت است که میتوان عکس مستقیم گرفت و یا آنرا بر روی صفحه میکروسکوپ مشاهده نمود، و مهم تر آنکه میتوان از یک نقطه معینی از نمونه عکسهای دیفراکسیونی تهیه نمود.

هرچند کد بوسیله اشعه X نیز میتوان عکس دیفراکسیونی تهیه کرد ولی مزیت این روش این است که میتوان فوراً از محلهای دلخواه عکس گرفت.

چنانکه اشاره شد مسئله مهم در تهیه مقاطع (Preparate) این است که بایستی باندازه‌ای نازک باشند که الکترونها بتوانند از آنها عبور کنند ولی سختی جسم عاملی است که تهیه نمونه‌هائی با این ضخامت کم را غالباً دچار اشکال میسازد.

در گذشته (Laves and Nissen) (۱) سعی کردند که از شاخه‌ها (پودرها) فلدسپاتها ذراتی را که تقریباً از همه نازکتر هستند انتخاب کرده و برای عکسبرداری در زیر میکروسکوپ الکترونی مورد استفاده قرار دهند ولی گاهی ممکن است که تصادفاً این ذره کوچک دارای رخ باشد اما چون این ذرات هیچ جهت کریستالوگرافی نشان نمی‌دهد (منظور این است که تعیین جهت آنها ممکن نیست) و اگر هم جهت داشته باشند بطور اتفاقی و تصادفی است لذا تهیه این نوع نمونه‌ها که دارای جهت کریستالوگرافی نیستند زیاد صحیح بنظر نمیرسد.

در اینجا سعی شده است از تجارب مطالعاتی که بوسیله Bach (2) بر روی سرامیک‌ها انجام گرفته است استفاده کرد و برای تهیه مقاطع نازک از بمباردمان یونی (Ionic Bombardment) استفاده شود. ذیلاً چگونگی تهیه مقطع یا نمونه نازک (پرهارات) تشریح خواهد شد.

۱ - تهیه مقطع نازک (پرهارات)

برای اینکه بتوانیم یک نمونه نازک تهیه نمایم بایستی بلوری را انتخاب کنیم که برای پژوهش مفید بوده و در ضمن قبلاً بوسیله میکروسکوپ الکترونی بروش رپلیکا * (Replia) بر روی آن تحقیقاتی انجام گرفته و ما کل‌های پلی سنتتیک یا لامل‌های آن کاملاً مشهود باشد برای این منظور یک لابرادوریت از ناحیه لابراودر آمریکا انتخاب کردیم که درخشش یا تولو (Schiller) آبی تیره داشت. شکل شماره ۱ عکسی است که بوسیله میکروسکوپ الکترونی بروش رپلیکا از این کانی تهیه شده.

* طبق روش رپلیکا (Replica) ابتدا کریستال مورد نظر را کاملاً صیقلی نموده و روی آن حدود ۱۰ ثانیه اسید (نوع اسید برای کانیها مختلف فرق میکند) میریزند. این اسید سطح صیقلی شده بلور را خورده و استرکتور جسم را آزاد میکند (Etching) حال جسم را پس از شستن و تمیز کردن در یک دستگاه خلاء قرار داده تحت زاویه ۳۰ - ۴۵ درجه روی سطح آن فلز ذوب شده پالادیوم، پلاتین و یا فلز سنگین دیگری (با درجه ذوب در حدود پلاتین) را پخش میکنند (چگونگی پخش و ذوب فلزات از حوصله این بحث خارج است) سپس جسم را به حالت قائم قرار داده و بر سطح پوشیده از فلز آن از دوسر الکتروود گرافیت پخش میکنند تا اینکه بر روی جسم یک فیلم بسیار نازک به ضخامت تقریبی ۱۰۰ آنگسترم بوجود آید و تحت شرایطی این فیلم را بر روی شبکه‌ای که از جنس مس میباشد قرار میدهند و این شبکه را که فیلم در روی آن واقع شده در زیر میکروسکوپ الکترونی مطالعه کرده و از آن عکس گرفته و یا اینکه بر روی صفحه حساس مشاهده میکنند. در حقیقت عکسی که از فیلم روی شبکه مسی گرفته شده است عکسی است که از سطح بلور مورد مطالعه برای اطلاع بیشتر به مقالات و کتابهای زیر مراجعه شود:

H. Muller : Präparation von Techn. - Physik. Objekten f. d. elektronenmik. Akad. Verl. Leipzig 1962

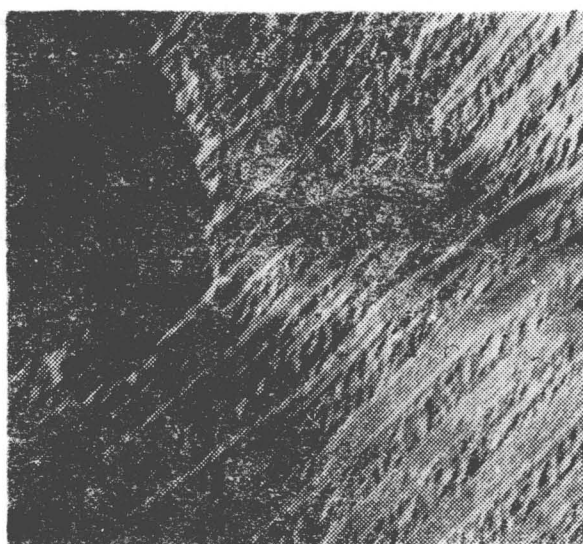
Reimer L. : Elektronenmik. Unters. Präparation Meth. Springer 1967

Bauer Ernst : Elektronenbeugung München 1957 .

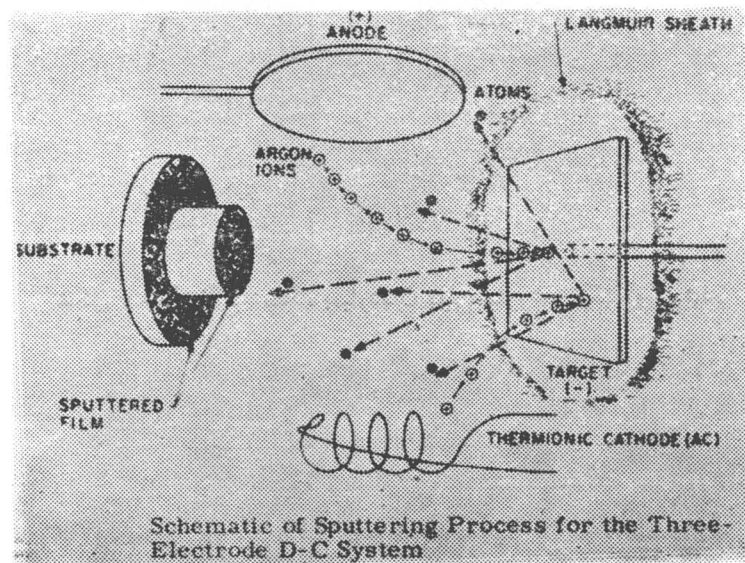
Beutelsbacher H. and Van der Marel : Atlas of Electron Microscopy of Clay Minerals and thier Admixtures ; Elsevier pub. Amesterdam 1968.

Hirsch P. B. : Electron Microscopy of the Thin Crystals. Cambridge 1965

Bradley D. E. : An evaporated Carbon Replica technique for use with the electron microscope and its Application to the study of Photographic Grains, Brit. J. Appl. Phys. 3 , 96 - 98 ff .



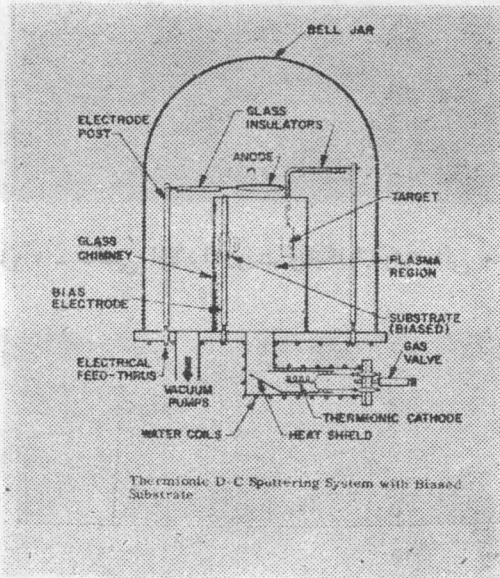
شکل ۱ - عکسی از لایه ابرادوریت ریلیکا با درشتنمایی ۳۰۰۰



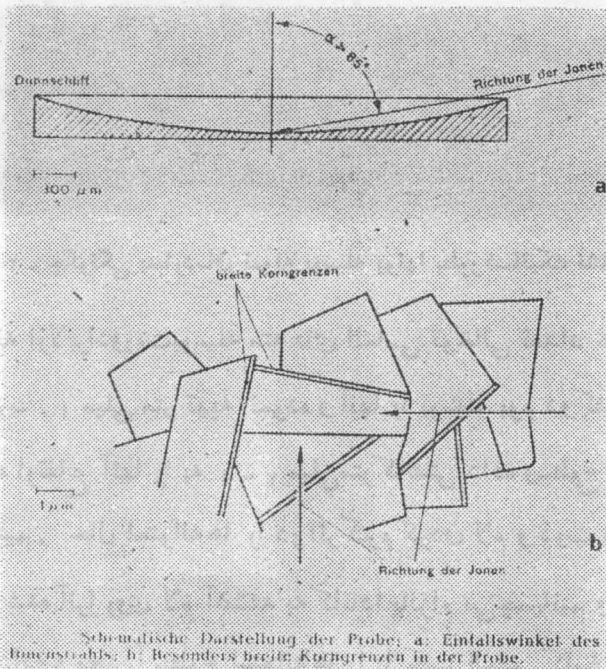
شکل ۲ - چگونگی بمباردمان نمونه بوسیله یونها بطور شماتیک نشان داده

برای تهیه نمونه از لایه ابرادوریت بوسیله مته‌های الماسی توخالی تعداد هشت تا ده نمونه استوانه‌ای شکل بقطر ۳ و ارتفاع ۵ - ۱۰ میلی متر تهیه نموده و آنها را بوسیله بوم دوکانادا روی لام می‌چسبانیم. سپس با استفاده از سمباده ارتفاع آنها را به ۱ - ۲ میلی متر کاهش داده و سطوح استوانه‌ها را بوسیله خمیر الماسی کاملاً صیقلی می‌کنیم. حال استوانه‌ها را در اثر گرم کردن لام و ذوب شدن کانادا بالزام از روی لام برداشته و سطح صیقلی شده آنرا روی لام آغشته به کانادا بالزام می‌چسبانیم و عمل سائیدن را تا ضخامت ۱۰ - ۲ میکرونی ادامه داده و مجدداً سطوح استوانه‌ها را با خمیر الماسی کاملاً صیقلی می‌کنیم (از این پس

میتوان به استوانه‌ها مقطع گفت) مقطع‌ها را با الکل ویا استون از سطح لام جدا کرده و تمیز میکنیم. با توجه باینکه فلدسپاتهادر دوجت عمود برهم : (001) و (010) دارای رخ هستند ویا درنظر گرفتن اینکه مقطع مورد مطالعه عمود براین دوجت انتخاب شده لذا در موقع جدا کردن مقطع نازک از سطح لام تکه‌های آن از یکدیگر جدا میشوند و به طوریکه معمولا از هرده مقطع احتمالا یک الی دو نمونه میتواند قابل استفاده باشد.



شکل ۳ - چگونگی دستگاه بمباردمان یونی بطور شماتیک آورده شده



Schematische Darstellung der Probe: a. Einfallswinkel des Ionenstrahls; b. Besonders breite Korngrenzen in der Probe.

شکل ۴ - زاویه و جهت بمباردمان یونها را نشان میدهد

مقاطع تهیه شده بروش فوق را روی گیره اویژکتیو با کمی تکنوویت (Technovite) میچسبانیم. این گیره هم برای میکروسکوپ الکترونی و هم برای دستگاه بمباردمان یونی قابل استفاده است دستگاهی که در شکل ۲ نشان داده شده براساس تجارب Seeman (۳) میباشد جنس گیره‌های اویژکتیو از گرافیت است (بنظر Bach گیره‌های اویژکتیوی که در حقیقت استوانه‌های توخالی هستند اگر از جنس فلزات سنگینی باشند بهنگام بمباردمان، اتمهای آن فلزات بر روی مقطع مورد مطالعه نشستند و در نتیجه مطالعه را دچار اشکال میسازند. درحالیکه استفاده از گرافیت چنین مشکلی را ایجاد نمی‌کند).

۲ - بمباردمان پراپارات بوسیله یونها

دستگاههای بمباردمان یونی انواع مختلفی دارند که تقریباً تمامی آنها دارای ساختمان کارمشابه هستند.

(چگونگی کار دستگاه و تکنیک آن از حوصله این بحث خارج است) شکل ۳ بطور شماتیک دستگاهی را که با آن کار شده نشان میدهد.

برای شروع کار بمباردمان مقطع را با زاویه ν در داخل دستگاه بروش Bach (2) و Seeman (3) قرار میدهیم. انتخاب زاویه ν درجه باین علت است که سرعت عمل بیشتر بوده و در نتیجه نازک شدن نمونه سریع تر انجام میگردد.

در شکل ϵ زاویه جهت بمباردمان نشان داده شده این روش نخستین با بوسیله Bach (2) بر روی سرامیکها آزمایش گردید.

دستگاه بمباردمانی که بطور شماتیک در شکل ۳ نشان داده شده در خلاء 10^{-3} Torr. و اختلاف پتانسیل متغیر ۲ تا ۶ کیلوولت کار میکند (هرچه اختلاف پتانسیل بیشتر باشد بهمان نسبت قدرت دستگاه افزایش یافته نتیجتاً زمان بمباردمان کوتاه میگردد).

درحین بمباردمان باید دقت نمود که نمونه زیاد گرم نشود زیرا افزایش درجه حرارت اختلالاتی را سبب میگردد. طبق محاسبات Hines (4) درجه حرارت در حدود صد درجه سانتی گراد میباشد این درجه حرارت بر روی فلدهسپاتها که نقطه ذوبشان تقریباً ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد است هیچگونه تأثیری نخواهد داشت زیرا ضریب انبساط فلدهسپاتها طبق محاسبات Beckenkamp (5) و Fedorow (6) بسیار ناچیز است.

$$d_a = 0,000019052 \quad d_b = 0,000001507 \quad d_c = 0,000002030$$

پس از سه روز مقطع در داخل دستگاه بمباردمان دارای ضخامتی برابر ۱۰ میکرون میگردد (در دستگاهی مجهزتر همین کار در مدت ۱ ساعت انجام میگردد). از مقطع که پس از بمباران

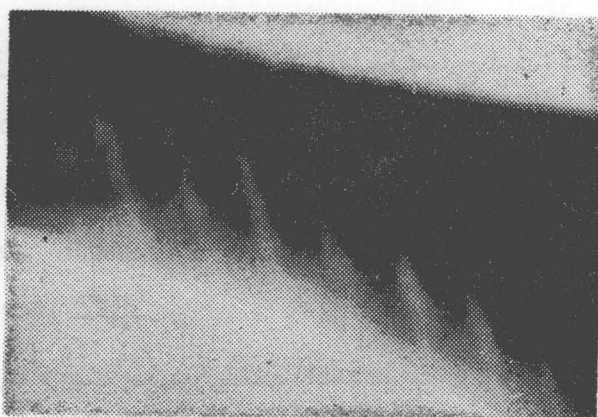
(نتیجه‌اش نازک شدن متطوع است) بوسیله میکروسکوپ الکترونی زمینی ELMISKOP-1A متعلق به کارخانه شیشه سازی ینا واقع در ماینس آلمان غربی مورد مطالعه قرار گرفت ، عکسهای زیر گرفته شده است.

۱ - ۴ عکسهای ترانسفورماسیون

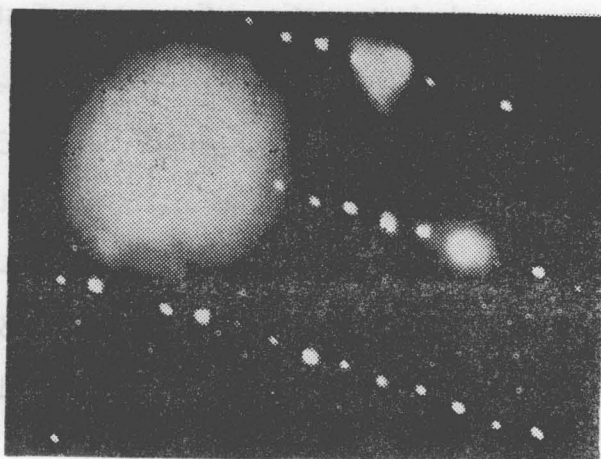
عکس شماره ۵ از لابرادوریتی که درخشش (Schiller) آبی سیر داشته بادرشتمائی ۴۰۰۰۰ گرفته شده است.

۲ - ۴ عکس دیفراکسیون

عکس شماره ۶ از همان نقطه‌ایکه عکس شماره ۵ تهیه گردیده با اختلاف پتانسیل ۶۰ کیلوولت و بزرگی ۴۰۰۰۰ گرفته شده است.



شکل ۵ - عکس ترانسفورماسیونی از لابرادوریت با درشتمائی ۴۰۰۰۰



شکل ۶ - عکس دیفراکسیون از یکی لاملهای شکل ۵ و از همان کریستال با اختلاف پتانسیل ۶۰ کیلوولت گرفته شده

در عکس شماره ۵ که بروش ترانسفورماسیونی بادرشتمائی ۴۰۰۰۰ گرفته شده است لاملهای ماوراء میکروسکوپی بخوبی دیده میشوند که با نظریه Bggild (7) و (8) Baier and Pense و (9) Baier

مطابقت دارد این لاملهای ماوراء میکروسکوپی در عکس شماره ۱ نیز که بروش رپلیکا گرفته شده است دیده میشوند عکسهای شماره اوتسماره ۰ که بترتیب رپلیکا (Replica) و روش بمباردمان گرفته شده اند از یک کریستال میباشد (لابرادوریت از ناحیه لابرادور امریکا با درخشش آبی سیر) از مقایسه عکسهای شماره ۱ و ۰ چنین برمیآید که هر دو عکس دارای لاملهای تقریباً برابر هستند ، مضافاً اینکه چون عکس شماره ۰ با درشتنمایی گرفته شده است لاملهای کمی پهن تر میباشند ، عبارت دیگر فاصله لاملها در هر دو کریستال تقریباً مساوی است .

در ضمن در این عکس موازی بودن کامل لامله را بوضوح میتوان مشاهده کرد . در باره عکس شماره ۲ که بروش دیفراکسیون گرفته شده است بواسطه شارژ الکترونی که در آن دیده میشود نمیتوان دقیقاً اظهار نظر کرد . ولی این اشکال مانع از ادامه تحقیق بر روی فلدسپاتها و دیگر میزالهائی که سختی زیاد دارند نمیشود . بلکه این روش نشان میدهد که میتواند برای پژوهشهای بعدی مفید فایده باشد .

منابع

- (1) Laves f. & Nissen H. U. & Bollmann W. : 1965 , on the schiller and Submicroscopical lamelles of Labradorite $(Na, Ca)(Si, Al)_3O_8$, Naturwissenschaften H. 14 , 427 - 428 ff .
- (2) Bach H. 1964 : Elektronenmikroskopische Durchstrahlungsaufnahmen und Feinbereichelektronenbeugung an Al_2O_3 - Keramik , Bosch Techn. Ber. H. 1. 10.
- (3) Seeman M. 1966 : Basis sputtering ; its techniques and Application Development metallurgist aerontical division honeywell inc. Minnepolis , Minnesota symposium of the deposition of thin films by sputtering June 9 , 30 - 34.
- (4) Hines , R. O. , 1957 : « Relation effect of Positive Ionmombardement of glass » J. Appl. Phys. 28 , pp. 587 - 591 ff .
- (5) Beekenkamp , J . 1882 : Uber die Ausdehnung monosymetrischer und asymetricsher Kristalle durch die warme , Z. Krist. H. 4 , Bd. 5 436 (452).
- (6) Fedrow , V . E . 1897 : Versuch einer Theorie der thermodynamik der Kristalle , Z . Krist. Bd. 28, H. 4, 5 483 (486).
- (7) Bggild D. B . 1924 : on the Labradorisation of the feldspar Kgl . danske . vedensk , selek. math , medd . 6 , Nr . 3 , 1 - 79 .
- (8) Baier E . und Pense J. 1957 : EM - Untersuchung an Labradoriten , Naturwiss. 5 , 110 - 111 .
- (9) Baier , E. 1930 : Lamellenbau und Fntmischung der Feldspate Z. Krist 73 , H. 5/6, 465 - 560 .

Elektronenmikroskopische Durchstrahlungsaufnahmen und Feinbereichselektronenbeugung an Feldspäten .

Manutchehr DANAI

University of Mashhad

Es liegt nahe und wurde auch schon von anderen Autoren versucht , endgültigen Aufschluß aus elektronenmikroskopischen Durchstrahlungsaufnahmen zu gewinnen . Man hat dann den Vorteil , Elektronenbeugungsaufnahmen ausgewählter Bereiche herstellen zu können , die unmittelbar in Beziehung zu den Beobachtungen der Objektstrukturen zu bringen sind.

Präparationstechnisch bietet aber die Herstellung hinreichend dünner Objektschichten große Schwierigkeiten. Laves und Nissen (1) haben z. B. versucht , aus Feldspatpulver geeignete Spaltplättchen zu finden. Für eine gezielte , systematische Untersuchung ist dieser von Zufällen abhängige Weg **nicht** richtig. Wir haben deshalb versucht , den in der Keramik bewährten Weg (Bach 2) zu beschreiben , Dünnschliffe durch Ionenbeschuß «dünnzustäuben».

Im Folgenden soll das Ergebnis der ersten Versuche beschrieben werden , das gezeigt hat , daß der Weg gangbar und vielversprechend ist.

1- Vorbereitung des Präparates :

Wir haben einen für die Präparation geeigneten Kristall ausgesucht , bei dem vor her angefertigte EM Aufdampfdruck - Aufnahmen gut sichtbare Zwillinglamellen zeigten.

Einen blauschillernden Labradorit aus Labrador . Die Abbildungen 1 zeigten die EM - Aufdampfdruck - Aufnahmen dieses Kristalles. Aus dem Kristall wurden mit einem diamantbelegten Kernbohrer von 3 mm Durchmesser mehrere 5-10 mm lange Zylinder ausgebohrt. Von jedem Kristall wurden auf

diese Art 8-10 Zylinder gewonnen. Die Zylinder wurden auf einem Objekthalter aus Glas mit Kanadabalsam aufge kittet , bis 1-2 mmheruntergeschliffen und Hochglanz poliert . Die Zylinder wurden unter Erwärmen vom Kanadabalsam gelöst , mit der glänzenden Seite auf das Glas aufge kittet und danach von der Gegenseite bis auf 10-20 μ heruntergeschliffen und poliert. Die Scheiben wurden dann mit Azeton oder Alkohol vom Objektträger gelöst und gesäubert.

Diese Kristalle besitzen zwei gute Spaltbarkeiten (001) und (010) , die fast senkrecht aufeinanderstehen. Wir wälten einen Schnitt senkrecht zu beiden Spaltflächen ; dadurch ergaben sich sowohl während des Schleifens als auch beim Ablösen Schwierigkeiten , da die Kristalle leicht auseinanderbrechen. Das Kristallscheibchen wurde auf einen Objekthalter , der sowohl für das Elektronenmikroskop als auch für die Zerstäubungsanlage geeignet ist , mit etwas Technovit aufgeklebt , (vgl. Bild 2) nach Seeman (3). Der Objekthalter ist ein Zylinder aus Aluminium oder Kohle.+)

2- Zerstäuben mit Ionenbeschuß - Apparat .

Es gibt Zerstäubungsanlagen verschiedener Konstruktionen , die fast alle nach dem gleichen Prinzip arbeiten ; das Schema 4 zeigt die Anlage , die wir benutzen Seeman (3) und Bach (2).

Das Präparat wird unter einem Winkel von 7° nach Seeman (3) und Bach (2) mit Ionen beschossen. Der Ionenbeschuß mit 7° hat intensivere Wirkung als mit 0° und bewirkt ein schnelleres Dünnwerden , vgl. Abb. (4) nach Bach (2) und Bild (2) nach Seeman (3).

Das Zerstäubungsgerät der Abb. (3) wurde mit 10⁻³ Torr und variabler Spannung von 2-6 KV betrieben. (Je höher die Spannung , desto höher ist die Intensität und umso kürzer ist die Zerstäubungszeit).

Während der Bestäubung muß man die hier auftretende Präparaterwärmung beachten (Hines (4) . Der Autor hat eine Temperatur von ca. 100° gemessen , was keinen Einfluß auf Feldspäte haben dürfte , weil die Ausdehnungskoeffizienten von Feldspäten so gering sind , daß man davon absehen kann.

(*) Fußnote : Nach persönlicher Mitteilung von Herrn Bach hat er gute Erfahrung mit Kohle - Zylinder , bzw , Aluminium - Zylindern . Zylinder aus Schwermetallen führen zu schwer durchstrahlbaren Niederschlägen auf dem Objekt (Artefaktgefahr) ,

Die Ausdehnungskoeffizienten sind gemessen

$$d_a = 0,000019052 \quad d_b = 0,00001507$$

$$d_c = 0,000002030 \text{ nach Beckenkamp (5) und Fedorow (6).}$$

Die Schmelztemperatur von Feldspat wird erst bei 1200° erreicht.

Bei der benutzten Anlage hatte das Präparat nach 3 Tagen die gewünschte Dicke von $0,1\mu$ erreicht. Die leistungsfähigeren Apparate sollen den Zerstäubungsvorgang in weniger als 10 Stunden vollziehen. Das Präparat wurde nach Dünustäuben mit SIMENS-Elmiskop 1 A der Firma Jenanr Glaswerke untersucht. Es wurden folgende Durchstrahlungs- und Beugungs-Aufnahmen gemacht.

3-1- Durchlichtaufnahmen :

Abb. 5 Labradorit aus Labrador tiefblau schillernd, Gesamtvergrößerung 40,000 : 1.

3-2- Elektronenbeugungsaufnahmen :

Die Aufnahmen sind bei 60 KV Spannung mit 40,000 - facher Vergrößerung gemacht, von demselben Mineral und derselben Stelle.

4- Erklärung zu den Aufnahmen :

An dem Durchstrahlungsbild (5), das mit 40,000-facher Vergrößerung aufgenommen ist, kann man folgendes feststellen: Es lassen sich die submikroskopischen Lamellierungen im Sinne Bggild (7), Baier (8), Baier und Pense (9) feststellen, die auch schon in der Aufdampfdruck-Aufnahme erkennbar war, Bild (1).

Die Bilder nach dem Aufdampf-Verfahren und nach dem Dünnstäubeverfahren stammen von dem gleichen Kristall (Labradorit aus Labrador, tiefblau schillernd). Vergleicht man die Bildnr (1) mit (5), so erkennt man, daß alle Bilder gleiche Lamellen zeigen. Vergleiche insbesondere Abb. (1) (Aufdampfdruck 30,000 - fache Vergrößerung mit Abb. (5) (Durchstrahlungsaufnahme 40,000 - fache Vergrößerung), so zeigen die beiden Bilder fast gleichen Elementarabstand der Lamellen.

Ein Vergleich der Bilder (5) mit Aufnahme (1) zeigt, wie parallel und gleichmäßig die Lamellen laufen. Die ersten Beugungsaufnahmen (Abb. 6) sind

zwar durch Aufladeerscheinungen noch recht beeinträchtigt , doch kann auch aus ihnen die Gangbarkeit dieser Technik zur Herstellung durchstrahlbarer Schichten folgen , was Anlaß zu ausführlichen Untersuchungen geben wird.

Dr. Mohsen Manutchehr - Dauai

University of Mashhad

Faculty of Sciences

geol. dept.