



Q-Fotonika

Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére és detektálására, biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

Barócsi Attila

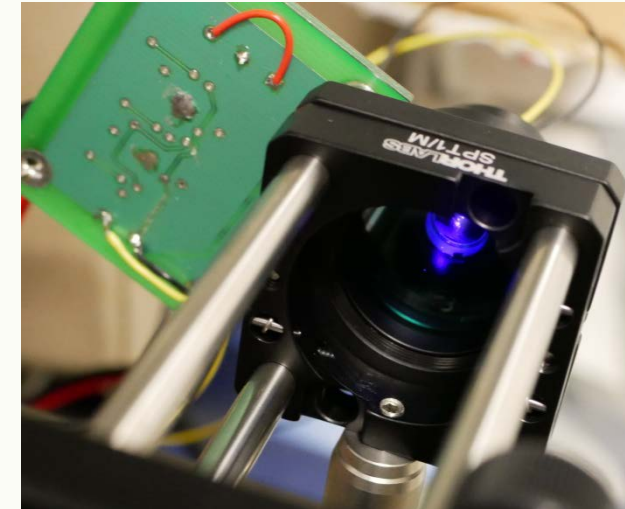
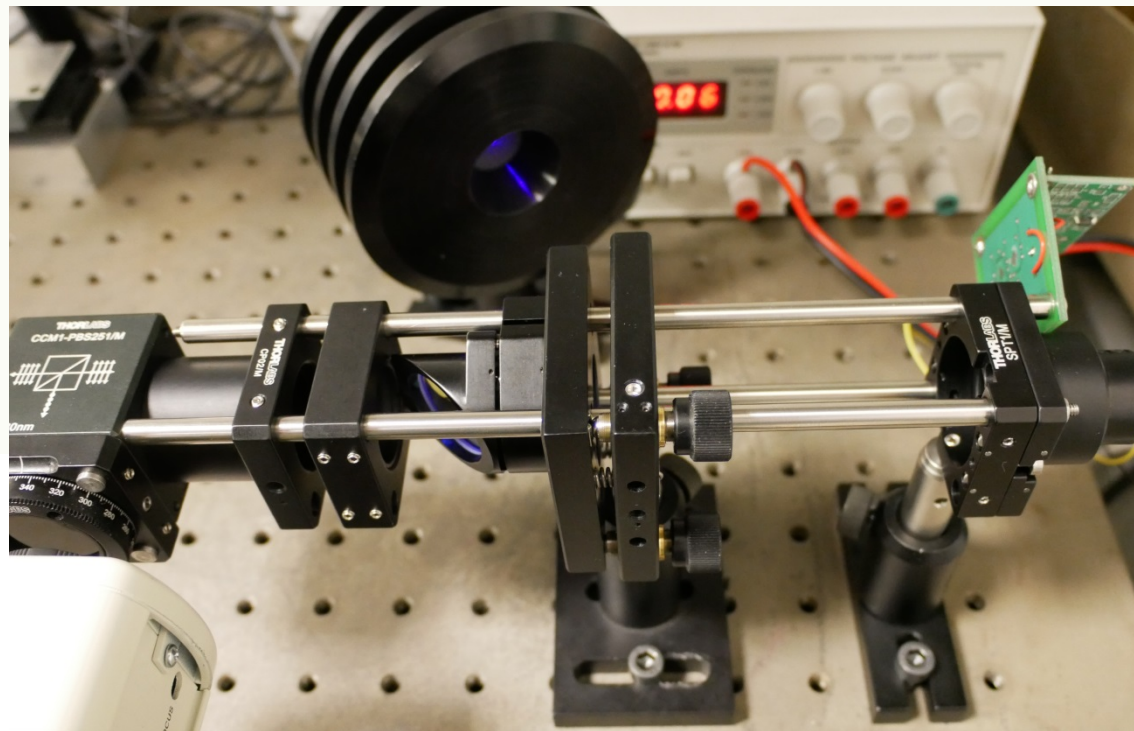


AZ NKFI ALAPBÓL
MEGVALÓSULÓ
PROJEKT

1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

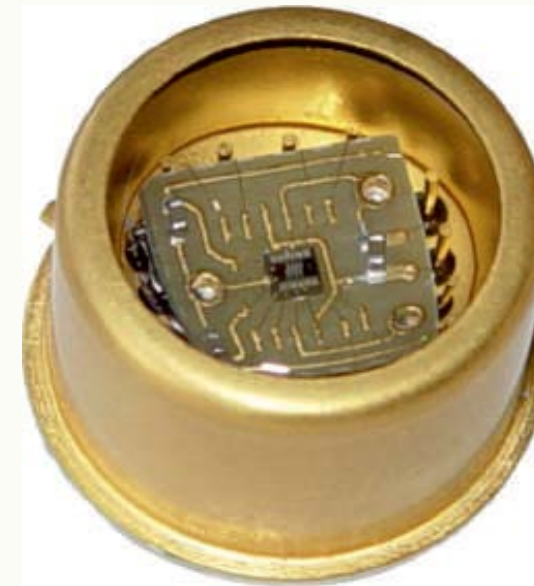
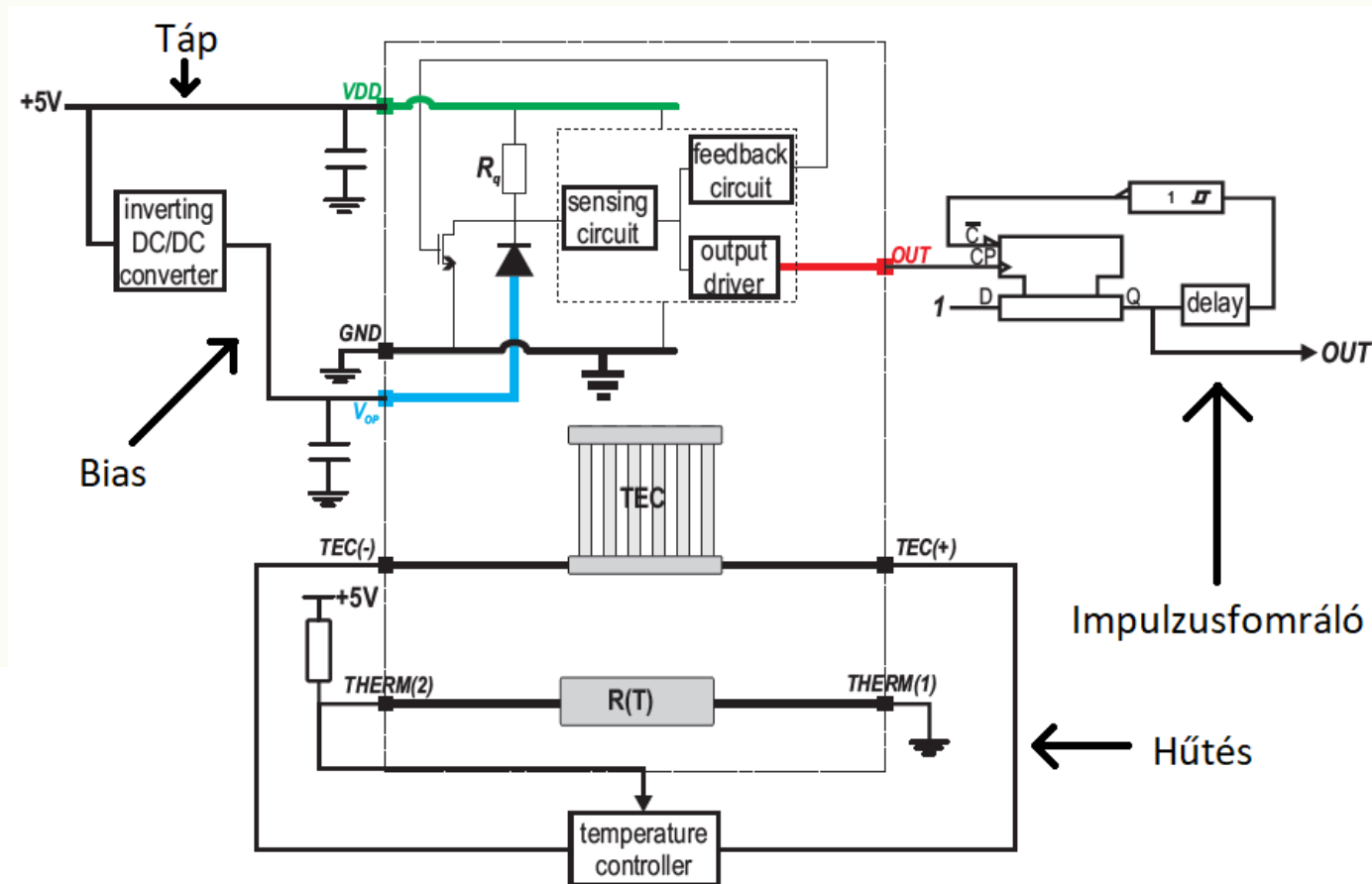
- Első = *előzetes*: BBO alapú SPDC saját LD-pumpával

- 30 mm keretrendszer
- 405 nm LD (max. 60...80 mW)
+ tápegység + kollimátor
+ aluláteresztő szűrő
- BBO type I / type II
+ billenthető tartó
- Dikroikus tükör
- 810 nm sávszűrő
- Kollimátor
- Polarizátor / polarizációs osztó
- SPAD + elektronika



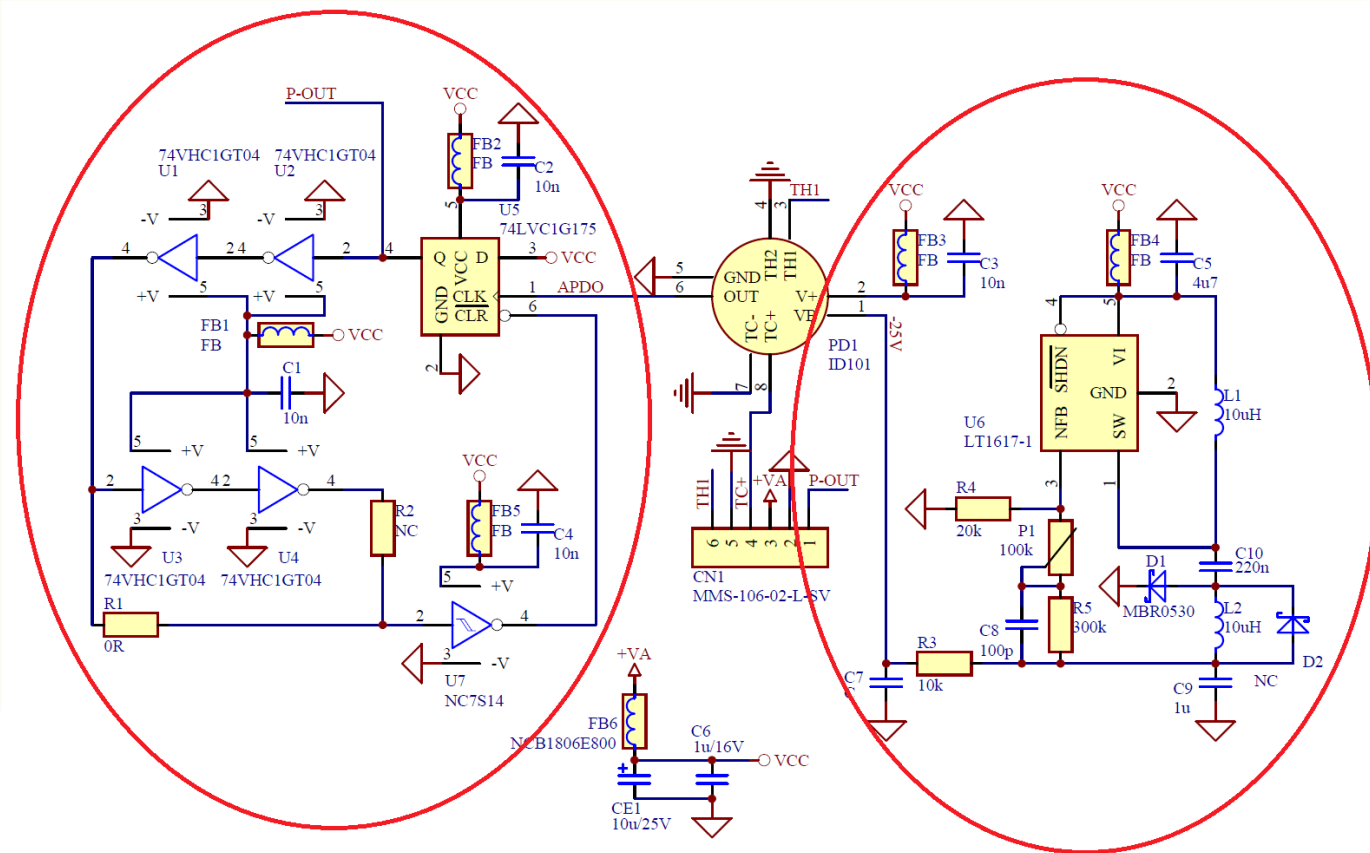
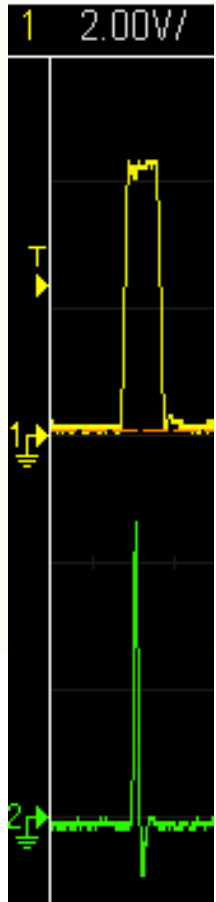
1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

- Első = *előzetes*: IDQ ID101 SPAD saját elektronikával + házzal



1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

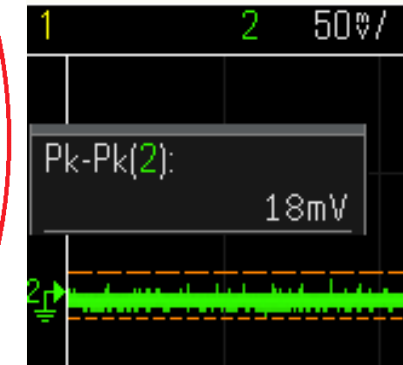
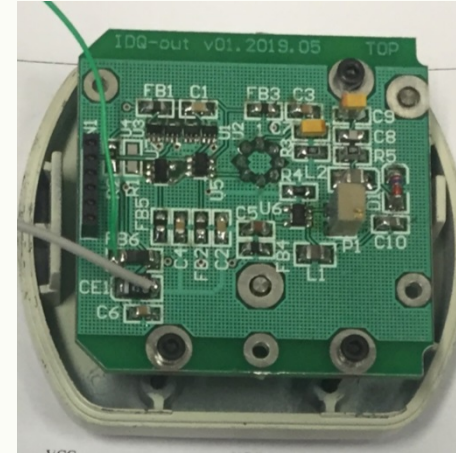
- Első = *előzetes*: IDQ ID101 SPAD saját elektronikával + házzal



Impulzusformáló
áramkör

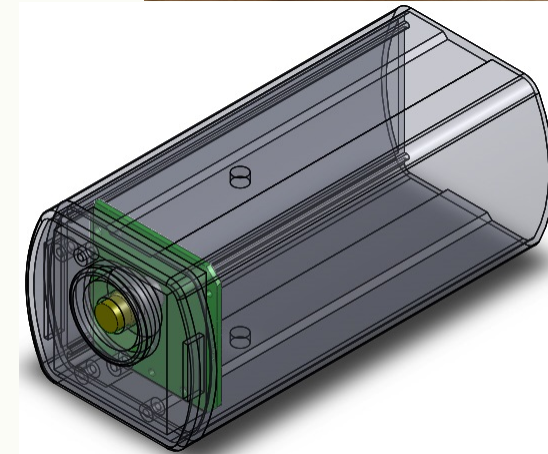
Bias-előállító
áramkör

- PCB terv
- Impulzus-jelalak
- Előfeszítés-zaj

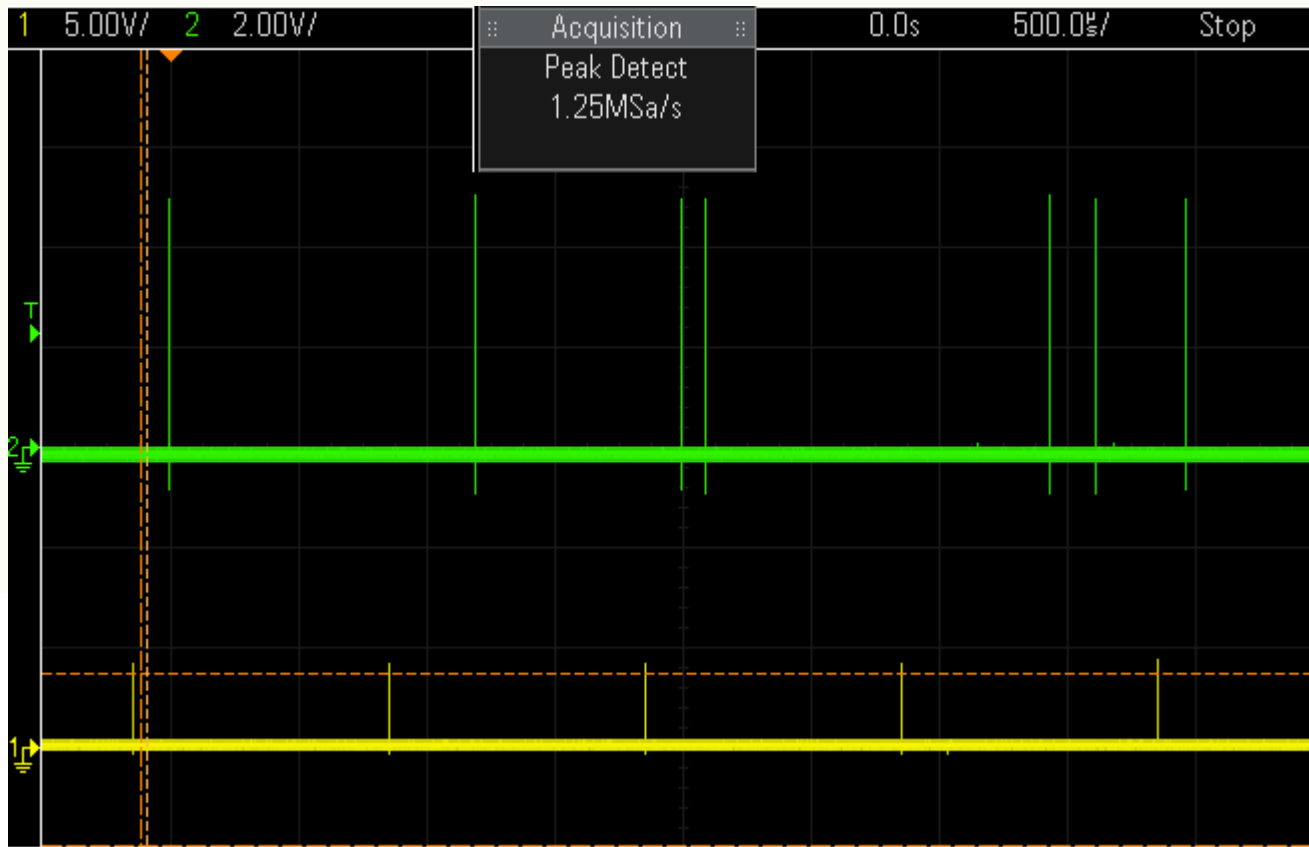


1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

- Első = *előzetes*: IDQ ID101 SPAD saját elektronikával + házzal

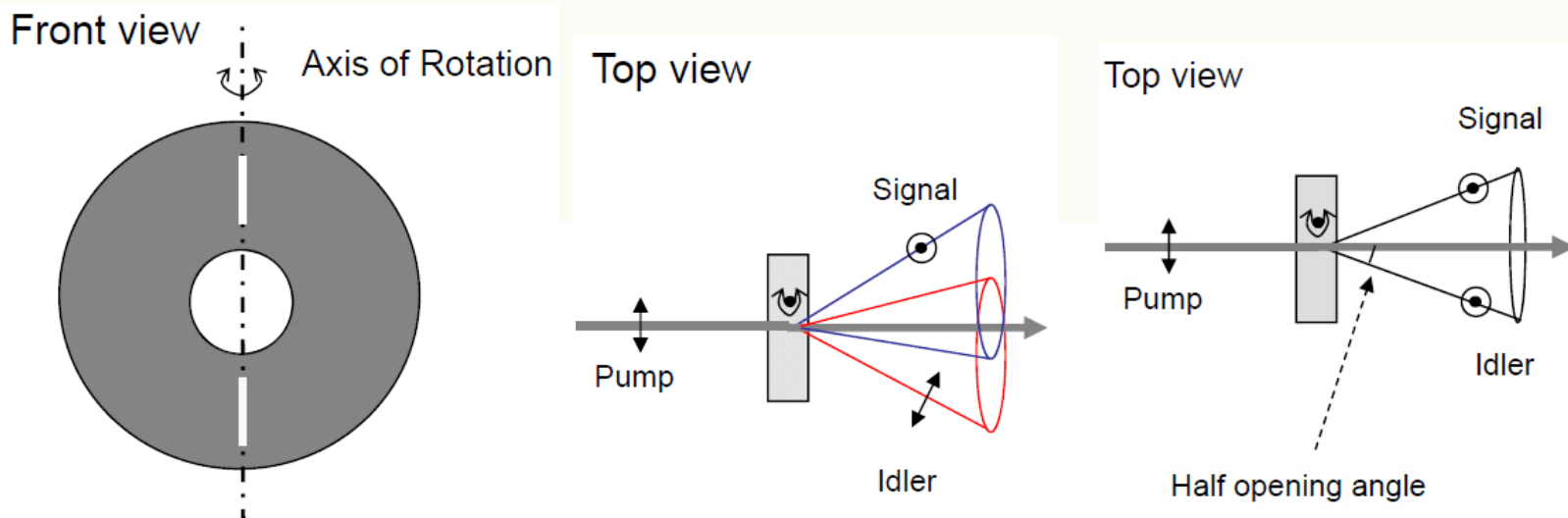
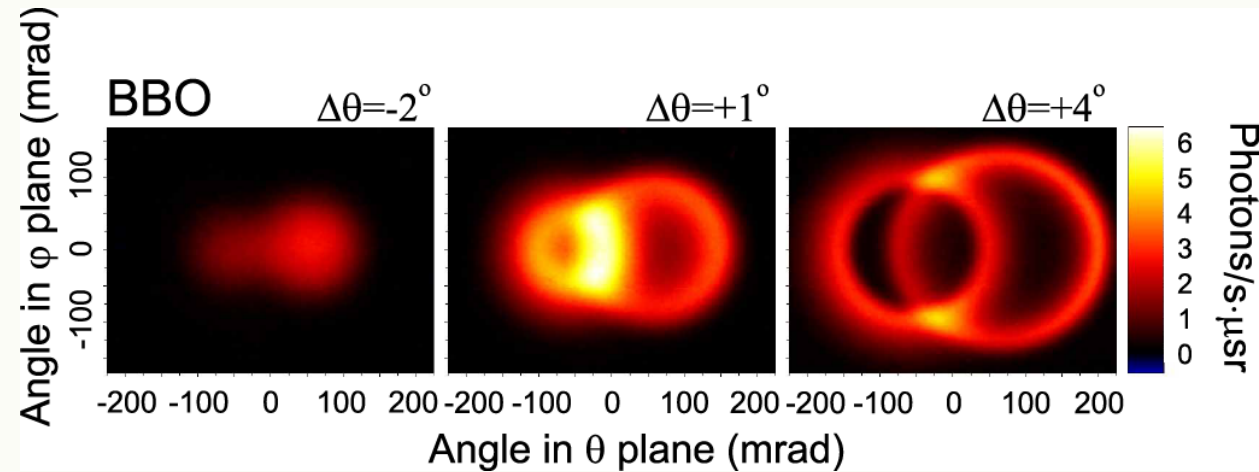


- SPAD sötétzaj (1 kHz referenciához)
- Adatlap: 200 Hz (hűtés + előfeszítés)
- Meglévő mechanika (C-mount)



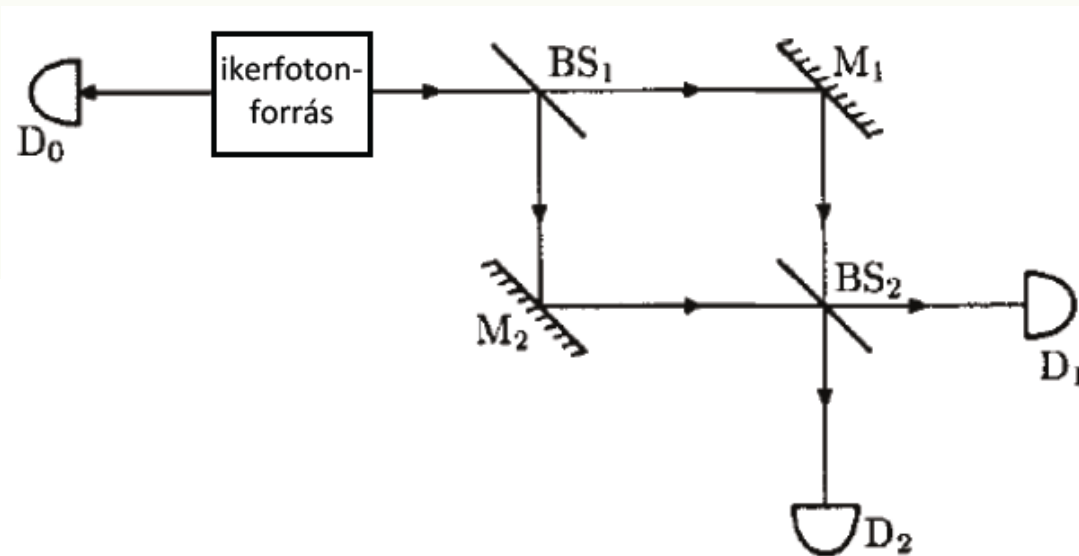
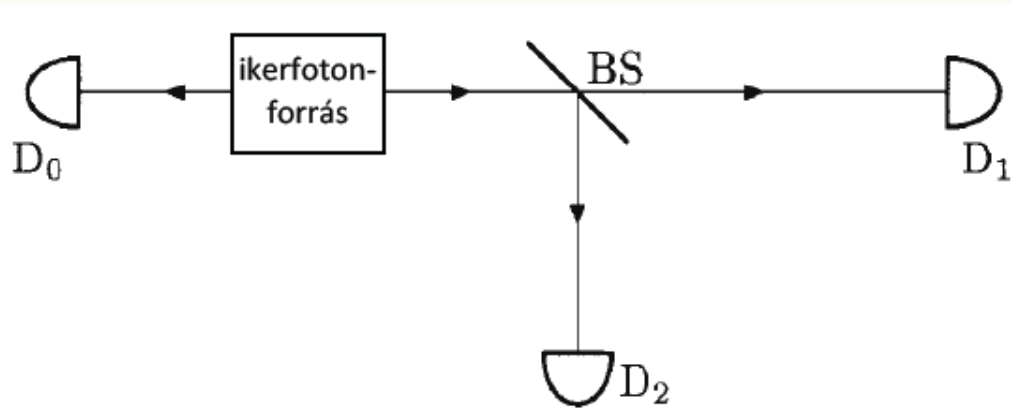
1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

- Első = *előzetes* cél: **BBO** alapú SPDC detektálása saját SPAD-dal
 - Tamosauskas *et al.*, “Observation of spontaneous parametric down-conversion excited by high brightness blue LED”, Opt. Exp. **18**: 4310-15 (2010)
 - 405 nm LD
+ $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ SPAD átló mentén

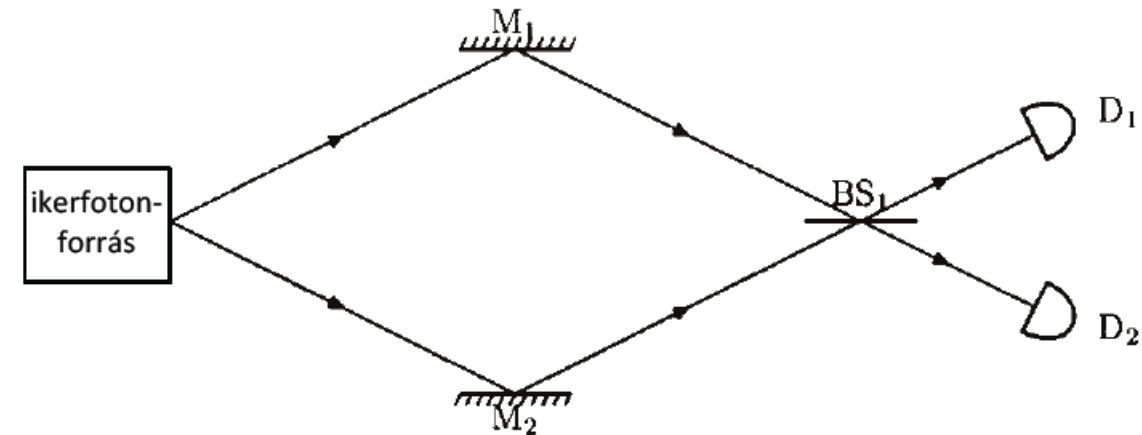


1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

- Tervezett alapkísérletek:



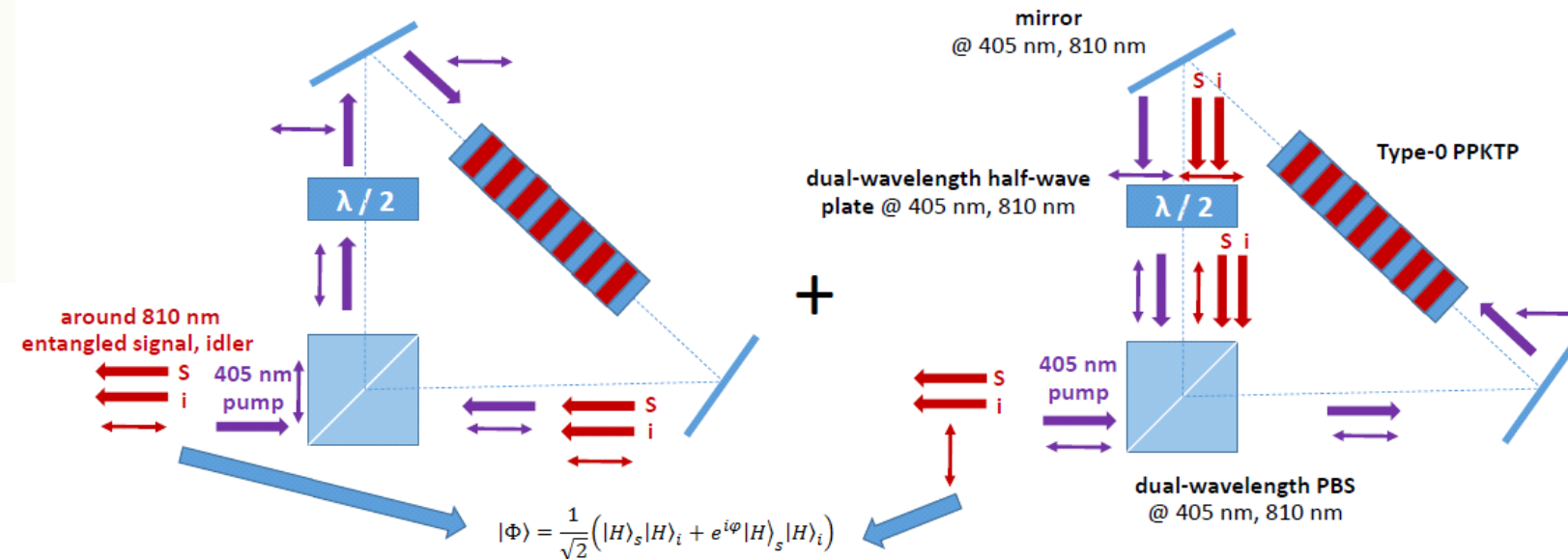
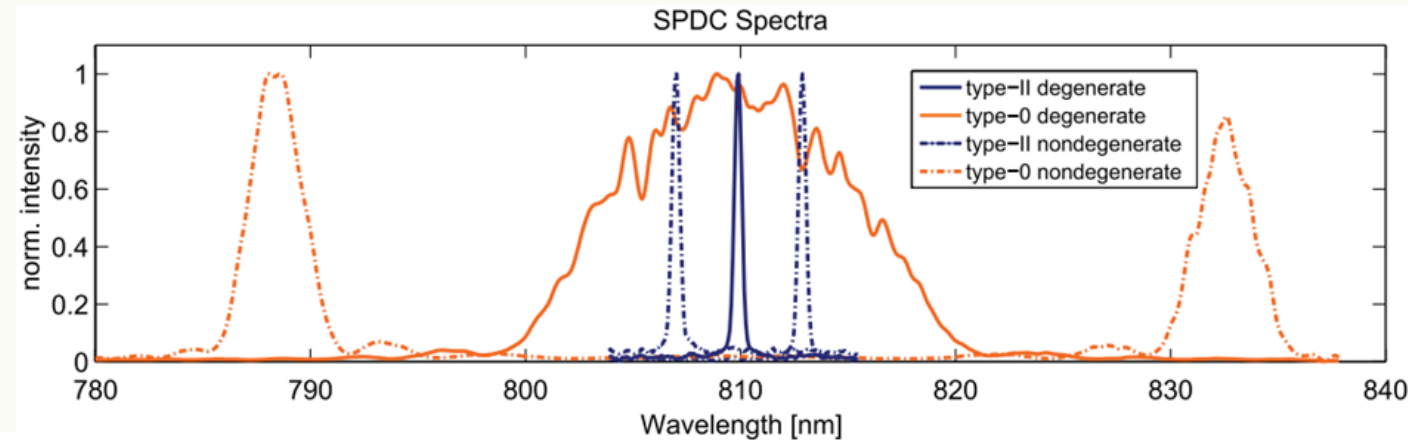
- Foton létezése (D_0 - D_1 , D_0 - D_2 , ~~D_1 - D_2~~)
- Egyfoton-interferencia (D_1 vs D_2)
- Kétfoton-interferencia (D_1 - D_1 , D_2 - D_2 , ~~D_1 - D_2~~ : min)



1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

- Saját kísérletekhez felhasználható mérések és szimulációk – **IQOQI-Vienna**

- Beszerzési lista (BBO mellett):
PPKTP alapú *kollineáris* fotonpár forrás
- *Sagnac Type-0* (csak n_{NL})
polarizációban összefonódott
- $\lambda/2$ helyett periszkóp



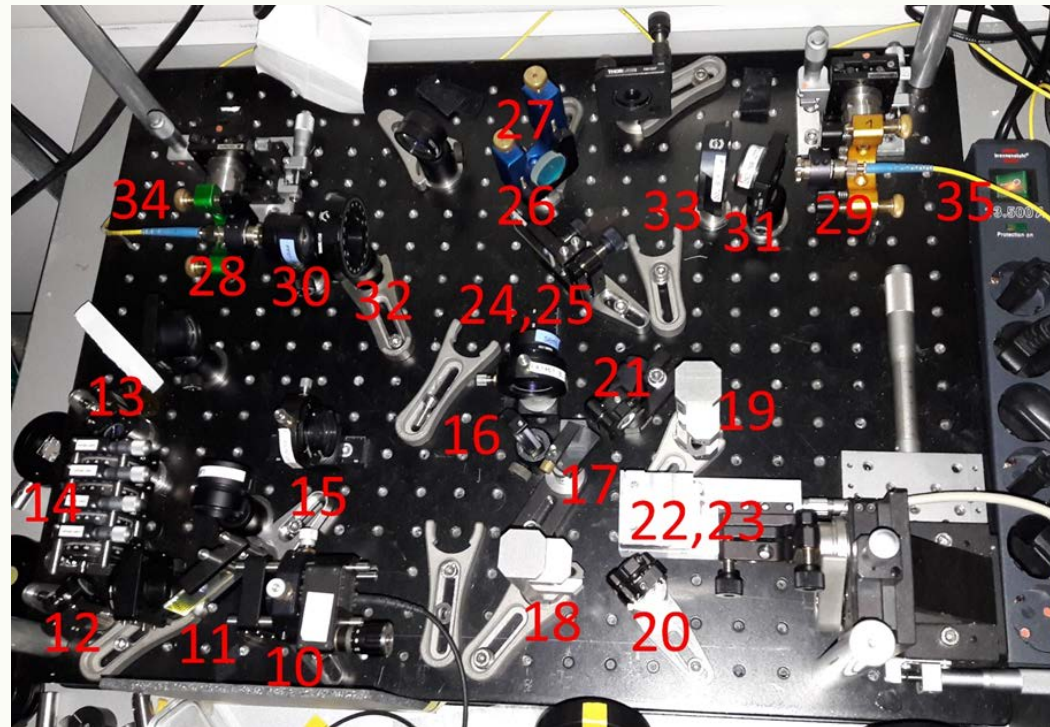
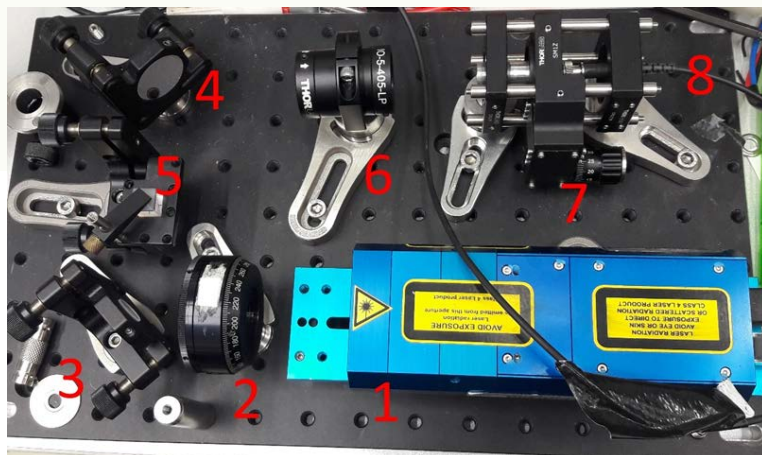
1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

- Saját kísérletekhez felhasználható mérések és szimulációk – IQOQI-Vienna

S , I megkülönböztethetetlenség:

- Kétirányú pumpa térben átlapol
- Nyalábnyak a kristály közepén

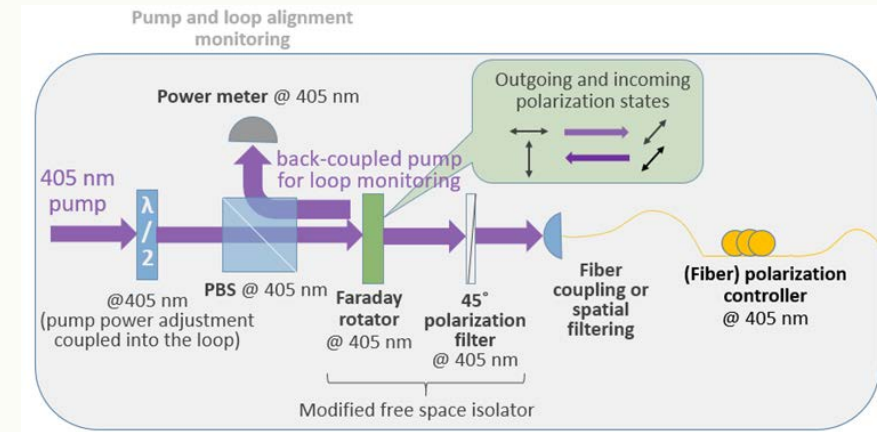
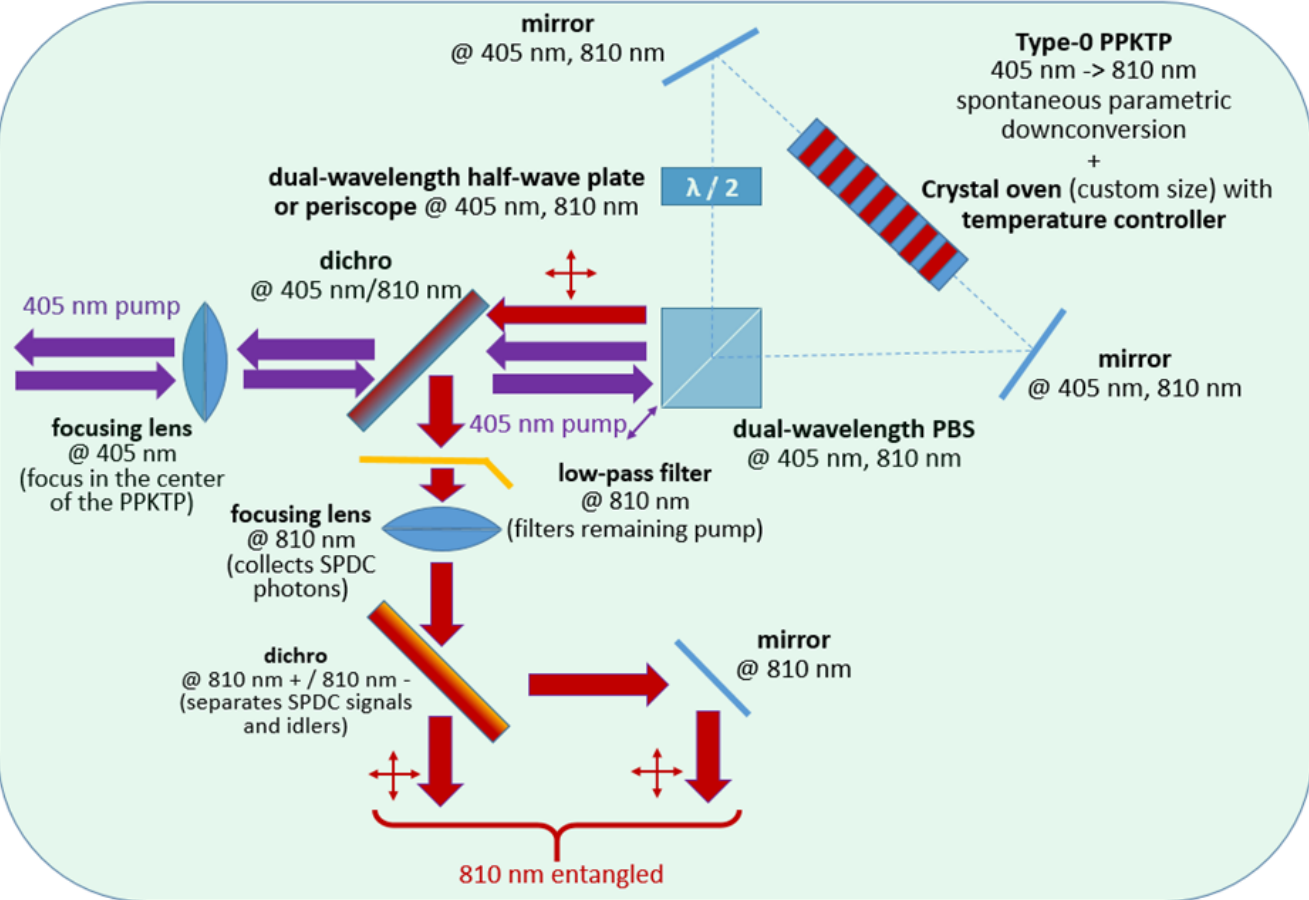
→ pumpa visszacsatolás



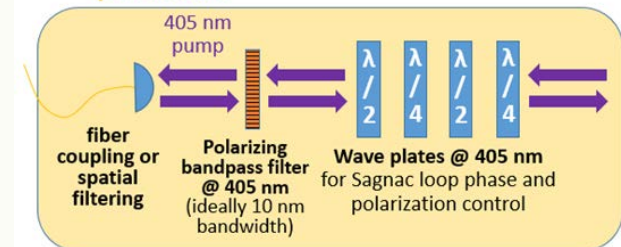
1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

- Saját kísérletekhez felhasználható mérések és szimulációk – IQOQI-Vienna

Sagnac-type polarization entangled photon source

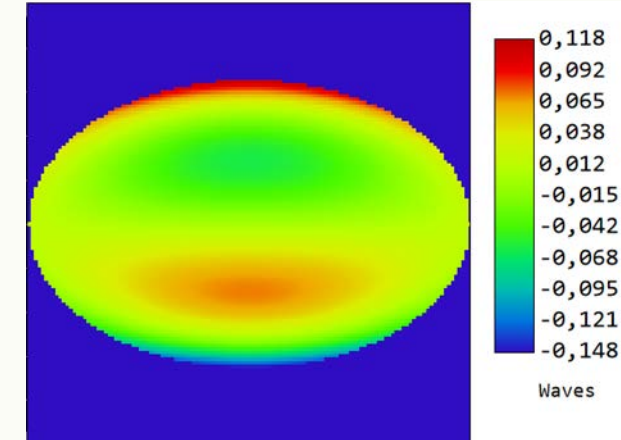
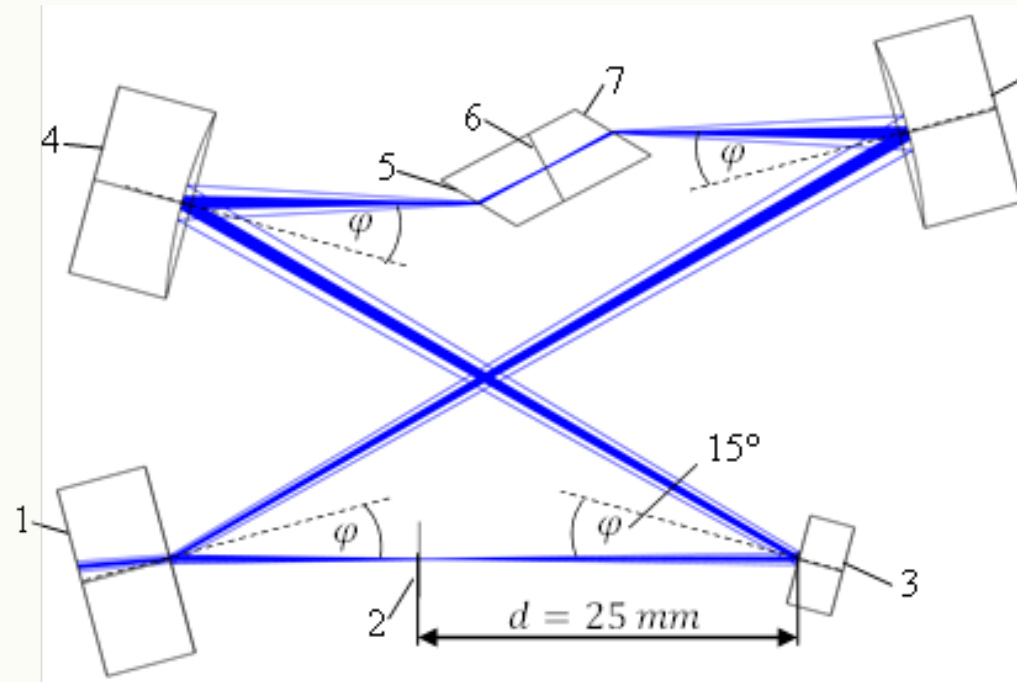
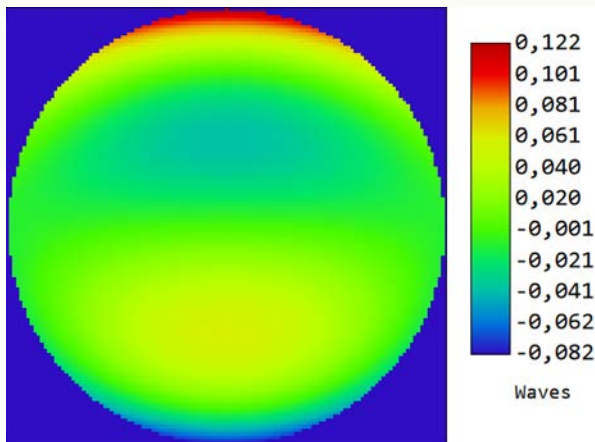


Polarization and loop phase control



1. Első kísérletek összefonódott fotonpárok keltésére / detektálására

- Saját kísérletekhez felhasználható mérések és szimulációk – **SHG rezonátor optimalizáció**
 - (d, φ) szabad paraméterek
 - Kristálybeli fókuszfolt-aberráció minimalizálás (konverziós hatásfok)
 - $1\times$ nagyítás („*masni*”)



2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

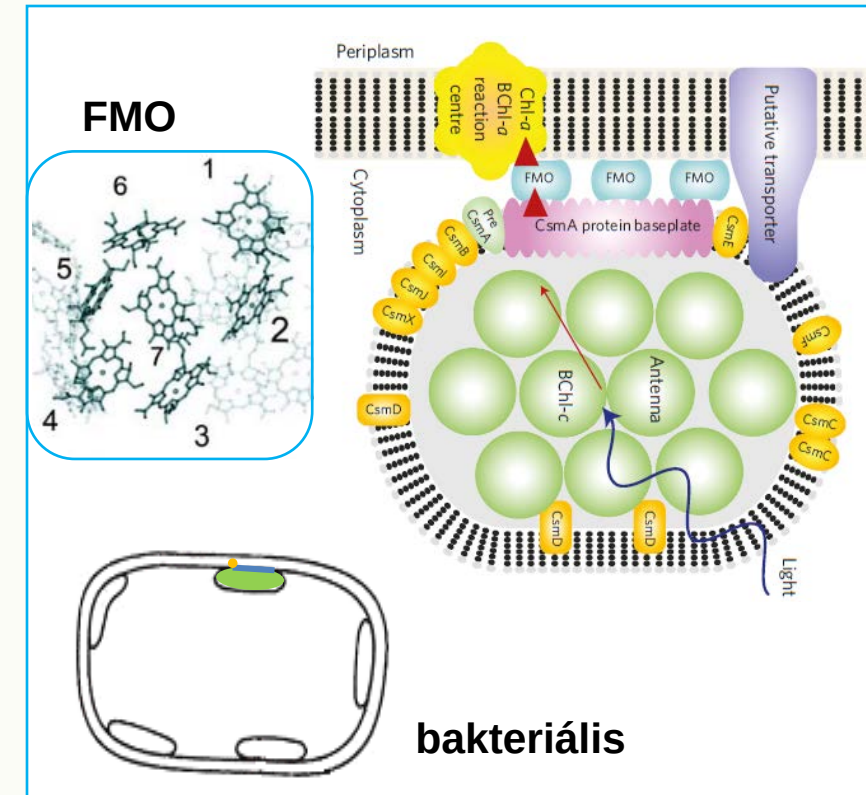
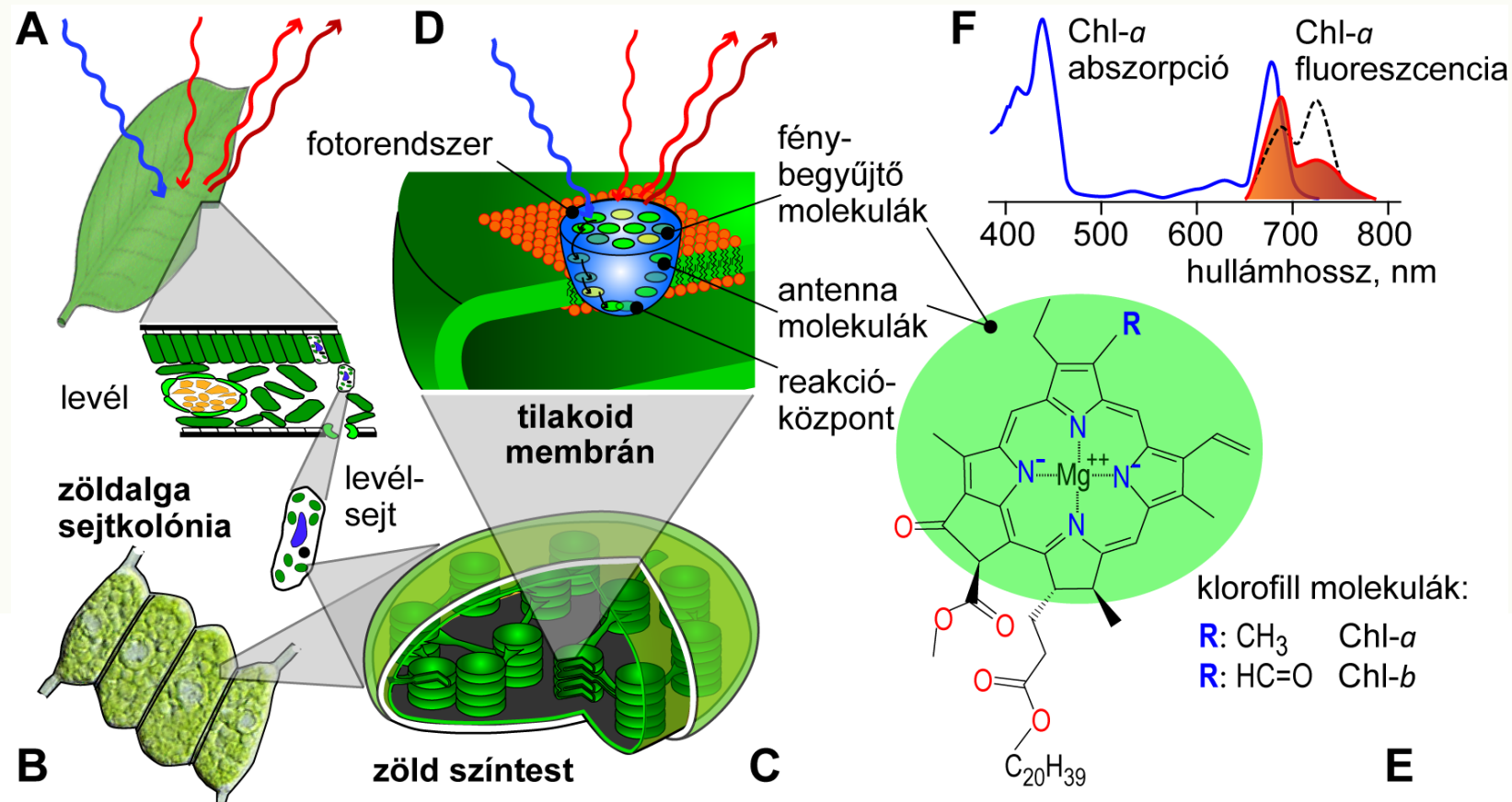
- „Kvantumbiológia”

- Marais *et al.*, “The future of quantum biology”, J. R. Soc. Interface **15**: 20180640 (2018)
- Lambert *et al.*, “Quantum biology”, Nature Phys. **9**: 10-18 (2012)

Biological system		Reference
Photosynthesis	Cryogenic-temperature quantum coherence	12,14
	Ambient/room-temperature quantum coherence (FMO)	16
	Ambient/room-temperature quantum coherence (algae)	15
	Environment-assisted transport	19,26,27,29
	Entanglement, tests of quantumness	48,49,103
	Alternative views	46,47,51
Radical-pair magnetoreception	Early proposals and evidence	60,66
	Mathematical models	66,67
	Indirect evidence (light dependence, magnetic field)	58,61,64,65,78,104
	Experiments on radical pairs	7,71-73,105
Other examples	Olfaction	92,93
	Vision	97,99
	Long-range electron transfer	81,82
	Enzyme catalysis	84,85

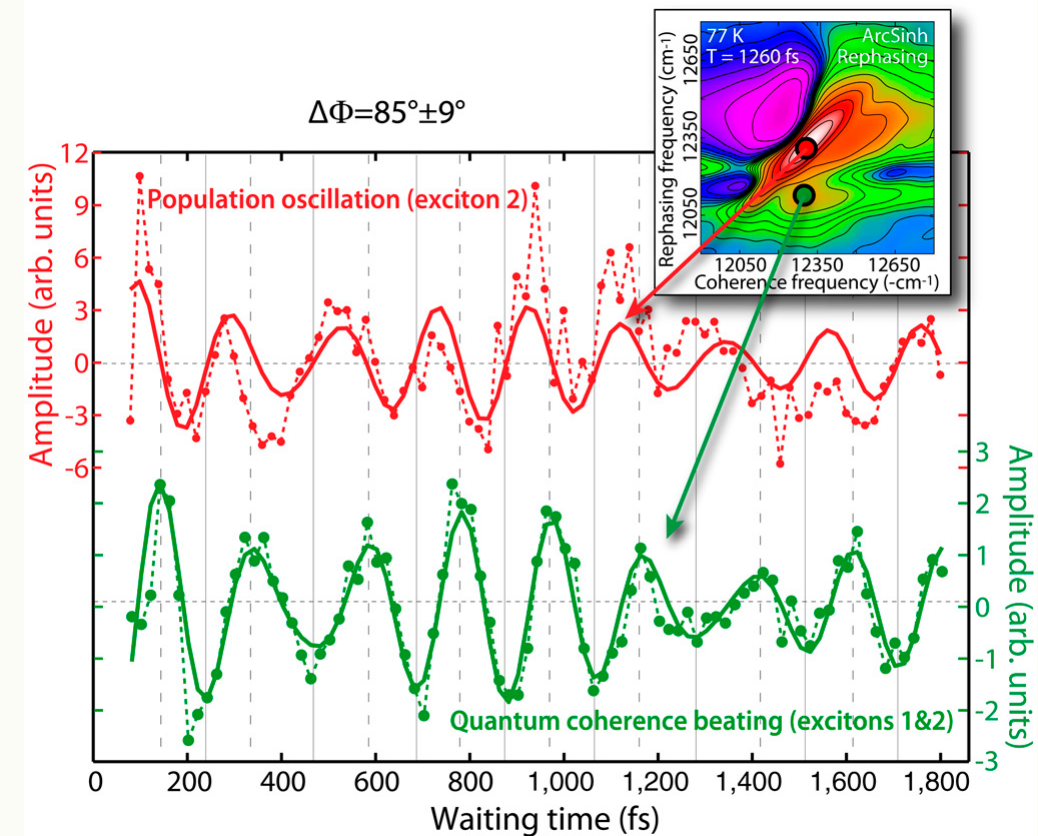
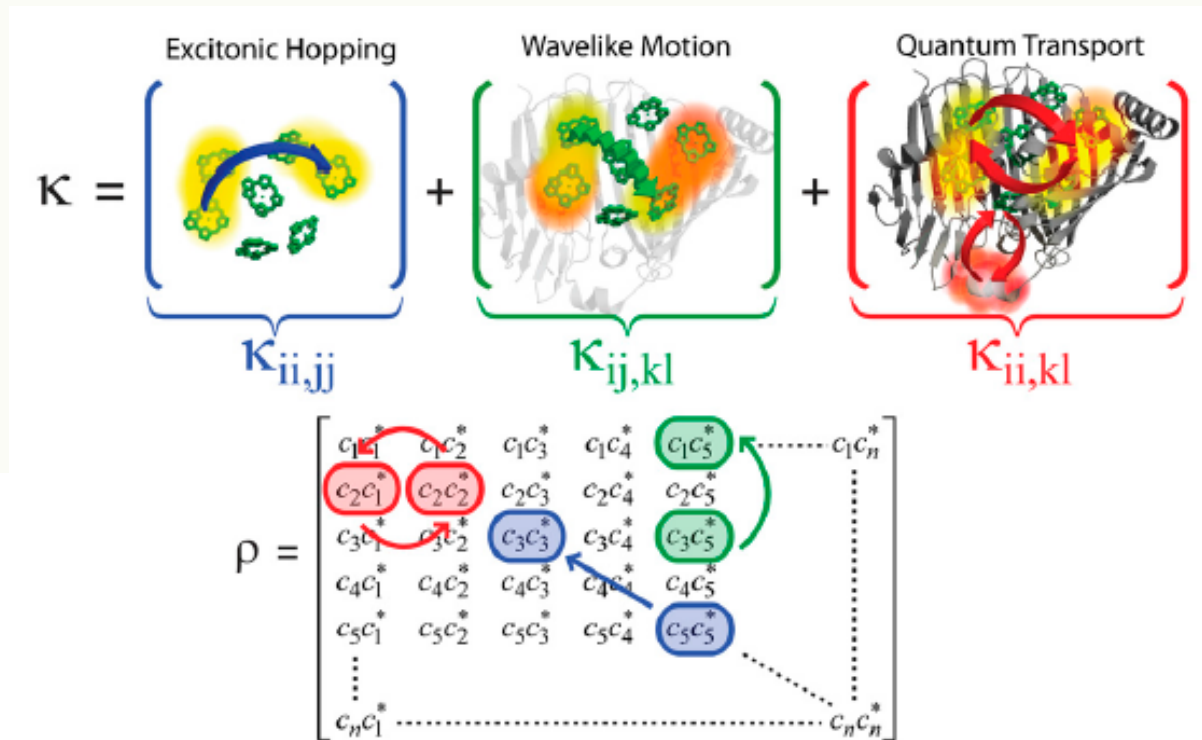
2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

- Fotoszintézis – fotoszintetikus apparátus



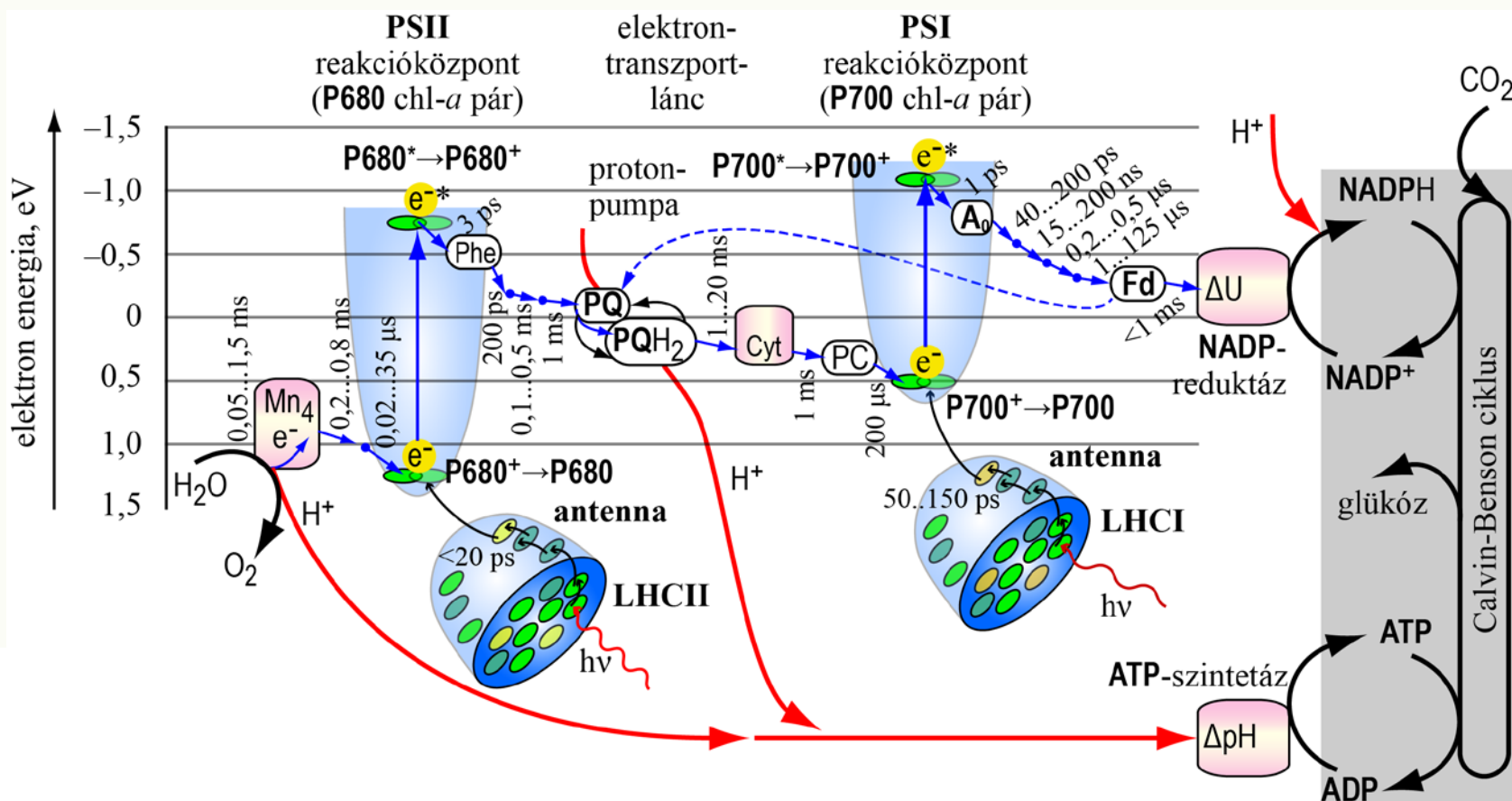
2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

- Fotoszintézis – kvantumtranszport jelentősége
 - Panitchayangkoon *et al.*, “Direct evidence of quantum transport in photosynthetic light-harvesting complexes” PNAS, **108**, 20908-12 (2011)



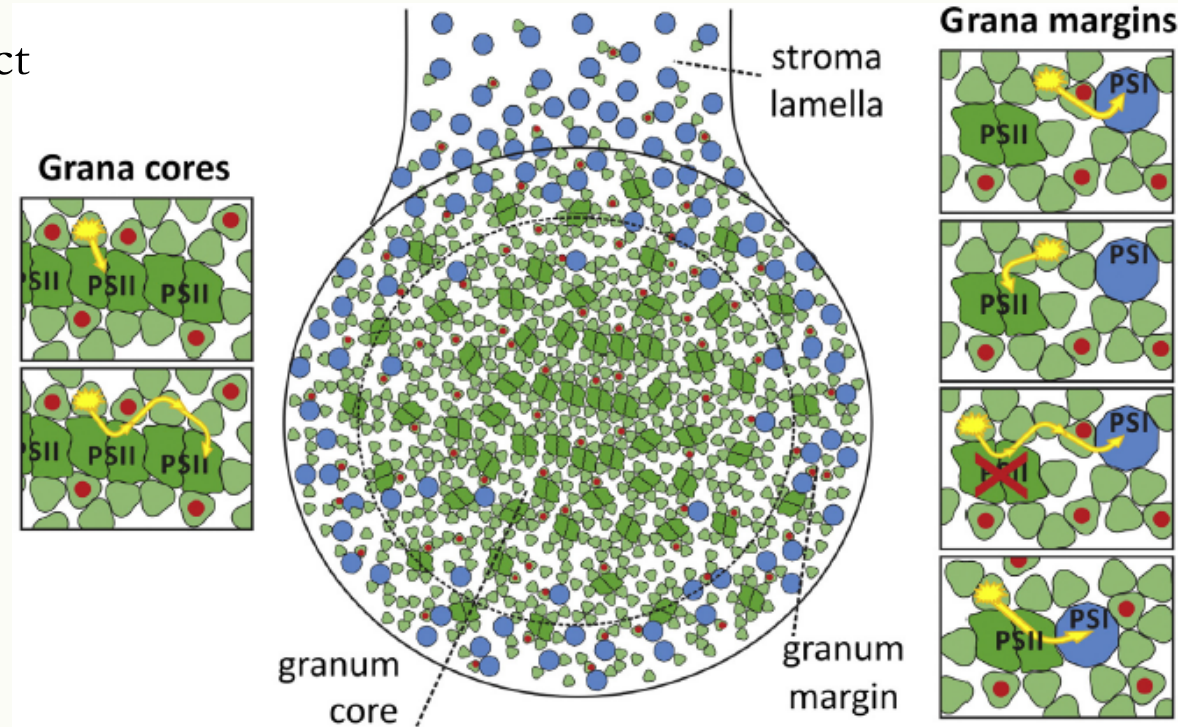
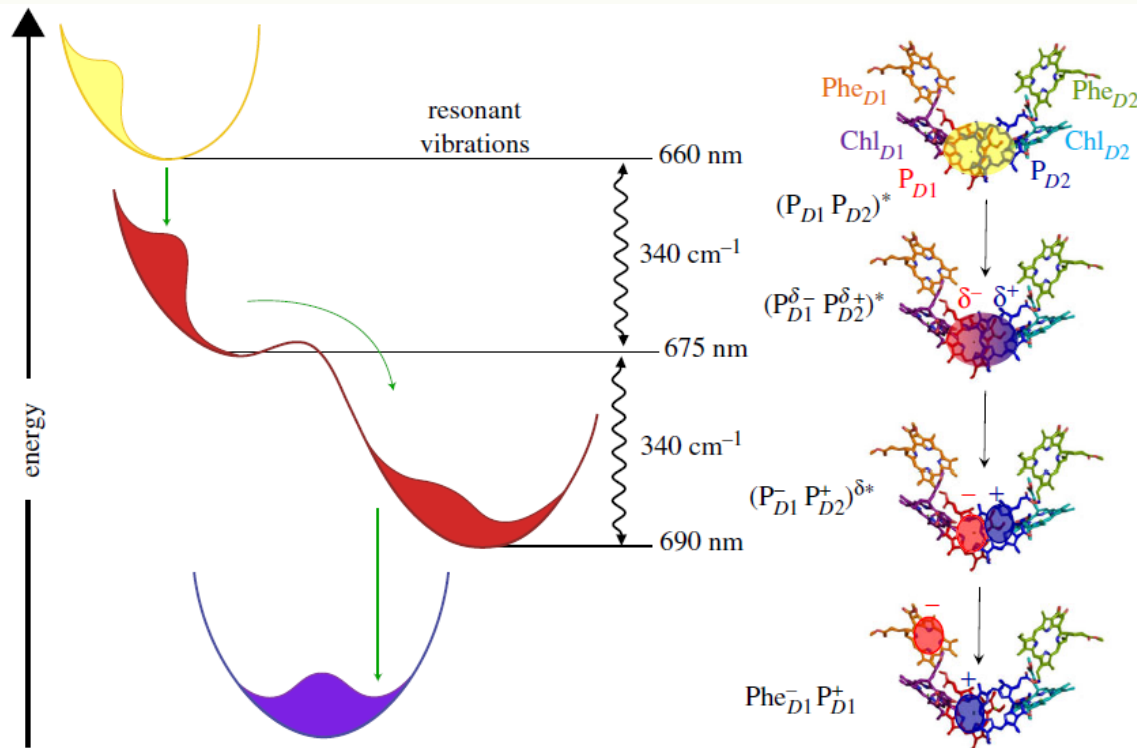
2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

- Fotoszintézis – a fotoszintetikus energiatranszport



2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

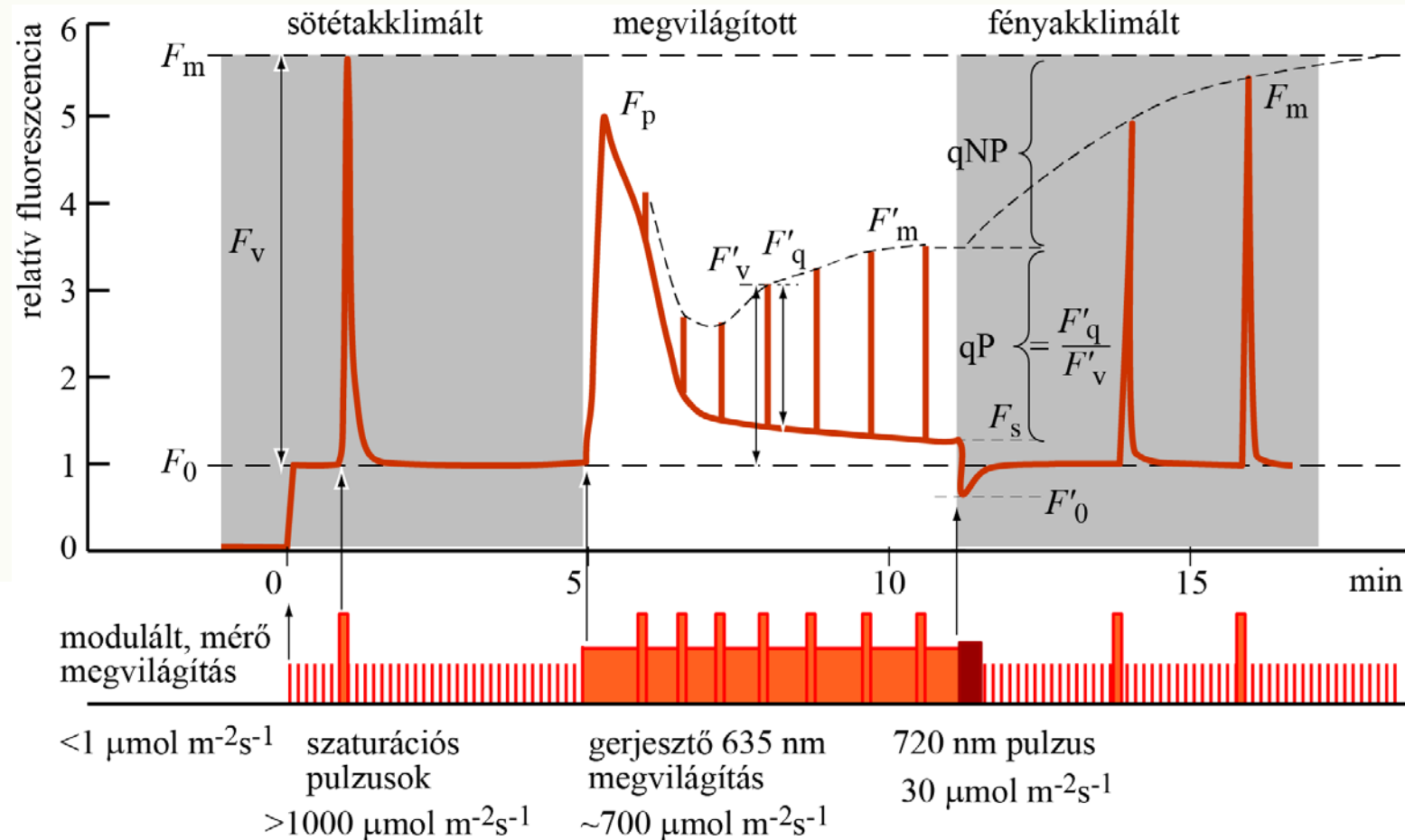
- Fotoszintézis – kvantumos transzport + töltés-szeparáció jelentősége
 - Grieco *et al.*, “Light-harvesting II antenna trimers connect energetically the entire photosynthetic machinery ...”
Bioch. Biophys. Acta **1847**, 607-19 (2015)



- Marais, J.R.S.I. **15** (2018)

2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

- Fotoszintézis – fotoszintetikus kvantumhatásfok: **PSII**



$$q_P = \frac{F_m' - F}{F_m' - F_0'} = \frac{\Delta F}{F_v'}$$

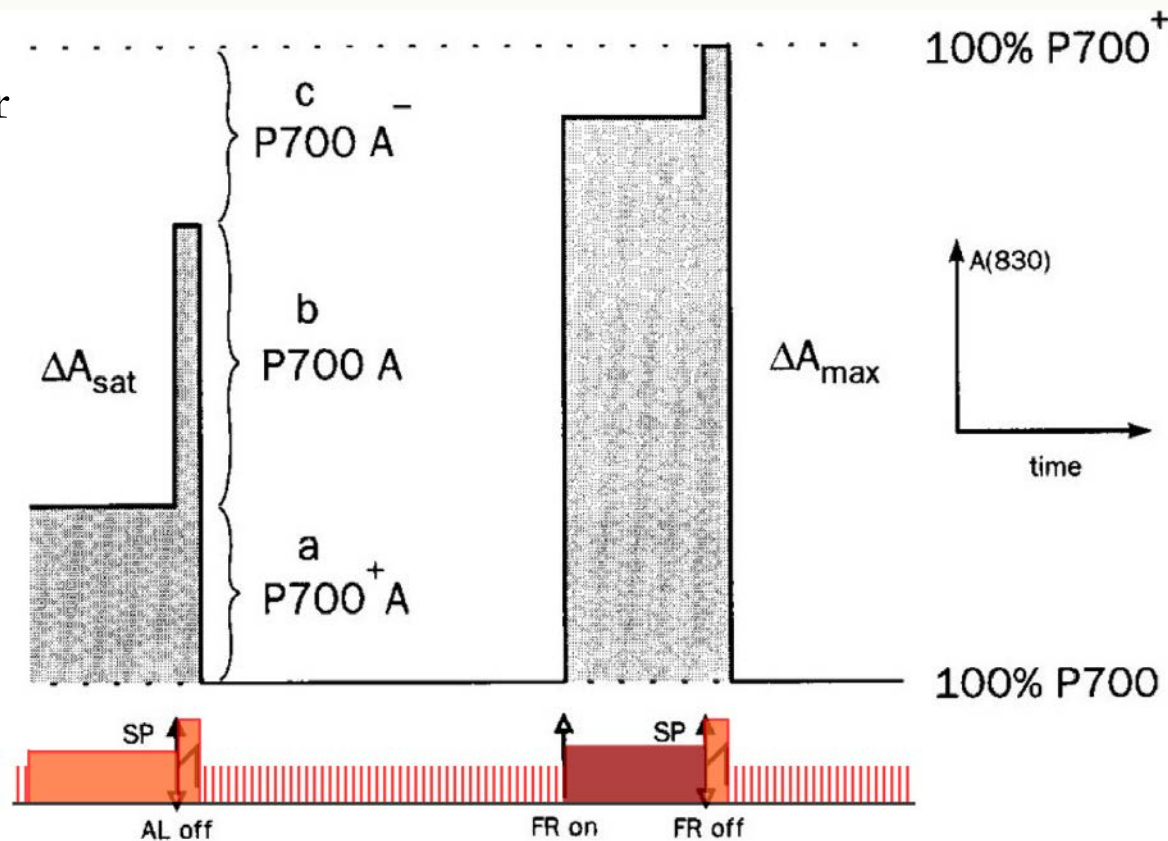
$$\Phi_{II} = \frac{F_v'}{F_m'} \cdot \frac{\Delta F}{F_v'} = \frac{\Delta F}{F_m'}$$

2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

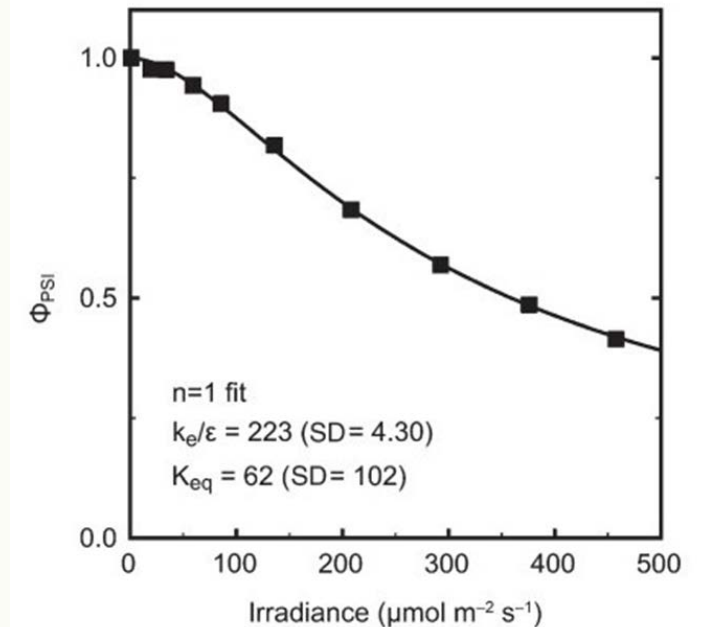
- Fotoszintézis – fotoszintetikus kvantumhatásfok: **PSI**

- Harbinson, “A model for the irradiance responses of photosynthesis”, *Physiologia Plantarum*, **125**72 (2017)

- Klughammer *et al.*, *Planta* **192**, 261-268 (1994)

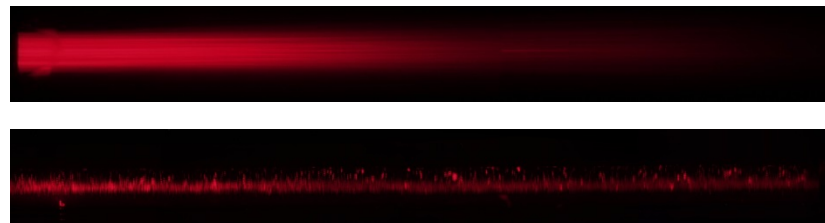
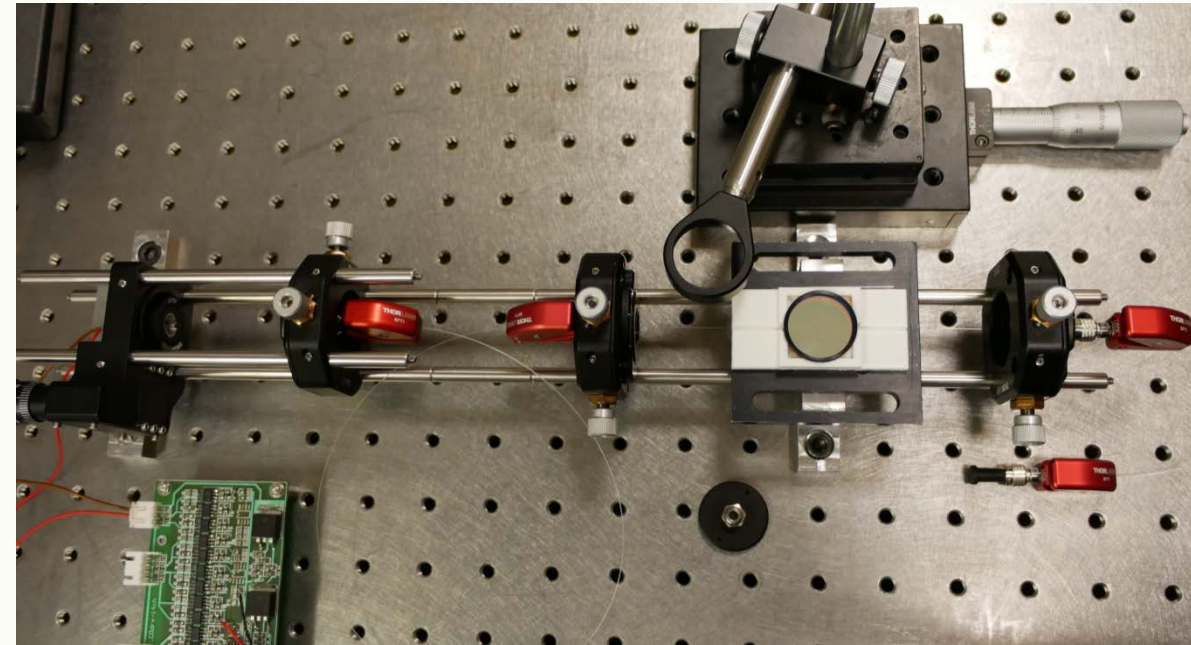
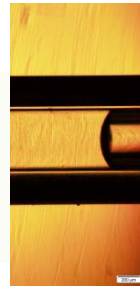
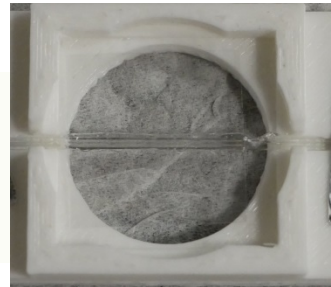
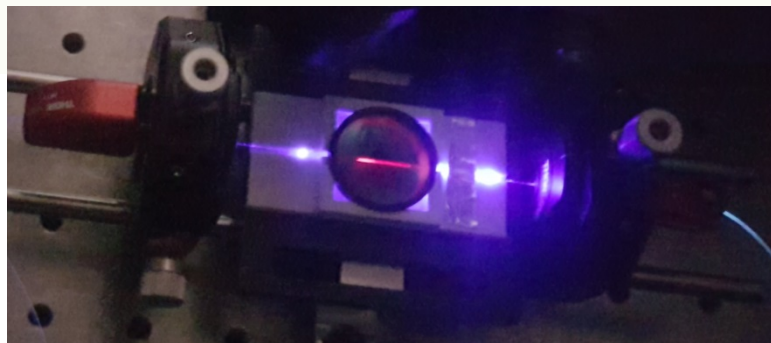
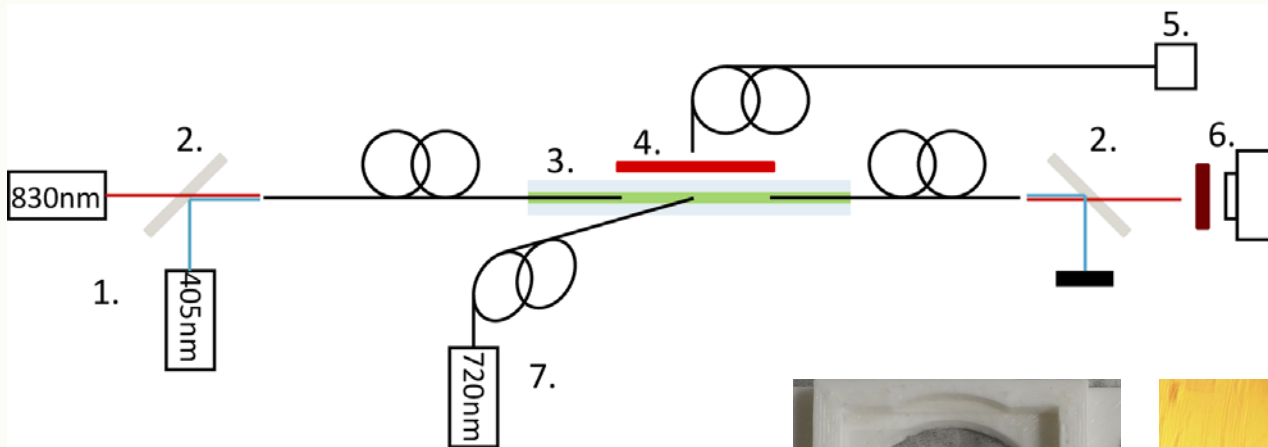


$$\Phi_I = \frac{b}{a + b + c} = \frac{\Delta A_{\text{sat}}}{\Delta A_{\text{max}}}$$



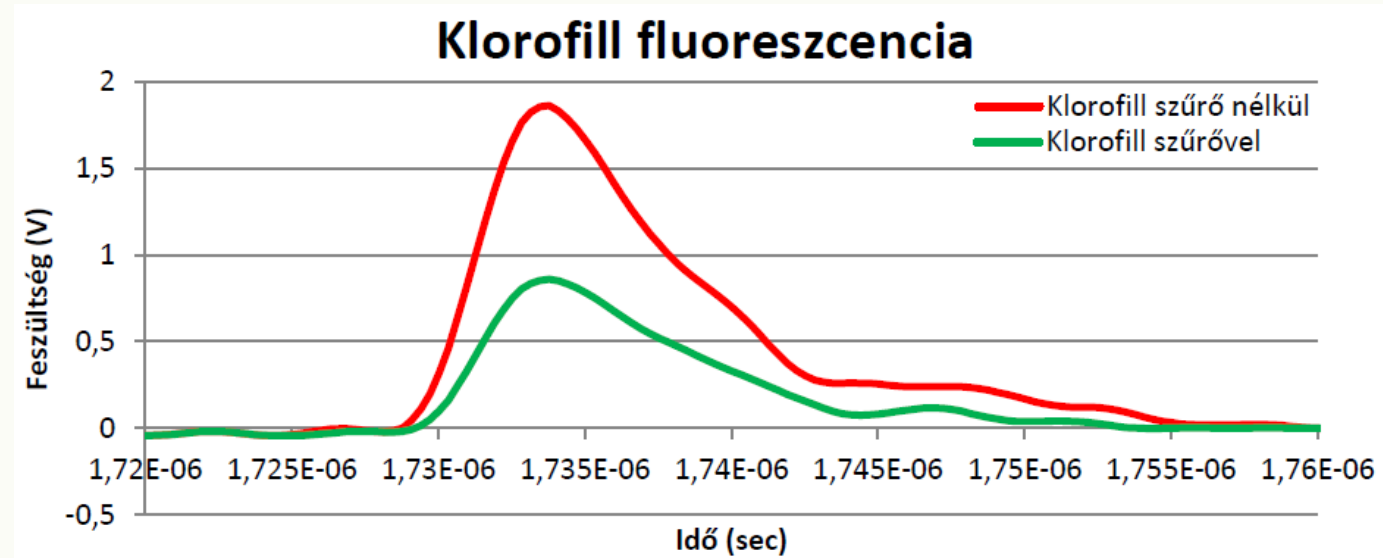
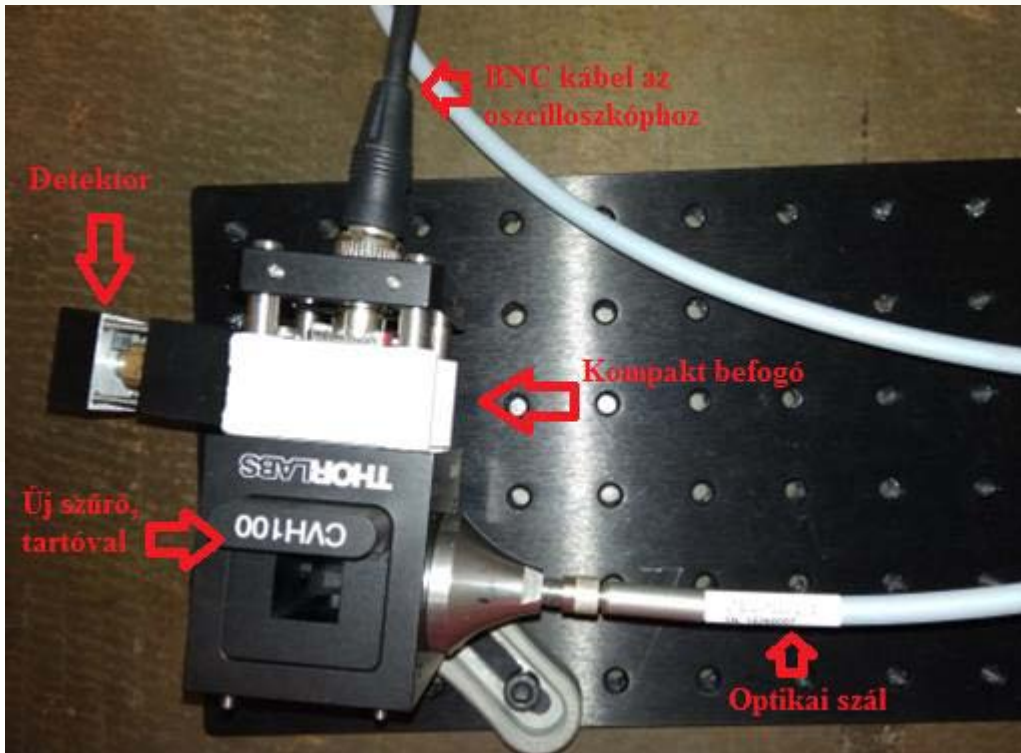
2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

- Fotoszintézis – fotoszintetikus kvantumhatásfok tervezett mérése: **PSI + PSII (alga)**
 - Kapilláris mintatartó + alga



2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

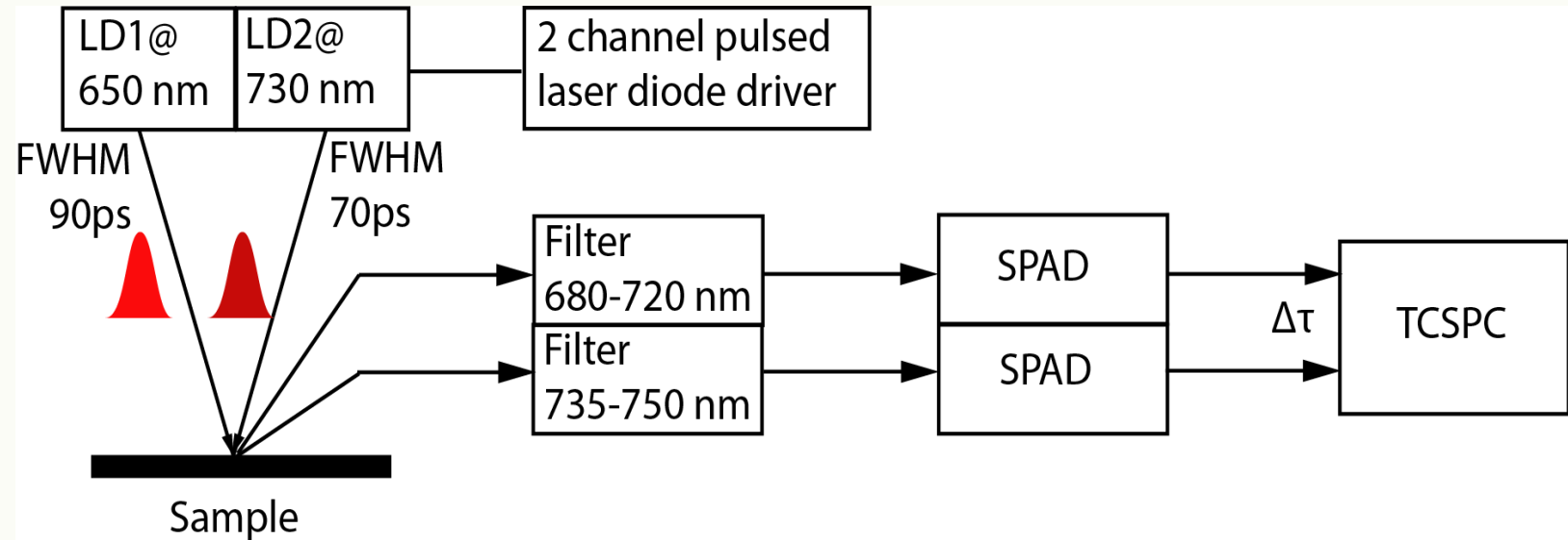
- Fluoreszcencia lecsengés mérés
 - Nitrogénlézerrel pumpált
 - ns tartomány ($1/e$: 7,19 / 7,29 ns)



2. Biofizikai rendszerek vizsgálatára irányuló kísérletek tervezése

- Tervezett mérések

- LD 2 hullámhosszon
(szelektív PSI gerjesztés)
- ps tartomány
- Fluoreszcencia
2 hullámhosszon
- $\Delta\tau$ (F690, F740)
 $\Delta\tau$ (Ex650, F)
 $\Delta\tau$ (Ex650[$\Delta\tau$ 730], F)
- Kvantumhatásfok mérés
- PSII-PSI csatolás
- Kapilláris mintatartó + alga



Indikátorok (csak Y2)

- 1. Magyar előadás nincs
- 2. Nemzetközi előadás nincs
- 3-4. Cikkek nincs
- 5. PhD-k nincs (2 PhD felvételiző)
- 6. BSc-MSc 2 BSc szakdolgozat, 1 MSc beszámoló, 1 MSc diploma
- Egyéb nincs

Q-Fotonika altéma Y2 (Koppa Pál, Barócsi Attila)

Szakmai eredmények:

- 1 MSc Önálló labor beszámoló
- 1 MSc diplomamunka (2019. június)
- 2 BSc szakdolgozat (2019. június)

Személyi

- Szabó Áron teljes állás (2019. február vége)
- Koppa P., Barócsi A., Lenk S., Sarkadi T.
- Maák P., Richter P., Erdei G., Sepsi Ö.
- Fiz. Tszk: Kornis J., Papp Zsolt
- Maróti Gábor, Ertl András hallgatói szerz.
- Műhelyek: Piel B., Varga D.
- 2 PhD felvételiző

Beszerzések: folyamatban (laborfelújítás kérdéses)

Dologi: Beszerzés + laborfelújítás keretre

Köszönöm a figyelmet!



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL
MEGVALÓSULÓ
PROJEKT

AZ INNOVÁCIÓ LENDÜLETE