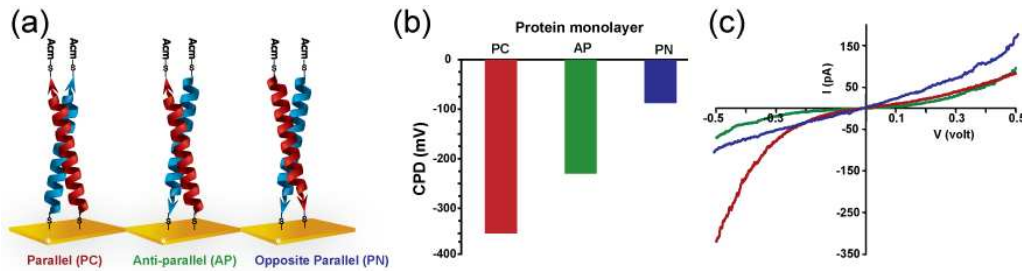


## דר' נורית אשכנזי

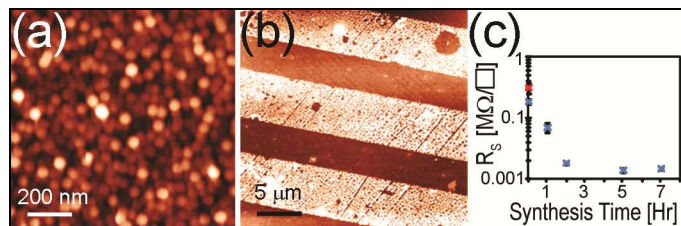
התקנים ביואלקטרוניקה וחיישנים ביולוגיים

הדרך הייחודית שבה פועלים חומרים בטבע מעוררת עניין רב בשנים האחרונות ורצון להשתמש בהם או בחיקויים מלאכותיים שלהם בהתקנים מודרניים. זאת בעיקר בשל מגוון החומרים הקיימים, והפעולות הרבות אותם הם מסוגלים לבצע. בנוסף לכך גודלם של המבנים המיוצרים בטבע שהינו בקנה מידה ננומטרי, מעורר עניין רב בשל הצורך להקטנת התקנים טכנולוגיים למימדים אלה, בפרט בתחום ההתקנים האלקטרוניים. השימוש באבני בנין ביולוגיים להכנת חומרים והתקנים אלקטרוניים הינה לב המחקר במעבדות המחקר שלנו. לצורך מטרת אלה אנו מתכננים ומכינים פולימרים ואוליגומרים חלבוניים (פפטידים) אשר, בדומה לתהליך קבלת חלבונים בטבע, מתקבלים ומסתדרים במבנה מסודר בעל מימדים ננומטריים. בעזרת תכנון החומרים אנו מקנים למבנים תכונות אשר מאפשרות לנו להנדס את צורת ההתקנים, ולשלוט על תכונותיהם החשמליות.

לאחרונה הראנו שניתן להשתמש בתצורתו של תת מבנה חלבוני ה-coiled coil, שהינו מבנה נפוץ מאוד בטבע, לשליטה על תכונות חשמליות של התקנים חשמליים המבוססים עליו (תמונה 1). לצורך עבודה זו תכננו חלבונים אשר מתקפלים לתצורות שונות זו מזו, אשר כתוצאה מכך שונים בדיפול החשמלי שלהם. השמה מאורגנת של מולקולות אלה על מצע זהב מאפשרת שליטה על פונקציית העבודה של הזהב, דבר בעל חשיבות רבה ליצירת מגעים של התקנים חשמליים. יותר מכך צמתות חשמליים מבוססים על חומרים אלה נשלטים על ידי השדות החשמליים הפנימיים של החומרים ולכן ניתן לקבל צומת בעל מוליכות אוהמית סימטרית, או הולכת תלויה ממתח-בדומה לצומת  $p-n$ .



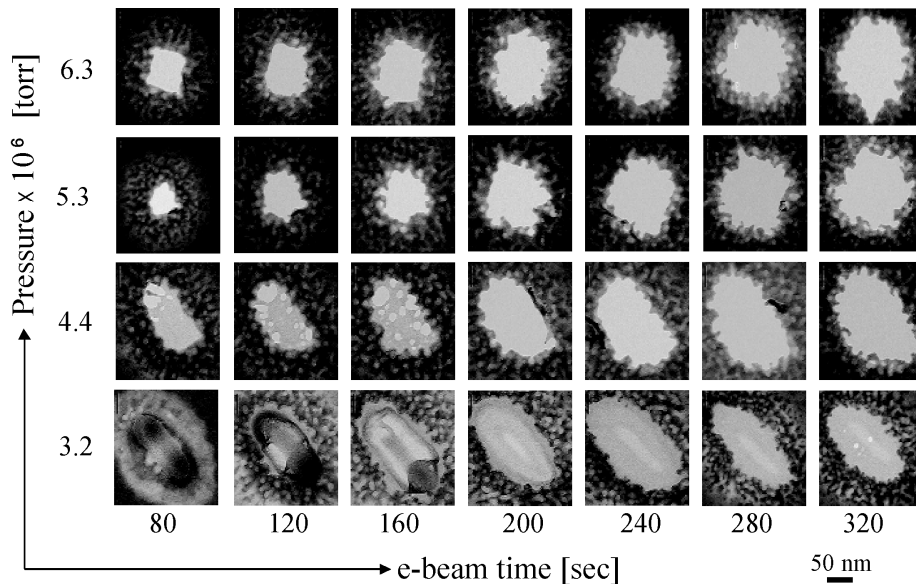
**תמונה 1:** (a) מודל המתאר את חלבוני ה-coiled coil המבוססים על שני חלבונים סליליים המלופפים אחד סביב השני על גבי אלקטרודות זהב. כיוון החיצים בכל סליל מראה את כיוון הדיפול החשמלי הפנימי של החלבון. (b) שינויים בפונקציית העבודה המבוטאים ע"י הפרש פוטנציאל המגע (CPD) עבור אלקטרודות זהב עליה הושמו החלבונים השונים. (c) עקומות זרם מתח של החלבונים השונים. ניתן לראות את המעבר מהתנהגות אוהמית להתנהגות תלויה מתח כתלות בתצורת החלבון. (Ashkenasy and co workers, JACS, 2010)



**תמונה 2:** (a) תמונת טופוגרפיה שנלקחה ב-AFM של גבישי זהב שגודלו מתמיסת מלח של הזהב בטמפרטורת החדר על מצע של פפטיד. (b) תמונה של פסי זהב שיוצרו בעזרת הדפסת מגע ( $\mu$  contact printing) של הפפטיד וגידול הזהב על גבי דוגמת הפסים שיוצרה. גידול הזהב נעשה באופן סלקטיבי על גבי הפפטיד. (c) מוליכות חשמלית משטחית של הזהב כפונקציה של זמן גידול שכבת הזהב. (Matmor and Ashkenasy, J. Mater. Chem. 2010)

במחקר נוסף בקבוצתנו אנו משתמשים ברצפים חלבוניים בעלי יכולת צימוד סלקטיבית לחומרים אי אורגניים לצורך הכנת אותם חומרים ושליטה על תכונותיהם החשמליות. בעבודה שנעשתה במעבדתנו תוכנן פפטיד בעל יכולת צימוד הן לזהב והן לתחמוצת סיליקון לצורך גידול של זהב גבישי על התחמוצת (תמונה 2). יצירת דוגמת פסים של הפפטיד מאפשרת הכנת פסי זהב מוליכים. בעתיד אנו מתכננים להשתמש בשיטות אלה ליצור התקנים חשמליים.

כפי שמימדיהן של מולקולות ביולוגיות הביאו לרצון להשתמש בהם ביישומים ננו טכנולוגיים, יש חשיבות לפיתוח בטכנולוגיות חדישות לחישה ואפיון של מולקולות אלה. לצורך כך אנו מפתחים שיטות ליצור חורים ננומטריים בממברנות עשויות מסיליקון ניטריד, שליטה על תכונותיהם ואפיונם. לאחרונה פתחנו שיטה חדישה ליצור חורים בגדלים של 20-200 ננומטר בעזרת איכול כימי המואץ ע"י קרן אלקטרונים (תמונה 3). בנוסף לכך פיתחנו שיטה להערכת המבנה התלת מימדי של החור בעזרת מדידות של זרם יונים שעובר דרכו.



תמונה 3: תמונות TEM של חורים ננומטריים בממברנת סיליקון ניטריד בעובי של 30 ננומטר שיוצרו בעזרת פולסים של אלקטרונים באנרגיה של 2keV באווירה של XeF<sub>2</sub>. התמונה מראה את ההשפעה של לחץ אדי הגז ומשך ההקרנה בקרן האלקטרונים על יצור החורים. גודל החור תלוי לינארית בזמן ההקרנה דבר המאפשר שליטה על גודל החור. (Ashkenasy and co workers, *Nanotechnology*, 2010)

המחקר בקבוצתנו חושף את הסטודנטים למגוון אספקטים של הכנת חומרים ואפיונם במגוון שיטות. הכנת החומרים נעשית ע"י סינטזה כימית. החומרים מושמים על משטחים בשיטות של השמה עצמית ונעשה פיתוח של שיטות ליטוגרפיה מתקדמות לצורך יצירת מבנים וצורות. אפיון החומרים כולל עבודה מסיבית במיקרוסקופ כח אטומי (AFM-microscope atomic force) בו אנו משתמשים לאפיון מורפולוגיה, כאמצעי לליטוגרפיה, וכמכשיר לאפיונים חשמליים. בנוסף לכך אנו משתמשים לאפיונים חשמליים בגשש קלוין בעזרתו אנו מודדים את פונקציית העבודה של חומרים בחושך ותחת הארה. אפיון התקנים נעשה בתחנת גששים (probe station) תוך שליטה בטמפרטורות המדידה. המחקר בקבוצתנו הינו בין תחומי ולכן בנוסף לסטודנטים מהמחלקה להנדסת חומרים, יש בה סטודנטים ממחלקות אחרות כגון ביוטכנולוגיה, ביורפואה, חשמל, כימיה ופיזיקה.

פרטים נוספים ניתן למצוא באתר הקבוצה: <http://www.bgu.ac.il/~nurita>