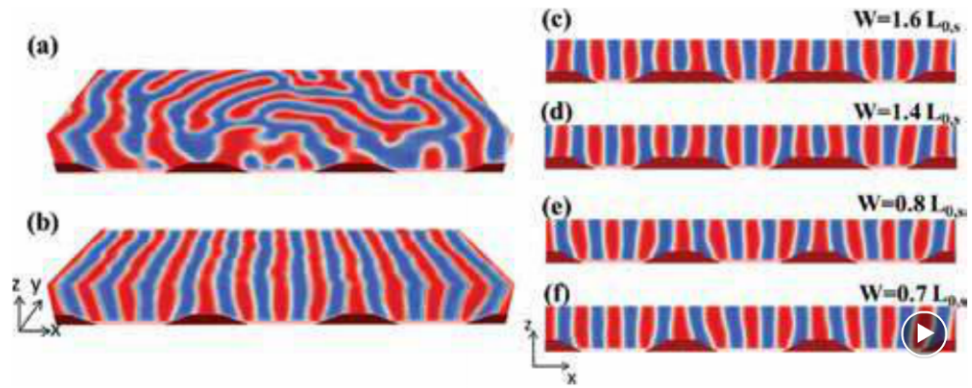


ייצור ננו-תבניות על ידי  
סידור עצמי מוכוון  
של בלוק קופולימרים.  
המבנה התלת-ממדי של  
הננו-תבניות נחשף באמצעות  
אפיון ב-TEM tomography.  
בסרטון (במגזין הדיגיטלי  
בלבד) מוצג המבנה  
התלת-ממדי של הננו-תבניות.  
רוחב כל תבנית הוא  
כ-10 ננומטרים



## מזעור בתהליכי ייצור של התקנים אלקטרוניים באמצעות אפיון תלת-ממדי

למאמר: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.6b05657?src=recsys>

# מה שיותר עמוק



ד"ר תמר סגל-פרץ

טכנולוגיה חדשה הצפויה לחולל פריצת דרך דרמטית במזעורם של התקנים אלקטרוניים פותחה על ידי ד"ר תמר סגל-פרץ מהפקולטה להנדסה כימית ע"ש וולפסון. במחקר השתתפו חוקרים מאוניברסיטת שיקגו וממעבדות ארגון באילינוי.

המחקר, שהתפרסם בכתב העת ACS Nano, מתמקד בהתארגנות עצמית (self-assembly) של בלוק קופולימרים (block copolymers) - שרשרות פולימריות המשמשות תבניות בתהליכי ייצור (ננו-פבריקציה). המאמר מציג גישה חדשה לייצור ננו-תבניות בתהליכי התארגנות עצמית של בלוק קופולימרים. גישה זו מאפשרת ייצור בממדים הקטנים מ-10 ננומטרים, הנחשבים לאתגר מורכב בתעשיית המיקרואלקטרוניקה.

מזעור לממדים קטנים ושימוש בבלוק קופולימרים דורשים הבנה מעמיקה של התהליכים המתרחשים בעומק השכבות, ולדברי ד"ר סגל-פרץ, "רוב הכלים הקיימים כיום בוחנים רק את פני השטח של החומר, וכך מחמיצים מידע חשוב הנמצא מתחת לפני השטח".

המחקר המתפרסם כעת מראה שהגישה החדשה - מיפוי תלת-ממדי של המבנים באמצעות טומוגרפיה במיקרוסקופיית אלקטרוניים חודרת (STEM tomography) - חיונית להבנת תהליכי התארגנות עצמית וליצירת ננו-תבניות שאיכותן גבוהה הרבה יותר. "שילוב של סימולציות מולקולריות עם המידע התלת-ממדי שנאסף מאפשר לנו להבין את האינטראקציות שבין הקופולימרים לתבניות על המצע ואת מקור התנודות המרחביות בננו-מבנים".

החוקרים מעריכים כי במחקר זה הם סוללים דרך לתכנון ולייצור של תבניות משופרות ליצירת רכיבים אלקטרוניים שגודלם אינו עולה על 5 ננומטרים - הרבה פחות מהרכיבים הנוכחיים המיוצרים בפוטוליטוגרפיה, כלומר בהקרנת אור דרך מסכה. בפוטוליטוגרפיה מגביל אורך הגל את מזעור התבניות לייצור. להתקנים קטנים יש צורך באורכי גל קצרים, והפקת קרינה יציבה כזאת היא משימה קשה יותר. לדברי ד"ר סגל-פרץ, "היתרון בבלוק קופולימרים הוא שגודל התבנית נקבע על ידי הכימיה של הפולימר ולא על ידי גורם חיצוני כגון אורך גל".

### ארגון עצמי מוכוון

ארגון עצמי לבדו אינו מספיק לצורכי ייצור, משום שמיקום התבניות שנוצרות בדרך זו אינו נשלט. "כדי לכוון את הפולימרים למיקום הרצוי אנחנו מייצרים תבנית ראשונית, שקל מאוד לייצר, והיא מכוונת את הפולימרים. לתהליך זה קוראים התארגנות עצמית מוכוונת - directed self-assembly. שילוב של גישה זו עם תהליכי פוטוליטוגרפיה קיימים מאפשר לנו להתגבר על המגבלות בייצור ננו-תבניות, תוך שמירה על עלות נמוכה". כאמור, אחד האתגרים בייצור רכיבים אלקטרוניים הוא קיומם של פגמים בתבניות. מדובר בבעיה מדעית וטכנולוגית משום שללא זיהוי מלא של הפגמים הנמצאים מתחת לפני השטח, אי אפשר להבין את מקור הפגמים ולכן אי אפשר לפתח שיטות ייצור משופרות. "בסופו של דבר העולם הוא תלת-ממדי", אומרת ד"ר סגל-פרץ, "ולכן שום ייצוג דו-ממדי שלו אינו מספק".