

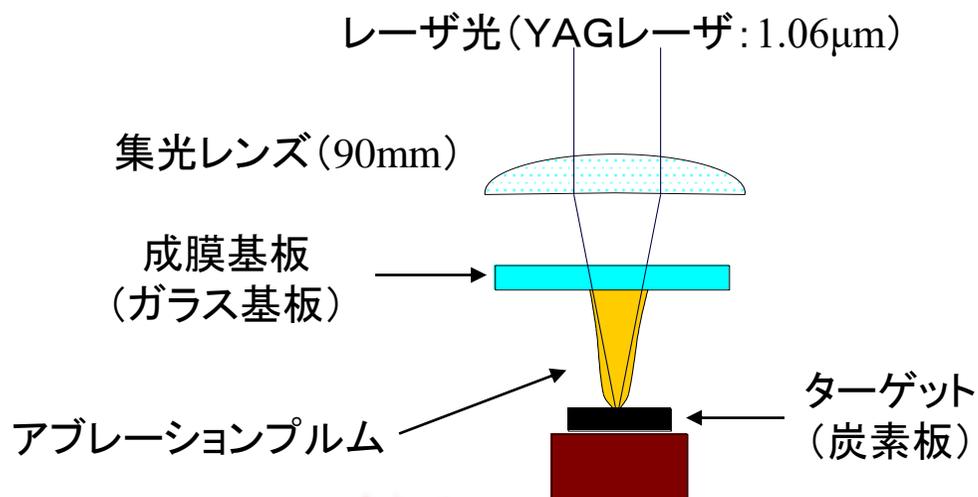


【 ダイヤモンド状炭素(DLC:Diamond-like Carbon) 】

- ◆ 特徴 :
- ①高硬度
 - ②高熱伝導度
 - ③低摩擦係数

- ◆ 応用方面 :
- ①耐熱・耐薬品材料
 - ②切削工具
 - ③耐摩耗部品保護膜

【 レーザーPVD法 】



- ・ 高融点の物質でも成膜可能
- ・ 蒸着速度が極めて大きい
- ・ 雰囲気条件に厳しい制約がない



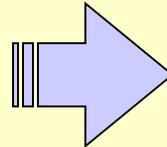


【 背景 】

低真空で成膜

大気圧で成膜

- ・クラックの発生
- ・デブリスの存在
- ・DLC膜の酸化



- ・膜質の改善: ラマン分光法
価電子スペクトル (ESCA)
- ・酸化の抑制: 広域スペクトル (ESCA)
- ・面積の増加
- ・クラックの減少 (解放時間の変化から)
- ・平面平滑性の向上 (SEM)

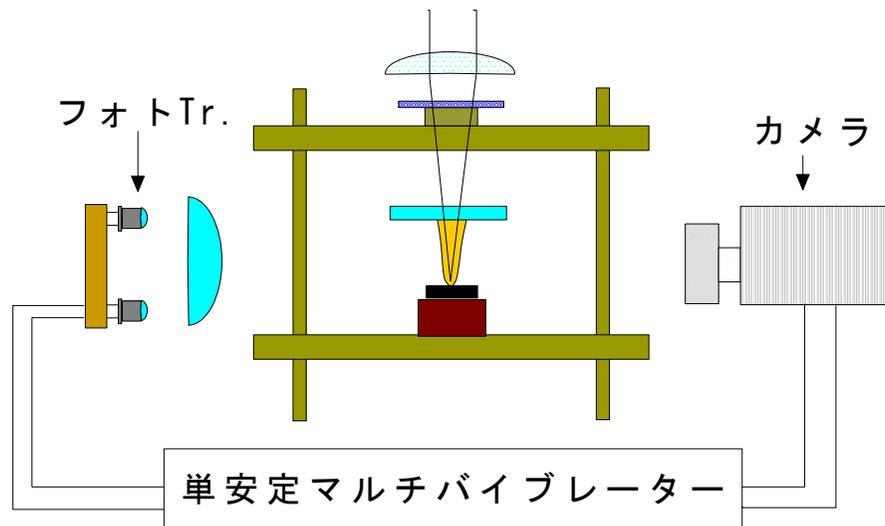
アブレーションプラムの観察





【 発光写真の撮影方法 】

- ・レーザーPVD法により発生したアブレーションプラズマの像を反転させる。
- ・そのときの発光を入力信号としてフォトランジスタを経由し、これをカメラのトリガとし撮影する。



YAGレーザー: 波長 $1.6\mu\text{m}$
集光レンズ: 120mm

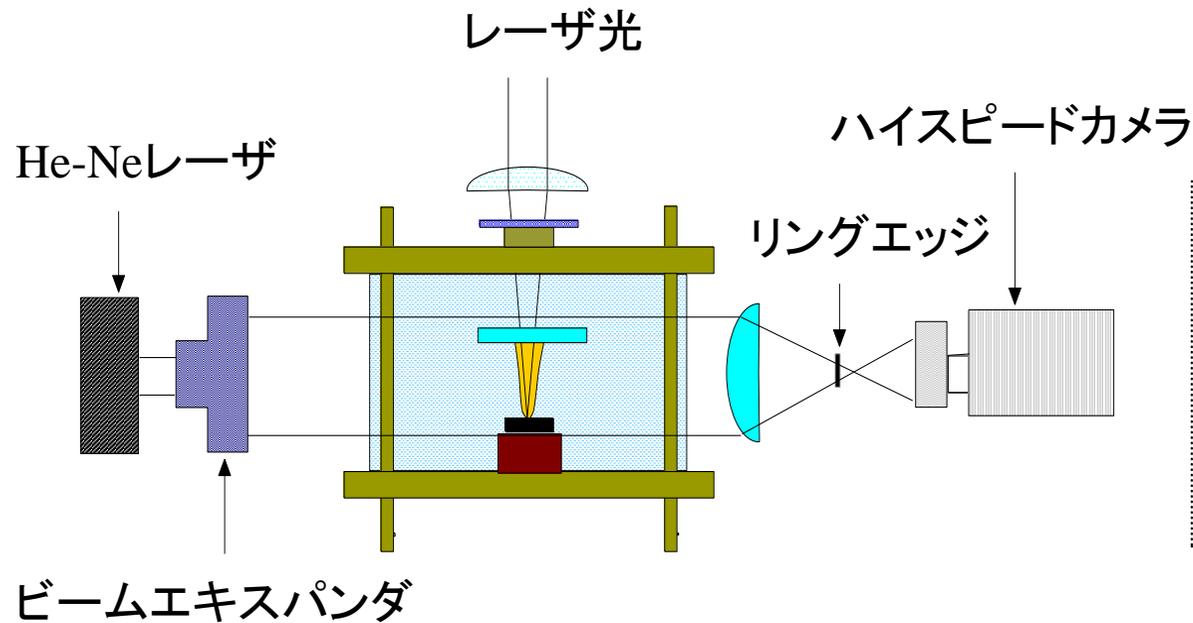
パルス幅: 4.5msec
エネルギー: 25J/P
照射回数: 1 shot





【 シュリーレン法 】

大気圧においてレーザエネルギーを変化させたときのシュリーレン写真について報告する。



YAGレーザー: 波長 $1.6\mu\text{m}$
集光レンズ: 120mm

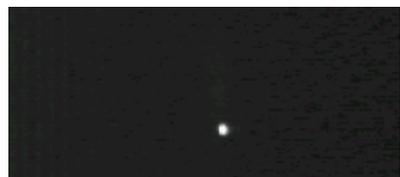
パルス幅: 4.5msec
エネルギー: 6~10J/P
照射回数: 1 shot





【 発 光 写 真 】

○ 大気圧 (約127. 2m/sec) ○



約35. 7μsec後



約115. 3μsec後

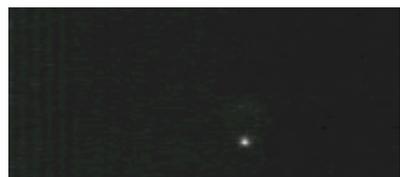


約139. 7μsec後



約192. 9μsec後

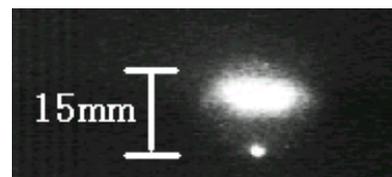
○ 1Torr (約359. 1m/sec) ○



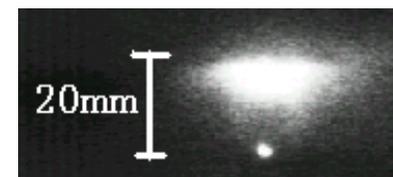
約31. 3μsec後



約55. 7μsec後



約77. 6μsec後

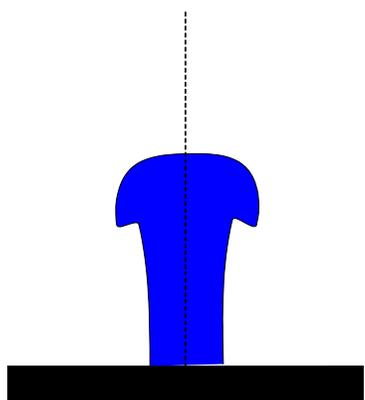
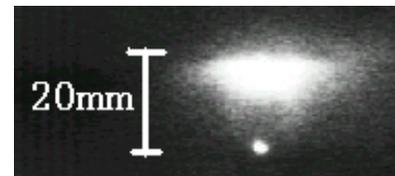
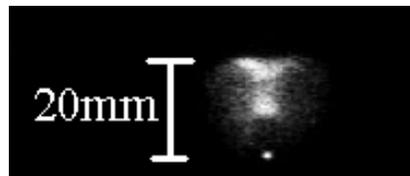
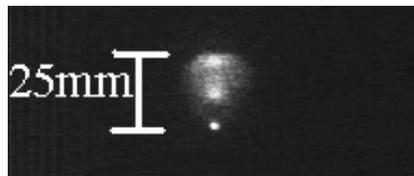


約86. 7μsec後



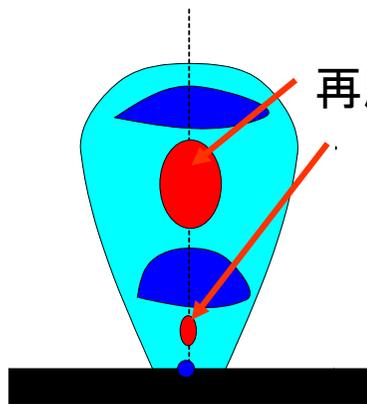


【 発 光 状 態 】



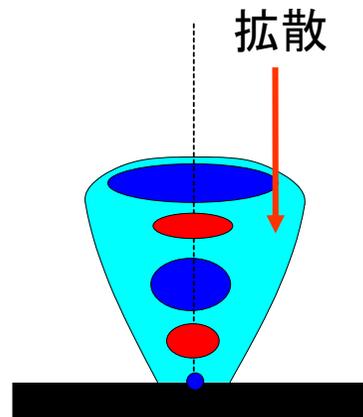
760Torr

127.2m/sec



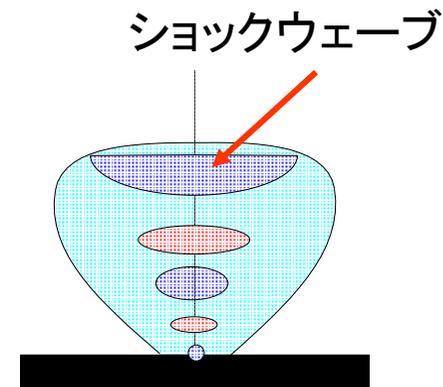
10Torr

265.7m/sec



3Torr

304.9m/sec



1Torr

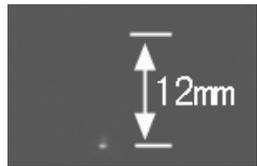
359.1m/sec



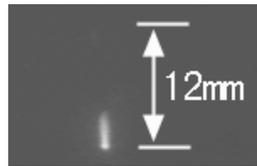


【 シュリーレン写真と発光写真 】

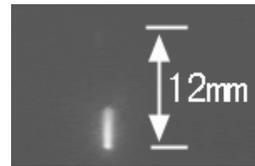
○ レーザエネルギー: 6[J/P] ○



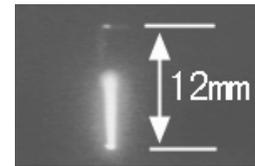
0. 0 [msec]



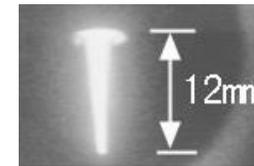
0. 2 [msec]



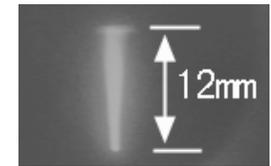
0. 4 [msec]



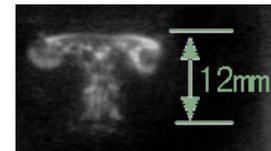
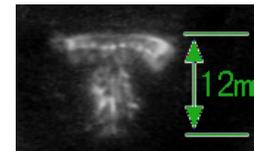
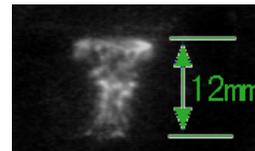
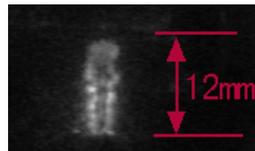
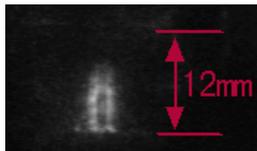
0. 6 [msec]



0. 8 [msec]

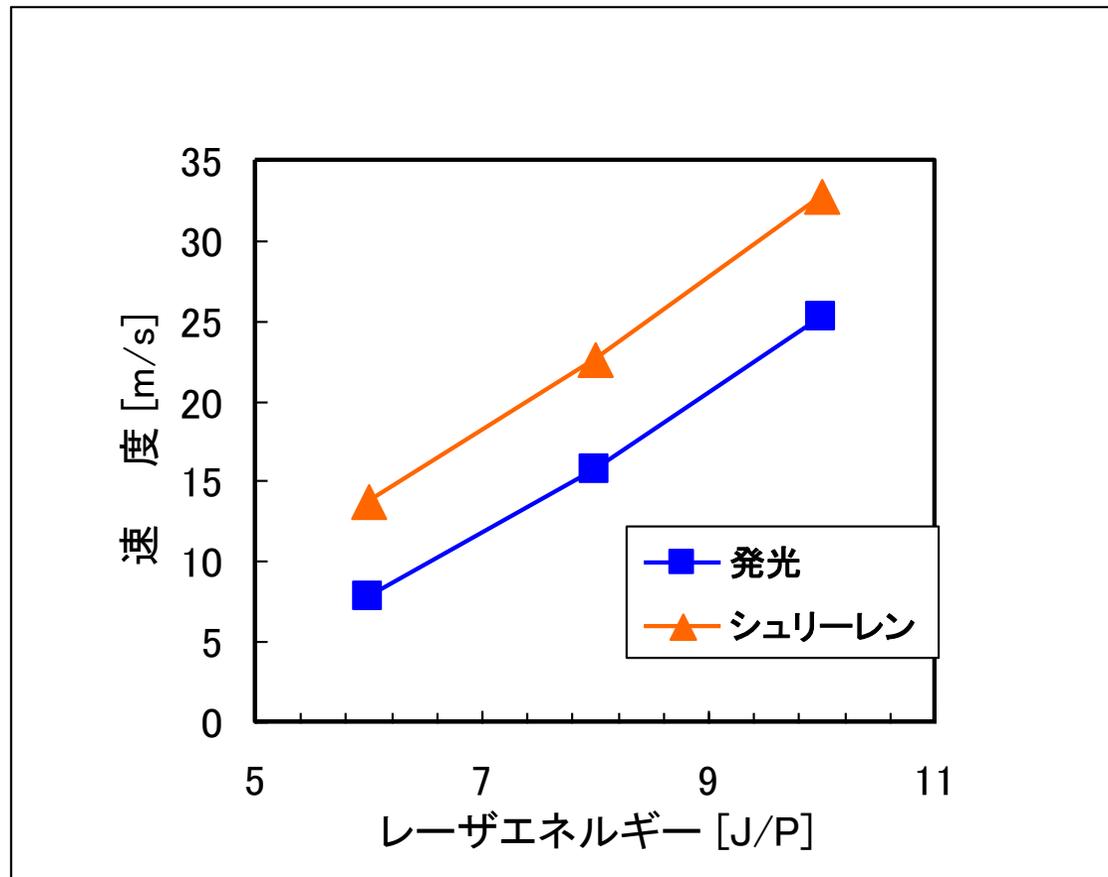


1. 0 [msec]





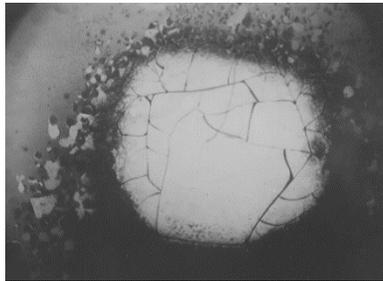
【 進展速度の比較 】



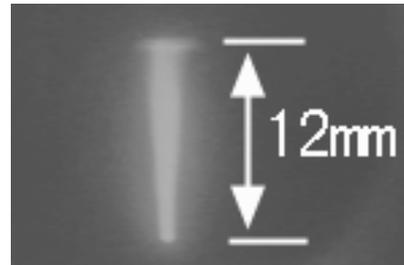


【 DLC膜の半径とプルの関係 】

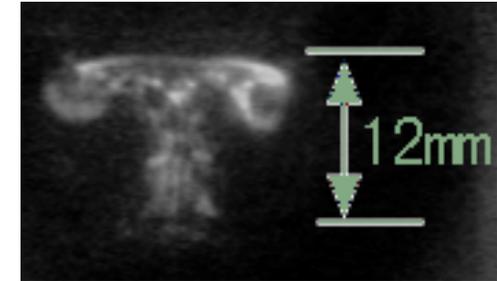
—D L C 膜—



—発 光 写 真—

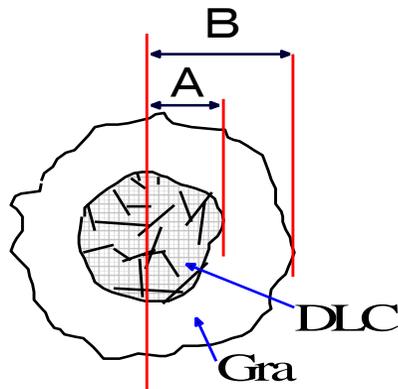


—シュリーレン写真—

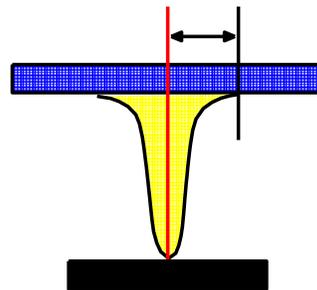


A: DLC膜の半径

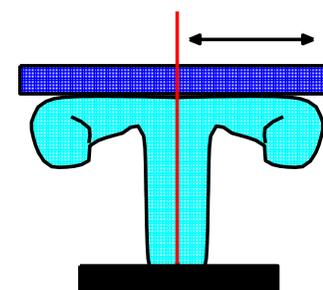
B: Graの半径



半径 : C

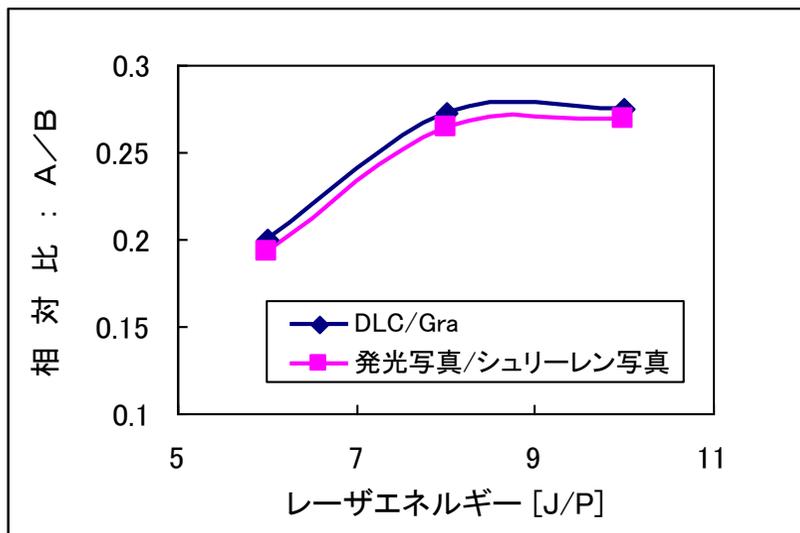


半径 : D



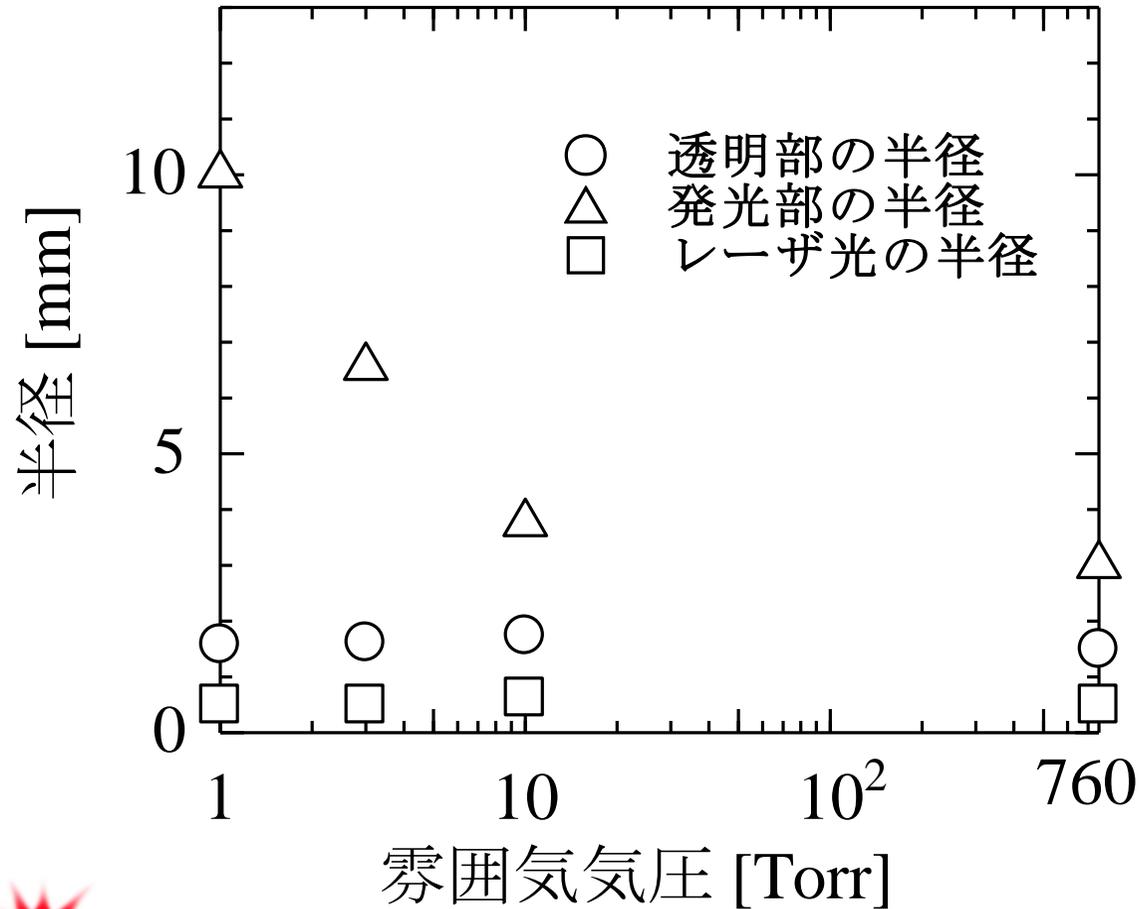


【 DLC膜の半径とプルムの関係 】





【 半径特性(発光写真) 】

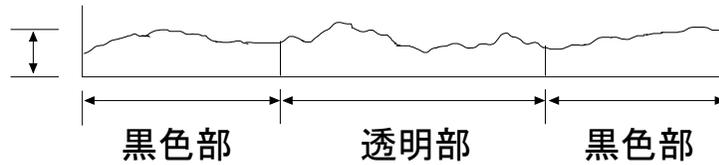




【 DLC膜の膜厚分布 】

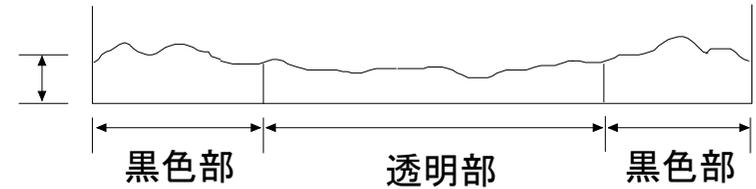
○ 760Torr ○

約5 μ m



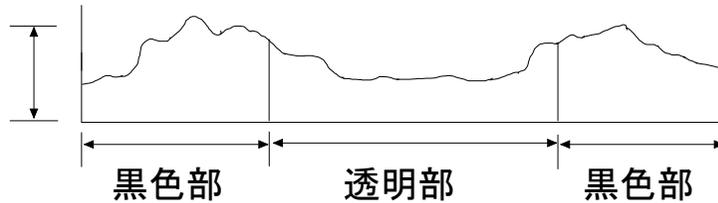
○ 3Torr ○

約5 μ m



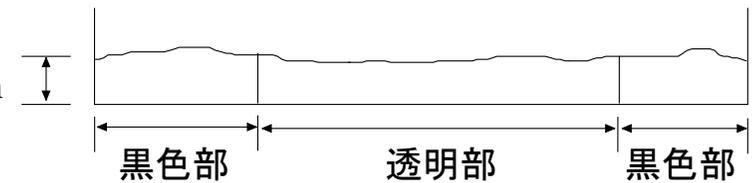
○ 10Torr ○

約10 μ m



○ 1Torr ○

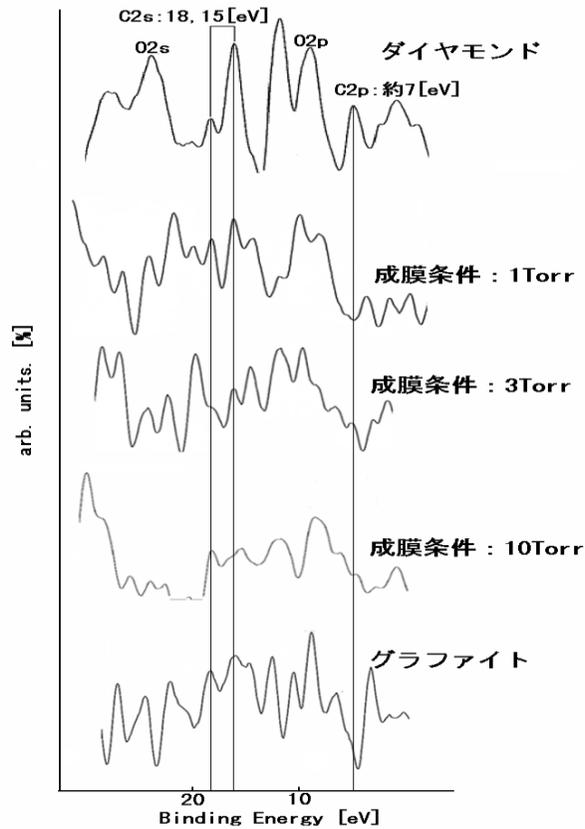
約5 μ m



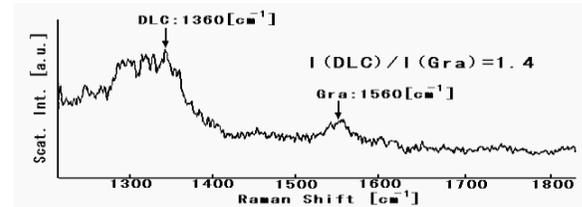


【 ESCAとラマン分光の実験データ 】

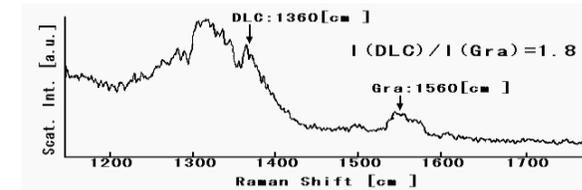
○ 価電子帯スペクトル(ESCA) ○



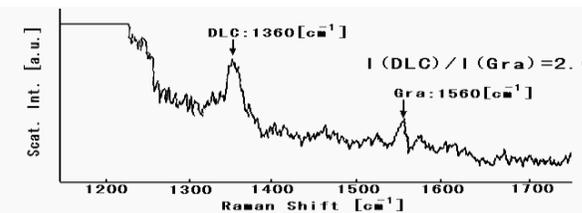
○ ラマンスペクトル ○



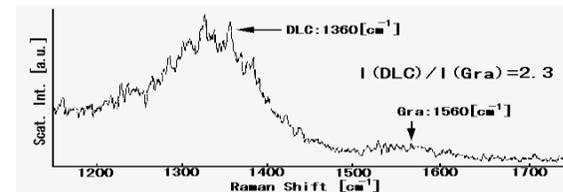
760Torr



10Torr



3Torr

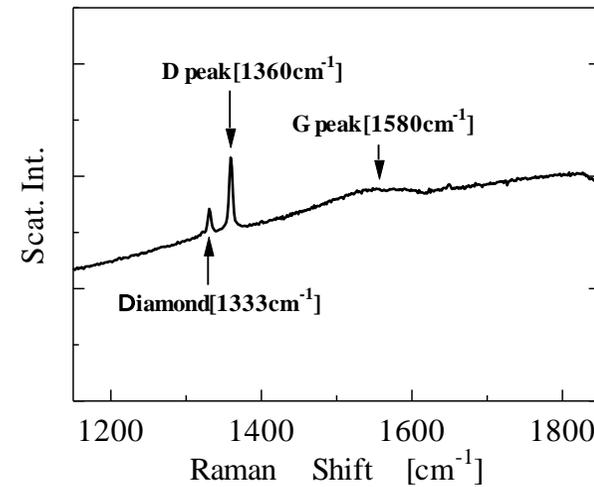
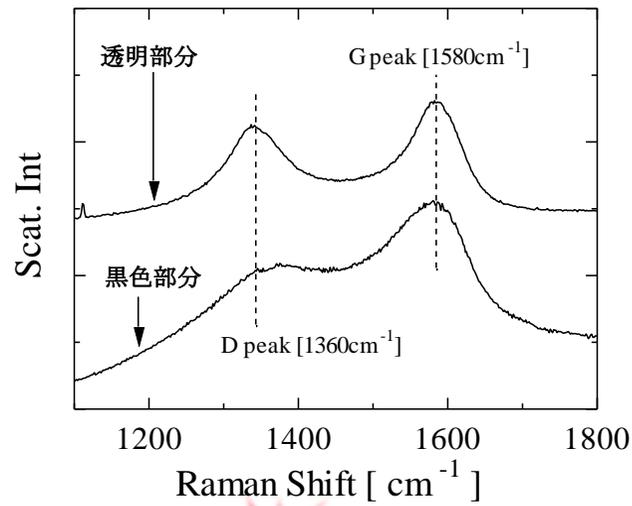
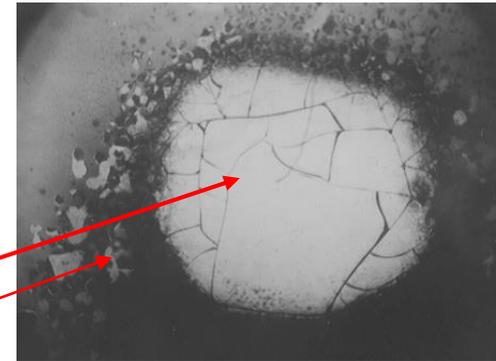
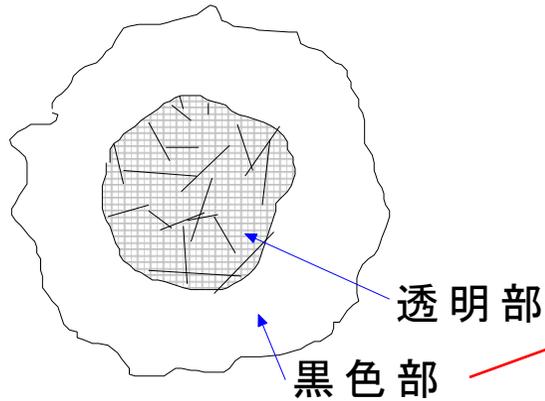


1Torr



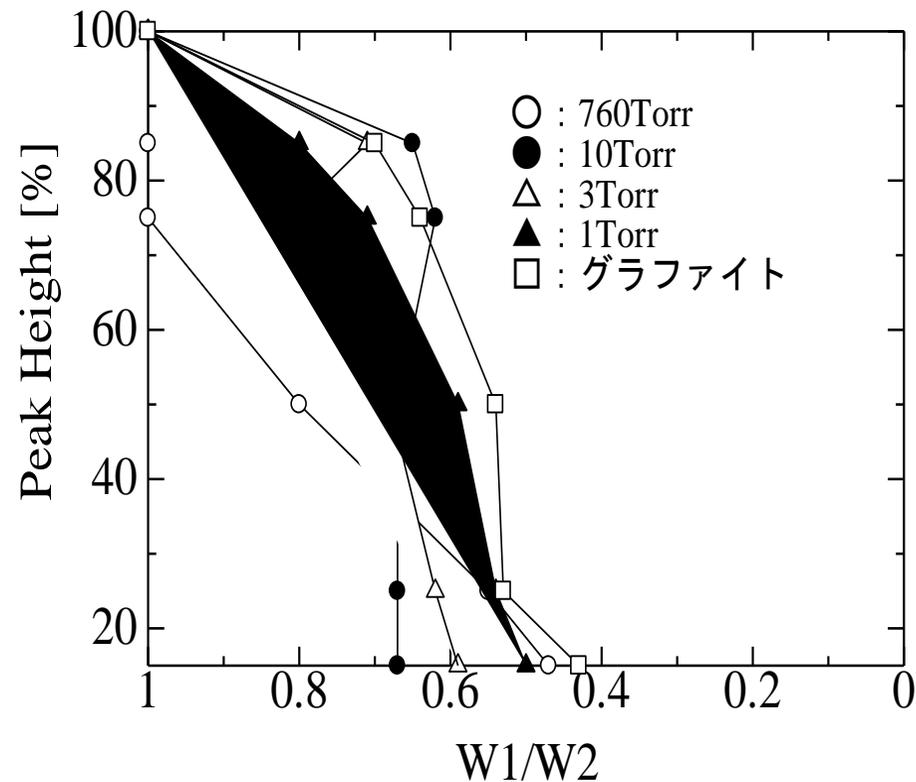
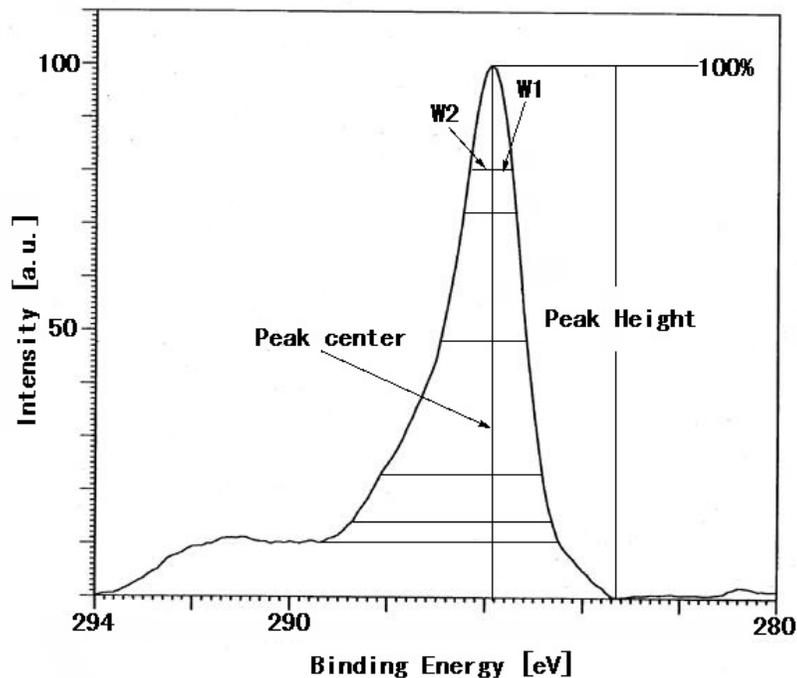


【 顕微ラマンスペクトル 】





【 低結合側 (W2) と高結合側 (W1) の半値幅の関係 】



例図 : 大気圧の C 1 s スペクトル

半値幅の関係図





【 まとめ 】

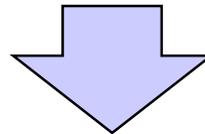
— 気圧条件変化 —

(1) 雰囲気気圧を低下させた時のプラムの挙動

- ・プラムの先端速度が増加。
- ・プラムの先端形状が円形から平坦な形状へと変化。
- ・拡散範囲が増加。

(2) DLC膜の膜厚分布

- ・大気圧が最もDLC部分の表面が粗く、気圧を低下させていくと平面平滑性が向上。
- ・膜の厚さのむらでは10[Torr]のときが最もひどいが、1[Torr]まで下げるとむらが大幅に減少。



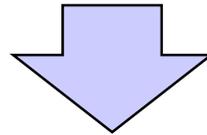
- ・雰囲気気圧の条件を変えることにより、**プラムの形状が変化**する。
- ・プラムの**先端形状**により、**DLC膜の表面状態や膜厚分布が変化**する。





ー発光写真とシュリーレン写真ー

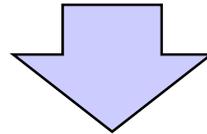
- ・ガラス基板付近において、粒子が対流していることが確認された。
- ・プラムの進展速度について比較すると発光写真から求めた値よりも、
とがシュリーレン法から求めた方が大きい値であった。



シュリーレン法を用いることによりプラム中の粒子分布が可視化させることが可能

ーDLCの半径とシュリーレン写真ー

半径特性から、A/BとC/Dは同じ傾向を示している。



プラムの発光部が、DLC成膜に影響していると思われる。

$$\frac{A}{B} = \frac{\text{DLCの半径}}{\text{Graの半径}}$$

$$\frac{C}{D} = \frac{\text{発行写真におけるプラムの半径}}{\text{シュリーレン写真におけるプラムの半径}}$$

