

משתיל יונים Varian / VSEA 350D

ממעבד המנה מבוסס Intel 8085 ועד מערך PCT, Faraday Cups, ורשת VAX / DECnet

מחבר: איסי גייר · יועץ גיורא זכריה | שיוך: אינטל, פאב-8 ירושלים | תקופה: 1984 – עד סגירת המיפעל Nuclear

איור 1. משתיל יונים Varian 350D בעוצמה בינונית — תצוגה כללית. מקור: Nuclear Inst. Meth. B 1987 / ארכיון Varian VSEA.

תקציר

משתיל יונים סדרתי Varian/VSEA 350D, בעל תחנות קצה כפולות ועוצמת זרם בינונית, שימש כפלטפורמה הדומיננטית בייצור VLSI לאורך שנות השמונים המאוחרות ועד תחילת שנות התשעים. מאמר זה סוקר שלושה פיתוחים הנדסיים משולבים: (1) מעבד המנה של דור ראשון — מכשיר מעיצוב Varian המבוסס על מיקרומחשב Intel 8085 — ומגבלותיו; (2) המעבר למערך ארבעת גביעי פאראדיי בפינות, שנוצר על ידי פול לינקוויסט במעבדת Varian ושולב עם אינטגרטור Brookhaven Instruments (BIC) שפותח ויעודית לו; (3) מסוף בקרת התהליך (PCT) שהחליף תקשורת RS-232 פשוטה בחיבור DECnet לשרת VAX/VMS המרכזי של הפאב — שהותקן לראשונה על ידי מיכאל מרקוס והמשך על ידי איסי גייר גיורא זכריה שימש כמהנדס מוביל של 350D לאורך כל התקופה. זאב לידור זיכרוננו לברכה תרם רבות לשיפורים וכמובן אהרון גאנוניאן, אריה משה, ואהרון בר.

1. מבוא

השתלת יונים עקפה את הדיפוזיה הרגילה כטכניקה הדומיננטית להכנסת זיהומים בייצור VLSI בתחילת שנות השמונים. ה-Varian/Extrion 350D — משתיל יונים סדרתי בעל תחנות קצה כפולות — הפך לאחת הפלטפורמות הנפוצות ביותר בפאבים ברחבי העולם. טווח האנרגיה שלו עד 200 קילו-אלקטרון-וולט ויכולת זרם הקרן (בורון: 300 מיקרו-אמפר; זרחן וארסן: עד 1,500 מיקרו-אמפר) הפכו אותו מגוון לאורך כל לוח ההשתלות של תהליך VLSI בייצור.

שלושה אתגרים הנדסיים מרכזיים הגדירו את מסלול השיפור של ה-350D: ראשית, מדידת מנה מדויקת בסביבת סריקה אלקטרוסטטית בוואקום גבוה; שנית, אחידות מנה על פני שטח הוויפר; ושלישית, בקרת תהליך אמינה במבנה פאב רב-מפעיל ורב-משמרות. תיקון ייחודי שמתעד מאמר זה, ולא הוזכר בספרות הפתוחה, הוא הקמת ממשק DECnet בין ה-PCT לבין מחשב VAX/VMS המרכזי של הפאב — מה שאפשר ניהול מתכונים, שליחת נתונים ויומן השתלות ברשת הפנימית של אינטל.

2. פלטפורמת Varian 350D

2.1 ארכיטקטורת המערכת

ה-350D הוא משתיל יונים סדרתי בסריקה אלקטרוסטטית. יונים המופקים ממקור קשת מסוג Freeman מנותחי-מסה על ידי מגנט ניתוח בזווית 90° , מואצים דרך עמוד האצה בעל חמישה פערים, ומוטים

אלקטרוסטטית בתבנית סריקת רסטר X-Y על פני הוויפר הנייח. תצורת תחנות הקצה הכפולות מאפשרת השתלה רציפה ללא זמן המתנה.

הערות	מפרט	פרמטר
מינים נוספים לפי דרישה	B, P, As, BF ₂	מיני יונים (ייצור)
האצה מלאה לאחר ניתוח	200 keV	אנרגיה מקסימלית
מקור Freeman,	עד 300 μ A	זרם קרן — בורון
מקור Freeman	עד 1,500 μ A	זרם קרן — P, As
Channeling Control	7° קבוע	הטיית תחנת קצה
בקר סריקה דיגיטלי	רסטר X-Y אלקטרוסטטי	סוג סריקה
משאבת קריו / דיפוזיה	$10^{-7} \times 5$ Torr	וואקום — קו קרן
תחנות קצה כפולות	6 אינץ'	גודל ויפר
השתלות בעוצמה גבוהה	N ₂ מגב (פלטון Hi-Cool)	קירור ויפר
Dose processor	Varian + Intel 8085 CPU	Dose Processor — דור 1
שדרוג לינקוויסט, 1987	4 corners Faraday Cups	Dose Processor — דור 2
מיכאל מרכוס, גייר & זכריה, פאב-8	PCT ↔ DECnet ↔ VAX/VMS	בקרת תהליך

טבלה 1. מפרטי ייצור של Varian 350D כפי שהוצג בפאב-8 ירושלים של אינטל.





3. מדידת מנה דור ראשון: מעבד המנה המבוסס על Intel 8085

3.1 ארכיטקטורת מיקרומחשב Intel 8085

מערכת מדידת המנה המקורית על ה-350D הייתה מכשיר מעיצוב ומייצור Varian, הבנוי סביב מיקרומעבד Intel 8085. זה לא היה מכשיר מדף: צוות ההנדסה של Varian פיתח ארכיטקטורת חומרה ופירמוור שלמה, תוך שימוש ב-8085 כאלמנט עיבוד מרכזי לאינטגרציה דיגיטלית של אותות גביע פאראדיי וחישוב מנה מצטברת.

ה-Intel 8085 הוא מיקרומעבד 8-NMOS-סיביות (1976) עם אוסצילטור שעון משולב, תואם 8080 כלפי מעלה. Varian השתמשה ב-Intel 8155 (RAM + I/O + טיימר) ו-Intel 8255 (PPI מקבילי) כמעגלי תמיכה. הקלט האנלוגי מגביע פאראדיי הומר ל-ADC, נצבר בפירמוור כאינטגרל מנה שוטף, והשווה ליעד המנה שתוכנת. כשהמנה הגיעה לנקודת ההגדרה — הפירמוור הפעיל אינטרלוק עצירת קרן.

מעבד מנה דור 1 — ארכיטקטורה (Varian, מבוסס Intel 8085)

מעצב / יצרן:	Varian Semiconductor Equipment Associates (VSEA), גלוסטר MA
מעבד:	Intel 8085 (8 NMOS ביט, 3–6 MHz)
מעגלי תמיכה:	Intel 8155 (RAM + I/O + טיימר), Intel 8255 (PPI)
מצב מדידה:	ADC → אינטגרציה דיגיטלית → השוואה ליעד → עצירת קרן
עיכוב אלקטרוניים:	הטיה אלקטרוסטטית שלילית על אלקטרודת הגביע
טווח מנה:	$10^{10} \times 1$ עד $10^{15} \times 5$ יונים/ס"מ ²
משוב אחידות:	אין — לולאה פתוחה; מהירות הסריקה קבועה
ממשק מפעיל:	תצוגת 7-קטע + לוח מקשים; RS-232 בגרסאות מאוחרות
שילוב ב-350D:	מוטבע בשלד מסוף בקרת המשתיל (ICC)

איור 2. מעבד מנה (MP-350 (Varian p/n 108578001 — הגלגול המסחרי של מערכת Intel 8085. מקור: Varian/VSEA product documentation; Semiconductor Spares archive.

3.2 מגבלות דור 1 לנוכח VLSI

ככל שממדי VLSI קטנו מתחת ל-2 מיקרומטר, מעבד ה-8085 נתקל בארבע מגבלות עיקריות:

1. **שגיאת נטרול קרן.** יונים הקולטים אלקטרונים מגז שיורי הופכים נייטרלים ועוברים ללא זיהוי: שבריר הנטרול $\approx 1 - \exp(-\sigma nL)$. הפירמוור לא יכול היה לתקן זאת בזמן אמת.
2. **מהירות סריקה בלולאה פתוחה.** תנודות בזרם הקרן נצברו לאי-אחידות מרחבית — בלתי ניתנת לזיהוי עד למדידת התנגדות שטח לאחר ההשתלה.
3. **נקודת זגימה מרחבית בודדת.** הגביע הבודד דגם רק בפריפריה; אי-אחידות במרכז שדה הסריקה הייתה בלתי ניתנת לזיהוי בזמן אמת.
4. **רצפת רגישות גבוהה.** סף מדידה מעשי $\sim 10^{10}$ יונים/ס"מ² — לא מספיק להשתלות מנה נמוכה מאוד.

4. מדידת מנה דור שני: מערך ארבעת גביעי פאראדיי + אינטגרטור BIC

4.1 פול לינקוויסט ופגישת מעבדת Varian

פריצת הדרך שפתרה את עיוורון האחידות המרחבית של הדור הראשון נולדה עם פול לינקוויסט במעבדת ההנדסה של Varian. המחבר הראשון (א' גיר) נתקל במערכת בביקור טכני במתקני Varian — החומרה מונחת על שולחן המעבדה — ולינקוויסט הסביר את ההיגיון: ארבעה גביעי פאראדיי עצמאיים ממוקמים בארבע פינות מעטפת הסריקה, כל אחד מזין אינטגרטור דיוק משלו. הגיאומטריה הזו הופכת את הדוזימטריה מחד-ממדית לדו-ממדית.

מערכת דוזימטריה חדשה זו מאמצת גישה ייחודית לשימוש בגביעי פאראדיי קלאסיים למדידת מנה על ויפר. גישה זו מאפשרת שיפורים משמעותיים בתפוקת שאיבת הוואקום, הסרת נטיבי דליפת זרם פוטנציאליים, שיפורים באחידות המנה ובחזרתיות המנה, ובמקביל הפחתת מורכבות העיצוב.

— לינקוויסט ואח' (הנדסת Varian) — Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 1987

[פול לינקוויסט מאמר.pdf](#)

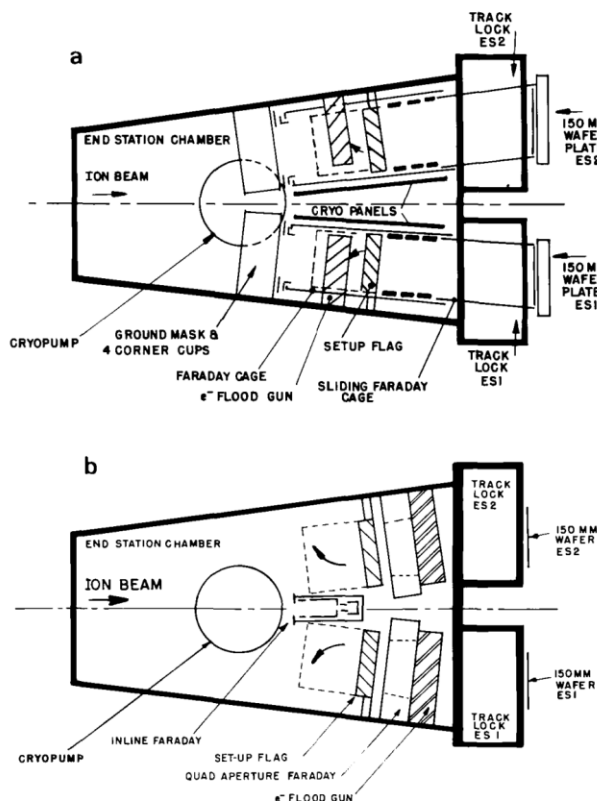


Fig. 1. End station layouts top view, (a) original, (b) new.

איור 3. שירות גיאומטרייט מערך ארבעת גביעי פאראדיי (עיצוב לינקוויסט). מקור: Linkvist et al., Nucl. Inst. Meth. B 1987, Fig. 2 : [להחליף בסריקת המאמר המקורי]

P. Lundquist et al. / New dosimetry system

41

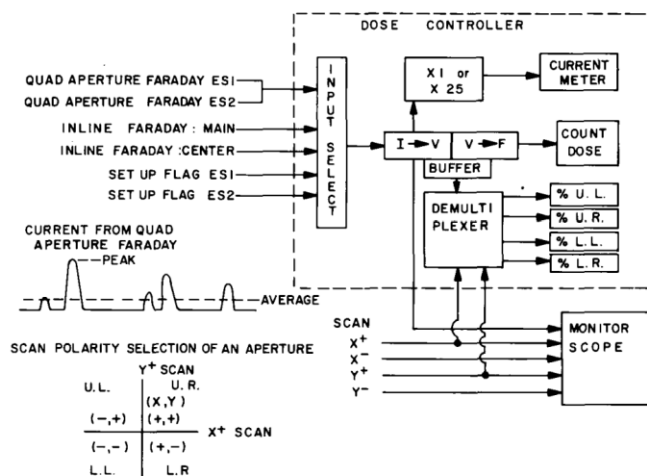


Fig. 3. Dosimetry system electronics.

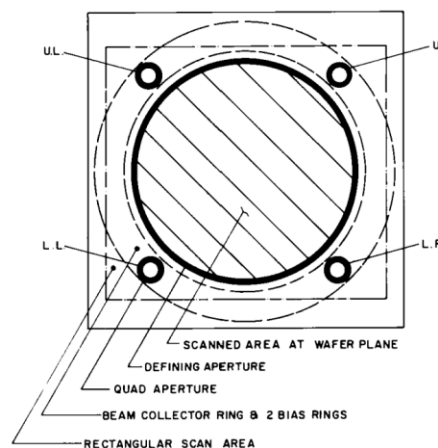


Fig. 2. Quad aperture Faraday.

4.2 אינטגרטור BIC — פותח ייעודית למערכת לינקוויסט

במקום להתאים את מעבד ה-8085 הקיים ל-4 ערוצים עצמאיים, שולבה המערכת החדשה עם אינטגרטור דיוק שפיתחה Brookhaven Instruments Corporation (BIC) ספציפית ליישום זה. ה-BIC סיפק 4 ערוצי אינטגרציית

מטען אנלוגיים עצמאיים, כל אחד עם ביטול זרם הטייה (bias current cancellation), שהרחיב את טווח המדידה ל- 10^6 יונים/ס"מ² — יותר מארבעה סדרי גודל מתחת לרצפת ה-8085.

אינטגרטור (BIC) Brookhaven Instruments — ייעודי למערך לינקוויסט

יצרן: Brookhaven Instruments Corporation (BIC), ניו יורק, ארה"ב
 יישום: אינטגרציית זרם דיוק — 4 ערוצים עצמאיים לגביעי הפינה
 ביטול הטייה: Op-amp bias-current cancellation בכל ערוץ
 טווח זרם כניסה: מתת-פיקו-אמפר עד 1 מיליאמפר לכל ערוץ
 טווח מנה: $10^6 \times 1 < \text{עד } 10^{17} \times 1$ יונים/ס"מ²
 פלט אחידות: מפת רבעון בזמן אמת; סף אזעקת $\Delta Q/Q$
 מספרי חלקים (Extrion) 108588001/002, (MP-350 OEM) 108578001 Varian:

איור 4. מפת אחידות מנה על ויפר — השוואה בין גביע בודד (דור 1) ומערך 4 פינות (דור 2). מקור: Nucl. Inst. Meth. B 1987 [להחליף בנתוני המאמר המקורי]

4.3 השוואת הדורות

דור 2: לינקוויסט + 4 BIC פינות	דור 1: Varian 8085 + גביע בודד
4 BIC-ערוצי דיוק, bias-compensated	מכשיר Varian + Intel 8085 CPU
4 גביעים עצמאיים בפינות הסריקה	גביע פאראדיי בודד בפריפריה
4 ערוצים — מפת רבעון בזמן אמת	ערוץ אינטגרציה אחד
$10^6 > \text{עד } 10^{17}$ יונים/ס"מ ²	טווח: $10^{10} - 10^{15}$ יונים/ס"מ ²
משוב אחידות $\Delta Q/Q$ בזמן אמת	לולאה פתוחה — מהירות קבועה
מפת 2D — אזעקה בזמן ההשתלה	אין מפת מנה מרחבית
גיאומטריית פינה: נתיב פתוח	גביע חוסם תפוקת וואקום

טבלה 2. השוואת מאפיינים: דווימטריה דור 1 לעומת דור 2.

5. מסוף בקרת התהליך (PCT) ורשת DECnet / VAX

5.1 הבעיה — עיבוד שגוי

דווימטריה מדויקת אינה מונעת קטגוריה שלמה של כשלים: מנה נכונה של מין שגוי; אנרגיה שגויה; מתכון נכון על מארז שגוי; השתלה כפולה; השתלה שהושמטה. אירועים אלה בלתי גלויים לכל אינטגרטור — המכשיר מדווח על מה שסופק, ללא ידיעה על מה שצריך היה להיות מסופק. בפאב VLSI בנפח גבוה עם מאות מתכונים ושלוש משמרות ביום, קצב שגיאות כאלה גדול מכדי להישאר ברמה של ניהול ידני.

5.2 חיבור DECnet ל-VAX/VMS

ממשק ה-PCT בפאב-8 ירושלים לא הסתכם בקישור RS-232 פשוט. ה-PCT התחבר לרשת DECnet — פרוטוקול רשת של Digital Equipment Corporation (DEC) — ודרכה נגש לשרת מחשב VAX/VMS המרכזי של אינטל. ממשק זה אפשר:

- **ניהול מתכונים מרכזי:** מתכוני ההשתלה נוצרו, אושרו ונשמרו ב-VAX; ה-PCT הוריד אותם ברשת. מהנדס תהליך עדכן מתכון פעם אחת ב-VAX — כל מסופי ה-PCT בפאב קיבלו את הגרסה החדשה.
- **יומן השתלות מבוזר:** לאחר כל השתלה שלח ה-PCT דיווח אוטומטי ל-VAX: lot ID, מין, אנרגיה, מנה מדודה, זמן, תחנת קצה. הנתונים נצברו ב-database מרכזי.
- **SPC אוטומטי:** תוכנה ב-VAX ניתחה את יומן ההשתלות, יצרה גרפי בקרה סטטיסטית ושלחה התראות לאימייל (VMS mail) של מהנדסי התהליך.
- **ביקורת ואבחון:** כל שאילתת failure analysis החלה בשאילתת VAX: "הצג את כל ההשתלות על מארז X בשכבה Y" — תוצאה בשניות.

5.3 התקנה ראשונית — מיכאל מרקוס

מסוף ה-PCT הוצב לראשונה בפאב-8 ירושלים על ידי מיכאל מרקוס. מרקוס ביצע את התקנת החומרה — כולל כרטיס הממשק לרשת DECnet — עבודת ההתקנה שלו יצרה את הבסיס המבצעי שממנו יצאו כל עבודות הפיתוח שלאחר מכן.

5.4 פיתוח ואחריות שוטפת — איסי גייר וג'ורא זכריה

לאחר ההתקנה הראשונית, אחריות הפיתוח המלאה והתפעול השוטף עבר לידי איסי גייר תרם את עבודות אפיון המערכת ופיתוח תהליך שהגדירו את קריטריוני כשרות המתכון במסגרת ה-PCT. איסי גייר עסק בפיתוח ממשק ה-DECnet, הרחבת ספריית המתכונים, ואינטגרציה עם מערכת ה-SPC.

5.5 ארכיטקטורת PCT — שלוש שכבות תפקידים

נמצא כי מסופי PCT עבור Varian 350D שהותקנו בפאבים של אינטל הפחיתו באופן משמעותי את מספר שלבי העיבוד השגוי. מסוף מעוצב היטב מגדיל תפוקת רכיב על ידי ניטור כל פונקציות המשתיל ומתן אפשרות להגדיר מתכוני תהליך לתפעול פשוט ומדויק.

— הנדסת Varian / הנדסת תהליך אינטל — Nucl. Inst. Meth. B, 1987

שלוש שכבות תפקידים מופרדות:

- **מהנדס תהליך:** הגדרת מתכוני השתלה ב-VAX. נעילה מול שינוי מפעיל. קביעת סף אינטרלוק לכל מתכון.
- **מפעיל:** בחירה מרשימת מתכונים מאושרת שהורדה מה-VAX. הפעלת ריצה. אין עריכת פרמטרים.
- **הנדסה / ניהול:** גישה ל-VAX database לניתוח תפוקה, ביקורת וסטטיסטיקה.



איור 6. מסוף PCT בפאב-8 ירושלים — ממשק מפעיל לבחירת מתכון ואישור ריצה. [תצלום פנימי, ארכיון אינטל פאב-8]

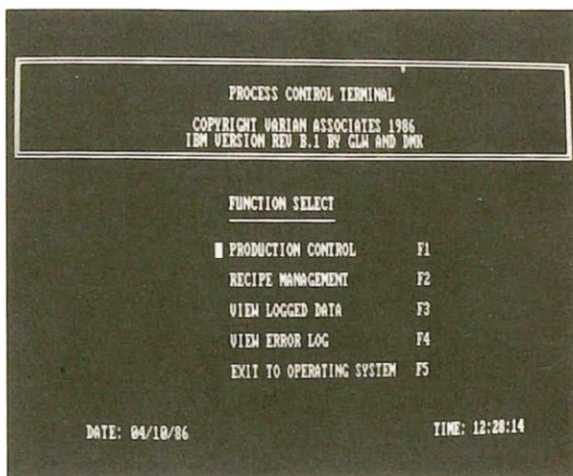


Fig. 2. PCT functions.

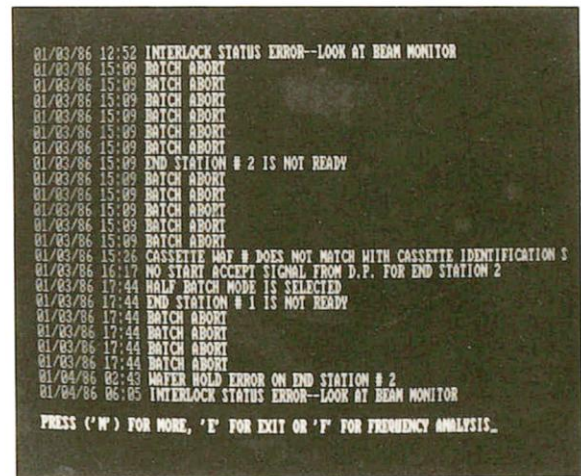


Fig. 3. Sample error messages.

Miss process data 5.6
[PCT.pdf](#)

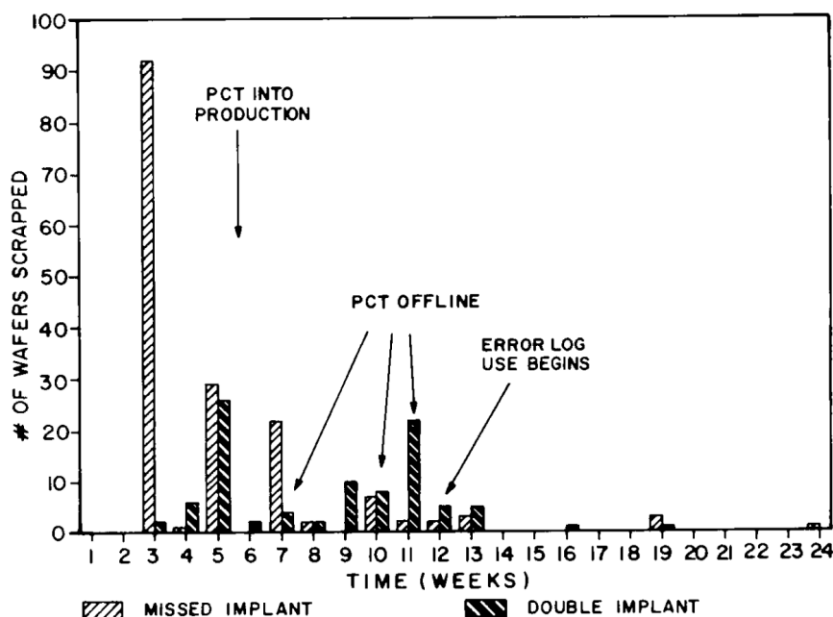


Fig. 4. Reduction in misprocessed wafers with PCT use. (Data from Varian 350D implanter.)

VIII. AUTOMATION

7. ציר זמן כרונולוגי

שנה	פיתוח	גורמים	השפעה
1982~	350D + מעבד 8085, Varian, גביע בודד	Varian/Extrion MA	בסיס דו־זימטריה
1984	המחבר מצטרף לפאב-8; 350D עם 8085	א' גייר, פאב-8	מגבלות דור 1 מוכרות
1986-87	גיורא זכריה מוביל אפיון מערכת	ג' זכריה, פאב-8	תשתית קריטריוני כשרות
1987	cup prototype-4 מוצג במעבדת Varian	פול לינקוויסט	מפת אחידות $10^6 < 2D$
1987	ביקור גייר בלינקוויסט — prototype על השולחן	א' גייר + פ' לינקוויסט	העברת ידע ישיר
1987	PCT מותקן ב-DECnet/VAX	מיכאל מרקוס	בסיס PCT
1987-90	פיתוח PCT+DECnet+SPC	א' גייר & ג' זכריה	ספריית מתכונים, SPC
1989	שדרוג 300XP integrator + קריו	Varian VSEA	תפוקה + חלקיקים
1990-91	Station Controller — מתכונים רב-שלביים	א' גייר & ג' זכריה	אוטומציה מלאה
1991	EXTRION 220 — 200 מ"מ	Varian / Extrion	פלטפורמת הדור הבא

טבלה 4. ציר זמן כרונולוגי של דו־זימטריה ובקרת תהליך על ה-350D בפאב-8 ירושלים.

8. תיעוד שטח מבצעי: פאב-8 ירושלים, 1984–1995

המחבר איסי גייר הצטרף לפאב-8 ירושלים של אינטל כמהנדס תהליך וציוד בקבוצת השתלת יונים בשנת 1984, לאחר הכשרה על Varian DF-4 בפאב-5 אורגון וניסיון עם ה-350D בפאב-7 אלבקרקי. גיורא זכריה היצטרף כבר ב פאב 8 צי ה-350D והוביל את השיפורים במכונה,

מצויד במעבד 8085 של Varian בעת הגעה, שימש כפלטפורמת ההשתלה הראשית לאורך כל התקופה הנסקרת.

מגבלות הדווימטריה של דור 1 — היעדר משוב אחידות בזמן אמת — נתקלו בהן יום-יומי. המעבר לשדרוג ארבעת גביעי הפינה — שנפגש לראשונה כאב-טיפוס על שולחנו של פול לינקוויסט במעבדת Varian — הביא לירידה מיידיית בדחיות מארזים עקב אי-אחידות.

קפיצת האיכות הגדולה בבקרת תהליך הגיעה עם שילוב ה-DECnet. לפני כן, פגישות failure analysis הצריכו שחזור ידני של יומני ניר; לאחר מכן — שאילתת VAX תוך שניות. גיורא זכריה פיתח יחד עם המחבר הראשון את פרוטוקול כשרות המתכון שהפך לתקן עבודה ב-350D fleet של פאב-8 ולאחר מכן גם בפאבים אחרים של אינטל.

9. דיון

שלושת החוטים ההנדסיים הנסקרים — מעבד 8085 של Varian, מערך 4 פינות של לינקוויסט עם BIC, ו-PCT+DECnet+VAX — מהווים ביחד רה-ארכיטקטורה מלאה של הבטחת תהליך על ה-350D ללא החלפת חומרה יסודית. פיזיקת הקרן נשארה בעיקרה ללא שינוי לאורך עשור; מה שהשתנה היה בינת המדידה, הכיסוי המרחבי, ובקרת הרשת.

חיבור ה-DECnet לא היה פרט מימוש אלא שינוי ארכיטקטוני עמוק: הוא העביר את נקודת האמת של מתכוני ההשתלה מה-ICC המקומי לשרת VAX המרכזי, ויצר לראשונה מסד נתונים אינטגרטיבי של כל ההשתלות בפאב. זה מה שאיפשר SPC אוטומטי, ניתוח כשלים מהיר, ואחרי כן — Station Controller שביצע רצפי השתלה שלמים ללא התערבות מפעיל.

10. מסקנות

1. ה-Varian 350D היה משתיל יונים בינוני-עוצמה הדומיננטי בייצור VLSI מ-1982 עד תחילת שנות התשעים, ושרת דורות מרובים של טכנולוגיית CMOS.
2. מעבד המנה של דור 1 היה פיתוח Varian מבוסס Intel 8085 — גביע פאראדיי בודד, אינטגרציה דיגיטלית, לולאה פתוחה, רצפת רגישות 10^{10} יונים/ס"מ².
3. המערכת של פול לינקוויסט — 4 גביעי פינה + אינטגרטור BIC-4 ערוצי שפותח ייעודית — הרחיבה את הרגישות ב-4 סדרי גודל ואיפשרה מפת אחידות 2D בזמן אמת.
4. ה-PCT בפאב-8 ירושלים, שהותקן על ידי מיכאל מרקוס ופותח על ידי איסי גייר וגיורא זכריה, השתמש ב-DECnet לחיבור ל-VAX/VMS — לא RS-232 — ויצר מסד נתונים מרכזי של מתכונים, יומן השתלות ו-SPC אוטומטי.

- [1] לינקוויסט, פי ואח' (הנדסת Varian). "New dosimetry system for a serial process ion implanter." Nucl. Inst. Meth. B, 1987. doi: 10.1016/0168-583X(87)90868-8.
- [2] הנדסת Varian / אינטל. "Process yield improvements with process control terminal for Varian serial ion implanters." Nucl. Inst. Meth. B, 1987. doi: 10.1016/0168-583X(87)90894-9.
- [3] הנדסת Varian. "Recent improvements in the particle performance of a Varian 350D ion implanter." Nucl. Inst. Meth. B, 1987. doi: 10.1016/0168-583X(87)90861-5.
- [4] הנדסת Varian. "New Faraday/flood gun system for Varian dual end station batch process ion implanters." Nucl. Inst. Meth. B, 1987.
- [5] הנדסת Varian. "New ion implantation system with advanced process capabilities." Nucl. Inst. Meth. B, 1987. doi: 10.1016/0168-583X(87)90842-1.
- [6] רידינג, גי. "Dose control method for ion implanters." U.S. Patent 4,539,217, 1985.
- [7] ברייאן ואח'. "Dose and dose uniformity measurement systems." U.S. Patents 4,922,106 (1990); 4,980,562 (1990).
- [8] קורנט ואח'. "Dose matching between implanters." Nucl. Inst. Meth. B, 1989.
- [9] O'Hanlon ואח'. "EXTRION 220: first parallel-scan 200 mm serial medium-current ion implanter." Nucl. Inst. Meth. B, 1991.
- [10] Brookhaven Instruments Corporation. תיעוד מוצר אינטגרטור. Varian OEM p/n 108578001, 108588001, 108588002.
- [11] גייר, א'. זכריה, גי. עדות מבצעית ישירה ורשומות הנדסה, אינטל פאב-8 ירושלים, 1984–1995.
- [12] RIT SMFL. "Varian 350D Ion Implanter Standard Operating Procedure." Rev. D, 2007.

תודות

המחבר מודה לגיורא זכריה שהוביל את השיפורים במכונה, זאב לידור זיכרונו לברכה, אהרון גנוניאן, אריה משה, מנחם חורב ולפול לינקוויסט ממעבדת Varian, שהדגמתו את אב-הטיפוס של ארבעת גביעי הפאראדיי על שולחן המעבדה סיפקה את הבסיס הטכני לאימוצו המהיר בפאב-8. מיכאל מרקוס מוכר על ביצוע ההתקנה הבסיסית של ה-PCT ורשת DECnet ב-VAX, שביססה את הבסיס המבצעי שממנו יצאו כל עבודות הפיתוח המתוארות במאמר זה.