



מיני ליזה: ציור המפורסם של לאונרדו דה וינצ'י, המונה ליזה, צויר על בד ברוחב 30 מיקרון

טכנולוגיה זו עשויה לשמש בייצור של רכיבים בגודל ננומטרי, בשימוש בדרך שבה שלטו החוקרים בריכוז המולקולות בכל פיקסל

"באמצעות שליטה בטמפרטורה, הצוות שלנו תמך את הריאקציות הכימיות כדי שישפוקו שונות בריכוז המולקולות בקנה מידה ננומטרי", אומרת ג'ניפר קרטיס, פרופסור עוזרת בביה"ס לפיסיקה במכון הטכנולוגי של ג'ורג'יה והחוקרת הראשית. הריתוק המרחבי של כל פעולה כימית כזו במרחב מצומצם נדרשה כדי ליצור תמונה מורכבת כמו המיני ליזה. "אנו צופים כי ה-TCNL יוכל לבצע פעולות עדינות כאלה גם בשליטה במוליכות של גרפן, לדוגמה", אומרת קרטיס. "טכניקה זו תוכל לאפשר מגוון רב של ניסויים ויישומים שקודם היו בלתי אפשריים, בתחומים כגון ננו-אלקטרוניקה, אופטו-אלקטרוניקה וביו-הנדסה.

מעגלים לוגיים מבוססי גרפן

גרפן מתואר כחומר פלאי, שיוכל להצטייד קדימה את תחום המוליכים-למחצה אל מעבר לעידן הסיליקון, אולם העובדה כי הוא חסר את המרווח האנרגטי שבין פס הערכיות לפס ההולכה (bandgap) מגבילה מאוד את התהליך הזה. במקום לשנות את הגרפן כך שיווצר בתוכו מרווח אנרגטי זה, המוביל גם להפחתת ההולכה האלקטרונית הגבוהה שבתוכו, חוקרים מאוניברסיטת קליפורניה בריוורסייד (UCR) מציעים להשתמש בלוגיקה הלא-בוליאנית האצורה באופן טבעי בגרפן.

מסביר פרופ' אלכסנדר בלאנדין: "התקנים המבוססים על גרפן בהתאם להצעתנו הדגימו התנגדות דיפרנציאלית שלילית (negative differential resistance, NDR) - תופעה שמקורה במבנה הסימטרי של המרווח האנרגטי שבגרפן. ניתן להשתמש בתכונות זרם-מתח לא-ליניאריות אלו על מנת לקבל תוצאות בייציבות וב-ערכיות המשמעות היא, שעבור ערכי קלט מסוימים ניתן יהיה לקבל שני ערכי פלט - שלא כמו בשערים לוגיים רגילים, שבהם מתקבל פלט חד-ערכי בלבד (לדוגמה, אפס או אחד) - ואלו יוכלו לשמש לפיתוח מעגלים חשמליים המבוססים על שערים לוגיים לא-בוליאניים בעלי ניידות אלקטרוניים ומהירות רוויה גבוהות מאוד, ההופכים את המעגלים הללו למהירים במיוחד.

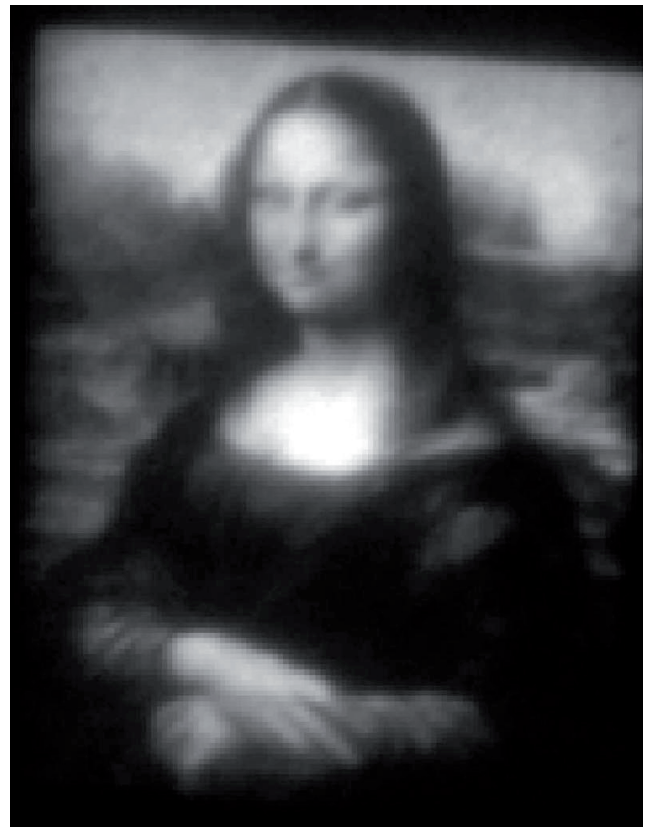
לפי דברי החוקרים, ניתן יהיה להטמיע את המעגלים הלוגיים הלא-בוליאניים המאוד מהירים הללו בתוך טרנזיסטורים המבוססים על גרפן כך שיוכלו לנצל את התופעה הייחודית הזאת (NDR). התקנים אלו יתאימו במיוחד למטלות הדורשות עיבוד מידע מהיר, כגון זיהוי תמונות, הצפנת מידע וחיפוש יעיל בתוך מסדי-נתונים.

"קיומה של תופעת ה-NDR בטרנזיסטורים המבוססים על גרפן מספק לנו אופק חדש לפיתוח מעגלים לוגיים אנלוגיים מיוחדים, שיוכלו להביא פתרון לבעיות שונות באופן יעיל יותר מאשר מעבדים ספרתיים רגילים", מוסיף ואומר החוקר הראשי.



תמונת מיקרוסקופ אלקטרוני סורק של התקן הגרפן החדשני, המנצל שני לוגי לא-בוליאני (כאשר שמליל האוניברסיטה, UCR, מוטבע על גבי משטח הגרפן). קנה המידה של הקו בתחתית התמונה הוא מיקרון אחד (באדיבות University of California at Riverside).

הציור המפורסם בעולם מגיע כעת גם בגרסה ננו-טכנולוגית. חוקרים במכון הטכנולוגי של ג'ורג'יה "צבעו" את המונה ליזה על פני שטח ברוחב של 30 מיקרון, או כשליש מרוחבה של שערה. טכנולוגיה זו עשויה לשמש בייצור של רכיבים בגודל ננומטרי, בשימוש בדרך שבה שלטו החוקרים בריכוז המולקולות בכל פיקסל.



מיני ליזה - הציור המפורסם בעולם, "המונה ליזה" בגרסה ננומטרית (צילום: המכון הטכנולוגי של ג'ורג'יה)

התמונה נוצרה באמצעות מיקרוסקופ כוח אטומי, בתהליך המכונה ננו-ליתוגרפיה תרמו-כימית (ThermoChemical NanoLithography - TCNL). החוקרים מיקמו תומכה פיקסל אחר פיקסל (בקוטר 125 ננומטרים). החוקרים מיקמו תומכה מחוממת על מצע ויצרו סדרת ריאקציות כימיות בקנה מידה ננומטרי. באמצעות שינוי רמת החימום בכל נקודה, שלטו החוקרים במספר המולקולות החדשות שנוצרו. ככל שהחום היה גבוה יותר, כך גדל הריכוז המקומי של המולקולות. אור רב יותר יצר את הגוונים הבהירים יותר של הצבע האפור במצחה ובידה של המונה ליזה. חימום לטמפרטורה נמוכה יותר יצר את הצללים הכהים בשמלתה ובשערה.