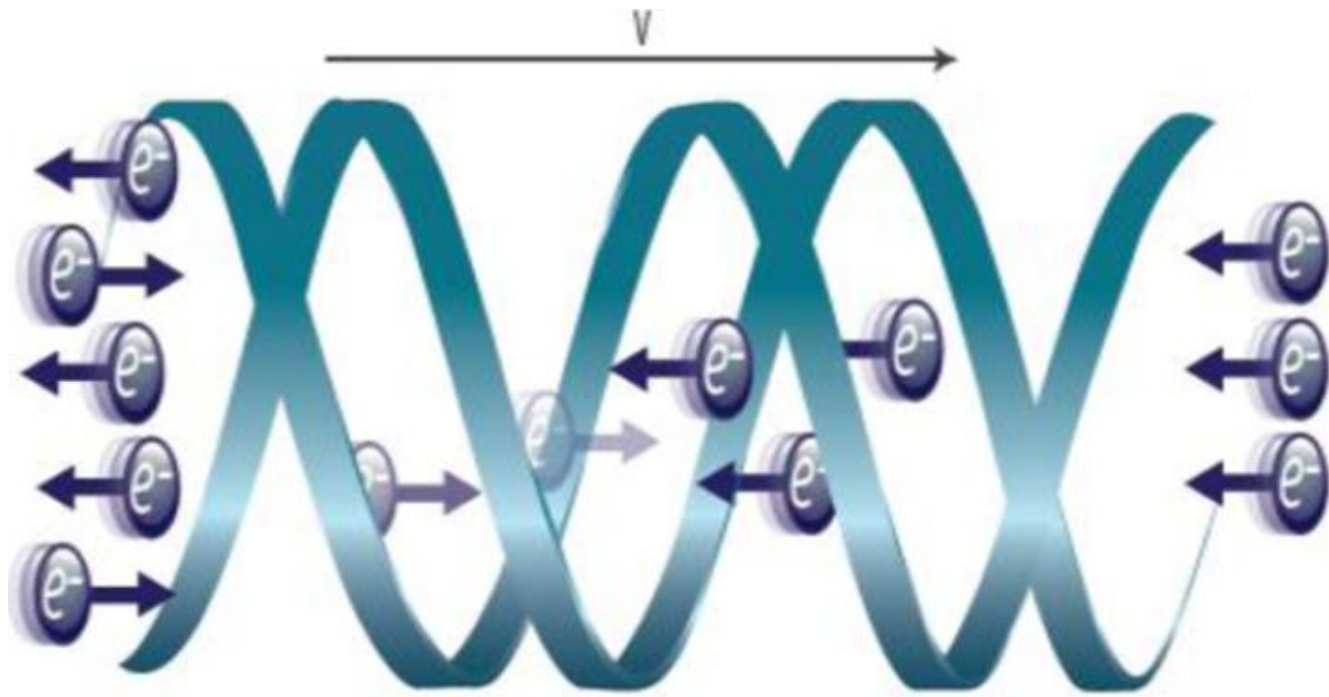
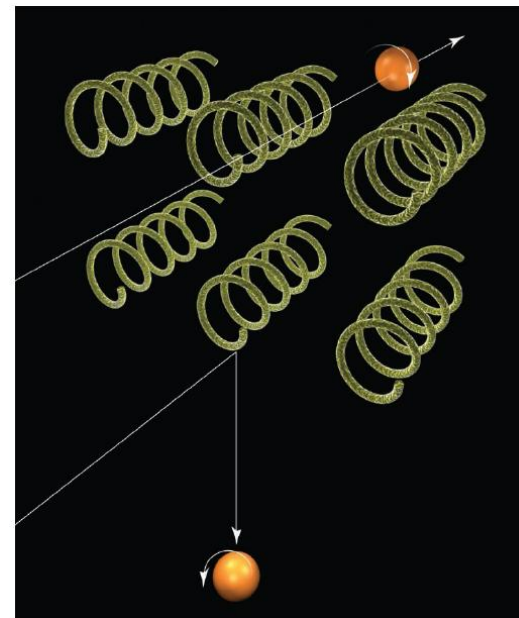
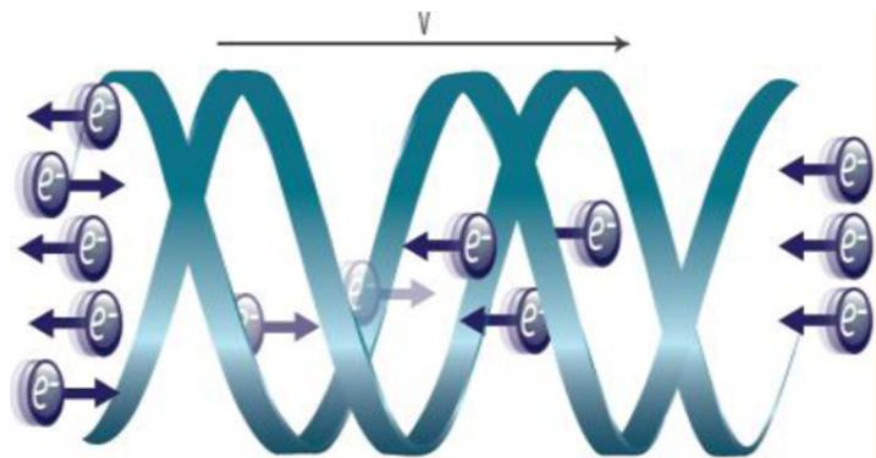


Chiral-induced spin selectivity effect



Nanofizika szeminárium
2012. október 25.

Pósa László



Spin szelektív transzport rendezett, királis szerves molekulákon szoba T-n (1999)
 Meglepően nagy: akár 60% (2011)

- Nem mágneses
- Kicsi spin-pálya kölcsönhatás

$$A = \frac{I(+)-I(-)}{I(+)+I(-)}$$

Ferromágneses anyagok esetén kb 25%.

Kiforrott elméleti magyarázata még nincsen.

Rendezetlen, gáz fázisú királis molekulák (nagy rendszámú elemekkel) esetén a spin polarizáció lényegesen (10^{-4}) kisebb: kis SO kölcsönhatás.

Asymmetric Scattering of Polarized Electrons by Organized Organic Films of Chiral Molecules

K. Ray, S. P. Ananthavel,* D. H. Waldeck,† R. Naaman‡

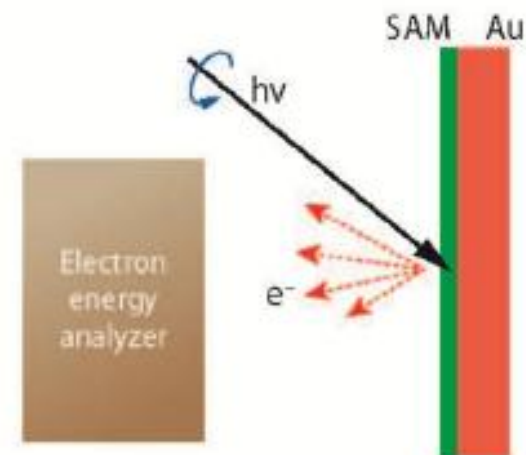
1999 VOL 283 SCIENCE

Aszimmetria felfedezése a szórási hatáskeresztmetszetben fotoelektronok esetén.

LEPET: Low-energy photoelectron transmission spectroscopy

Vékony film réteget csináltak királis molekulákból (Langmuir–Blodgett film) polikristályos arany lemezre.

Molekula: $[(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{C}(\text{O})\text{NH}-(\text{CH}_2)_4\text{CH}(\text{NH}_3^+)\text{CO}_2^-)]$
amino sav.



Spin szelektivitás mérése: Ha az Au(111) felületen kilépő elektronok spinben részben polarizáltak megvilágított fény polarizáltságától függően.

- Lineárisan polarizált fény: Polarizálatlan elektronok
- Jobbra cirkulárisan pol. fény: A spin iránya megegyezik az elektron sebességének irányával.
- Balra cirkulárisan pol. fény: A spin iránya ellentétes az elektron sebességének irányával.

Ok: Sávszerkezeti számítások, kiválasztási szabályok,...

Mértéke: Az elektron energiájától függően 5-15%.

Az aszimmetria mértékének jellemzése (gázos méréseknél):

$$A = \frac{I(+)-I(-)}{I(+)+I(-)}$$

I(+): A sebességgel azonos irányba álló spinű elektronok intenzitása

I(-): A sebességgel ellentétes irányba álló spinű elektronok intenzitása

A mérések során a különbözően polarizált fotoelektronok intenzitását mérték miután áthaladtak a szerves molekula rétegen. -> Ebből következtetnek az aszimmetria nagyságára.

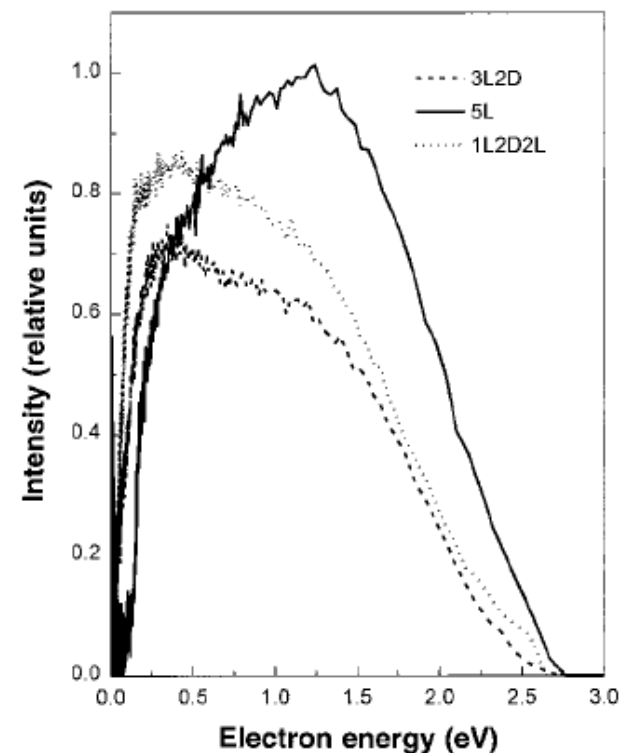
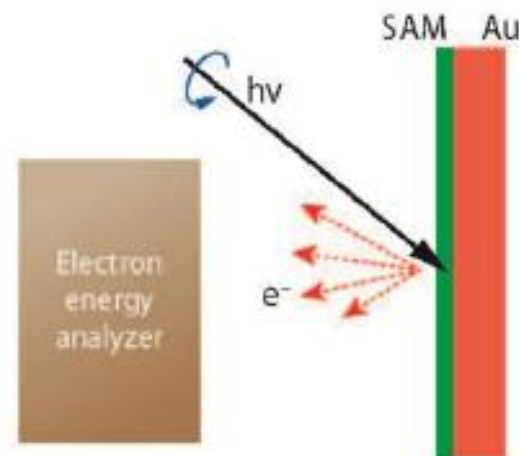
Mérések vákuumban: $<10^{-4}$ Pa

3 különböző minta

- Mind az 5 réteg azonos kiralitású (5D ill. 5L)
- Két különböző kiralitású réteg: (3D2L, 3L2D)
- Több különböző réteg: (1L2D2L, 1D2L2D)

Mérések alapján (Fourier transform infrared spectrum) mindegyik mintának azonos a szerkezete, az nem befolyásolja a méréseket.

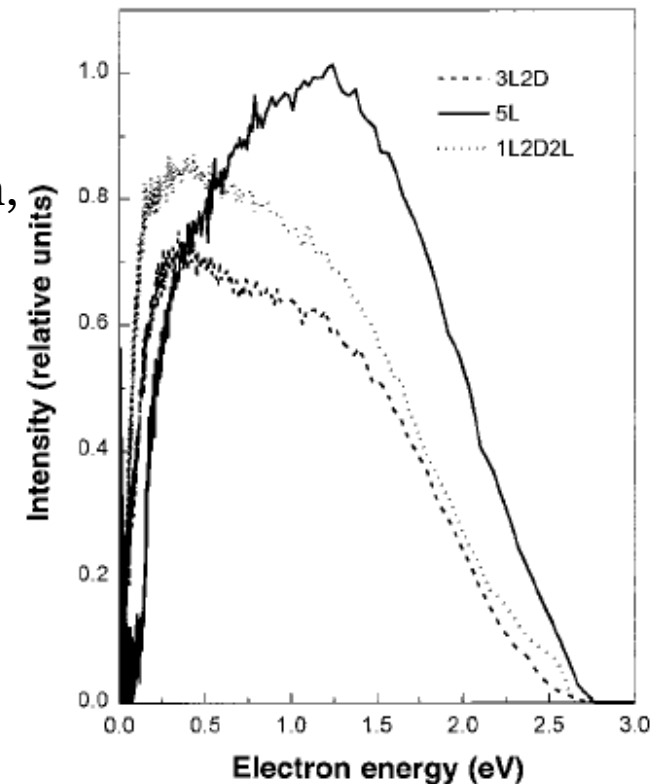
Mérés lineárisan polarizált fényre, különböző minták esetén.



Relatív kvantumhatásfok mérése a különböző mintákon, különböző polaritású fényre.

Polarizálatlan fényre:

- 5L ill. 5D minták esetén legnagyobb az elektronok transzmissziója.
- 1D2L2D ill. 3D2L rétegek transzmissziója közel azonos
-> átmenetek száma nem számít



Parameter	5L	5(99% L;1% D)	5D	3D2L	3L2D	1D2L2D	1L2D2L	FTIR
I_{asym}/I_{sym}	3.7	3.7	3.3	3.1	3.5	3.1	3.5	
Φ (193 nm)	1	–	1.05	0.59	0.67	0.70	0.79	
Φ (247 nm)	1	1.05	1.07	–	0.69	–	0.82	
	1.11(+)	1.05(+)	0.92(+)					
	0.89(-)	1.05(-)	1.21(-)					

Becslés a szórás aszimmetriájára:

Lineárisan polarizált fényre:

$$I_0(+)=I_0(-)=\frac{I_0}{2}$$

A különböző spinű elektronok különböző a kiralitású rétegekkel eltérő hatáskeresztmetszettel hatnak kölcsön.

Ennek aszimmetriája:

$$X=\frac{\sigma_+-\sigma_-}{\sigma_++\sigma_-}$$

Mérések alapján: $X=0.7\pm 0.2$

$$\sigma_1=1.7\cdot 10^{-16}\text{cm}^2$$

$$\sigma_2=9.7\cdot 10^{-16}\text{cm}^2$$

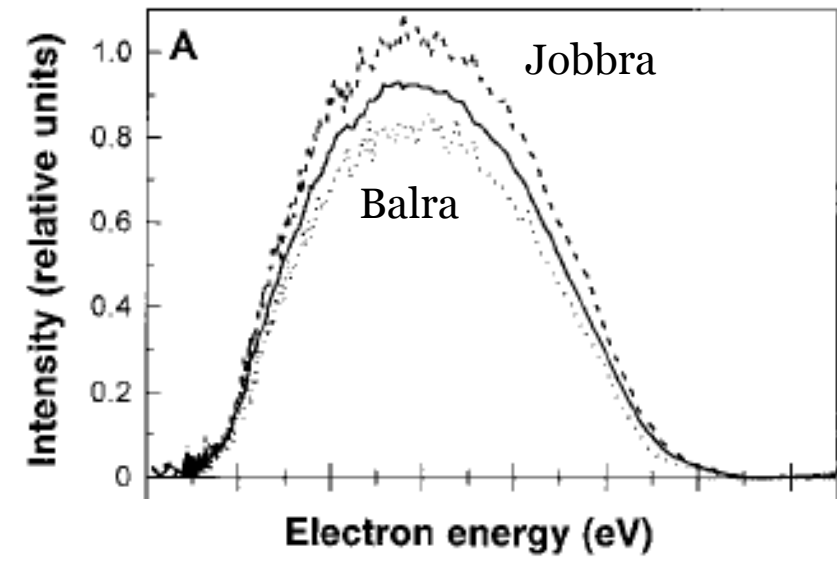
Parameter	5L	5(99% L;1% D)	5D	3D2L	3L2D	1D2L2D	1L2D2L
$I_{\text{asym}}/I_{\text{sym}}$	3.7	3.7	3.3	3.1	3.5	3.1	3.5
Φ (193 nm)	1	–	1.05	0.59	0.67	0.70	0.79
Φ (247 nm)	1	1.05	1.07	–	0.69	–	0.82
	1.11(+)	1.05(+)	0.92(+)				
	0.89(–)	1.05(–)	1.21(–)				

Cirkulárisan polarizált fényre:

Jobbra cirkuláris fényre megnőtt a transzmisszió az 5L típusú minta esetén. (Jobbra cirkulált -> + beállású spinek)

Ellentétes effektus az 5D mintára.

Figyelembe véve a σ_1 és σ_2 értékeket és a mért intenzitás eloszlást a kezdeti polarizáció (amit a fény okoz) nagysága 18%.



5L típusú mintára az intenzitás eloszlás különböző polarizáltságú fényre

Az aszimmetria faktor, amit a molekulák okoznak: $|A|=0.12 \rightarrow 12\%$

$$A = \frac{I(+)-I(-)}{I(+)+I(-)}$$

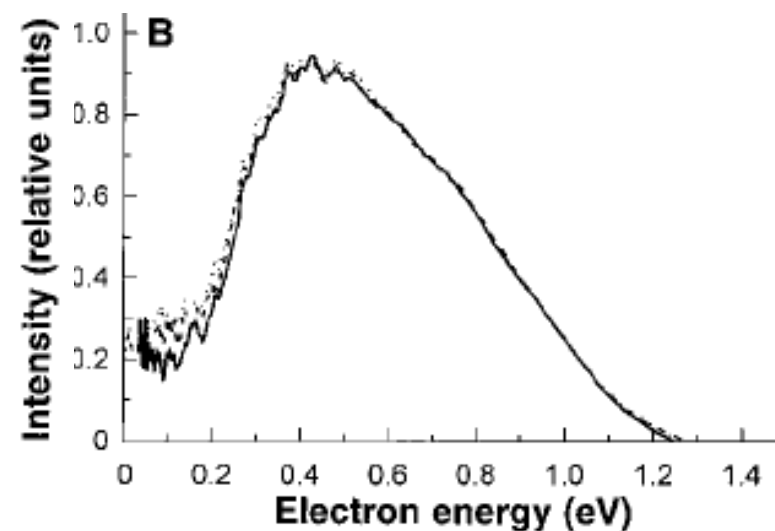
Parameter	5L	5(99% L;1% D)	5D	3D2L	3L2D	1D2L2D	1L2D2L
I_{asym}/I_{sym}	3.7	3.7	3.3	3.1	3.5	3.1	3.5
Φ (193 nm)	1	-	1.05	0.59	0.67	0.70	0.79
Φ (247 nm)	1 1.11(+) 0.89(-)	1.05 1.05(+) 1.05(-)	1.07 0.92(+) 1.21(-)	-	0.69	-	0.82

„Szennyezet mintára”:

Minta: Mind az 5 réteg L típusú, amely minden rétegébe 1% D típusú molekulát dópolnak.

Ez a kis szennyezés is nagy változást okoz: nincs különbség a különbözően polarizált fény esetén.

- Az aszimmetrikus szóráshoz koherens kcsh kell -> fázis veszteség a szennyezőn
- Az elektron az áthaladás sok molekulával hat kölcsön (hullámhossza kb. 2nm 0,5eV esetén).



Parameter	5L	5(99% L;1% D)	5D	3D2L	3L2D	1D2L2D	1L2D2L
I_{asym}/I_{sym}	3.7	3.7	3.3	3.1	3.5	3.1	3.5
Φ (193 nm)	1	–	1.05	0.59	0.67	0.70	0.79
Φ (247 nm)	1	1.05	1.07	–	0.69	–	0.82
	1.11(+)	1.05(+)	0.92(+)				
	0.89(-)	1.05(-)	1.21(-)				

Spin Selectivity in Electron Transmission Through Self-Assembled Monolayers of Double-Stranded DNA

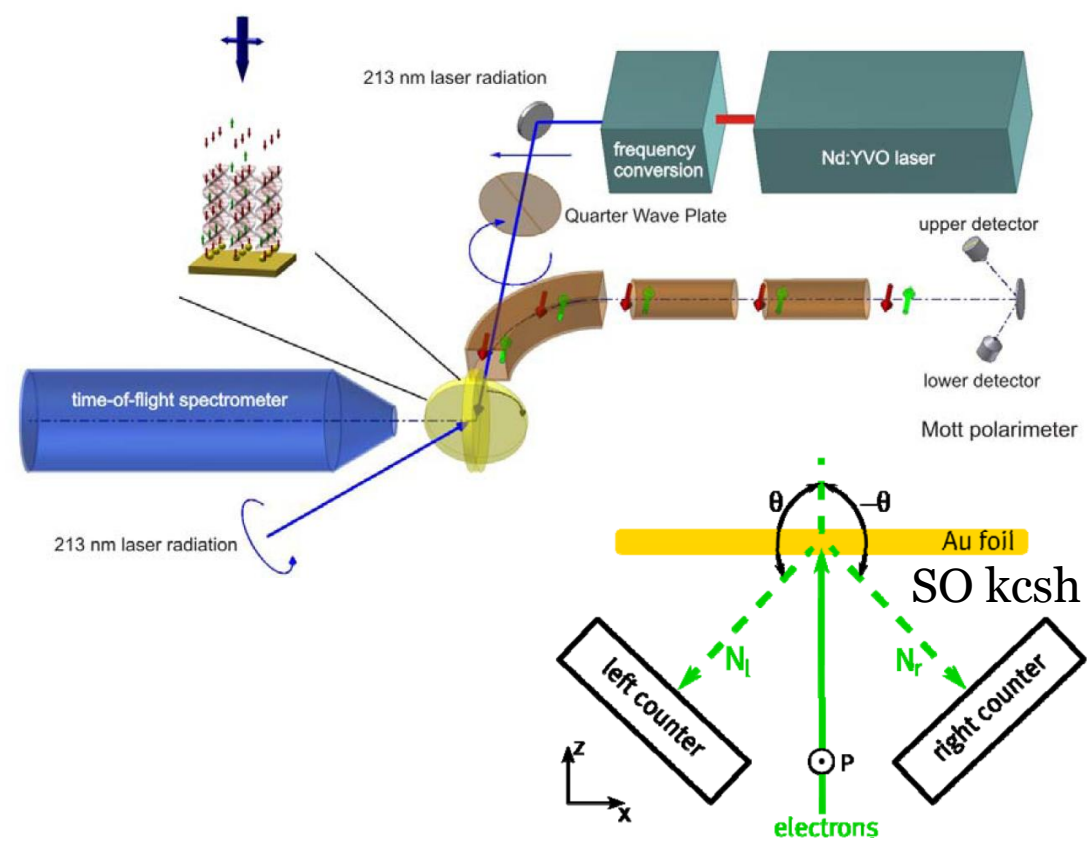
B. Göhler,¹ V. Hamelbeck,¹ T. Z. Markus,² M. Kettner,¹ G. F. Hanne,¹ Z. Vager,³
 R. Naaman,^{2*} H. Zacharias¹

18 FEBRUARY 2011 VOL 331 SCIENCE

Spinszelektív transzport egyrétegű rendezett, duplaszálú DNS molekula rétegen.

Közvetlen spin polaritás mérés: Mott polarimeterrel.

Egészen 60%-os spinpolarizációt sikerült elérni szobahőmérsékleten, nagysága függ a réteg vastagságától (a DNS molekulák hosszától)



4 Különböző hosszúságú DNS
molekulából készített minta:
26, 40, 50, 78 bázispár

A DNS molekulák (111) irányú
arany felületre vannak
rendezve.

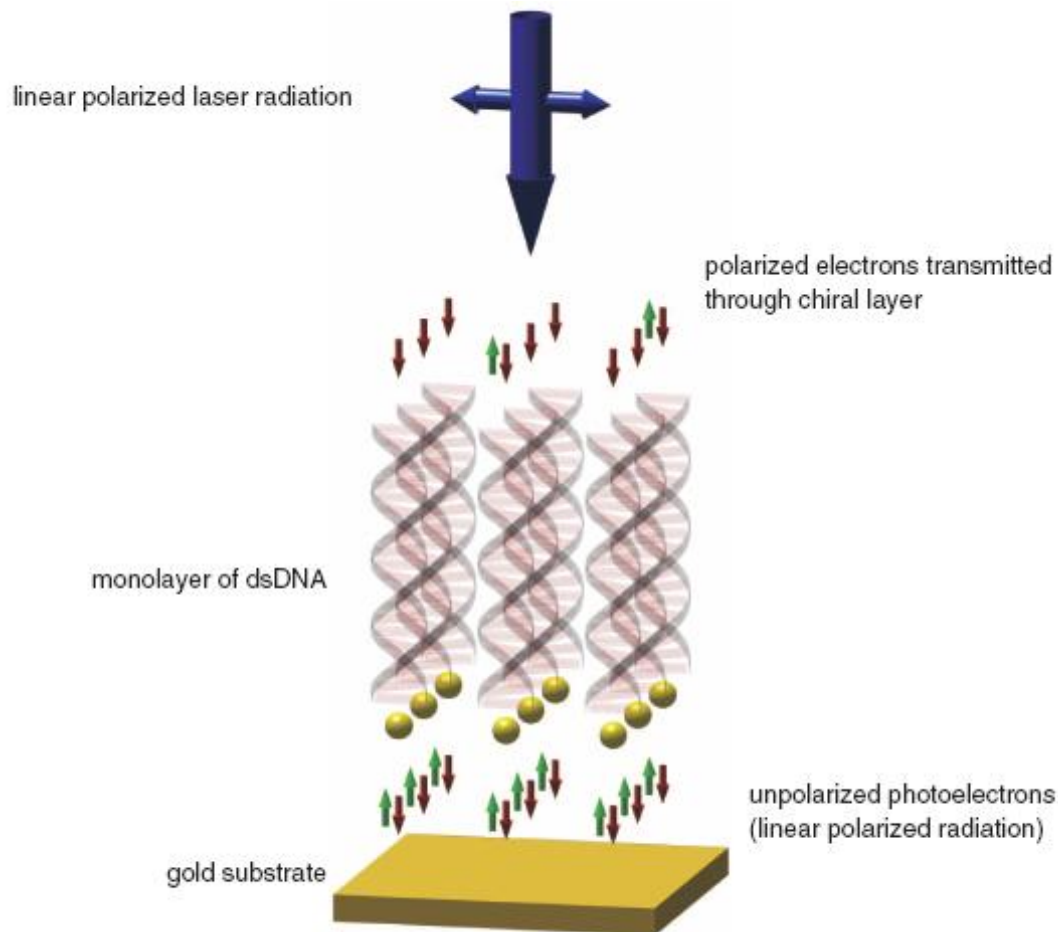
Mérés UHV-ben.

Mérték az elektronok
kinetikus energiáját (time to
fly) és spin polarizációját
(Mott polarimeter,
longitudinálisból
transzverzális)

A lézeres megvilágítás paramétereit:

- Foton energiája: 5.84 eV
- Pulzus hossza: 200 ps, 20 kHz frekvenciával.
- Intenzitás: 150 pJ/cm²

Energiája kisebb, mint a DNS ionizációs energiája

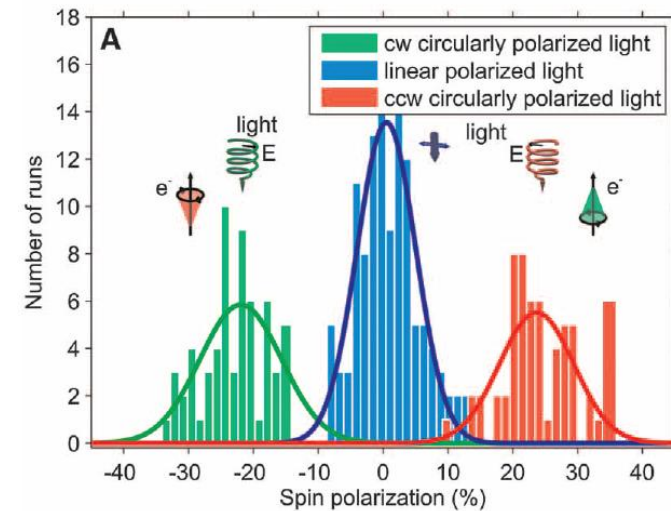


Mérési eredmények:

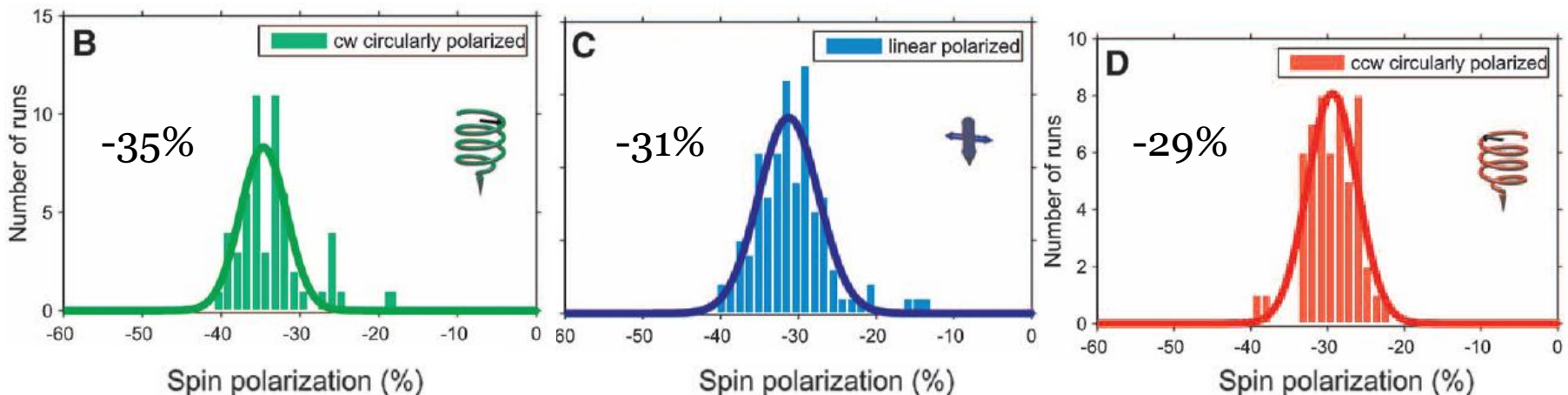
Polarizálatlan fény esetén nem volt spin polarizáció

Kontroll mérés: Molibdén esetén a cirkuláris fény esetén se volt spin polarizáció, a várakozások szerint.

DNS molekulák nélkül



50 bázispárt tartalmazó DNS molekula esetén: Polarizációtól függetlenül mind negatív előjelű.



Szisztematikusan vizsgálták a polarizáció nagyságát a DNS molekulák hosszának függvényében.

12 mintán 40 különböző mérés

Akár 60%-os polarizáció -> spinek aránya 1:4.1

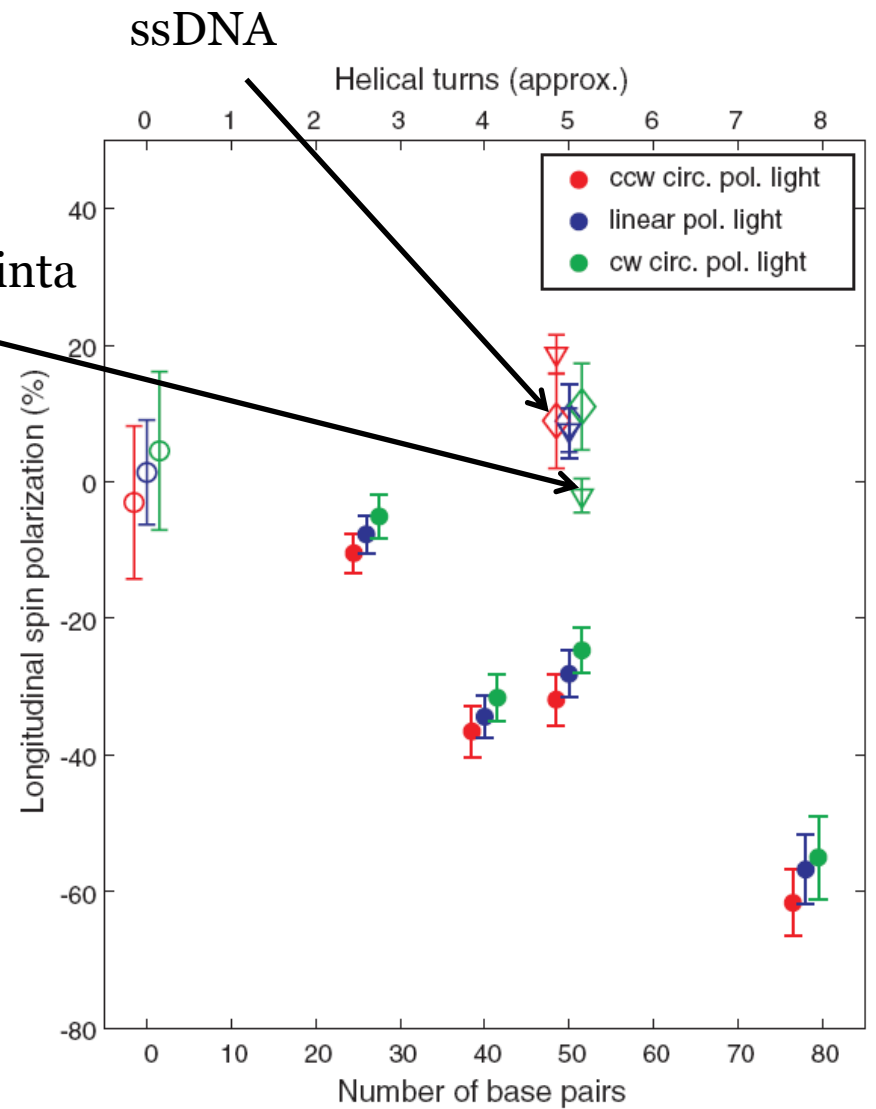
UV sugárzással roncsolt minta

A DNS hosszal nő a spin polarizáció is.
A 78 bázis hosszúságú DNS molekula is kisebb, mint az a hossz, amelyben a DNS megtartja a hosszú rúd alakú alakját.

Kontroll mérés ssDNS-el: nem királis, nem alkott sűrű, merev, rendezett réteget -> nem figyelhető meg spin polarizáció.

A polarizáció energia függetlennek adódott 0-1.2eV között.

(Pszeudo-mégneses tér: néhány 100 Tesla)



Spin Specific Electron Conduction through DNA Oligomers

Zouti Xie,[†] Tal Z. Markus,[†] Sidney R. Cohen,[‡] Zeev Vager,[§] Rafael Gutierrez,^{||} and Ron Naaman^{*,†}

[†]Department of Chemical Physics, [‡]Chemical Research Support, and [§]Department of Particle Physics and Astrophysics
Weizmann Institute of Science, Rehovot 76100, Israel

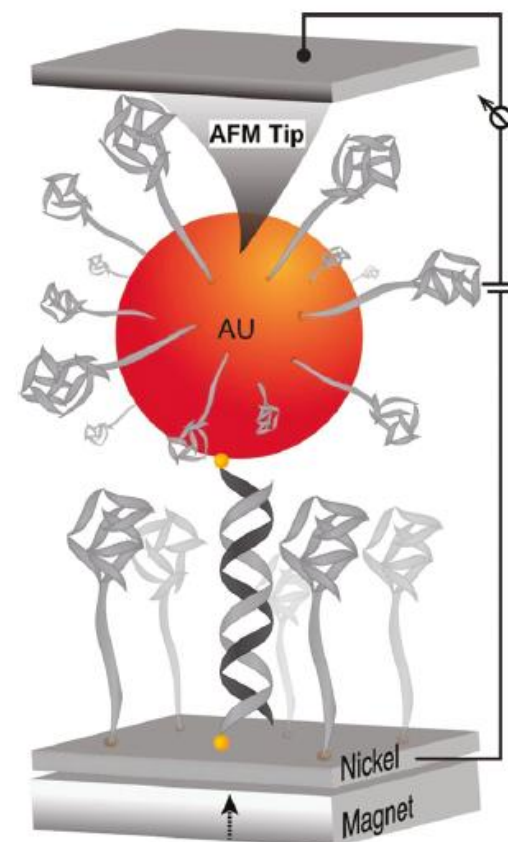
^{||}Institute for Materials Science, Dresden University of Technology, 01062 Dresden, Germany

Egyedi DNS molekulán történő mérés atomi erő mikroszkóppal.

200nm vastagságú Ni réteg: változtatható a mágnesezettsége.

Először ssDNS monoréteget hoztak létre, majd ráöntöttek egy olyan oldatot, amelyben arany nanorészecskékhez vannak kötve ssDNS darabok (thiol csoporttal). Ha találkozott két ellentétes DNS darab, akkor hibridizálódtak.

Geometria: Maximum két DNS molekula hibridizálódhat a két réteg között.



Mérési eredmények:

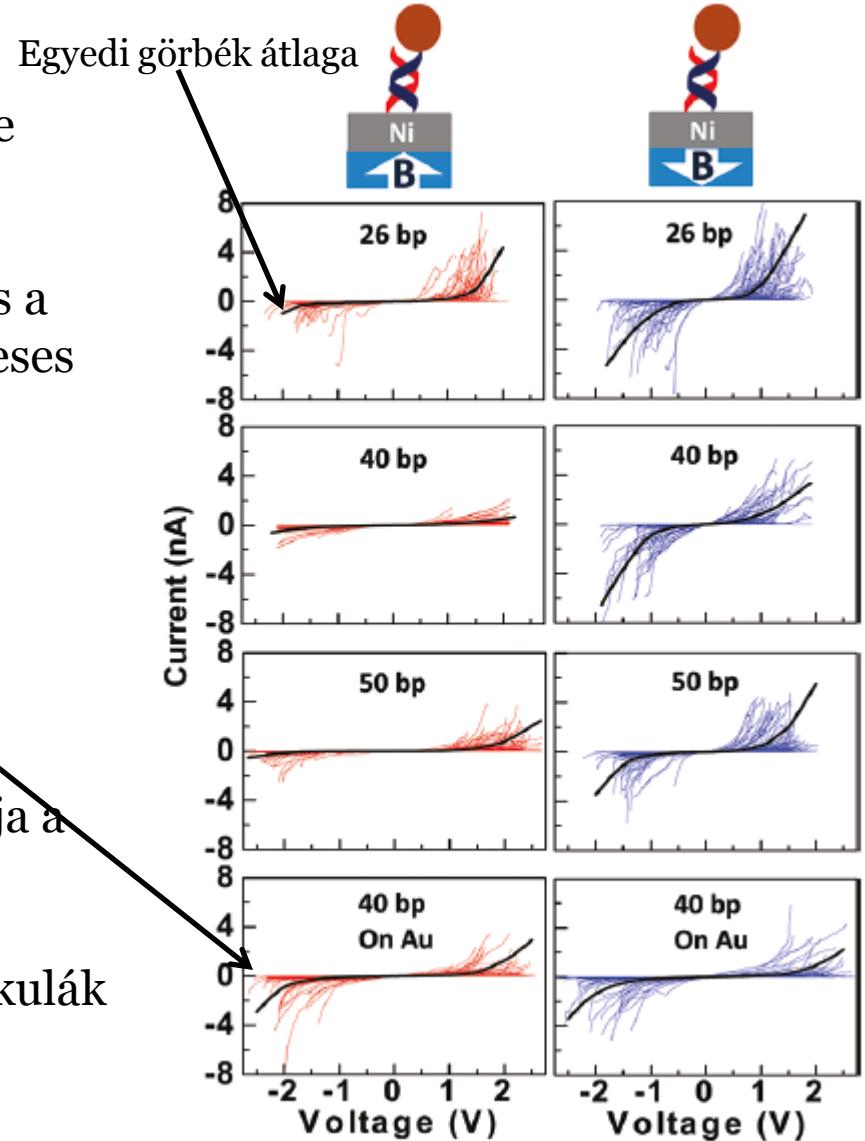
I-V mérések a Ni különböző mágnesszettsége mellett.

A könnyű mágnesszettségi tengely merőleges a DNS tengelyére -> kontroll mérések a mágneses tér levételével.

Ni szubsztrát nélkül nincs effektus.

További kontroll mérés: dsDNS helyett dialkylthiols molekulákat szórtak le -> nincs effektus -> thiol kötőcsoport nem befolyásolja a mérést.

Még további kontroll -> azonos ssDNS molekulák -> nincs hibridizáció -> nem királis -> nincs effektus.



Mérési eredmények:

Szimmetrikus I-V görbe -> Ellenkező spinű elektron a preferált ellenkező feszültségnél.

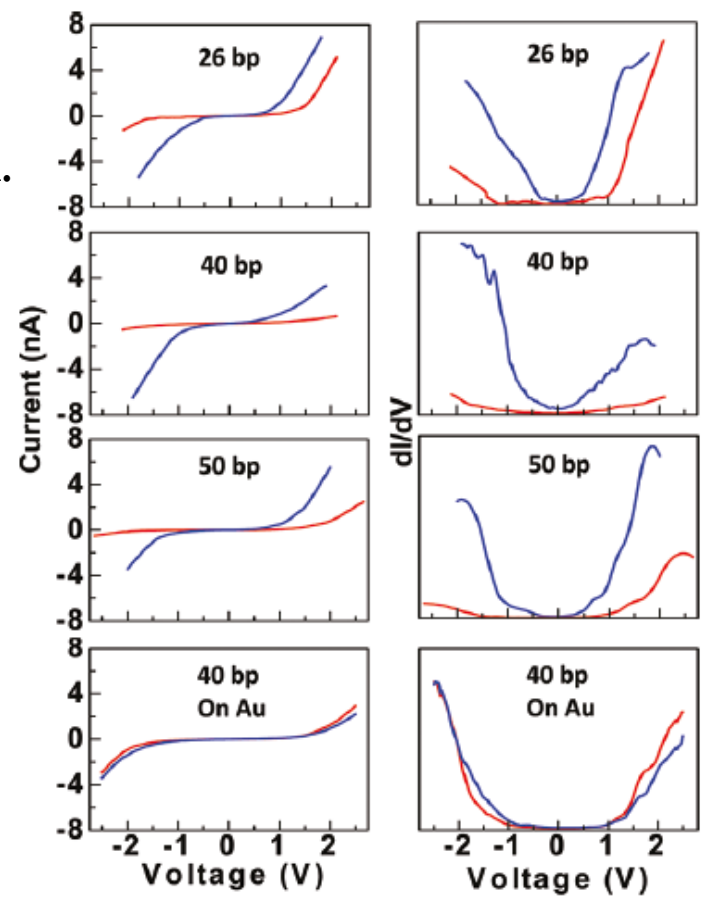
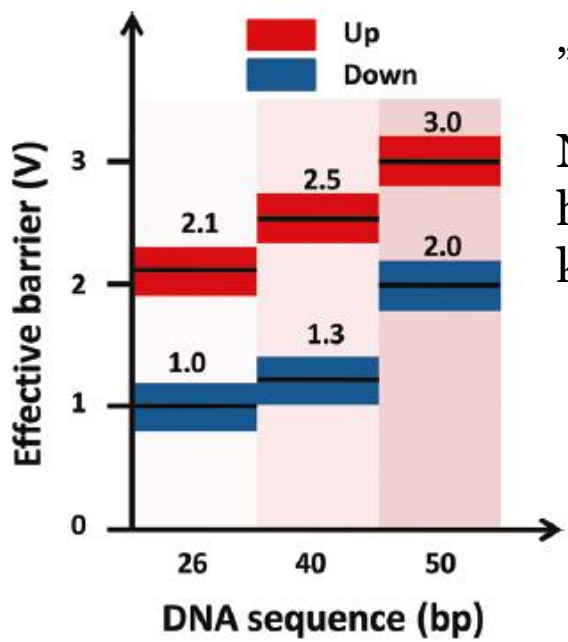
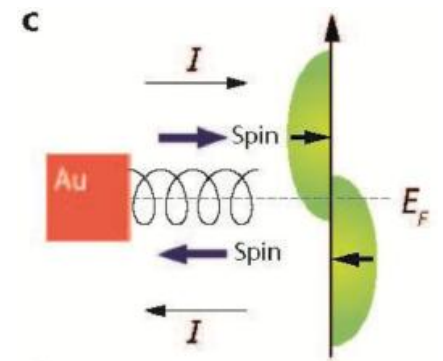
A Ni által okozott külső mágneses tér nem befolyásolja jelentősen a vezetést.

I-V görbék által számolt „effektív barrier” magasságok.

Nagysága nő a molekulák hosszával, de a különbségük közel állandó: kb 1eV.

Nem csak a SO kcsh lehet a felelős (szén nanocsőben pár meV)

A két dimenziós struktúra nem nélkülözhetetlen a spin szelektivitáshoz.



Köszönöm a figyelmet!