



Title	顕微分光における平行平板収差
Author(s)	久保, 等
Citation	大阪大学低温センターだより. 2000, 109, p. 12-15
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/9696
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

顕微分光における平行平板収差

工学研究科 久 保 等 (内線7767)

E-mail : kubo@ele.eng.osaka-u.ac.jp

1. はじめに

低温での微小な領域の光学測定を行う要求の高まりとともに、顕微分光用のクライオスタットが普及している。

この顕微分光用のクライオスタットは顕微鏡の対物レンズの作動距離 (WD) が長くとれないことを考慮して外部から試料表面までの距離が短くなるように設計されている。

このような顕微分光用クライオスタットを用いる場合に、次の2つの点に注意することが必要である。

1つは、真空断熱層が短いために外部からの輻射の影響によって試料温度が上昇することであり、試料の正確な温度を測定することが大切である。

2つめは、微少な領域での発光や蛍光、散乱光等を集めて分光するために写真1のように顕微鏡の対物レンズを使用するのが一般的である。このとき、クライオスタットの窓ガラスをとおして集光したり、採光するために球面収差の一種である平行平板収差を避けることが出来ないばかりか、この収差が大きく影響して空間分解能の低下を招き測定できない結果となる。クライオスタットを用いた顕微分光を行うために、長い作動距離を有する対物レンズを購入するケースがあるが、これは特に禁物である。

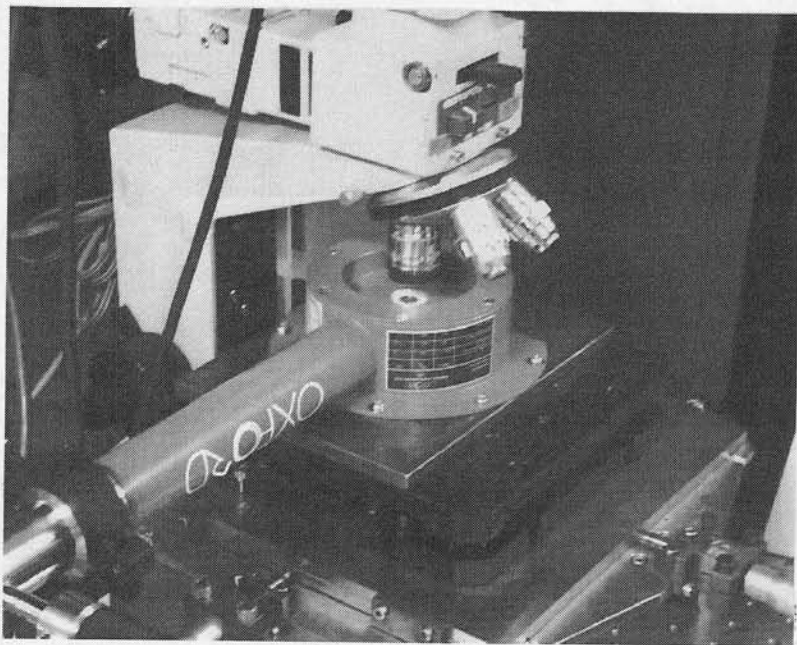


写真1 顕微分光を行うためにクライオスタットをX-Y-Zステージに設置して測定を行う様子

2. 平行平板収差について

平行平板収差の影響を測定するために図1に示すような配置図で、直接観測する場合（Lense—Air—Sample系）とガラス窓を挿入した場合（Lense—Air—Glass—Air—Sample系）とで比較を行った。この配置で観察したトランジスタパターンを写真2に示すが、ガラス窓を挿入したパターンは焦点を上下させてもこれ以上の鮮明な写真は得られなかった。これが平行平板収差の影響である。

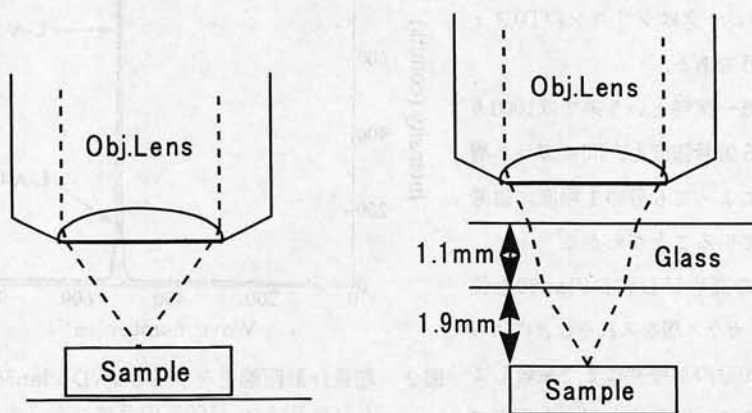


図1. 観察のための試料配置図. 通常の金属顕微鏡は試料表面まで空気（屈折率=1）であるが、低温での顕微分光を行う場合、試料との間に真空断熱層を設けるためにガラスが入る。

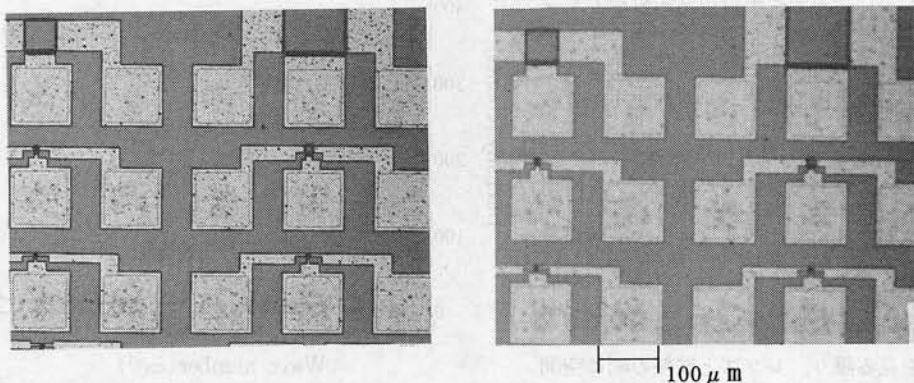


写真2. 図1の配置で観察したトランジスタパターン. 右図はガラス窓を通して観察したパターン. 対物レンズはUMPlanF120 (NA : 0.49, WD : 3.1)

例えば、生物観察用の場合はプレパラートというガラス板を試料の上に置いて観察するが、この場合0.17mmの厚さで $n=1.523$ のものを使用し、生物用対物レンズを使用することで、プレパラートと試料の界面で焦点が結ばれるように対物レンズが設計されている。

対物レンズの集光能力が平行平板収差によってどの程度の影響を受けるかを測定するためには試料部に平板発光体を用いなければならない。このような理想的な発光体を保有していないため、顕微ラマン分光装置（RENISHAW RAMASCOPE system1000）で評価をすることにした。

ラマン測定の場合、対物レンズを通してレーザー光が試料に入射され、同じレンズを通して散乱光を集光するため、収差の影響は二乗できていくことになる。

3. 顕微ラマン散乱の測定結果

平行平板収差の影響を調べるために各種対物レンズを用いて、シリコンウェハーを試料に顕微ラマン散乱の測定を行った。

図2は長作動距離を持つULWDPlan50を使用したときのラマンスペクトルである。520 cm^{-1} 付近のピークはシリコンのT0フォノンによる信号である。

レンズ—空気—試料という系では1000カウントを数える信号強度も、間にガラス層を入れることによって6分の1程度に信号強度が減衰していることがわかる。

さらに倍率の高いULWDPlan80を使用した場合は、ガラス層を入れることによって信号強度が20分の1程度にまで減衰している。このように、顕微鏡を用いた測定では長作動距離を有する対物レンズを使用したくなるのはやまやまでであるが、使用は禁物である。この平行平板収差の対策として現在市販されている対物レンズで有効なものは液晶検査用の対物レンズの使用が考えられる。

そこで、液晶検査用の対物レンズを使用して測定した結果が図3である。液晶検査はガラス層を通してガラス—液晶界面の液晶を観察するために開発されたものである。図3を見る限り、レンズと試料の間に空間だけがある場合よりもガラス層を入れた方が信号強度は大きくなっていることがわかる。

このように使用する対物レンズで信号強度が大きく変化するわけである。この信号強度の変化を表したのが表1である。表を見る限りMSPlan20が良い結果を出している。信号強度を高めるうえでは良いかも知れないが、空間分解能を高めるためには倍率の高いレンズを使用することが望まれ、現状で市販されているものとしては液晶検査用の対物レンズを使用するのが望ましいと言える。

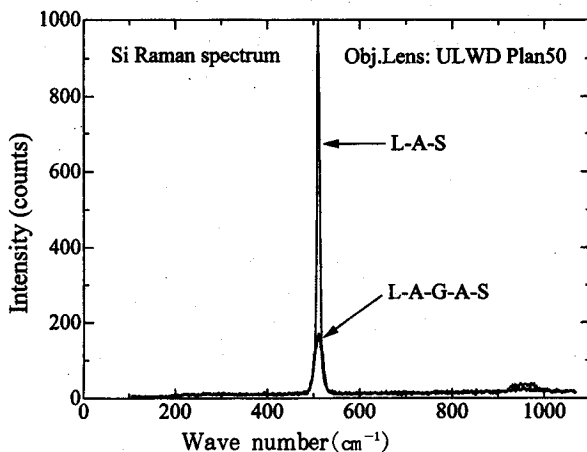


図2 超長作動距離を有するULWD Plan50を用いて測定したシリコン (100) のラマンシグナル。

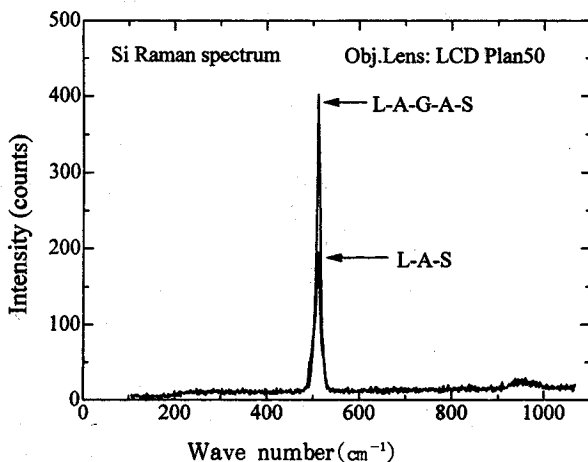


図3 液晶観察用の対物レンズLCD Plan50を用いて測定したシリコン (100) のラマンシグナル。

表1. 各種対物レンズを用いたシリコン (100) のTOフォノンの信号強度一覧表.

対物レンズ名	N.A. (開口数)	W.D.(mm) (作動距離)	L-A-S系 (カウント数)	L-A-G-A-S系 (カウント数)
MDPlan10	0.25	7.00	329	258
MSPlan20	0.46	3.10	1035	788
MSPlan50	0.80	0.47	3460	—
ULWDMSPlan50	0.55	8.10	996	171
ULWDMSPlan80	0.75	4.10	1351	74
LCD Plan50	0.55	7.7-8.15	195	402

作動距離(WD) 対物レンズの支持枠底部から焦点を結ぶ試料表面までの距離をさし, 焦点距離とよく間違えられることに注意.

球面収差 試料からの距離とレンズのベンディングによって変化する収差でレンズ径の3乗に比例する. 高屈折率のレンズを用いることで大きな開口数を有する長いWDを実現している. しかし, 光路にガラス板等を入れるとことによって光は収束しなくなる.

参考文献

- 1) 田幸敏治他 編集 光学的測定ハンドブック 朝倉書店
- 2) 南 茂夫他 編集 分光技術ハンドブック 朝倉書店