

Femtosekundowe laserowe wiercenie udarowe SiC bez pęknięć dzięki tłumieniu fali uderzeniowej

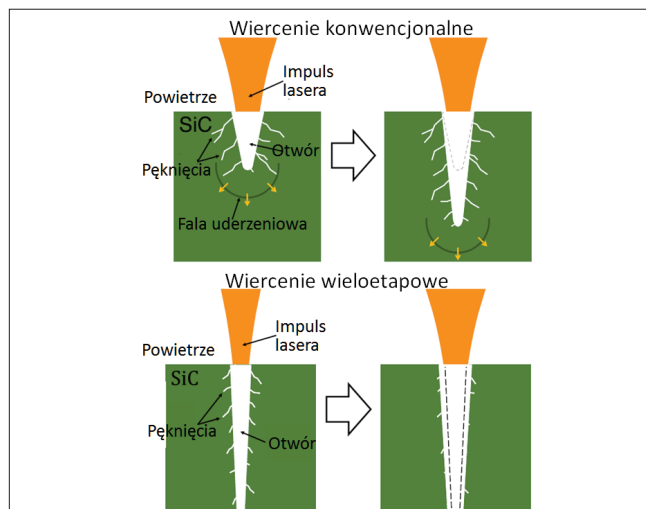
Lasery femtosekundowe są stosowane do mikroobróbki różnych materiałów, takich jak półprzewodniki, izolatory i metale. Jednak w trakcie obróbki nimi materiałów twardych i kruchych, takich jak SiC, wokół przetwarzanego obszaru powstają pęknięcia. Tu przedstawiono metodę wieloetapowego wiercenia redukującą ten problem.

W trakcie konwencjonalnego wiercenia laserem femtosekundowym, gdy impuls lasera jest absorbowany w SiC, materiał jest szybko podgrzewany i usuwany przez ablację, podczas której zamienia się w plazmę, a jego objętość szybko i znacząco wzrasta. Gwałtowna ekspansja plazmy wiąże się z generowaniem fali uderzeniowej, która powoduje pęknięcia, co pokazano na rys. 1. Proces ten jest powtarzany setki razy, aż do uzyskania pożądanego kształtu. Im większa energia impulsu, tym gorsza jakość powierzchni z powodu pęknięć.

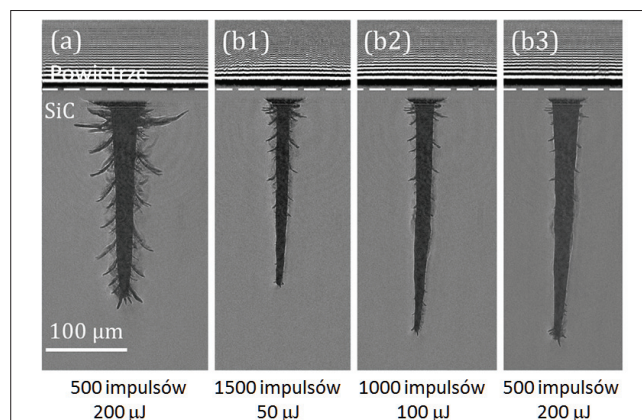
Zaproponowano podejście polegające na wierceniu wieloetapowym, w którym po wywierceniu otworu pilotażowego z małą energią impulsu otwór jest rozszerzany poprzez stopniowe zwiększanie energii impulsu bez powodowania silnych fal uderzeniowych. Pokazano to w dolnej części rys. 1.

Do wiercenia próbek 4H-SiC użyto lasera o długości fali 1030 nm, szerokości impulsu 180 fs i częstotliwości powtarzania 1 kHz. Profil otworu wykonanego konwencjonalnie 500 impulsami o energii impulsu 200 μ J przedstawiono na rys. 2a.

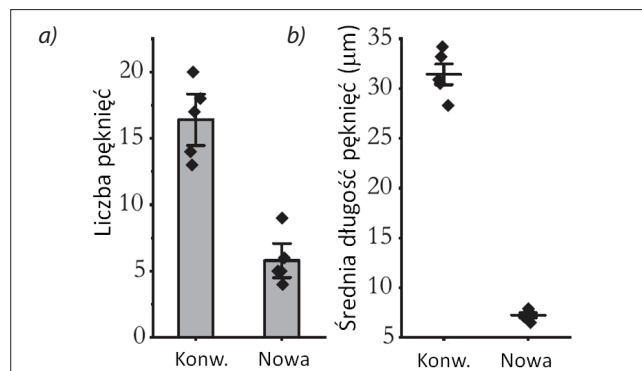
W proponowanej metodzie proces podzielono na trzy etapy, w których zastosowano: 1500, 1000 i 500 impulsów z energią impulsów odpowiednio: 50, 100 i 200 μ J. Wyniki obróbki przedstawiono na rys. 2b1–b3. Pęknięcia wokół otworu pilotażowego (b1) były krótsze. Impulsy o wyższych energiach usunęły je, gdy średnica i głębokość otworów zostały powiększone (b2 i b3), przy czym nie powstały nowe pęknięcia pomimo zwiększenia energii impulsu.



Rys. 1. Mechanizm powstawania pęknięć podczas konwencjonalnego i wieloetapowego wiercenia laserem femtosekundowym w węgliku krzemu (SiC)



Rys. 2. Mikroskopowe przekroje otworów wywierconych metodą: a) konwencjonalną i b) nową.



Rys. 3. Porównanie pęknięć generowanych w trakcie zastosowania metody konwencjonalnej i nowej

Liczbę i długość pęknięć porównano na rys. 3. Na rys. 3a pokazano liczbę pęknięć dłuższych niż 5 μ m. Nowa metoda pozwoliła na jej zmniejszenie o 65% w porównaniu z metodą konwencjonalną. Na rys. 3b pokazano średnie długości dziesięciu najdłuższych pęknięć dla każdego wywierconego otworu. Długość pęknięcia była o 77% mniejsza w przypadku zastosowania proponowanej metody w porównaniu z metodą konwencjonalną.

Wyniki te świadczą, że stopniowe zwiększanie energii impulsu podczas femtosekundowego wiercenia laserowego SiC może znacznie zmniejszyć generowanie pęknięć.

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Hattori Junya, Ito Yusuke, Sugita Naohiko. "Crackless femtosecond laser percussion drilling of SiC by suppressing shock wave magnitude". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 72 (2023): 185–188, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2023.03.012>. ■