

Semesterarbeit WS 1997

Simon Egli
Schlossgasse 9
4057 Basel - Switzerland

1. Dezember 2000

Zusammenfassung

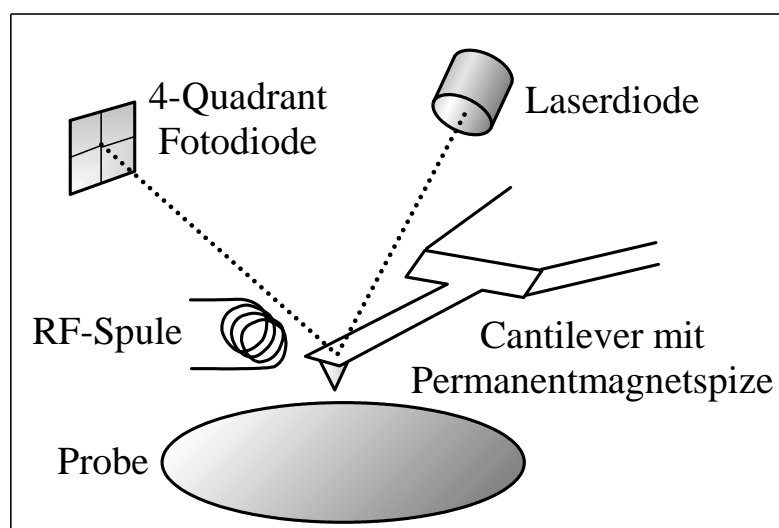
Im Verlauf dieser Semesterarbeit wurde für ein ESR-Kraft-Mikroskop ein Scanner und ein Kugelmotor gebaut, und diverse andere kleinere Arbeiten ausgeführt.

Inhaltsverzeichnis

1	Das ESR-Mikroskop	3
2	Der Scanner	4
3	Der Kugelmotor	4
4	Die HV-Umschaltbox	5
5	Der neue Fotodetektor	5
6	Verfahrenstechniken	5
6.1	Materialien	5
6.2	Klebestellen	6
6.3	Kontaktieren von Piezos	6
A	Anschlusspläne	8
A.1	HV-Verstärker	8
A.2	Umschaltbox HV-Buchse	8
A.3	Umschaltbox UHV-Buchse	9
A.4	UHV-Flansch	9
A.5	Scanneranschluss	9
B	Konstruktionspläne	10
B.1	Scanner	10
B.2	4-Quadrantdetektor	28
B.3	Sonstiges	38

1 Das ESR-Mikroskop

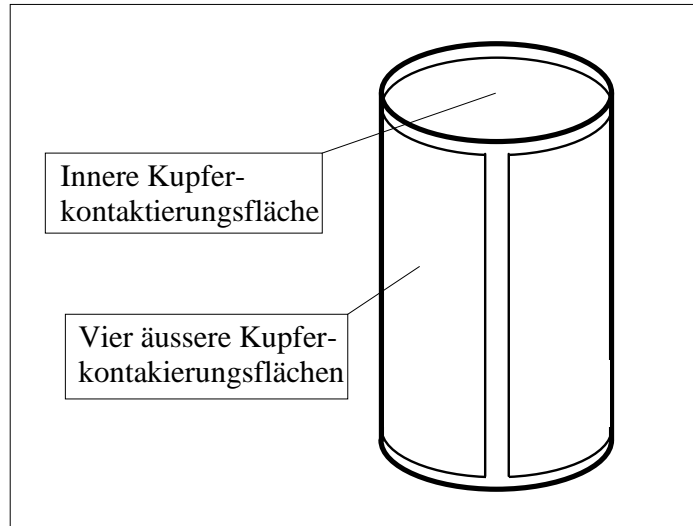
Das ESR-Mikroskop basiert auf dem Prinzip der Kraftdetektion mittels eines hauchdünnen Cantilevers. Im Unterschied zur Raster-Kraft-Mikroskopie werden hier jedoch nicht Adhäsionskräfte gemessen, sondern die Kraft auf eine ESR-Prob



manentmagnet am Cantilever befestigt, mit dem man eine grosse Probe abscannen und die Chemische Zusammensetzung der Oberfläche studieren könnte. Im Stadium des Projekts während dieser Arbeit war es allerdings so, dass eine kleine Probe am Cantilever befestigt wurde, und dieser in ein inhomogenes Magnetfeld gebracht wurde. Zu Beginn der Arbeit gab es keinerlei Möglichkeiten die Probe in dem inhomogenen Magnetfeld zu bewegen. Zu diesem Zweck musste ein *Scanner* entworfen und in Auftrag gegeben werden. Ein weiteres Problem stellte die korrekte Justierung des Lasers auf den Fotodetektor im Vakuum dar. Normalerweise (z.B. bei Raster-Kraft-Mikroskopen) wird der Laser vor dem Experiment bei Normdruck auf den Cantilever justiert. Das Justieren des reflektierten Laserstrahls auf die Fotodiode kann während des Experiments mittels eines Umlenkspiegels der an der Kugel eines Kugelmotors befestigt ist im Vakuum erfolgen. Der Kugelmotor arbeitet mit vier *Scherpiezos*, d.h. Piezos, deren Polarisationsachse schief zur Auflagefläche liegt. Mit jeweils zwei Scherpiezos lässt sich die Kugel um eine bestimmte Achse drehen. Damit die Scherpiezos an der Kugel reiben, muss diese mit einer gewissen Normalkraft auf den Piezos aufliegen. Normalerweise wird die Kugel von einem Permanentmagneten auf die Piezos gedrückt. In unserem Fall ist dies allerdings nicht möglich, da für das Experiment ein wohldefiniertes Magnetfeld gegeben sein muss und jede Störung des Magnetfeldes zu vermeiden ist. Entsprechend müssen auch die verwendeten Materialien, aus denen das Mikroskop gebaut ist, eine grosse magnetische Suszeptibilität haben. Wir haben uns deshalb für einen mechanischen Andruckmechanismus entschieden. Dazu musste auch ein neuartiger Kugelmotor entworfen werden.

2 Der Scanner

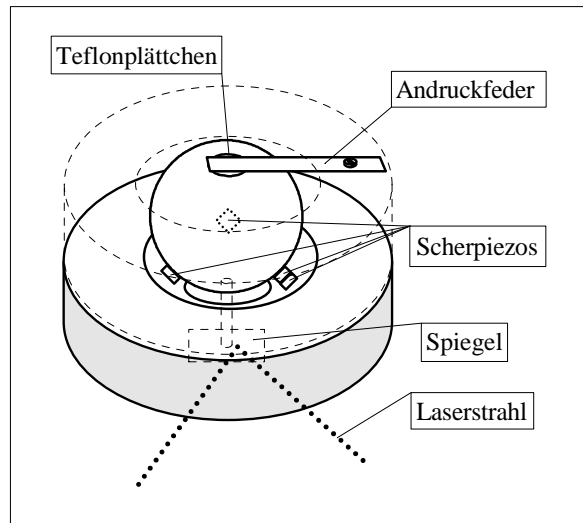
Eine einfache Methode, um einen kleinen Experimentiertisch in drei zueinander senkrechten Richtungen bewegen zu können, ist den Tisch am Ende eines Röhrenförmigen Piezos anzubringen. Je nachdem, an welchen Stellen der Röhre eine Spannung angelegt wird, lässt sich die Röhre in verschiedene Richtungen biegen, oder als ganzes strecken oder stauchen. Da eine solche Piezoröhre relativ



teuer und zerbrechlich ist, wird sie in ein etwas grösseres Rohr aus einem robusteren Material eingebaut. Bei kommerziellen Scannern ist dies meist Stahl, welches allerdings für unser Experiment wiederum eine zu grosse magnetische Suszeptibilität aufweist. Deshalb musste auch ein eigener Scanner mit einem Schutzrohr aus Titan entworfen werden. Der Scanner wurde einem kommerziellen Scanner nachgebaut, so dass er austauschbar ist. Die Höhe des Experimentiertisches lässt sich über drei Schrauben grob einstellen. Eine der Schrauben lässt sich über ein Gewinde auch im Vakuum bedienen, so dass die Höhe auch noch im Vakuum grobjustiert werden kann.

3 Der Kugelmotor

Die Kugel des Motors wird von vier Scherpiezos angetrieben, je zwei für eine Achse. Damit die Kugel unabhängig von ihrer Lage relativ zu den Scherpiezos eine Normalkraft auf die Scherpiezos erfährt, wird sie von einer gegenüberliegenden Blattfeder angepresst. Die Blattfeder sollte an der rotierenden Kugel möglichst wenig Reibung erzeugen. Im Moment ist an der Feder ein Teflonplättchen als Auflagefläche aufgeklebt. Ev. wäre ein härteres Material wie z.B. Saphir welches die Vibrationen der Kugel weniger dämpft günstiger. Ebenfalls nicht ganz optimal an dem Entwurf ist, dass sich die Andruckkraft nur sehr grob über ein Verbiegen der Blattfeder einstellen lässt.



4 Die HV-Umschaltbox

Zum ansteuern aller Piezos stand nur ein HV-Verstärker mit Sechs HV-Ausgängen $x+$, $x-$, $y+$, $y-$, $z+$ & $z-$ zur Verfügung. Der Scanner benötigt fünf, der Kugelmotor vier Ausgänge. Da aber nicht beide gleichzeitig benützt werden, wurde eine Umschaltbox gebaut, mit der die HV-Ausgänge wahlweise auf den Scanner oder den Kugelmotor geschaltet werden können. Die Umschaltbox kann über je ein spezielles Kabel mit dem HV-Verstärker und dem Vakuumflansch verbunden werden.

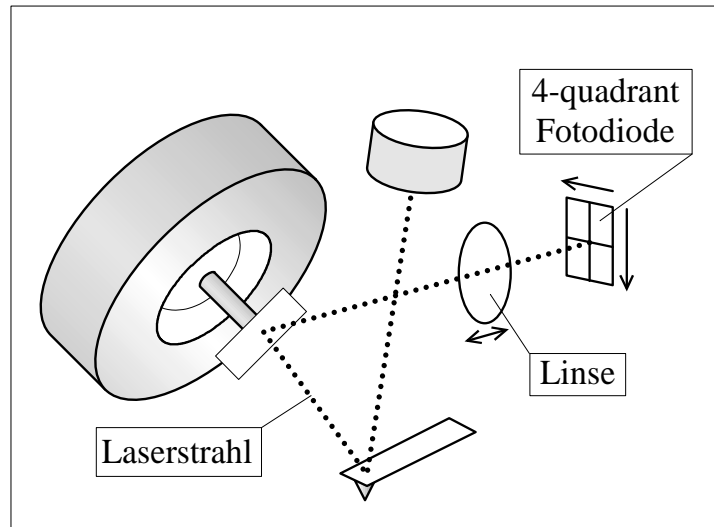
5 Der neue Fotodetektor

In dem Experiment kam auch eine neue vierquadrant Fotodiode zum Einsatz. Um das Signalrauschen möglichst gering zu halten, ist die Diode über 3 cm lange Anschlüsse direkt mit einem kleinen Vorverstärker verbunden. Die Diode und der Vorverstärker wurden über einen kleinen Positioniertisch mit dem Mikroskop verbunden. Vor der Diode wurde eine Linse platziert, deren Tiefe mit einem einfachen Mechanismus grob verstellt werden kann.

6 Verfahrenstechniken

6.1 Materialien

In unmittelbarer Nähe des Cantilevers und der Probe wurden nur Materialien mit geringer magnetischer Suszeptibilität wie z.B. Aluminium, Messing, Makor oder Titan verwendet. Selbst die Schrauben in dieser Region wurden extra aus Titan gefertigt. Der Sockel und die Schrauben des Scanners sind aus rostfreiem Stahl.



6.2 Klebestellen

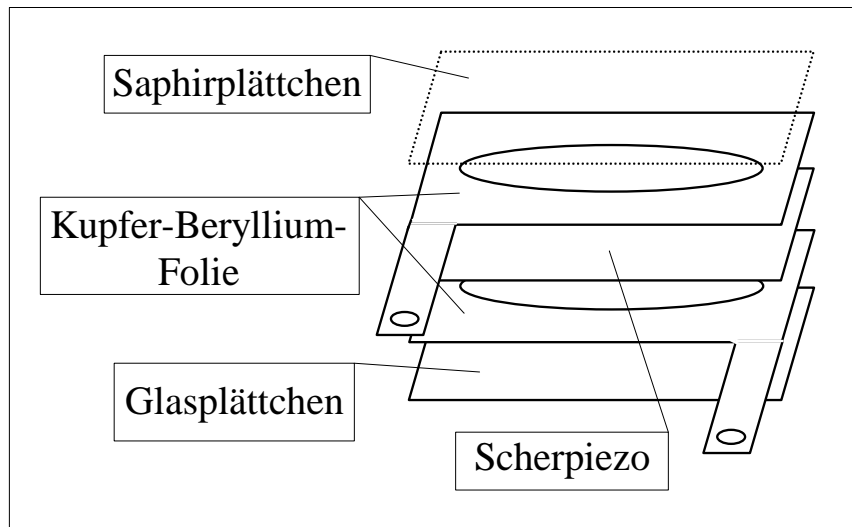
Viele Stellen mussten verklebt werden. Dabei wurden grundsätzlich vier verschiedene Leimsorten verwendet. Für temporäre unkritische Befestigungen wurde Sekundenkleber verwendet der mit Aceton wieder entfernt werden kann. Er ist allerdings nicht unbedingt für Ultrahochvakuum geeignet. Für Befestigungen die im Notfall wieder gelöst werden können müssen wurde Torr-seal verwendet. Dieser Leim ist Ultrahochvakuumtauglich und kann im getrockneten Zustand mit einem scharfen Gegenstand vorsichtig abgekratzt werden. Für endgültige, Ultrahochvakuumtaugliche und sehr robuste Verbindungen benutzen wir Epoxyd-Harz. Für elektrisch leitende Verbindungen schliesslich wurde Leitepoxyd-Harz benutzt. Die Epoxyd-Harze und das Torr-seal haben bei Raumtemperatur eine sehr lange Aushärtungszeit und wurden deshalb über Nacht im Ofen bei 60°C ausgehärtet. Wegen der Curietemperatur der Piezos dürfen Elemente mit Piezos nicht höher erhitzt werden, zum Teil haben die Piezos auch schon bei 60°C deutlich an Polarisation abgenommen. Es empfiehlt sich also, sogar nur mit 40° auszuhärten.

6.3 Kontaktieren von Piezos

Da die Piezos sehr hitzeempfindlich sind können elektrische Anschlüsse nicht gelötet werden, sondern müssen mit Leitepoxyd-Harz geklebt werden. Da einmal geklebte Oberflächen nicht mehr gereinigt werden können ist besondere Vorsicht geboten, damit Anschlussdrähte nicht reißen und neu geklebt werden müssen. Als Ultrahochvakuumtaugliche Anschlussdrähte eignen sich lackierte dünne Kupferdrähte. Der Lack muss dabei an den Anschlüssen mit einer Rasierklinge vorsichtig und gründlich abgekratzt werden (mit Pinzette), allerdings auch nicht so gründlich, dass der Draht zu leicht bricht. Ist der Lack entfernt, lassen sich die blanken Enden leicht verzinnen.

Die Scherpiezos, die ebene Oberflächen aufweisen müssen, können nicht ein-

fach direkt mit einem Draht kontaktiert werden. Stattdessen werden Kupfer-Beryllium-Folien mit Leitepoxy aufgeklebt und diese über eine Folienszunge mit dem Draht verlötet (*bevor* sie aufgeklebt werden!). Das Leitepoxy haftet allerdings nicht an den Folien, so dass die Folien mit einem zentralen Loch versehen werden und ein am Leitepoxy haftendes Deckplättchen aufgeklebt wird. Da eine möglichst glatte Oberfläche benötigt wird, um die Kugel des Kugelmotors anzutreiben, sind die Deckplättchen aus Saphir.

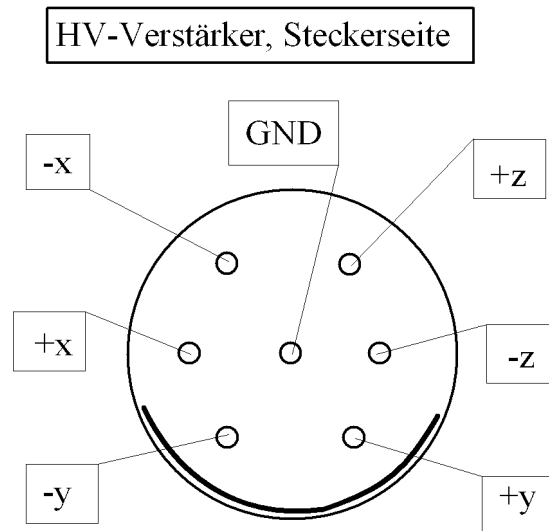


Literatur

- [1] S. Rast, Dissertation, Basel 1999

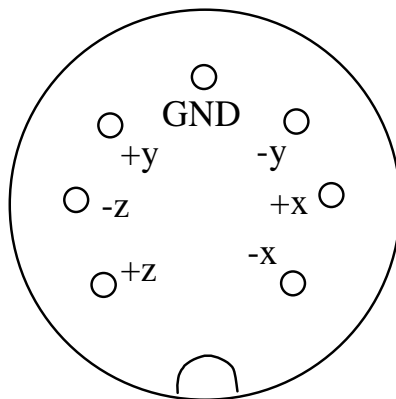
A Anschlusspläne

A.1 HV-Verstärker

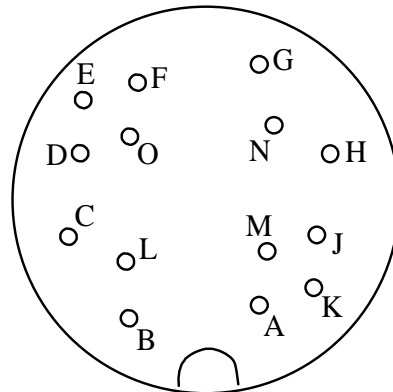


A.2 Umschaltbox HV-Buchse

Umschaltbox HV-Buchse, Lötseite



Umschaltbox UHV-Buchse, Lötseite



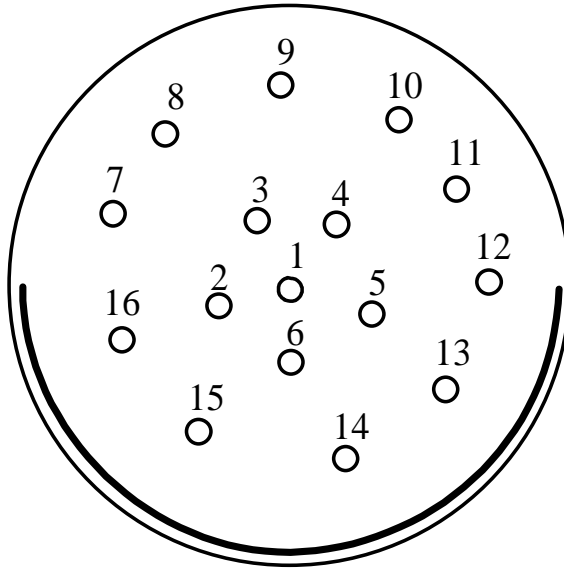
A.3 Umschaltbox UHV-Buchse

A.4 UHV-Flansch

Signal	Kabeldrahtfarbe	Umschaltbox-pin	UHV-Flansch-pin
+x	rot	A	3
-x	weiss-gelb	O	2
+y	rot-blau	M	6
-y	weiss-grün	L	5
+z	schwarz	K	4
-z	braun	H	14
GND	braun-grün	N	1
Kugelmotor GND	rosa	C	9
Kugelmotor +y	grau	D	8
Kugelmotor +x	gelb	E	7

A.5 Scanneranschluss

UHV-Flansch-Buchse, Steckerseite



B Konstruktionspläne

B.1 Scanner

B.2 4-Quadrantdetektor

B.3 Sonstiges