

NRCN(TN)-013

המס' 7801204
TRN IL 7801204

7801204



הוועדה לאנרגיה אטומית, קריה למחקר גרעיני-333
ISRAEL ATOMIC ENERGY COMMISSION, NUCLEAR RESEARCH CENTRE - NEGEV



LEGAL NOTICE

This publication is issued by the Nuclear Research Centre - Negev, Israel Atomic Energy Commission. Neither the Nuclear Research Centre - Negev, nor its contractors, nor any person acting on their behalf or on behalf of the Israel Atomic Energy Commission

make any warranty or representation, express or implied, with respect to the accuracy, completeness, or usefulness of the information contained in this publication, or that the use of any information, apparatus, method or process disclosed in this publication will not infringe upon privately owned rights, or

assume any liability with respect to the use of, or for damages resulting from the use of any information, apparatus, method or process disclosed in this publication.

Mention of commercial products, their manufacturers, or their suppliers in this publication does not imply or constitute approval or disapproval of the products by the Nuclear Research Centre - Negev or by the Israel Atomic Energy Commission.

הודעה משפטית

פרסום זה מתאריך לאור על-ידי חקירה לחקר גרעיני - נגב, הוועדה לאנרגיה אטומית של ישראל. חקירה לחקר גרעיני - נגב והפעלים מטעמה או בשמה, או מטעם הוועדה לאנרגיה אטומית של ישראל או ביממה

אינם אחראים או ערבים, אחריות או ערבות כלשהי, במפורש או שלא במפורש, ליוקרה, לשלמות ולטוהר משיית של המידע הכלול בפרסום זה או לכן ששימוש בכל מידע, מכשיר, שיטה או תהליך הודון בפרסום זה לא יפגע בזכויות פרטיות של אחרים,

ואינם מקבלים על עצמם כל תחייבות בגין חי שימוש או טקני השימוש בכל מידע, מכשיר, שיטה או תהליך הודון בפרסום זה.

הזיון של מוצרים מסחריים, של יצרניהם או של ספקיהם בפרסום זה אין משמע אישור המוצרים על-ידי חקירה לחקר גרעיני - נגב או על-ידי הוועדה לאנרגיה אטומית של ישראל.

This publication and more information about its subject matter may be obtained at the following address:

Scientific and Technical Information Department
Nuclear Research Centre - Negev
P. O. Box 9007,
Be'er-Sheva, ISRAEL

ניתן להשיג את הפרסום הזה וכן מידע נוסף בנושא הפרסום על-ידי פניה לכתובת:

יחידת המידע
חקירה לחקר גרעיני - נגב (מ"מ)
תיד 9007,
באר שבע 84 190

קביעת כיווניות מועדפת על-ידי דיפרקציה

של קרני x ממקור קווי

ג' קימל, ד' שמריהו

תשרי תשל"ח - אוקטובר 1977

(English title and abstract included)

תקציר

גוניומטר טכסטורה הורכב על דיפרקטומטר הקשור למקור קווי של קרני x. מתקבלות תוצאות סבירות עבור הטכסטורה של פחים מעורגלים וניתן נוהל הבדיקה. מתוארת קביעה לדוגמה של כיווניות מועדפת בנחושת מעורגלת, בהשוואה עם אבקה אקראית של נחושת מסונטרת. מוצעים שיפורים למדידות.

PREFERRED ORIENTATION DETERMINATION USING LINE SOURCE X-RAY DIFFRACTION

Giora KIMMEL and David SHMARJAHU

October 1977

ABSTRACT

A texture goniometer has been attached to a diffractometer connected to a line-focus x-ray source. Reasonable results are obtained for the texture of rolled sheets and the test procedure is given. To illustrate the test procedure, the determination of preferred orientation in cold-rolled copper is described, as compared with random powder of sintered copper. Improvements of the measurements are proposed.

עמודתוכן העניינים

1	מבוא וציוני דרך לפיתוח השיטה	1
3	הרקע הפיזיקלי	2
3	דיפרקציה אבקה	2.1
5	הגיאומטריה של הדיפרקטומטר (גונומטר לדיפרקציה של קרני x)	2.2
6	פחים מעורגלים	2.3
7	תאור גונומטר הטכסטורה	3
13	שיטת המדידה	4
14	בדיקת כיווניות מועדפת לנחושת (דוגמת)	5
17	ניתוח התוצאות	6
18	הצעות לשיפורים וסיכום	7
18	הבעת תודה	
19	סימוכין	

1 מבוא וציוני דרך לפיתוח השיטה

קביעת כיווניות מועדפת על-ידי צילום דיפרקציה של קרני x מוגבלת לחומרים קלים (כגון אלומיניום וטיטניום), או חומרים בעלי משקל רב ומבנה עדין מאוד (כגון: ברזל). במחכות צפופות וכבדות, כמו אורניום או טונגסטן, הכרחי להשתמש במתקן המאפשר מניית קרני x מדגם המסתובב על גוניומטר מיוחד בזווית Bragg קבועה.

ציוני דרך בהתקדמות השימוש במתקן כזה מצויים בטבלות 1, 2.

טבלה 1 ציוני ררך בפיתוח מחזיק דגם עבור מניית קרני x לקביעת כיווניות מועדפת.

השנה	המאורע	סימוכין
1947	גוניומטר ומניית קרני x חודרות	Decker <i>et al.</i> ⁽¹⁾
1949	שימוש בגוניומטר ומניית קרני x מוחזרות	Field and Merchant ⁽²⁾
	גוניומטר לקרני x מוחזרות עם מערכת צמצמים המבטלים את הדה-פוקוסציה בתחום רחב של זוויות (זהו הגוניומטר המקובל כיום לכל בדיקות הכיווניות בקרני x מוחזרות)	Schulz ⁽³⁾
1952	מחזיק דגם אוטומטי המאפשר כיוון-קרן מהיר ורישום רצוף. הדגם מבצע תנועה מעגלית רצופה ולאחר מכן הטייה קטנה וחוזר חלילה.	Chernock <i>et al.</i> ⁽⁴⁾
	מחזיק דגם אוטומטי המבצע תנועה ספירלית, המבטל את הצורך בקפיצה מהטייה להטייה	Holden ⁽⁵⁾
1955	פיתוח מחזיק דגם אוטומטי המתאים לגוניומטר Bragg של Philips-Norelco והמאפשר מניית קרני x בדגם המבצע סיבוב והטייה בו זמנית (תנועה ספירלית)	Chernock and Wahl ⁽⁶⁾

טבלה 2 ציוני דרך בפיתוח פלט לקביעת כיווניות מועדפת בעזרת דיפרקציה של קרני x.

סימוכין	המאורע	השנה
Geisler ⁽⁷⁾	רישום אוטומטי של דיאגרמת קוטב על-ידי שימוש בעטים רבים בצבעים שונים.	1954
Newkirk and Bruce ⁽⁸⁾	שיטה מהירה להעברה ידנית של תוצאות מנייה של קרני x חוזרות (דגם בתנועה ספירלית); שימוש באבקה (אקראית) לקביעת רקע.	1957
Eichhorn ⁽⁹⁾	רישום אוטומטי על השלכה סטריאוגרפית של דיאגרמת קוטב (חצי כמותי); תרגום ישיר של עוצמת הקרינה לצפיפות; ו'ישום על-ידי מתקן אלקטרומכני (תנועת הדגם ספירלית)	1965
Segmüller and Angilello ⁽¹⁰⁾	רישום אוטומטי של דיאגרמת קוטב (pole figure) על-ידי שימוש במחשב IBM-1800 וגוניומטר טכסטורה Philips; הרישום בדיאגרמת x-y	1969
Segmüller ⁽¹¹⁾	שימוש באוסצילוסקופ לתצוגה ישירה של ערכי דיאגרמת קוטב המתקבלים דרך מחשב	
Baro and Ruer ⁽¹²⁾	תצוגה בצבעים או בקווי בצפיפות משתנה	1970
Rothwell ⁽¹³⁾	תכנית מחשב כללית לשימוש בתויין לשרטוט דיאגרמת קוטב	1971

2 הרקע הפיזיקלי2.1 ריפרקצית אבקה

כירוע התנאי לריפרקצית קרני x ממישור (hkl) מסויים הוא:

$$\frac{\hat{S} - \hat{S}_0}{\lambda} = \vec{g}_{hkl}$$

כאשר \hat{S}_0 ו- \hat{S} הם וקטורי יחידה בכיוון הכניסה והפיזור (היציאה) של קרני x, כהתאמה, λ אורך הגל של קרני ה-x ו- \vec{g}_{hkl} וקטור בסריג ההופכי.

אם הזווית בין \hat{S}_0 ו- \hat{S} היא 2θ מתקבל מיד חוק Bragg:

$$2d_{hkl} \sin\theta = \lambda \quad (א)$$

כאשר:

$$d_{hkl} = \frac{1}{|\vec{g}_{hkl}|}$$

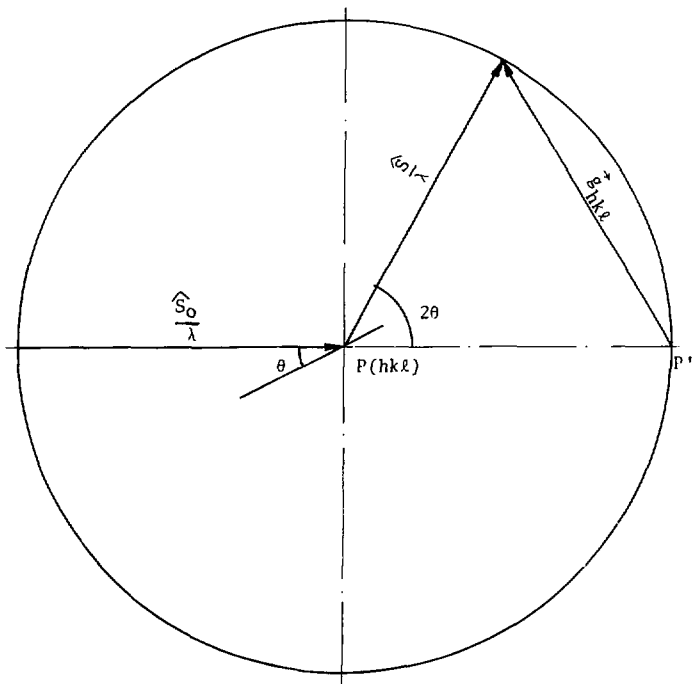
(ב) זווית כניסת הקרן שווה לזווית היציאה של הקרן שעברה דיפרקציה.

בציר 1 מוצג כדור Ewald (ברדיוס $1/\lambda$). הנקודה P היא מרכז הדגם במרחב הממשי והנקודה P' היא מרכז הדגם במרחב ההופכי, ורואים שהואיל ו- \hat{S}_0 הוא נתון קבוע (הקרן היוצאת מהשפופרת), החזרות מאבקה יהיו לאורך מעגל שהוא חיתוך כדור Ewald עם כדור

$$\text{ברדיוס } \left| \vec{g}_{hkl} \right| = \frac{1}{d_{hkl}} \text{ סביב הנקודה } P'.$$

נוסחה העוצמה עבור \vec{g}_{hkl} מסויים ניתנת על-ידי:

$$I_{hkl} = PL \cdot F_{hkl} \cdot F_{hkl}^*$$



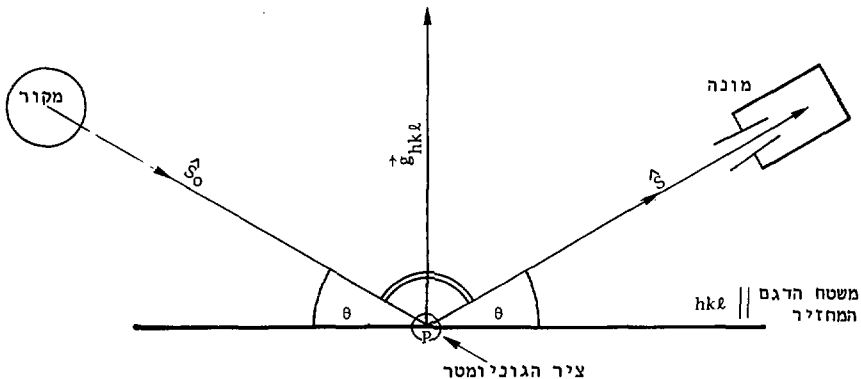
ציור 1 תאור גרפי של התנאי לדיפרקציה של קרני x (כדור Ewald).

כאשר L הוא גורם הקיטוב של לורנץ התלוי רק בזווית הדיפרקציה θ . F_{hkl} תלוי במיקום האטומים בתא היחידה ואילו P הוא מקרם הריבוי האומר לכמה (hkl) שונים יש אותו $|G_{hkl}^*|$, ואז יהיה ניתן לצרף את העצמות שיוקבלו ממשורים אלה. ההנחה היא שבאבקה יצטברו כל העוצמות, ולכן יש להכפיל את הגורם $*F_{hkl} \cdot F_{hkl}$ בגורם P .

במקרים פשוטים הגורם P הוא מספר האפשרויות לשנות את הוקטור (hkl) בלי לשנות את $|\vec{g}_{hkl}|$. כאשר הדגם אינו אבקה אקראית אין משמעות לגורם P כי עצמות ייווצרו בכיוון מסויים רק מהוקטורים \vec{g}_{hkl} שימלאו את תנאי הדיפרקציה. יש לציין שאם גורם ההכפלה P הוא גבוה, כגון 48 (במבנים קוביים), הרי אפילו בגביש יחיד יש מספר רב של כיוונים שונים בהם יכול להימצא גביש הנותן החזרת קרני x . אך אם P נמוך, כגון 2 (עבור מישור בסיס של מכנה הכסגונלי או טטרגונלי), הרי הכיוון בו תתקבל הדיפרקציה משקף חד-משמעית את הכיוון של הגביש המחולל את החזרה.

2.2 הגיאומטריה של הדיפרקטומטר (גוניומטר לדיפרקציה של קרני x)

בשיטת הדיפרקטומטר \hat{S}_0 ו- \hat{S} יוצרים מישור מוגדר והוא ניצב לציר הגוניומטר (ראה ציור 2). מכאן שכל מישור היוצר החזרה חייב להיות ניצב לחוצה-הזווית בין \hat{S}_0 ל- \hat{S} . שהוא ניצב לציר הגוניומטר, ולמשטת הדגם הנכדק. כל החזרה $|\vec{g}_{hkl}|$ נוצרת אך ורק מאותם גבישים שבהם המישור (hkl) ממלא תנאי כזה, היינו ממישורי (hkl) המקבילים למשטח הדגם הנבדק. במקרה של כיוונית מועדפת לא בכל מצב של הדגם תהיה החזרה משום שיהיו מישורים אשר אינם ממלאים את תנאי הדיפרקציה.

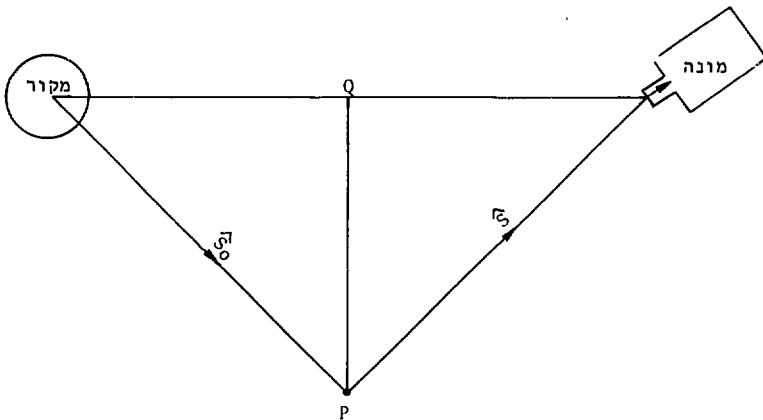


ציור 2 גיאומטריה הדיפרקציה באמצעות גוניומטר קרני x .

2.3 פחים מעורגלים

במצב מאופס הפח המעורגל מוצב בנקודה P כאשר הוא ניצב ל- \overline{PQ} שהוא על מישור קשיח כלפי המתקן (ראה ציור 3). החזרת קרני ה-x בתנאים אלה מראה על שכיחות קיומם של מישורים בעלי \vec{g}_{hkl} ניצב לפני הפח [או גבישים בעלי מישור (hkl) המקביל לפח].

בדיאגרמת הקוטב נמצאת נקודה זו במרכז. אם מוגדרים על הפח כיוונים כגון כיוון ערגול (RD) וכיוון רוחבי (TD), הרי כל הטייה התחלתית חייבת להיות מתורגמת בזווית הטייה כאשר זווית הרוטציה נשארת 0° . הסיבוב שמתחיל בו זמנית יוצר ספירלה של הנורמל לפח בעור ש- \vec{g}_{hkl} תמיד נותן את שכיחות הגבישים על-ידי עוצמת קרני ה-x.



ציור 3 גיאומטריית הדיפרקטומטר לכיווניות מועדפת.

3 תאור גוניומטר הטכסטורה

הסירור שהשתמשנו בו הוא צרוף גוניומטר טכסטורה מתוצרת Philips (PW 1080) הסורק את הכיוונים של \vec{g}_{hkl} מסויים במרחב, דרך זוויות רוטציה (α) והטייה (β) בתוספת לריפרקטומטר, הסורק את $|\vec{g}_{hkl}|$ השונים דרך זוויות 2θ .

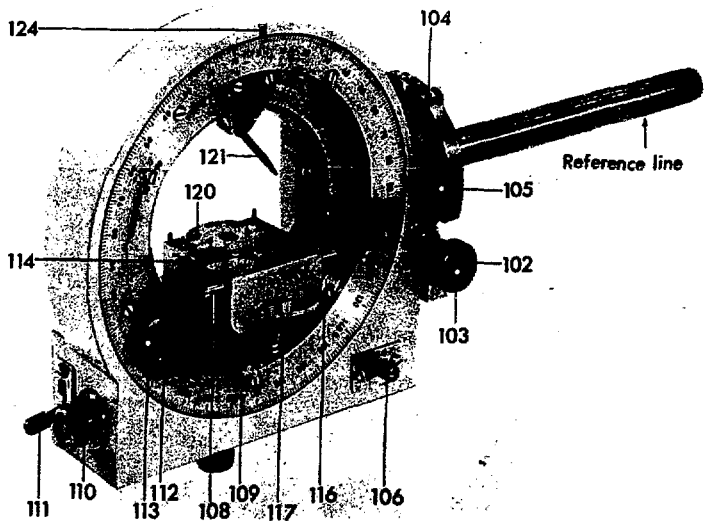
הציורים 4, 5 מראים את גוניומטר הטכסטורה ובו מחזיק הרגם. בציור 6 מוצג גוניומטר הטכסטורה כאשר הוא מורכב על דיפרקטומטר הסורק את זוויות Bragg השונות.

כגוניומטר הטכסטורה קיימות מספר קומבינציות בין סיבוב הרגם סביב צירו על-ידי תנועה בצערים ובין מהירות הטייתו (זוויות ההטייה שונות לכל 360° רוטציה). ניתן לשלב הטייה מהירה עם רוטציה איטית, או לשלכ הטייה איטית עם רוטציה מהירה וכן קומבינציות בין שני המקרים. ברוטציה איטית הסימון על הרשם הוא כל 45° ; ברוטציה מהירה הסימון על הרשם הוא כל 90° , מכלול הקומבינציות מסוכם בטבלה 3.

טבלה 3 קומבינציות הטייה-רוטציה של גוניומטר הטכסטורה,

מצב הטייה	מצב רוטציה	הטייה (לזווית רוטציה של 360°)	הקשר בין זווית הרוטציה ובין הסימון על הרשם
0 - 1	1	5°	45°
0 - 2	2	2.5°	90°
0 - 2	1	10°	45°
0 - 2	2	5°	90°

בדרך כלל במדדת כיווניותו המועדפת של דגם מחתתי עד להטייתו ב- $90^\circ (\pm)$. מדידות העוצמה שהתקבלו על גוף הרשם הן למעשה שלב איסוף המידע לצורך הכנת דיאגרמת קוטב.

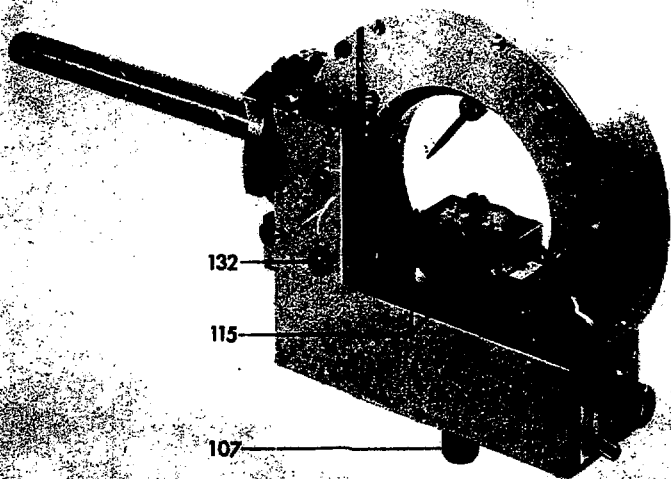


צירוף 4

גוניומטר

טכסטורה

(צד המונה).



צירוף 5

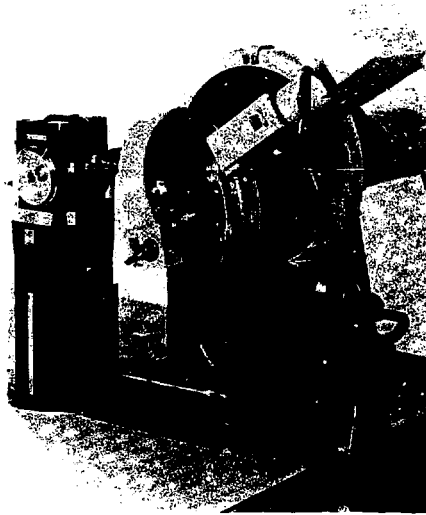
גוניומטר

טכסטורה

(צד המקור).

מקרא לציורים 4, 5

בורג ירני לקביעת תנאי החזרת-מראה	{	102
	}	103
סקלה המציגה את הסטייה מתנאי החזרת-מראה		104
בורג חיזוק		105
בורר מהירויות כללי		106
כניסת כבל חשמלי לרישום סימון הרוטציה		107
מתקן לסיכוב ידני של הדגם סביב ציר (רוטציה)		108
סקלה של הטייה		109
בורג לסיכוב ירני של הדגם בהטייה		110
מצמד		111
מתקן לקביעת המהלך של תנועת ההחלקה של הדגם	{	112
	}	113
מכסה למנגנון מכני		114
מתקן להרכבת מחזיק לדגם טרנסמיסיה		115
בורר מהירויות רוטציה		116
פיץ לנעילת תנועת ההחלקה של הדגם		117
מחזיק הדגם עם סקלה של מצב הרוטציה		120
מידד לקביעת מפלס נכון של הדגם		121
סימון על בית הגוניומטר של מצב הטייה 0° של הדגם		124
בורג לקביעת התחלת רישום הרוטציה		132



ציור 6

גוביומטר טכסטורה
מורכב על דיפרקטומטר.

בשיטת הצילום מקובלת הצגת דיאגרמת קוטב על-ידי השלכה סטריאוגרפית, עקב נוחיות הטיפול הגיאומטרי בהשלכה כזאת. בשיטת המכנייה אין יתרון מיוחד להשלכה זו אך למטרות השוואה עם שיטת הצילום משתמשים גם כאן בהשלכה סטריאוגרפית. אם α היא זווית הרוטציה ו- β זווית ההטייה, אזי מעבר ההשלכה הסטריאוגרפית ניתן בנוסחות כרלקמן (ציור 7):

$$\phi = \alpha$$

בריאגמה פולרית:

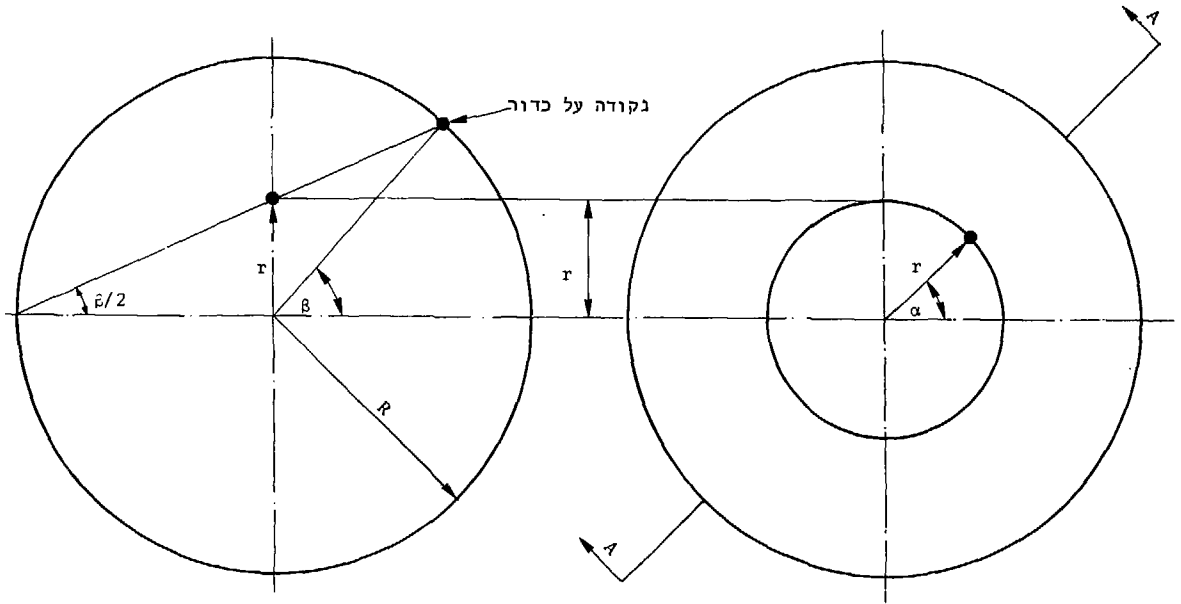
$$r = R \operatorname{tg}(\beta/2)$$

$$x = R \operatorname{tg}(\beta/2) \cos \alpha$$

בדיאגמה קרטזית:

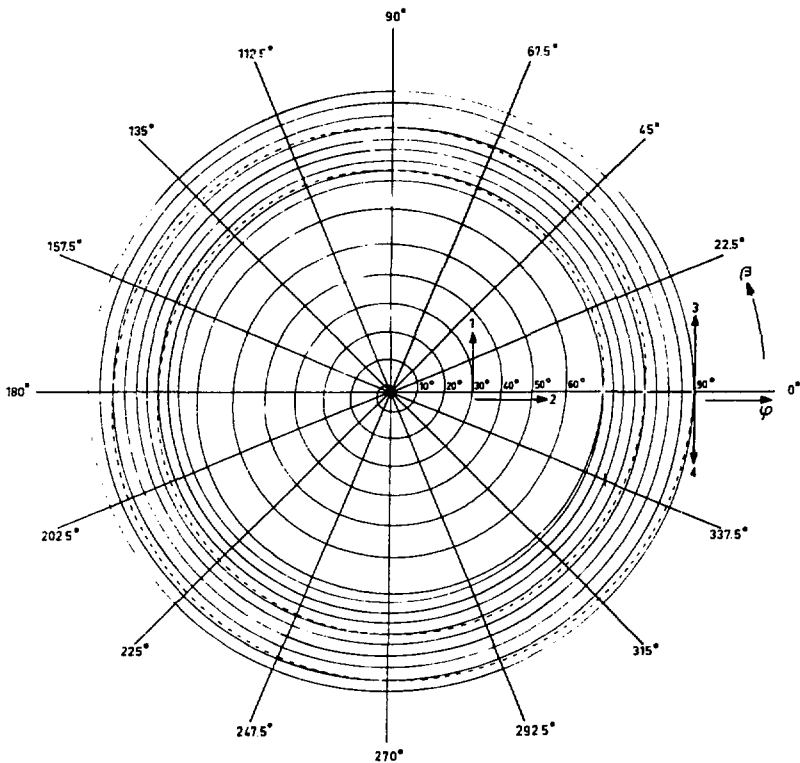
$$y = R \operatorname{tg}(\beta/2) \sin \alpha$$

חתך A - A



ציור 7 הגיאומטריה של השלכה סטריאוגרפית.

SPIRAL FOR PHILIPS TEXTURE ATTACHMENT
TYPE PW 1080 / 03-PITCH 10°



ציון 8 השלכה סטריאוגרפית של התנועה הספירלית.

4 שיטת המדידה

מהלך הכנת הדגם ושלבי ההרצה במכשיר הם כדלקמן:

(א) ערגול המתכת עד לשיעור רדוקציה מסויים.

(ב) הוצאת דגם בגודל 2×2 ס"מ בערך מתוך הפח המעורגל.

(ג) סימון כיוון הערגול על הדגם וליטוש אלקטרוליטי או כימי להורדת שכבת התחמוצת, ולחשיפת העומק הרצוי לריגום.

(ד) הדקת הדגם על גבי פן מחזיק דגמים של גוניומטר הטכסטורה.

(ה) הכאת הדיפרקטומטר למצב 2θ מתאים (בדרך כלל זה מישור החזרה בעל F_{hkl} גבוה ומקדם ריכוי P נמוך).

מניחים את הדגם הרבוק על מחזיק הדגמים כך שכיוון הערגול יקביל לכיוון הקרן;

מסובכים את הדגם בתנועה ספירלית, לפי אחת מהקומבינציות שתוארו בטבלה 3, כאשר

המונה וגוניומטר הטכסטורה מחוברים לרשם לקביעת עצמת הקרינה כפונקצית מצב גוניומטר

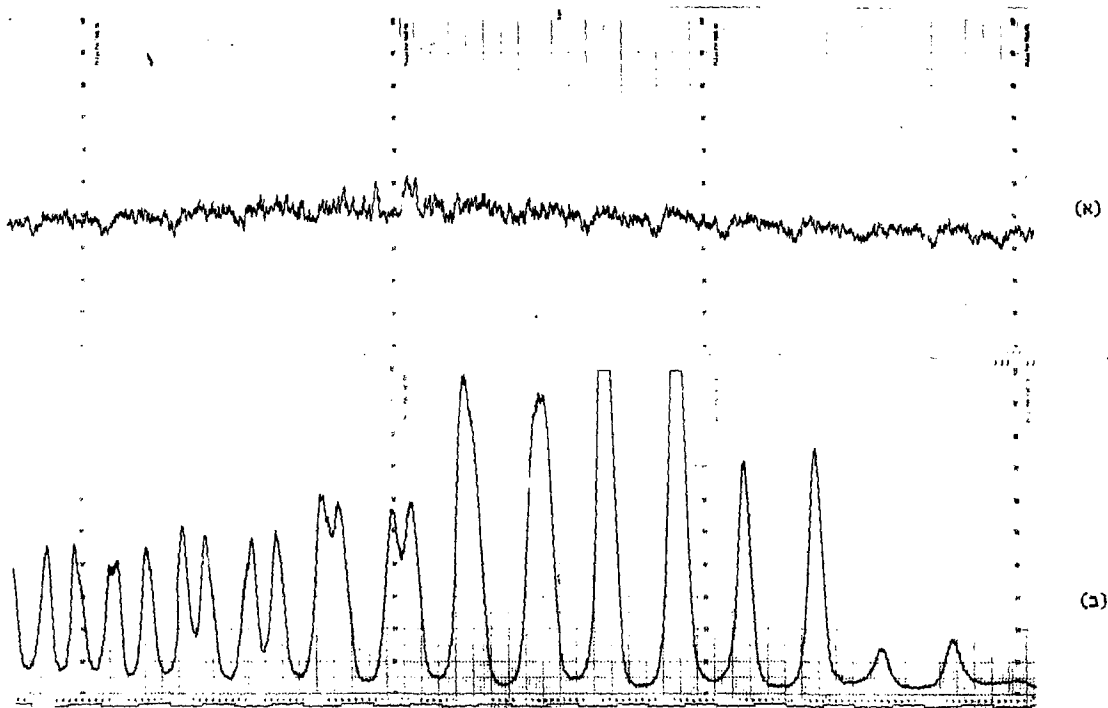
הטכסטורה, כאשר הדיפרקטומטר נייאר כל הזמן בזווית Bragg קבועה.

5 בדיקת כיווניות מועדפת לנחושת (דוגמה)

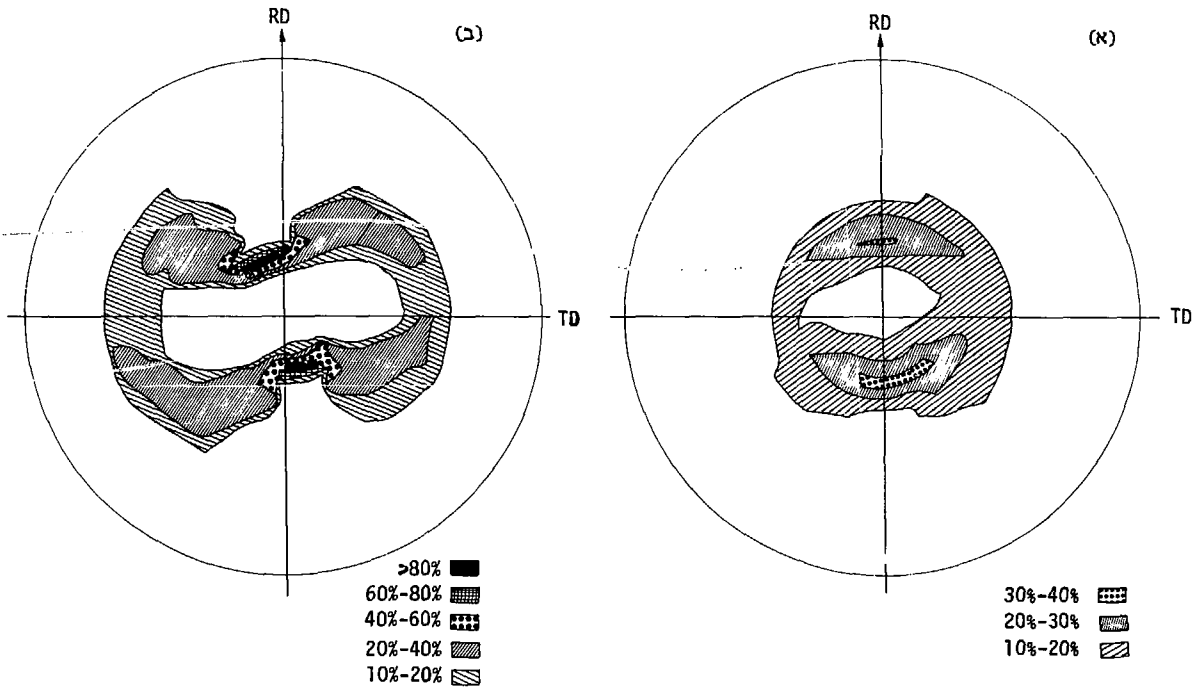
דגם נחושת מסונטר עבר רדוקציה עד 77% בערגול. הדגם לוטש ליטוש כימי בתמיסה מימית של HNO_3 1:1 והודבק על פן מחזיק דגמים. מונה הדיפרקטומטר הובא למצב $2\theta = 50.75^\circ$, המתאים למישור (111) במבנה FCC של נחושת (עבור $\text{CoK}\alpha$). דגם הנחושת נסרק בזווית Bragg קבועה של מישור (111) על-ידי הטיית גוניומטר הטכסטורה מ- 0° ועד 90° . בעת ובעונה אחת הדגם מסתובב סביב צירו, בקומבינציה של 2/0-2 (טבלה 3). עוצמות מישור הטכסטורה הופיעו על גרף הרשם כנראה כציר 9.

לצורך פענוח הגרף מעבירים קווי חלוקה של 10%, 20%, 40%, 60%, 80% מגובה השיא ומורדים את רוחב השיא בכל קו וחלוקה לאורך כל הגרף. רוחב השיא מציין למעשה את סיבוב הדגם סביב צירו (במעלות) בזווית הטייה ידועה, המשתנה לאורך הגרף.

כדי לשרטט דיאגרמת קוטב מכינים טבלה בה מציינים לכל קטע של הספירלה את דרגת העצמה באחוזים. כל קטע מצויין על-ידי תחום של זווית הטייה ותחום של זווית רוטציה. את הקטעים מציינים על דיאגרמה של ספירלה כדוגמת ציור 8. כתוצאה מכך מתקבלת דיאגרמת קוטב עליה מתוארים איזורים שווי-עצמה (ציור 10).



ציור 9 עצמות מדגם מסונטר של נחושת המכצע תנועה ספירלית בגוניומטר טכסטורה.
 (א) הדגם לפני ערגול; אין כיווניות מועדפת.
 (ב) הדגם לאחר ערגול; מופיעים קווים המתייחסים לכיווניות מועדפת.



דיאגרמות קוטב (111) המתקבלות מדגם נחושן לאחר עריגול

ציור 10

(א) לרדוקציה של 50% ;

(ב) לרדוקציה של 77% ;

מקראי הגובה מציינים את עצמת קרני x המוחזרות ביחס למלוא הסקלה.

6 ניתוח התוצאות

ניתוח התוצאות נעשה על-ידי השוואת הספקטרום של הדגם המעורגל עם הרגם המסונטר (אבקה אקראית) והועבר ידנית לדיאגרמת הקוטב לפי שיטת Newkirk and Bruce⁽⁸⁾. התוצאות שהתקבלו מתאימות לממצאים קורמיט שהופיעו בספרות⁽¹⁴⁾. יש להתחשב בכך שבשיטת ההחזרה, דיאגרמת הקוטב מכוסה רק במרכז הואיל ובזוויות הטייה מעבר ל-70°, הקריאות אינן מהימנות. בהתחשב עם המגבלה המוזכרת לעיל יש לראות את גוניומטר הטכסטורה כמתקן העונה על הרישות. כרי לקבל גם את האינפורמציה בהטיות גבוהות אין מנוס משימוש בשיטת טרנסמיסיה ומחזיק הדגם אמנם מאפשר הכנסת דגם למדידות טרנסמיסיה. במקרה זה יש לדאוג שעובי הדגם יהיה בסביבות הערך ההפוך של מקדם הבליעה הליניארי.

המכשיר הנוכחי מורכב על הפוקוס קרווי ולא על הפוקוס הנקודתי. היה חשש כי במתקן הנוכחי תהיה דעיכה חזקה בעת ההטייה עקב דה-פוקוסציה של המקור הקרווי. חשש זה נתבדה ובאופן עקרוני ניתן להשתמש בגוניומטר הטכסטורה כאילו היה מותקן על קרן נקודתית.

7 הצעות לשיפורים וסיכום

(א) המתקן הנוכחי מורכב בצד הפוקוס הקווי של השפופרת המהווה מקור לקרני x. הפעלה כזאת גורמת לאבדן עצמה כך שלמעשה מנצלים רק כ-10% מעצמת הקרן. הרכבה על קרן בעלת פוקוס נקודתי תאפשר לקבל עצמות גבוהות בהרכבה. במידה ותתעורר בעיה של עצמות נמוכות יהיה צורך לשקול את העברת הגוניומטר לקרן נקודתית.

(ב) הואיל ותנועת הרוטציה היא בצעדים, קל מאד לחבר את המכשיר לרישום דיגיטלי כגון סרט מנוקב. במקרה זה אפשר יהיה לעבד את התוצאות במחשב. ניתן אפילו לקבל את דיאגרמת הקוטב ישר בהדפסה רגילה על-ידי שימוש בהדפסת תווים בעלי שטח כהה יחסי לעצמות ההחזרה, כאשר ערכי x ו-y ניתנים בנוסחות שהוזכרו בפרק 3, וערכי α ו- β מחושבים לפי מספר הצעדים שנעשו על-ידי הרוטציה בידיעת היחס בין ההטייה ובין הרוטציה. מתקן של גוניומטר טכסטורה הקשור לסרט מנוקב נמצא בשימוש במחלקה להנדסת חומרים בטכניון, חיפה.

(ג) בסיכום, ניתן לקבל תוצאות סבירות מגוניומטר הטכסטורה. המצב עתה הוא שעיקר הנתונים הוא ירני, אך אין קושי לפתח שיטה מתחכמת יותר. ניתן אף להגדיל את העצמות אם ירכיבו את הגוניומטר מצד הפוקוס הנקודתי.

הבעת תודה

המחברים מודים לאורי לבקוביץ על עזרתו הרבה בכיוון המערכת והבאתה למצב עבודה.

Referencesסימוכין

1. B.F. Decker, E.T. Asp, and D. Harker, "Preferred Orientation determination using a Geiger counter x-ray diffraction goniometer", J. Appl. Phys. 19, 388-92 (1948).
2. M. Field and M.E. Merchant, "Reflection method of determining preferred orientation on Geiger-counter spectrometer", J. Appl. Phys. 20, 741-5 (1949).
3. L.G. Schulz, "A direct method of determining preferred orientation of a flat reflection sample using a Geiger counter x-ray spectrometer", J. Appl. Phys. 20, 1030-3 (1949).
4. W.P. Chernock, M.H. Mueller, H.R. Fish, and P.A. Beck, "An automatic x-ray reflection specimen holder for the quantitative determination of preferred orientation", Rev. Sci. Instrum. 24, 925-8 (1953).
5. A.N. Holden, "A spiral-scanning x-ray reflection goniometer for the rapid determination of preferred orientation", Rev. Sci. Instrum. 24, 10-12 (1953).
6. W.P. Chernock and D. Wahl, "A preferred orientation specimen holder for use with the Norelco diffractometer", Norelco Reporter 2, 71-3 (1955).
7. A.H. Geisler, "Automatic pole figure recorder", Rev. Sci. Instrum. 25, 727-32 (1954).
8. J.B. Newkirk and L. Bruce, "Rapid x-ray determination of a complete pole figure", J. Appl. Phys. 29, 151-7 (1958).
9. R.M. Eichhorn, "Automatic pole figure plotter", Rev. Sci. Instrum. 36, 997-1000 (1965).
10. A. Segmüller and J. Angilello, "Automatic pole figure evaluation", J. Appl. Cryst. 2, 76-80 (1969).

11. A. Segmüller, "Cathode ray tube display of automatically recorded pole figure data", J. Appl. Cryst. 2, 259-61 (1969).
12. R. Baro and D. Ruer, "An automatic pole figure recorder", J. Phys. E :Sci. Instrum. 3, 541-3 (1970).
13. M.A. Rothwell, "A computer program for the construction of pole figures", J. Appl. Cryst. 4, 494-7 (1971).
14. A. Merlini and P.A. Beck, "Study of the origin of the cube texture", Acta Met. 1, 598-606 (1953).

