

Mikroelektronika a technologie součástek Ústav mikroelektroniky FEKT VUT v Brně			Jméno Jakub Charvot	ID 240844
			Ročník 3.	Obor MET
Spolupracoval –	Měřeno dne 5.12. 2023	Odevzdáno dne 5.12. 2023	Hodnocení	
Název zadání Měření a nastavování rezistorů				Č. úlohy 6

1 Teoretický úvod

Teorie potřebná k této úloze vychází z předešlých laboratorních úloh, zejména úlohy 2, kdy jsme měřili hodnoty tlustovrstvých rezistorů v závislosti na různých podobách výpalu a také změnu jejich odporu v závislosti na teplotě. Přijde mi zbytečné uvádět znovu základní informace o samotné technologii nebo výpočtu odporu na čtverec, které již v této době semestru musí znát opravdu každý student, proto bude tato sekce o něco kratší.

1.1 Nastavování TLV rezistorů

Co se týče nové teorie věnuje se tato úloha také nastavování (nebo také trimmování) již natištěných rezistorů. Jak jsme si již vyzkoušeli na předchozích úlohách, přesnost tisku je velkou neznámou a i při optimalizaci všech dostupných parametrů jsou hodnoty stále poměrně nepřesné. Z tohoto důvodu se s nepřesností v návrhu počítá a tisknou se rezistory s o něco nižšími hodnotami než je požadováno. Následně jsou rezistory měřeny a v průběhu měření je jich část odebrána tak, aby se svou hodnotou více přiblížili požadavku.

Nejčastějšími způsoby je mechanické osbroušení, obvykle proudem částic korundu nebo křemíku, nebo odpaření vrstvy laserem, většinou typ YAG nebo CO₂.

Pro dostavení je možné vyřezat do tlustovrstvého motivu různé obrazce. Obvykle se volí přímý řez od kraje směrem ke středu. Pokud se takovýchto provede více vedle a naproti sobě, vznikne serpentýnový motiv. Alternativou je ještě výřez ve tvaru L [1, 2].

2 Praktická část

Měřili jsme hodnoty odporů vytvořených technologií tlusté vrstvy na testovacím substrátu, viz obr. 1. Na substrátu byl uvedený motiv 4x a to vždy pootočen o 90°, díky takovému měření je pak teoreticky možné stanovit vliv různých parametrů tisku TLV, zejména ověřit, jestli je tisk homogenní v obou osách. Na základě měření je pak možné upravit parametry tisku tak, aby při tisku skutečného integrovaného obvodu byl výsledek co nejvíce optimální a předvídatelný.

Všechny měřené hodnoty se nachází v tabulce, která je pro lepší přehlednost umístěna až na samotném konci dokumentu.

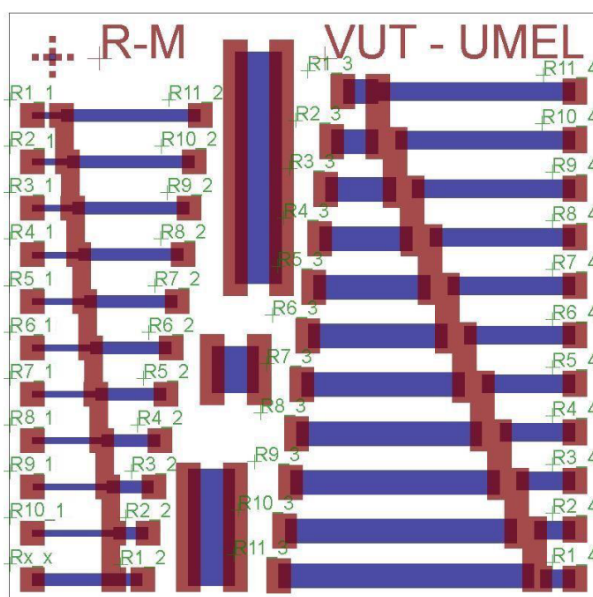
2.1 Zpracování měřených dat

Na základě pokynů vyučujícího byla stanovena teoretická hodnota odporu (viz zmíněná tabulka). Vypočtena byla následovně:

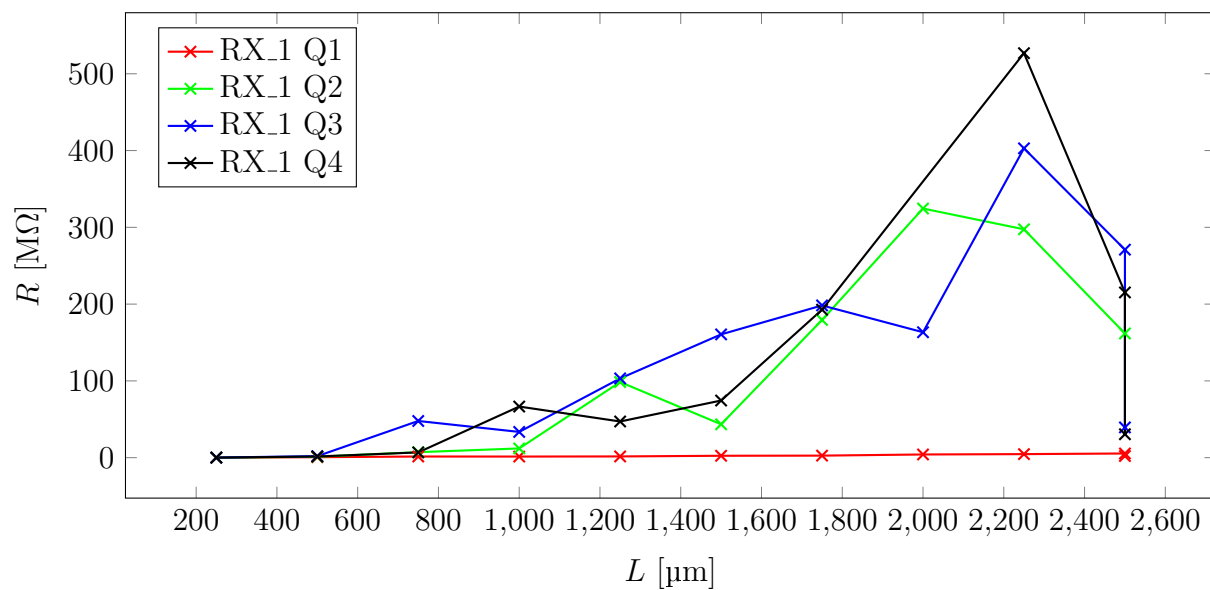
$$R_{teor} = R_{sq} \cdot \frac{L}{W}$$

Ačkoliv toto nebylo vyučujícím upřesněno, předpokládaná jednotka zadaných rozměrů jsou μm . Z nám dodaných údajů vyplývá, že byla použita odporová pasta s odporem $100\ \Omega/\text{sq}$.

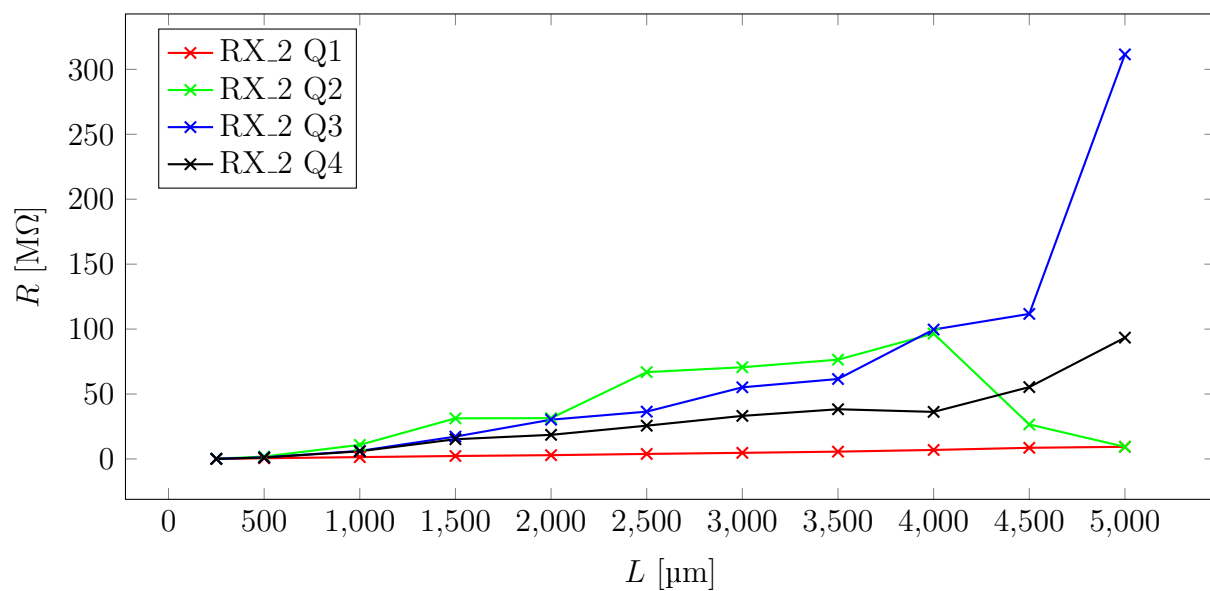
Následně byla do grafu vynesena závislost odporu na délce rezistoru. Byl vytvořen graf pro každou odporovou sérii a nachází se v něm data ze všech čtyř kvadrantů, pro jednotlivé série se jedná o grafy 2, 3, 4 a 5.



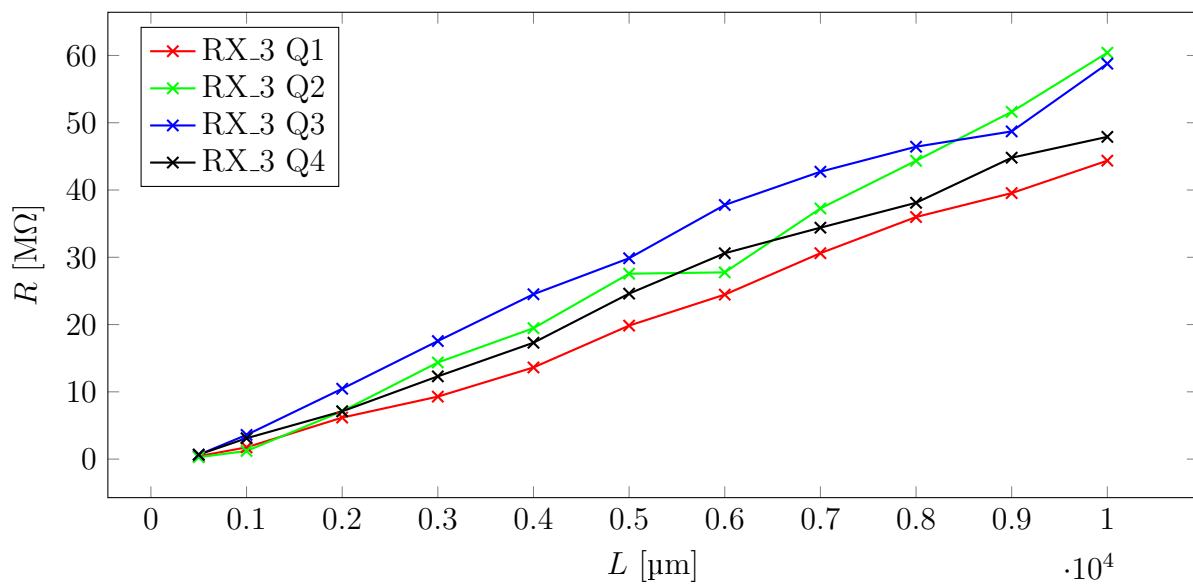
Obr. 1: Testovací substrát. Převzato z [1].



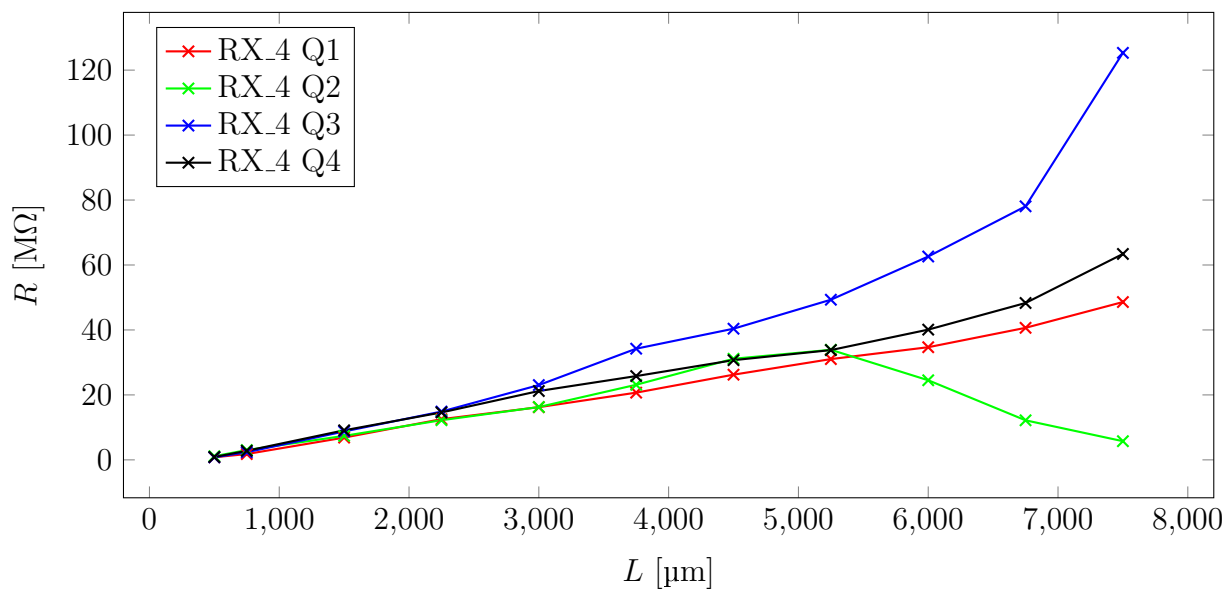
Obr. 2: Závislost odporu na délce. Série RX.1.



Obr. 3: Závislost odporu na délce. Série RX.2.



Obr. 4: Závislost odporu na délce. Série RX_3.



Obr. 5: Závislost odporu na délce. Série RX_4.

3 Závěr

Jak je vidět z grafů a tubulky naměřených hodnot, pro některé série jsou výsledky v různých kvadrantech obdobné, pro některé naopak vůbec. Nejhomogennějšíh výsledku dosáhla série RX_3. Také je vidět, že napříč sériemi vycházely celkově o něco menší hodnoty v prvním kvadrantu a naopak vyšší ve druhém a třetím.

Při porovnání naměřených hodnot s teoretickými se ale dostáváme do překérní situace. Odchylka zde dosahuje několika řádů kdy namísto stovek Ω měříme hodnoty i v nižších stovkách $M\Omega$, typicky pak v jednotkách $M\Omega$. Toto nasvědčuje buďto hrubé systematické chybě měření neno špatným informacím ohledně použité odporové pasty, popř. kombinaci obou faktorů. Vzhledem k tomu, že měření bylo prováděno poměrně dlouhý čas a dohlíženo čtyřmi osobami se mi takto hruhá chyba jeví jako nepravděpodobná, ovšem vyloučna není.

Reference

- [1] OTÁHAL, A.; ADÁMEK, M.; HEJÁTKOVÁ, E. *Měření a dostavování rezistorů* [online]. 2022. [cit. 2023-12-04]. Dostupné z: https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/797149/mod_resource/content/1/LC_05_navod_v02_2022.pdf.
- [2] SCHROEDER, Kory. How Trimming Affects Thick-Film Resistor Performance. *Power Electronics Tips*. 2022. URL: <https://www.powerelectrontips.com/how-trimming-affects-thick-film-resistor-performance-faq/>.

síto	300	MESH			
	poč.vrst.	Emulze			
ovrstvení	3/2	COL POLY-PLUS HV	Extrémní výška šablony		
pasta	100	Ω/□	R2	ESL 2912	18.12.2000
P.Č.	L	W	Počet □	R - Teor	
R1_1	250	250	1	100	
R2_1	500	250	2	200	
R3_1	750	250	3	300	
R4_1	1000	250	4	400	
R5_1	1250	250	5	500	
R6_1	1500	250	6	600	
R7_1	1750	250	7	700	
R8_1	2000	250	8	800	
R9_1	2250	250	9	900	
R10_1	2500	250	10	1000	
R11_1	2500	500	5	500	
R1_2	250	500	0,5	50	
R2_2	500	500	1	100	
R3_2	1000	500	2	200	
R4_2	1500	500	3	300	
R5_2	2000	500	4	400	
R6_2	2500	500	5	500	
R7_2	3000	500	6	600	
R8_2	3500	500	7	700	
R9_2	4000	500	8	800	
R10_2	4500	500	9	900	
R11_2	5000	500	10	1000	
R1_3	500	1000	0,5	50	
R2_3	1000	1000	1	100	
R3_3	2000	1000	2	200	
R4_3	3000	1000	3	300	
R5_3	4000	1000	4	400	
R6_3	5000	1000	5	500	
R7_3	6000	1000	6	600	
R8_3	7000	1000	7	700	
R9_3	8000	1000	8	800	
R10_3	9000	1000	9	900	
R11_3	10000	1000	10	1000	
R1_4	500	750	0,67	66,67	
R2_4	750	750	1	100	
R3_4	1500	750	2	200	
R4_4	2250	750	3	300	
R5_4	3000	750	4	400	
R6_4	3750	750	5	500	
R7_4	4500	750	6	600	
R8_4	5250	750	7	700	
R9_4	6000	750	8	800	
R10_4	6750	750	9	900	
R11_4	7500	750	10	1000	
R1_5	1000	2000	0,5	50	
R2_5	1000	5000	0,2	20	
R3_5	1000	10000	0,1	10	