

[Light Edge TOP頁へ戻る](#)

# GHzバーストモードレーザー を用いたSiウェハの高速加工

10a-N321-7

ウシオ電機株式会社<sup>1</sup>, 千葉工業大学<sup>2</sup>  
○山崎 祐<sup>1</sup>, 影林 由郎<sup>1</sup>, 藤本 靖<sup>2</sup>

2021/9/10

Copyright(C) 2021 Ushio Inc., All Rights reserved

未来は光でおもしろくなる

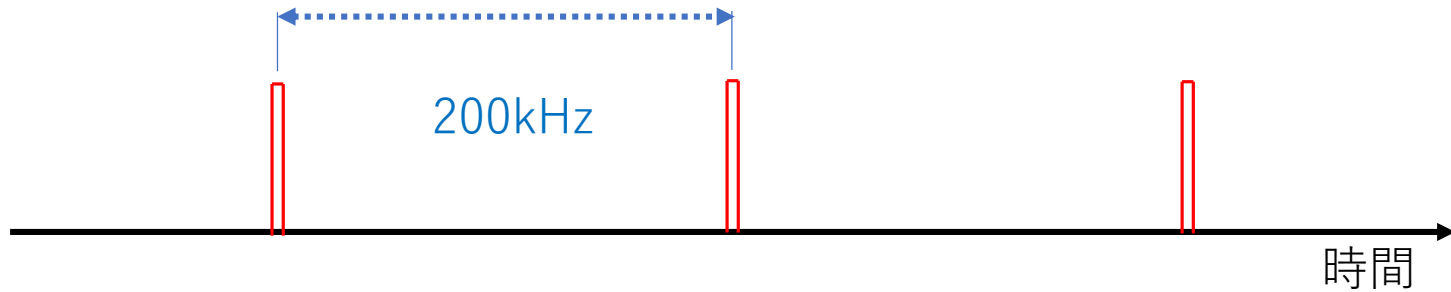
**USHIO**



# 1-1. 背景 GHzバーストモードレーザーとは？

一般的なパルスレーザー

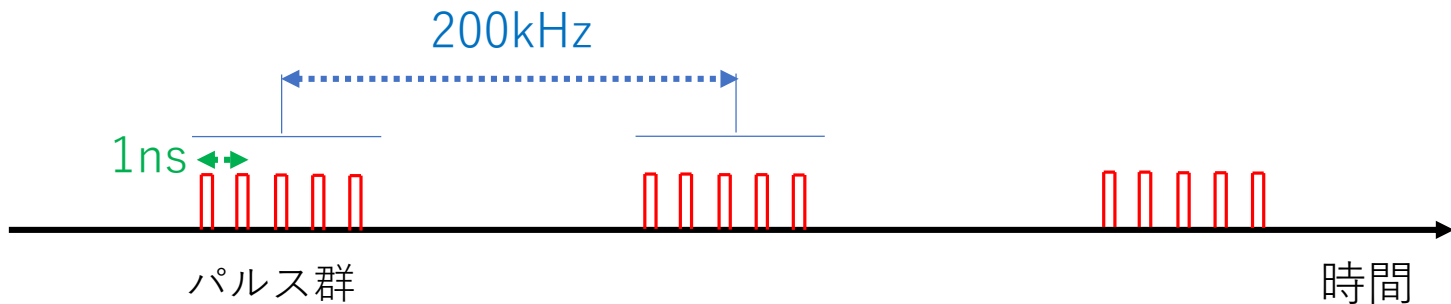
繰り返し周波数~200kHz



バーストモードレーザー

繰り返し周波数

バースト間：~200kHz  
バースト内：>1GHz  
(パルス間隔：<1ns)



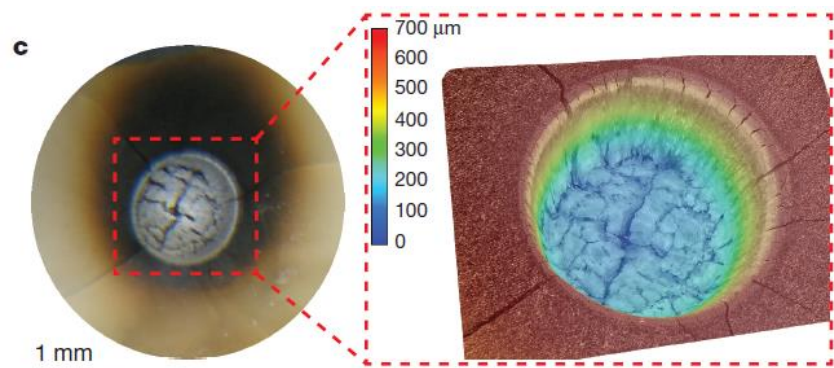
GHzバーストモードレーザー (GHzレーザー)

# 1-2. 背景 レーザー加工の問題点と解決法

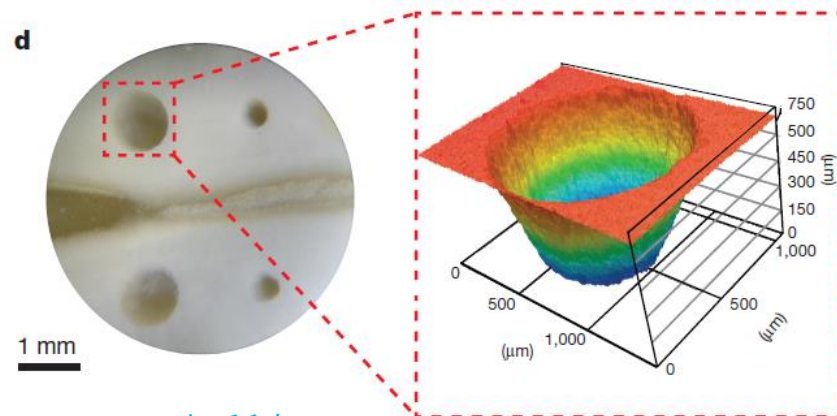
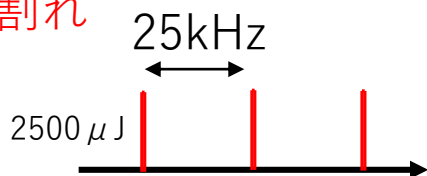
加工タクトが長い。高出力にすると、サンプルは熱ダメージ。

論文

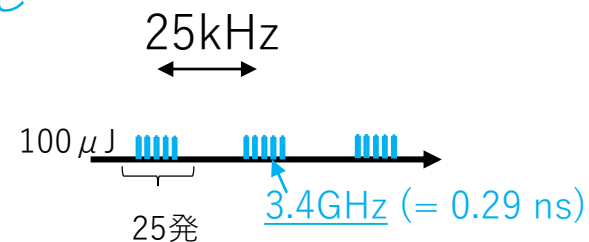
Can Kerse *et.al*; *Nature* **537**, p.84–88 (2016)



炭化, ひび割れ



変質無し



## GHzレーザーによる加工

熱が拡散する前に、高速にパルスを照射。昇温部を除去。  
⇒熱変質の低減。エネルギー利用の高効率化、加工速度を高速化。

## 2-1. 研究の目的, GHzレーザーの構築

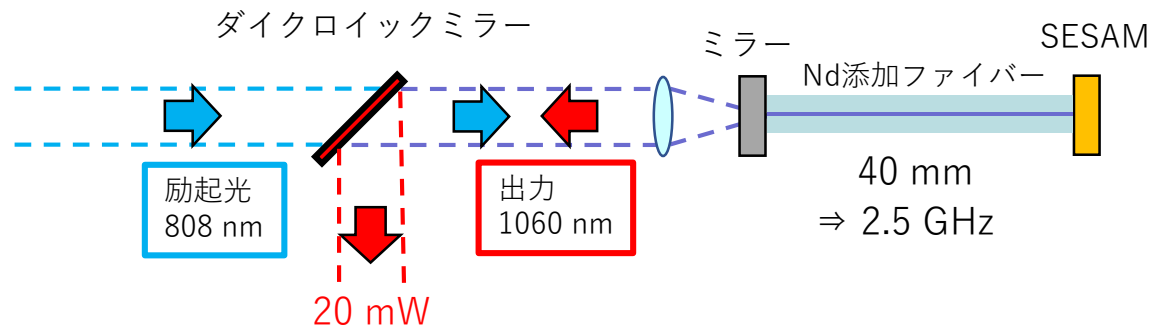
### 目的

- ・実際にGHzレーザーを構築し, 加工速度の高速化を検証すること.

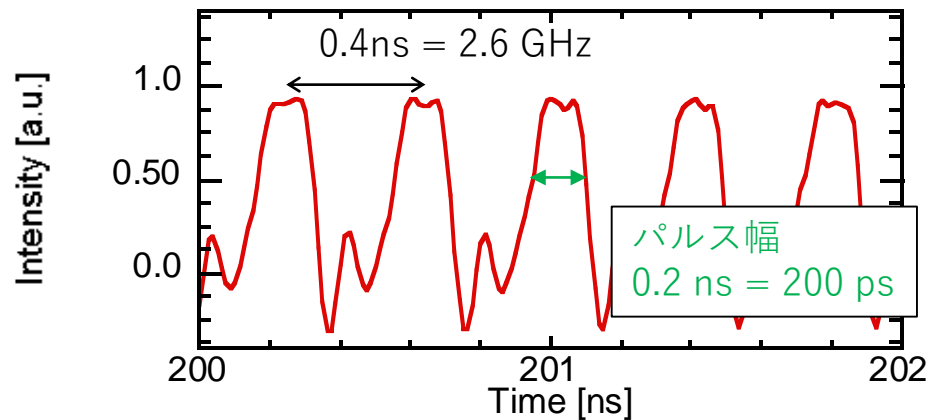
### GHzレーザーの構築

[1] Y. Yamasaki *et al.* ; Opt. Com. **497**, p.127151 (2021)

- ・モード同期Nd添加ファイバーレーザー (= シードレーザー) [1].

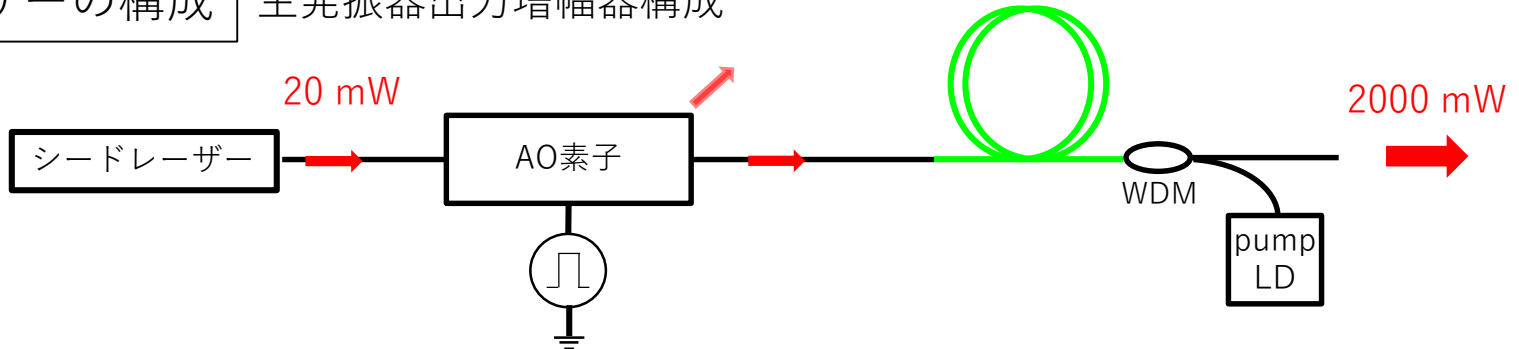


- ・シードレーザーの時間波形



## 2-2. レーザーの構成, 出射パルス

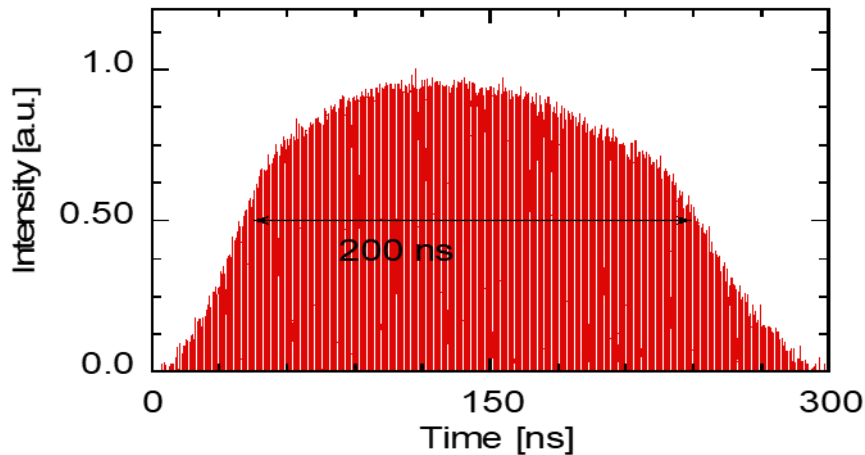
レーザーの構成 主発振器出力増幅器構成



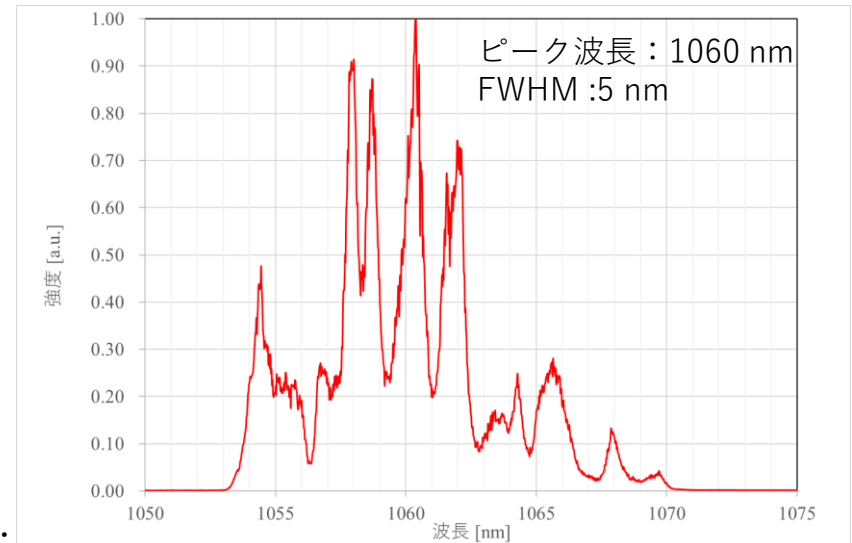
ファイバー増幅器で出力を, 約20 mWから約2000 mWへ増幅

出射パルス

・ 時間波形



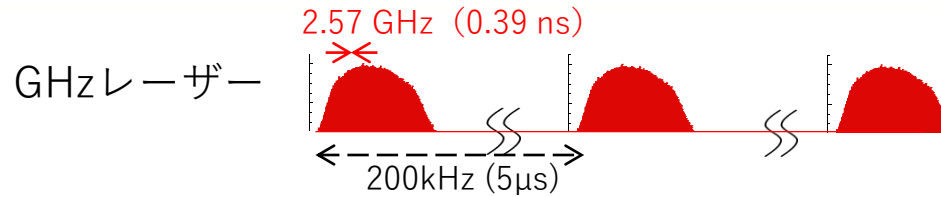
・ 発振スペクトル



パルス群: 200 nsの半値時間幅 = 500 発のパルスを含む。  
※パルス群を200kHzで出射

## 2-3. 加工実験方法

### 照射条件



	波長	パルス幅	繰り返し周波数	エネルギー		
				平均出力	1パルス	尖頭値
GHzレーザー	1060 nm	200 ps	200 kHz (2.6 GHz)	2.1 W	群: 11 $\mu$ J 1発: 0.021 $\mu$ J	110 W
fsレーザー	1030 nm	250 fs	200 kHz	5.5 W	28 $\mu$ J	0.11 GW
ns IRレーザー	1060 nm	10 ns	10 kHz	5.9 W	590 $\mu$ J	59 KW
ns VISレーザー	532 nm	6 ns	20 kHz	6.0 W	300 $\mu$ J	50 KW
ns UVレーザー	355 nm	10 ns	40 kHz	1.8 W	44 $\mu$ J	4.4 KW

※1パルス or 1パルス群が試料に照射されるよう、走査速度を調整

### 照射対象

$\phi 4''$ ,  $t = 500\mu\text{m}$ の Siウエハ (鏡面研磨品)

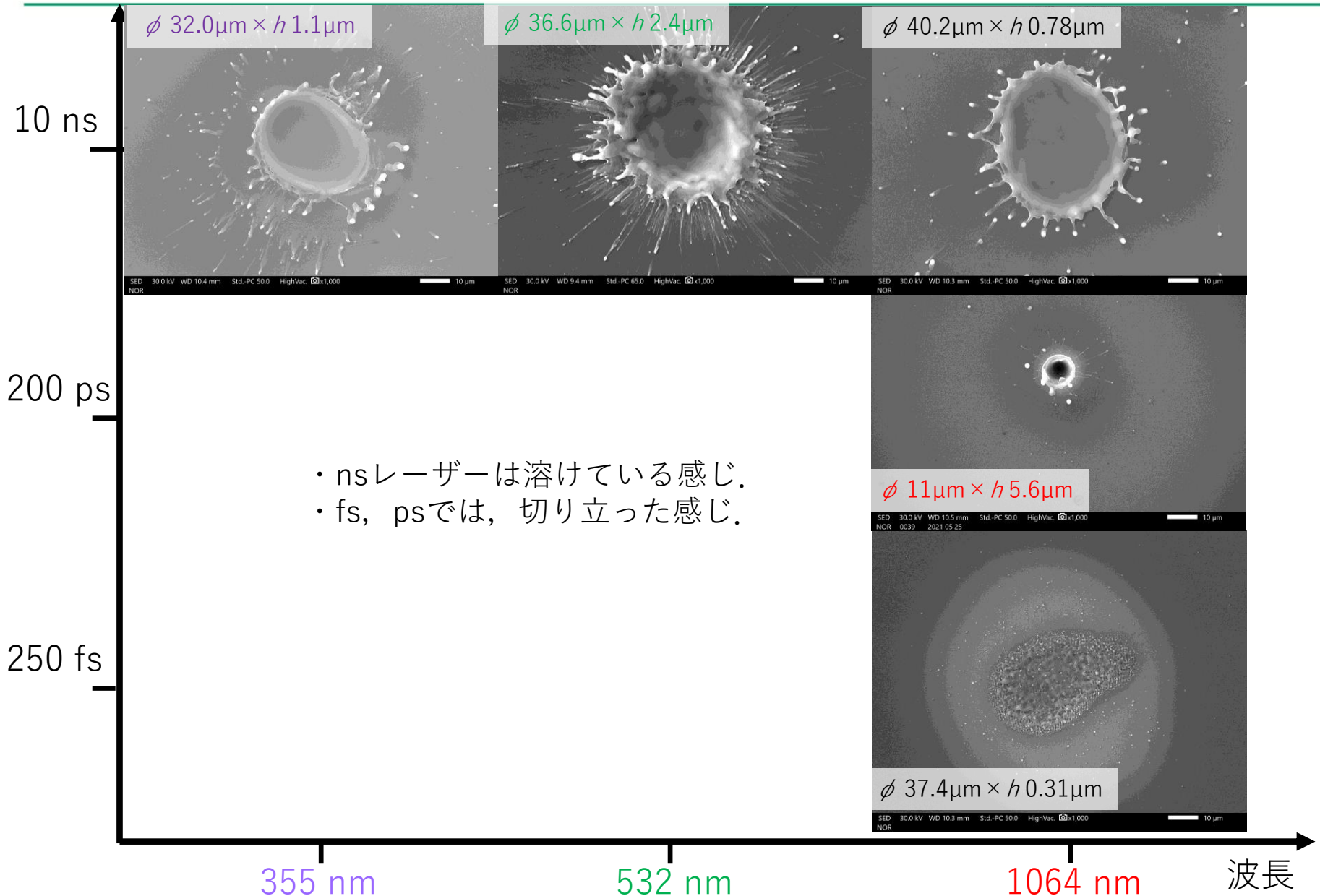
### 評価方法

- ① 走査型電子顕微鏡 (TM3030: 日立) で観察.
- ② レーザー共焦点顕微鏡 (VK-X150: Keyence) で被加工体積を求めた.

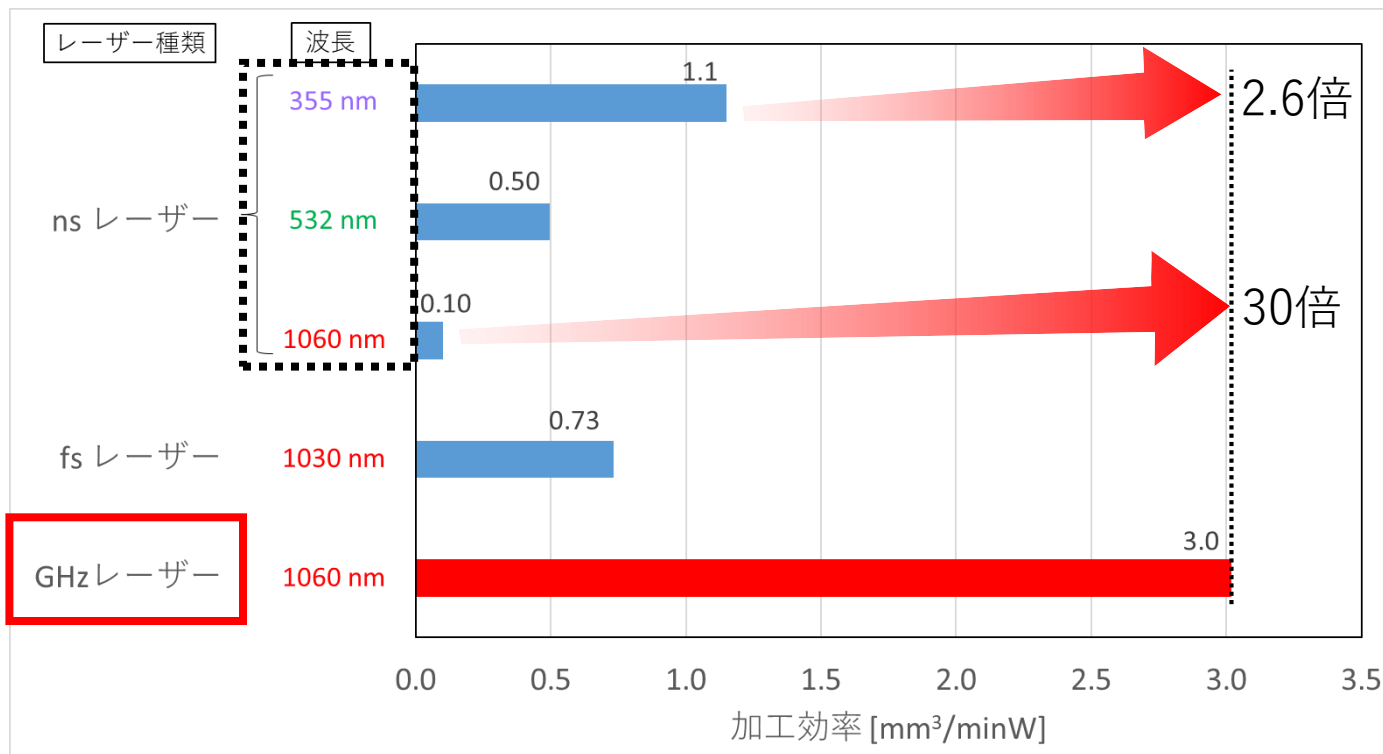
### 加工速度の比較

加工効率 [ $\text{mm}^3/\text{minW}$ ] (= 1分間あたり1W照射で加工される体積) を用いて比較した.

# 3-1. 結果 SEM像比較 (1k倍)



## 3-2. 結果 加工効率の比較



パラメータが加工に及ぼす影響

- ① GHzレーザーの加工速度最も速い。  
⇒ 既存レーザーと比較して、2.6~30倍も高速化
- ② 波長は短い方が速い（nsレーザーの比較）。

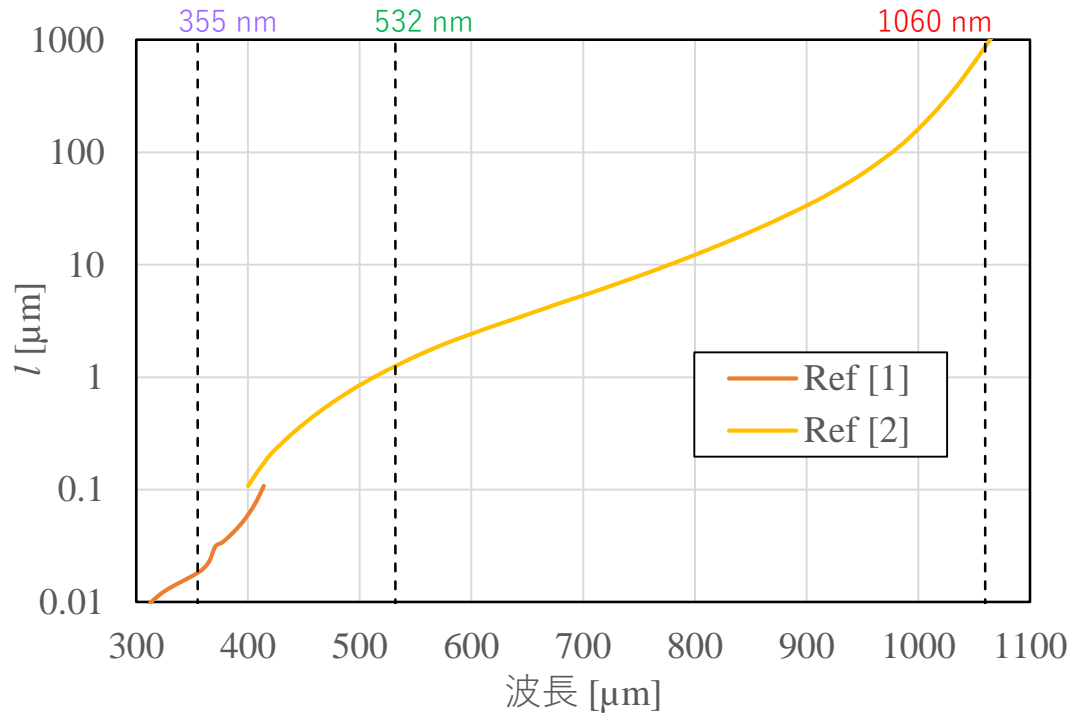


# 5. 考察 波長の影響 (nsレーザーの加工速度)

## ・ Siの吸収係数

Ref [1] J. Geist: *Handbook of Optical Constants of Solids* (1997) p.519.  
Ref [2] D.F. Edwards: *Handbook of Optical Constants of Solids* (1997) p. 531.

光の侵入深さ $l$ : Siウェハ表面に入射した光が $1/e$ となる距離



波長が短くなるほど、 $l$ は短くなる。  
= 短波長ほどSiにエネルギーが吸収されやすい。

⇒ GHzレーザーも短波長化で、さらにSiの加工速度を改善できる可能性

## 6. まとめ・今後の課題

### まとめ

- ・モード同期Ndファイバーレーザーとファイバアンプを用い、GHzバーストモードレーザーを構築した。

発振波長：1060 nm, 平均出力：2000 mW

周波数：バースト内 2.57GHz, バースト間 200 kHz

- ・Siウェハの加工実験を行い、加工速度を比較した。
- ・GHzレーザーの加工速度は $3.0 \text{ mm}^3/\text{minW}$ で、従来レーザーの2.6～30倍となった。
- ・従来レーザーでは、発振波長が短いほど加工速度は速くなった。

### 今後の課題

- ・GHzレーザーの発振波長を1060 nm  $\Rightarrow$  353 nmに変換し、Siの加工速度を求める。
- ・Si以外の材料においても、加工速度が高速化するか検証する。
- ・バースト内周波数を2.5GHzから変更し、加工速度を調べる。