

## לייזרים רבי עוצמה, לאן?

מאת: ד"ר עודד עמיחי, 29.11.2016

הפעילות בלייזרים רבי עוצמה בארה"ב מתמקדת בלייזרים מצב מוצק בלבד, כאלה שמבוססים על לוחיות (slabs), וכאלה שמבוססים על סיבים אופטיים (fibers). ההספק הגבוה שהושג בלייזרים מצב מוצק, 100 קילוואט (ק"ו), הוא בלוחיות (נורת-רופ-גרומן, 2009), אולם ישנם קשיים במזעור לייזרים רבי עוצמה בטכנולוגיה זו. לייזרים סיבים קלים יותר למזעור, אולם יכולת הגמלון שלהם (מעבר לכ-100 ק"ו) בעייתית. זאת כי מסיב בודד ניתן להפיק כ-10 ק"ו, בטיב קרן גבוה, ועל מנת להעלות את ההספק יש לאגוד (bundle) כמה סיבים לאלומה אחת, אלא שלשם קבלת טיב קרן גבוה יש לבצע תיאום פאזות בין האלומות, שהינו בעייתי מעבר לכ-10 אלומות. לפיכך הפעילויות בשתי תת הטכנולוגיות מתנהלות במקביל. הספקי הלייזרים מצב מוצק באבי הטיפוס השונים הקיימים (כולם סיבים) הם בני כמה עשרות ק"ו, אולם יש פעילות ענפה להגדלת ההספק לעבר 150 ק"ו אפילו 300 ק"ו (לוחיות). לטה בהמשך, מספר מאמרים המפרטים את התפתחויות בתחום לייזרים מצב מוצק. לייזרים אלה אמורים לשמש ליישומים טקטיים מוגבלים. האם יש לצפות שהם גם יתפסו את מקומו של הלייזר הכימי רב העוצמה בהגנה מפני איומים אסטרטגיים: רקטות וטילים הנורים מטווחים בינוניים וגדולים? ספק רב.

להלן הערכתי:

1. השאיפה להעלאת ההספק בלייזרים מצב מוצק לכיוון 300 ק"ו נובעת מההכרה שהספקים של עשרות ק"ו יעילים ליישומים מוגבלים בלבד.
2. לייזרים מצב מוצק פועלים כולם באורך גל (א"ג) קצר, בסביבות 1 מיקרון. א"ג קצר כזה סובל ממגבלות אטמוספיריות, ולא ריאלי לתכנן מערכת נשק שתפעל רק לתנאי מזג אוויר אופטימליים, ולכן טווח היירוט של מערכות אלה יהיה מוגבל.
3. רוב לייזרים מצב מוצק יופעלו עם אופטיקה אדפטיבית, שכן בלעדיה, ביצועיהם יהיו מוגבלים מאד. טווח היירוט יגיע לקילומטרים בודדים, לעומת 15 ק"מ, עם לייזר כימי – סקייגארד עם אופטיקה אדפטיבית. יתרון משמעותי ללייזר הכימי.
4. רק כשיפותחו לייזרים מצב מוצק בא"ג גבוה יותר (כ-4 מיקרון) ניתן יהיה להשוות ביניהם. אין זה בלתי אפשרי, אך הנושא טרם הגיע לבשלות.
5. ללייזרים אלה (מצב מוצק) ישנה בעיית מקורות אנרגיה קומפקטיים: גנרטורים (אינם יעילים), או קבלים. אפילו בנצילות אופטימית של 30% ואפילו 40%, זה עדיין נושא מורכב.
6. קיימת גם בעיית סילוק חום בלייזרים מצב מוצק, מחליפי חום בהספק של פי 2.5-3 מהספק הלייזר. גם נושא סבוך.
7. שתי בעיות אלה (5-6) אינן קיימות בלייזר הכימי. מקור האנרגיה של לייזרים כימיים הוא משריפת דלק. עיקר עודפי החום מסולק עם גזי הפליטה. מקור האנרגיה של לייזרים מצב מוצק הוא חשמלי. את עודפי החום יש לסלק במתקן קירור מיוחד.
8. להשוואה, כבר שנים רבות, כלי התחבורה מבוססים על שריפת דלק. מכונות חשמליות בביצועים מוגבלים, קיימות ומתפתחות, אך הן רחוקות מלהוציא את מכונות הבנזין מהשוק. למה עם לייזרים זה צריך להיות שונה? צריך לפתח לייזרים מצב מוצק? ודאי! אך לא במקום הקיים (לייזר כימי).
9. לייזרים כימיים הגיעו להספק מעל מגהוואט (מ"ו) כבר לפני כ-40 שנה. לייזרים מצב מוצק לא יגיעו לכך בימנו. ליירוט טילים בליסטיים ארוכי טווח דרוש לייזר בהספק של מספר מ"ו, שיזווד במטוס. אין ליישום זה פתרון זולת הלייזר הכימי (גמלון המבוסס על הסקייגארד; הפתרון שנבחר נוסה ע"י חברת נורת-רופ-גרומן ב- COIL - ABL, בעייתי לעומתו).

10. קיימת גם בעיית טיב הקרן, שהיא משמעותית. בלייזר הכימי טיב קרן גבוה (טוב) הוא אינהרנטי. מובנה. בלייזרים מצב מוצק זו בעיה, במיוחד כשההספק עולה, עקב מגבלות של סילוק החום.

11. בינתיים, לייזרים אלה (מצב מוצק) גם אינם יותר קטנים, פיזית, מהלייזר הכימי. גם הלוגיטיקה של החלפת קבלים (שעדיין אינם בס"ג הדרוש) ומילויים עדיין מסורבלת.

12. ובעיה משמעותית נוספת: אור מוחזר מהמטרות הנורות ע"י לייזרים מצב מוצק מעורר, ומהווה בעיה קשה בשימוש בו באזור מיושב. בעיה כזו אינה קיימת בלייזר הכימי (בעיית א"ג).  
13. מי שסבור שלייזרים מצב מוצק, נמצאים קרוב ליישום למטרות אסטרטגיות, אופטימי מדי... או לא ער לפרובלמטיקה שכרוכה ביישומם...

14. אז מדוע משקיעים רק בהם?

בלייזר הכימי אין כבר צורך להשקיע, הוא כבר פותח. צריך רק לרצות, להחליט ומערכות נשק יכנסו לשימוש.

לייזרים מצב מוצק עדיין רחוקים מיישום. המפתחים של לייזרים אלה מציינים שלייזרים בהספק של עשרות ק"ו מיועדים לנטרל כלי שיט קטנים, מל"טים ומזל"טים בטווח של 1.5-2 ק"מ. לייזרים בהספק של 100 ק"ו יוכלו לטענתם גם לייטר פצמ"רים ורקטות מטווח קצר. יירוט מטווח קצר יוצר שטח הגנה קטן, דבר שמיעד את המערכת להגנה על מטרות נקודה, ולא מטרות שטח. גם זמן היירוט משמעותי. היירוט צריך להתבצע תוך 2-3 שניות, כי אם הוא נמשך יותר (אפילו 5-6 שניות), המשימה נכשלה; אין זמן.

15. כולם מרוצים מההתמקדות בלייזרים אלה: יצרני הטילים חוגגים, אין איום מידי לפרנסתם... מפתחי הלייזרים מרוצים, תקציבים זורמים...

אז מי הקורבן? אלה שנמצאים תחת איום מידי של נשק בליסטי (פצמ"רים, רקטות, טילים). מי הם? תושבי קליפורניה? ניו יורק? לונדון? לא! הם חיים בשלווה, איש לא מאיים עליהם. תושבי ישראל הם היחידים שחיים תחת איום של ירי מנשק בליסטי.

למי אכפת? ממשלת ישראל עסוקה בעניינים "חשובים יותר", והגנת העורף אינה בראש מעייניהם... עד שתקרה קטסטרופה... וגם אז, ימצאו האשמים התורניים למחדל...

למה שהאמריקאים יתאמצו עבור מי שלא מעוניין? הדרישה חייבת לבוא מהלקוח, ואין כזה... הלקוח היחיד, עליו יש איום בליסטי מידי (אנחנו), חי בסרט אחר...

לישראל גם יש את התשתית הראויה לייצר בעצמה לייזרים כימיים רבי עוצמה, אבל לשם כך היא צריכה לרצות, והיא לא...

על השאלה מדוע, אין לנו תשובה!!

**הכותב הוא יו"ר עמותת מגן לעורף**

Ref.

1. Next Big Future: Navy Slab Solid State Lasers will scale to 300-500 Kilowatts  
<http://www.nextbigfuture.com/2015/01/navy-slab-solid-state-lasers-could.html?m=1>

2. Next Big Future: 150 kilowatt Solid State combat laser is ready this year  
<http://www.nextbigfuture.com/2015/05/150-kilowatt-solid-state-combat-laser.html?m=1>

3. General Atomics: Third-Gen Electric Laser Weapon Now Ready | Technology content from Aviation Week  
<http://m.aviationweek.com/technology/general-atomics-third-gen-electric-laser-weapon-now-ready>

4. Laser weapons at the crossroads - Military & Aerospace Electronics  
<http://www.militaryaerospace.com/articles/print/volume-26/issue-11/special->

[report/laser-weapons-at-the-crossroads.html](http://report/laser-weapons-at-the-crossroads.html)

5. Raising HEL: The mirage of laser weapons

[https://www.google.co.il/url?](https://www.google.co.il/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.janes360.com/images/assets/736/51736/The_mirage_of_laser_weapons.pdf&ved=0ahUKEwi7ofy5xsbQAhXCTSYKHTBuCno4ChAWCF4wDA&usg=AFQjCNFaAbn1l_QOZULeUosGMyZD7iUW5A&sig2=yAVJLnJ3I91LxKWW38JNTQ)

[sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.janes360.com/images/assets/736/51736/The\\_mirage\\_of\\_laser\\_weapons.pdf&ved=0ahUKEwi7ofy5xsbQAhXCTSYKHTBuCno4ChAWCF4wDA&usg=AFQjCNFaAbn1l\\_QOZULeUosGMyZD7iUW5A&sig2=yAVJLnJ3I91LxKWW38JNTQ](http://www.janes360.com/images/assets/736/51736/The_mirage_of_laser_weapons.pdf&ved=0ahUKEwi7ofy5xsbQAhXCTSYKHTBuCno4ChAWCF4wDA&usg=AFQjCNFaAbn1l_QOZULeUosGMyZD7iUW5A&sig2=yAVJLnJ3I91LxKWW38JNTQ)

## תגובות:

דן רוגל:

עודד יקירי. לא כך. 90% ממה שכתבת רק 1% מהקוראים מבינים ולכן את 10% שכתובים בסוף הם לא קוראים בכלל... גם אני לא הבנתי, ואני לא מייצג במיוחד... אולי אתה צריך יחצן? אולי אילנה דיין או רביב דרוקר או מישהו אחר? כמעט כל יום יש אחלה תחקירים, בעיקר בערוץ 10 והם מייחלים לנושאים! למשל, אפשר לשכנע דרך הכסף ואז אולי מתן חודורוב יעזור? בקיצור, זרוק את הדיסקט המדעי! שים דיסקט פופולרי. תמונות של ילדים נפגעי טילים. יש מסוריה טובות! וסליחה על הברוטליות.

ע.ע.

דן יקירי. אחרי שנים של כתיבה פופולרית, פרסמתי גם משהו פסוידו-מדעי, על מנת שמי שצריך להבין, יבין. צריך מדי פעם לעשות זאת. אני גם סבור שכל קורא בר דעת ימצא בכתוב עניין, גם אם לא יתעמק בכל הפרטים.

דן רוגל:

לא עודד. זה מסובך לאללה. מספיק מדע. תתחיל עם גועל נפש. תסביר למה אם אתה מוכרח בגלל המצפון. לא הכרחי. יש מסוריה כל כך הרבה תמונות שרק מטומטם לא יבין. וברור שעל כל שיירת טילים שח"א מפציץ בסוריה יש עוד כמה שעברו בשביל שהמסר יובן. די ציונות. פחד. אימה. זוועות. סה מה שמוכר...

ע.ע.

הנה לך גועל נפש בבקשתך:

מצגת שפורסמה לפני 6 שנים בעת השריפה בכרמל. אקטואלית, כאילו נכתבה השבוע:

<http://magenlaoref.org.il/carmel.pdf>

דן רוגל:

יופי. תמצא דברים חדשים. כמו מה שמקבלים מחאלב. עוד ועוד. תמונה אחת שווה אלף מילים. ובאמת שאתה צריך יחצן, או תחקיר! כבר ברור שאתה לא מספיק. בטח לא אני. בטח לא חברים... משהו חדש. אל תתוכח איתי! אני משוכנע...

ע.ע.

צריך גם זה וגם זה. מתלהמים יש בשפע, בכל תחום, ולא תמיד הם צודקים... צריך מדי פעם לתת גם טעימה מקצועית, כדי שמי שירצה, אולי יבין...

זה מזכיר לי שלפני 4 שנים פרסמתי יחד עם אהרון פוסטון, אחד הפיסיקאים הטובים שעבדו אתי, מאמר מדעי בעיתון יוקרתי, Applied Physics (קישור מצורף), שלפיו "המצאת המאה" של רפאל, קרן ברזל, קצת בעייתית... שלחתי את המאמר להנהלת רפאל, ונדמה לי שאיש לא קרא אותו. תשאל אותם לאן נעלמה קרן הפלא בקול דממה דקה...

זה מביא אותי לשאלה, למה פרסמתי את המאמר הנוכחי, נושא שכבר דנתי בו בעבר. זאת משום שליזר מצב מוצק הפך בחוגים מסויימים לעגל הזהב החדש, וסוגדים לו כמה אנשים רציניים (באמת), שלא יודעים להבדיל בין לייזר לפנס כיס. טוב, זה לא חטא, אבל מי שלא מבין צריך לשאול/ לברר...

זה שהאמריקאים משקיעים בו, לא צריך לעזור עינינו. להם יש איומים/ יישומים/ שיקולים/ אינטרסים משלהם,

שלא בהכרח חופפים את שלנו.  
יש כלפינו איומים חריגים של נשק בליסטי. כולם מבינים את האיום. יודעים שהפתרונות הקיימים לא יעמדו בעת הצורך. מעלים רעיון הזוי של פינוי המוני של אוכלוסיה... לא מבינים שהפתרון המתאים מונח בפתח דלתם... אז רבותי, פקחו עיניים לפני שתהיה קטסטרופה...

<http://link.springer.com/article/10.1007/s00340-012-5248-6>

דן רוגל:

אני מבין עודד. וחוזר על הצעתי לנושא לתחקיר בחדשות 10 על איזה רקע שתמצא. הצעתי את הכספי. בטח יש עוד...

ע.ע.

זה בהחלט כיוון שאנו חושבים עליו.  
וגם חשבנו... לפני 9 שנים היתה תוכנית תחקיר על הנושא בעובדה של אילנה דיין. התוכנית עשתה רעש כמה ימים ונשכחה...

למי שמעוניין להזכר, להלן קישור לתוכנית:

<http://magenlaoref.org.il/articlesuvdamovie.html>

[http://mobile.mako.co.il/tv-ilana\\_dayan/d0a2066bd9686110-85edba003aa7c110/Article-0ec46ce47951911004.htm](http://mobile.mako.co.il/tv-ilana_dayan/d0a2066bd9686110-85edba003aa7c110/Article-0ec46ce47951911004.htm)

אברהם שביט:

לא ערוצי טלוויזיה רק לשבת שר הבטחון. אולי הוא יואיל לחשוב שמה שעשה עמיר פרץ עם כיפת ברזל, הוא יצליח עם הלייזר. זו בשלב זה הדרך היחידה