

A

כאן, אנו חוקרים את הפאזה הטופולוגית של פלוקה הפוטונית בסריג פרקטלי המונע באופן מחזורי. סריג זה מתבסס על גביש פוטוני פרקטלי [הגסקה של סרפינסקי (SG)] המורכב ממדריכי גל הליקליים המחוברים באופן מתפשט, שניתן לממש בטכנולוגיית כתיבה בלייזר פמטושנייה. אנו מחשבים את הספקטרום הטופולוגי של פלוקה ומראים את קיומם של מצבי קצה טופולוגיים התואמים למספר צ'רן במרחב ממשי 1, שניתן לשלוט בהם על ידי הנעה מחזורית. אנו חוקרים את הדינמיקה של מצבי הקצה ואת החוסן שלהם בסימולציות בסריג SG הפרקטלי ומוצאים שחבילות גלים המורכבות ממצבי קצה טופולוגיים מתפשטות לאורך הקצה החיצוני ללא חדירה לנפח וללא החזרה לאחור אפילו בנוכחות אי-סדר ופינויות חדות. באופן דומה, מצבי הקצה הטופולוגיים הקשורים לקצוות פנימיים בסריג הפרקטלי מציגים תחבורה חסונה בכל פעם שהקצה הפנימי כולל שטח גדול מספיק. תוצאות אלו מרמזות שמבנים פרקטליים יכולים לפעול כמבודדים טופולוגיים, למרות היעדר מחזוריות והמבנים המורכבים בעיקר מחורים. לאחר מכן, אנו חוקרים תחבורה בסריג היברידי המשלב את הסריג הפרקטלי עם סריג חלת דבש ומוצאים שמצבי קצה טופולוגיים יכולים לעבור מסריג חלת הדבש לקצה של הסריג הפרקטלי ולהיפך, שם הם מציגים תחבורה מוגנת טופולוגית. תצפית זו מדגימה עוד שמצבי הקצה בסריג הפרקטלי תואמים ישירות לאותו מספר צ'רן כמו זה של סריג חלת דבש המונע על ידי אותה הנעה מחזורית. לבסוף, ניתן להשיג תוצאות דומות עם פלטפורמות פרקטליות אחרות: השטיח של סרפינסקי תחת סידור לא מחזורי, ואנו משערים שהמימושים התלת-ממדיים של גם ה-SG וגם השטיח של סרפינסקי גם הם יוצרים מצבי קצה טופולוגיים, וכך גם קוביות קנטור ואבק קנטור. לכן, התוצאות שלנו מציעות עושר של סוגים חדשים של מערכות טופולוגיות ויישומים חדשים, כגון שימוש בחוסן טופולוגי בשילוב עם הרגישות המוגברת של מערכות פרקטליות לחישה ובסביבות לא-הרמיטיות, לייזרים של מבודדים טופולוגיים בממדים פרקטליים.

B

כאן, אנו חוקרים את photonic Floquet topological phase ב-fractal lattice מונע באופן תקופתי. ה-lattice הזה מסתמך על fractal photonic crystal [ה-Sierpinski gasket (SG)] המורכב מ-evanescently coupled-helical waveguides, שניתן לממש על ידי femtosecond-laser-writing technology. אנו מחשבים את topological Floquet spectrum ומראים את קיומם של topological edge states המתאימים ל-real-space-Chern number 1, שניתן לשלוט בהם על ידי הנעה תקופתית. אנו חוקרים את הדינמיקה של ה-edge states ואת החוסן שלהם בסימולציות ב-fractal SG lattice ומוצאים ש-wavepackets המורכבים מ-topological edge states מתפשטים לאורך הקצה החיצוני ללא חדירה ל-bulk וללא החזרה לאחור אפילו בנוכחות אי-סדר ופינויות חדות. כמו כן, ה-topological edge states הקשורים לקצוות פנימיים ב-fractal lattice מציגים תחבורה חסונה בכל פעם שהקצה הפנימי כולל שטח גדול מספיק. תוצאות אלו מרמזות שמבנים fractal יכולים לפעול כ-Topological insulators, למרות היעדר התקופתיות והמבנים המורכבים בעיקר מחורים. לאחר מכן, אנו לומדים תחבורה ב-hybrid lattice המשלב את ה-fractal lattice עם honeycomb lattice ומוצאים ש-topological edge states יכולים לעבור מה-honeycomb lattice לתוך הקצה של ה-fractal lattice ולהיפך, שם הם מציגים תחבורה מוגנת טופולוגית. תצפית זו מדגימה עוד יותר שה-edge states ב-fractal lattice מתאימים ישירות לאותו Chern number כמו זה של ה-honeycomb lattice המונע על ידי אותה הנעה תקופתית. לבסוף, אפשר לקבל תוצאות דומות עם פלטפורמות fractal אחרות: ה-Sierpinski carpet תחת סידור לא תקופתי, ואנו משערים שהמימושים ה-3D של ה-SG וה-Sierpinski carpet גם כן מובילים ל-topological edge states, וכמו כן, ה-Cantor dust ו-Cantor cubes. מכאן, תוצאותינו מציעות שפע של סוגים חדשים של מערכות טופולוגיות ויישומים חדשים, כמו שימוש בחוסן טופולוגי בשילוב עם הרגישות המוגברת של מערכות fractal לחישה, ובהגדרות non-Hermitian, לייזרים של Topological insulators ב-fractal dimensions.