

# Bevezetés a modern optikába

II. BSc fizikus hallgatóknak

11.

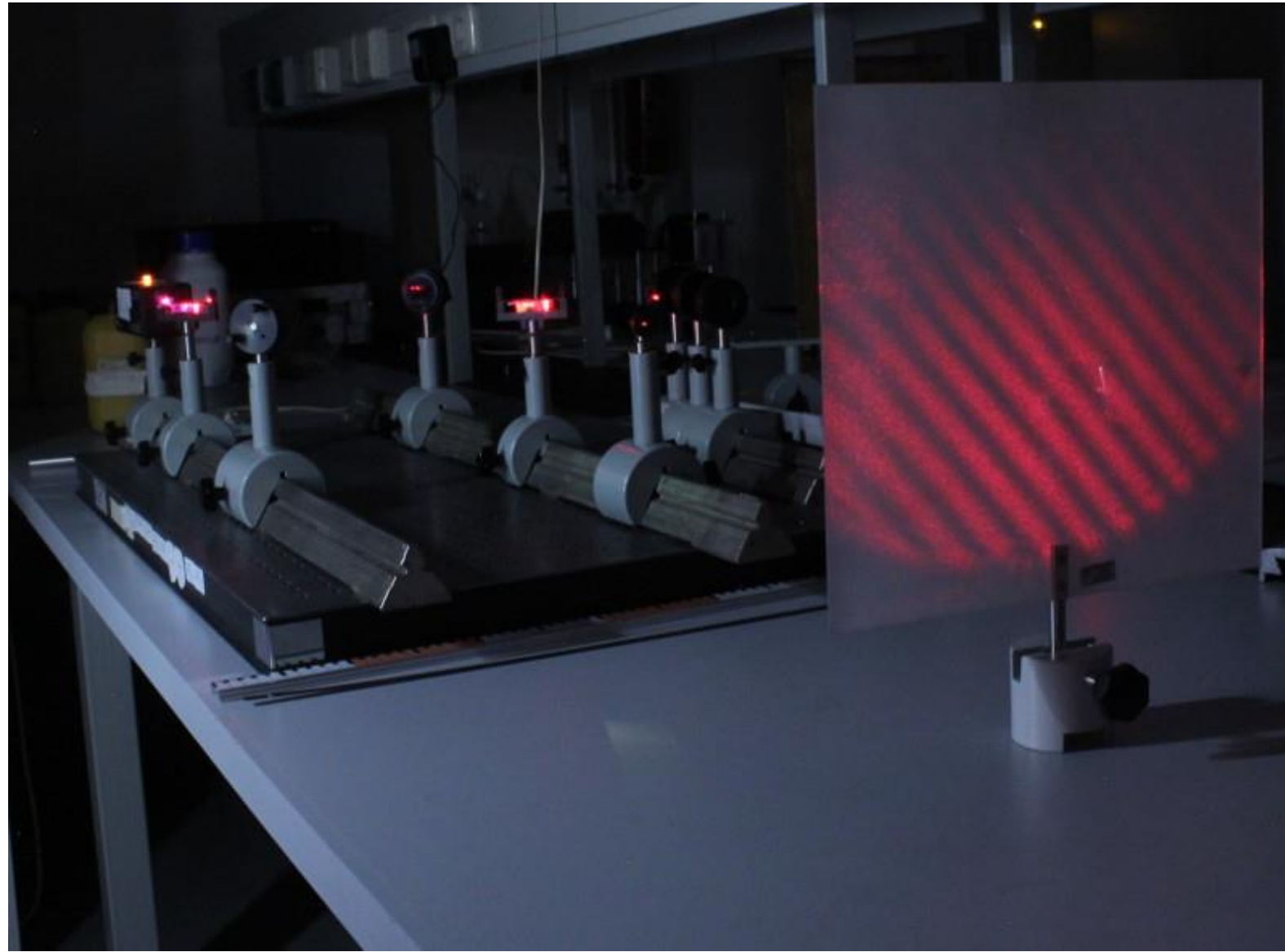
Mese a fotonikus chipről



# Optika a modern fizika laborban

Sorszám	Megnevezés	Optika	Ismeretek
1	Hőmérsékleti sugárzás	Nem	
2	Az elemi töltés meghatározása	Nem	Mikroszkóp
3	Atomok gerjesztési potenciálja	Nem	
5	Hidrogén és alkálifémek spektruma	Igen	spektroszkóp, diffrakciós rács
6	Zeeman-effektus	Igen	Fabry-Perot interferométer
9	RTG-fluoreszcencia	Nem	
10	PET (Pozitron Annihiláció vizsgálata)	Nem	
11	Spektrofotometria	Igen	Kétutas spektroszkópia, optikai rács
13	Molekulamodellzés	Nem	
15	Kvantumradír	Igen	Mach-Zehnder interferométer, polárszűrők
16	Diffúzió	Igen	Schlieren-optika
17	Folyadékkristályok	Igen	Kettóstörés, LCD működési elvek
18	Granuláris anyagok	Nem	
19	Elektron fajlagos töltése	Nem	
20	A Bell-CHSH-egyenlőtlenségek tesztelése	Igen	SPDC, polárszűrők
<b>Korábbi mérések, ami jelenleg nincsenek a laborban</b>			
12	Infravörös spektroszkópia	Igen	Kétutas spektroszkópia, optikai rács
14	Holográfia	Igen	holográfia alapjai

# Klasszikus kvantumradírozás



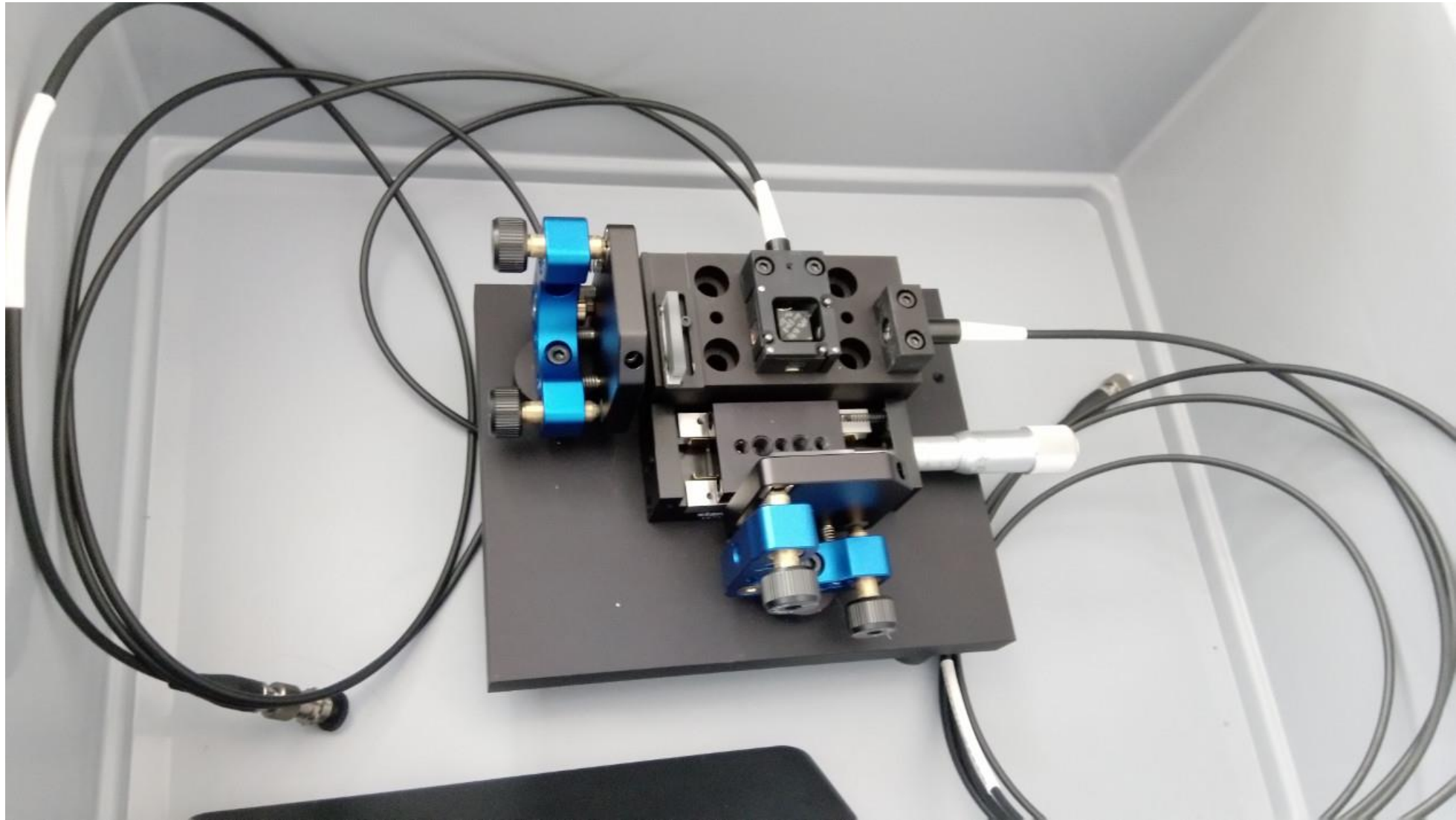
# Egy- és kétfotonos forrás



# Két darab egyfoton detektor (+koincidencia)



# Mach-Zehnder interferométer





# Mérési lehetőségek

- Bell-CHSH egyenlőtlenségek tesztelése már megy.
- Kvantumos kvantumradírozás még nincs összeállítva.



## Single Photon Experiments without Interference

- Particle Nature of Photons
- Quantum Cryptography/QKD: BB84 Protocol
- Tomographic Single Photon State Reconstruction
- Quantum Zeno Effect
- Quantum Random Number Generation

## Single Photon Experiments with Interference

- Wave Nature of Photons: Single Photon Michelson Interferometer
- [Quantum Eraser](#)
- Wave-Particle Dualism: Michelson + HBT
- Double Michelson Interferometer
- Visible (White) Light Interference (Observable by Eye)
- Measurement of the Central Wavelength of Single Photons
- Measurement of Coherence Length of Single Photons
- Interaction-Free Measurement (Bomb Test)

## Photon Pair Experiments with Polarisation Entanglement

- Violation of Bell's Inequality (CHSH)
- "Non-Classical" Polarisation Correlations
- Tomographic State Reconstruction of an Entangled Photon State
- Quantum Cryptography/QKD: BBM Protocol
- Quantum Cryptography: Ekert Protocol

## Photon Pair Experiments without Polarisation Entanglement

# Megérkezett ...



ELTE Természettudományi Kar jelenleg itt van: **ELTE Természettudományi Kar**

Február 22. · Budapest · 🌐

📺 A dobozban az ország egyetlen kvantumszámítógépe található. Ha szeretnéd látni kibontva, ne hagyd ki a csütörtöki [#SciencePodcast](#) adást. [#unboxing](#) [#quantumcomputing](#) [#kvantumszámítógép](#)  
Kozsik Tamás, az [ELTE Informatikai Kar](#) kutatója, valamint Vattay Gábor és Koltai János fizikusok bontják ki a több százmilliós csomagot.  
Nézzétek az adást ma 19 órától: <https://youtu.be/E1YZICwkBG8>



👍❤️ 129

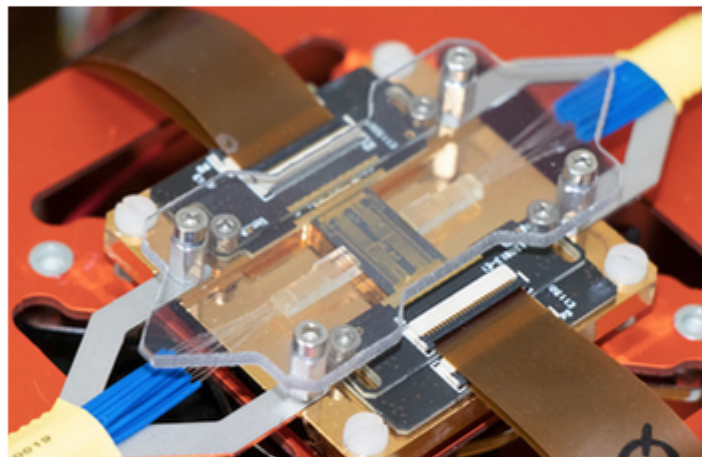
8 hozzászólás 49 megosztás






## MEGÉRKEZETT AZ ELTE-RE AZ ÚJ KVANTUMPROCESSZOR

2022.04.01.



 Megosztás

Mint arról decemberben [beszámoltunk](#), a világszínvonalat képviselő kvantumhardvert közösen vásárolta meg az ELTE két kutatócsoportja a Kvantuminformatika Nemzeti Laboratóriumban folyó munkájukhoz. Az eszköz mind az alap-, mind pedig az alkalmazott kutatásban versenyképessé teheti a magyar kutatócsoportokat a nagy horderejű, interdiszciplináris innovációk területén.

Bár a kvantumos jelenségeken alapuló számítások konkrét alkalmazásokban megmutatkozó előnyei még korlátozottak, és nem beszélhetünk ezen a területen igazi versenyről, abban konszenzus van, hogy a kvantumszámítógépek a jövőben jelentős, alapvető hatást gyakorolnak az informatikai trendekre és hamarosan eljőhet az idő, amikor részben át is írják annak szabályait.

Magyarországon a kvantuminformatikai kutatásokat a Wigner Fizikai Kutatóközpont vezetésével a [Kvantuminformatikai Nemzeti Laboratórium](#) fogja össze, a konzorcium munkájában az ELTE partnerként vesz részt. Az Informatikai Karon és a Természettudományi Karon a következő területeken végeznek kutatásokat: kvantumszámítógépek programozását megkönnyítő programozási nyelvek és szoftverfejlesztési eszközök (fordítóprogramok, elemző, profilozó és refaktoráló eszközök), klasszikus és kvantumos programelemek egyesítése, kódoptimalizálási módszerek, kvantumalgoritmusok, kvantumszámítógép-szimulátorok, posztkvantum kriptográfia, valamint optikai és kvantumoptikai alapjelenségek kísérleti úton való tanulmányozása. (Az ELTE TTK-n folyó kvantuminformatikai kutatásokról Rakyta Péter PhD-hallgató előadását [itt nézheti meg](#).)

# CSÚCSKATEGÓRIÁS KVANTUMPROCESSZOR ÉRKEZETT AZ ELTE-RE

04.05. | TUDOMÁNY |



QUBIT.HU

Támogasd a tudomány népszerűsítését, [segítsd a munkánkat!](#)

Az alap- és az alkalmazott kutatásban is versenyképesé teheti a magyar kutatócsoportokat az a Közép-Európában egyedülálló kvantumfotonikus processzor, amelyet az ELTE két kutatócsoportja egy holland egyetemi startuptól vásárolt a Kvantuminformatika Nemzeti Laboratóriumban folyó munkájukhoz - olvasható az egyetem keddi közleményében.

A fotonikus processzorok kulcsfontosságúak mind a kvantumos, mind a fényt használó információfeldolgozási feladatokban. Mivel a lineáris optikai kvantuminformáció-feldolgozáshoz nagyméretű és alacsony veszteségű programozható fotonikus processzorokra van szükség, a [Kvantuminformatikai Nemzeti Laboratórium](#) támogatásával 2021 decemberében az ELTE megvette a [QuiX Quantum](#) univerzális kvantumfotonikus processzorát.





TUDOMÁNY

# Kvantumoptikai chipet vásárolt az ELTE



Úton a harmadik generációs kutatóegyetemi modell megvalósítása felé



Megjelent: 2021. december 28. kedd

[SHARE](#)
[TWEET](#)
[PIN](#)
[MAIL](#)

## A Kvantuminformatika Nemzeti Laboratórium számára megvásárolt eszköz az első kvantumhardver a közép-kelet-európai régióban.

A terméket kifejlesztő és értékesítő QuiX Quantum egy tavalyi rendezvényén mutatta be a világ legnagyobb kvantumoptikai processzorát. A kvantumoptikai processzorok

### Népszerű

- DIGITALIZÁCIÓ**  
Új adatátviteli technológiát vezet be a Vodafone
- IPAR**  
Magasabb fokozatba kapcsol a Cafe Frei
- DOTKOM**  
Egyre inkább apad a Windows 11 népszerűsége
- APP**  
HelpHUB: ingyenes magyar fejlesztésű online platform segíti az Ukrajnából menekülőket
- DIGITALIZÁCIÓ**  
A virtuális valóság küszöbén – Üzleti lehetőségek a metaverzumban
- KÜTYÜK**  
Az apró pici kis PC nem való mindenkinek
- VIDEÓ**  
Ezeket rejti el a videók alatt a YouTube
- E-GAZDASÁG**  
Jönnek a targetálható TV-reklámok: célzottan, a nagyobb elérésért



2022. április. 05. 20:03 · TECH

## Közép-Európában egyedülálló kvantumprocesszor érkezett az ELTE-re

szerző:  
MTI

TUDOMÁNY

**A világszínvonalat képviselő kvantumhardvert közösen vásárolta meg az ELTE két kutatócsoportja a Kvantuminformatika Nemzeti Laboratóriumban folyó munkájukhoz. Az eszköz mind az alap-, mind pedig az alkalmazott kutatásban versenyképesé teheti a magyar kutatócsoportokat a nagy horderejű, interdiszciplináris innovációk területén.**

Az ELTE a Kvantuminformatika Nemzeti Laboratóriumban folyó kutatómunka infrastrukturális háttereként 2021 végén szerzett be egy Közép-Európában egyedülálló, a világ élvonalát képviselő fotonikus processzort. A fotonikus processzorok kulcsfontosságúak mind a kvantum, mind a fényt használó információfeldolgozási feladatokban.

Mivel a lineáris optikai kvantuminformáció-feldolgozáshoz nagyméretű és alacsony veszteséű programozható fotonikus processzorokra van szükség, a Laboratórium

**Kézzel ásott házalap, nehézkes autóvezetés: miről mondanánk le, ha nem létezne a hidraulika?**

**Arkhimédész felfedezte, a mérnökök továbbvitték, és ma sokszor szenvednénk nélküle**

**A Panama-csatornától az Operaház színpadáig: a hidraulika mindenhol ott van**

hirdetés

ARANY ÉS EZÜST TANÚSÍTVÁNNYAL RENDELKEZŐ CÉGEK

- EXCELLENT QUALITY KFT
- KP SALES HOUSE KFT
- SV HUSBOLT KFT
- HAN.TIK ÉPÍTŐIPARI KFT
- SOLAR SAFETY KFT

hirdetés

APPAJÁNLÓ &gt;

**Az OMSZ üzeni: még most töltse le a hivatalos alkalmazásukat**

**Ide látogasson el, ha gyönyörű 3D-s ikonokat keres**



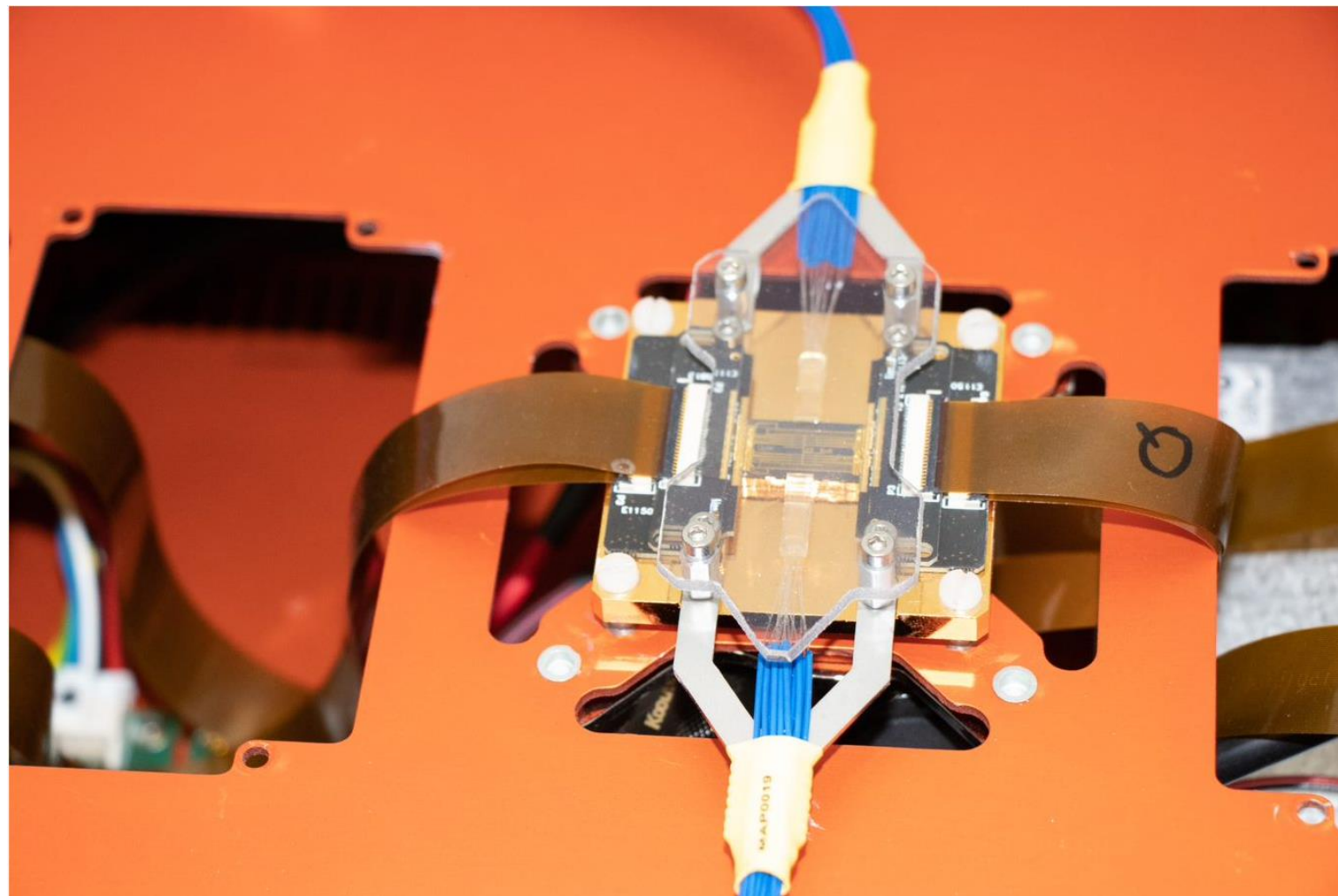
# Unboxing ...



<https://youtu.be/ErGeuc95z3M>

# Tartalom

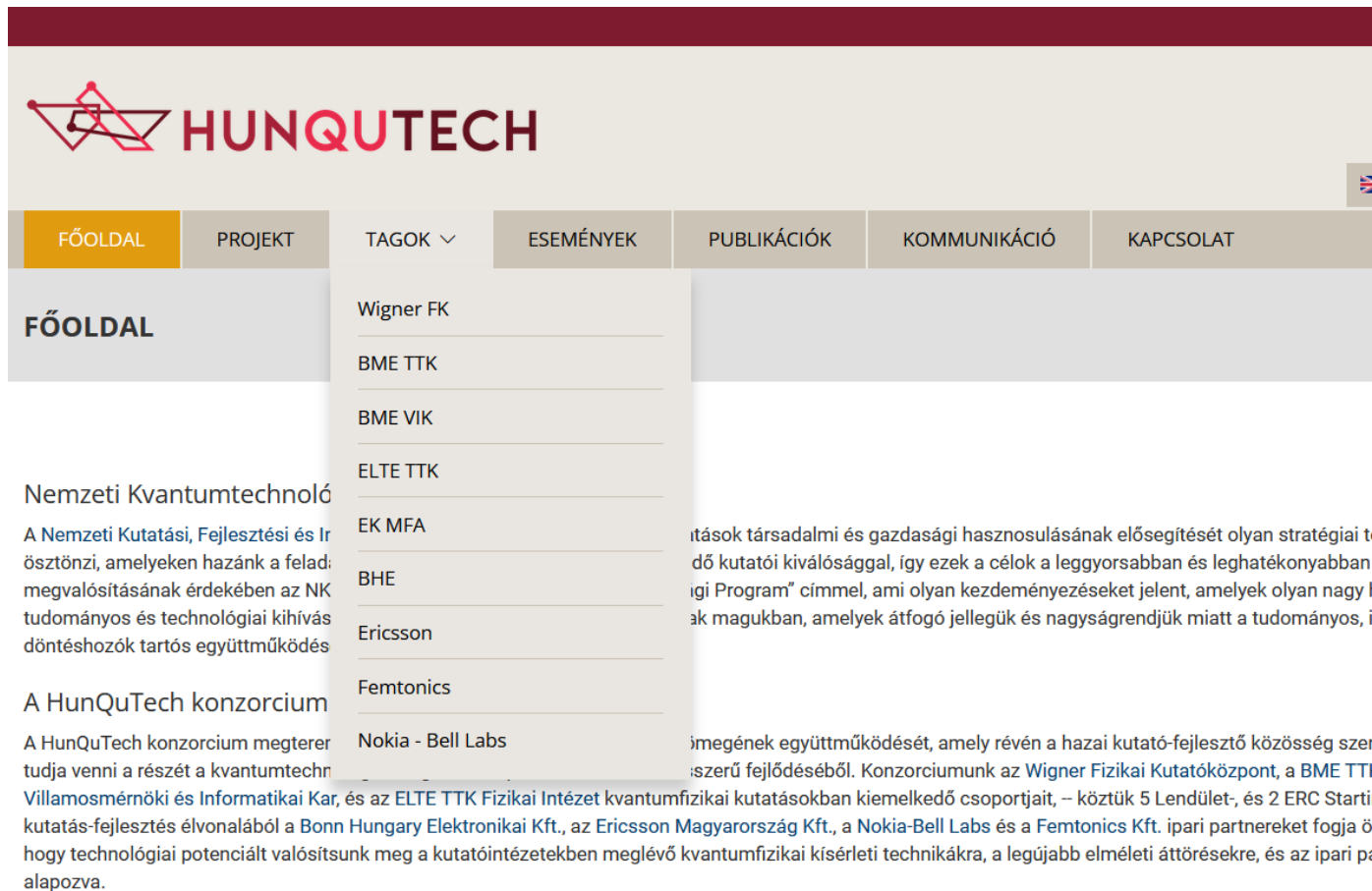
- Ki vette?
- Kitől vette?
- Mit vett?
- Miért vette?



Fotó: Szekeres Viktória

**Ki vette?**

# HunQuTech & Quantum Manifesto



**HUNQUTECH**

FŐOLDAL PROJEKT TAGOK ▼ ESEMÉNYEK PUBLIKÁCIÓK KOMMUNIKÁCIÓ KAPCSOLAT

**FŐOLDAL**

Nemzeti Kvantumtechnológiai Program

A Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Program (NKFI) keretében megvalósításának érdekében az NKFI Tudományos és Technológiai Kihívás Döntéshozók tartós együttműködésének elősegítését olyan stratégiai területek kutatási céljával, amelyek a leggyorsabban és leghatékonyabban valósulhatnak meg az "Innovatív Program" címmel, ami olyan kezdeményezéseket jelent, amelyek olyan nagy hatással rendelkeznek a gazdaságra, amelyek átfogó jellegűek és nagyszágrendjűek miatt a tudományos, ipari és gazdasági hasznosulásuk elősegítését.

A HunQuTech konzorcium

A HunQuTech konzorcium megteremtése érdekében a kvantumtechnológiai területen vezető szerepet vállaló szervezetek és kutatók közötti együttműködés elősegítését célul tűztük ki. Konzorciumunk az Wigner Fizikai Kutatóközpont, a BME TTK Villamosmérnöki és Informatikai Kar, és az ELTE TTK Fizikai Intézet kvantumfizikai kutatásokban kiemelkedő csoportjait, – köztük 5 Lendület-, és 2 ERC Starting Grant kutatás-fejlesztés élvonalából a Bonn Hungary Elektronikai Kft., az Ericsson Magyarország Kft., a Nokia-Bell Labs és a Femtonics Kft. ipari partnereket fogja össze, hogy technológiai potenciált valósítsunk meg a kutatóintézetekben meglévő kvantumfizikai kísérleti technikákra, a legújabb elméleti áttörésekre, és az ipari partnerekkel együttműködve.





# Kvantuminformatika Nemzeti Laboratórium



EN | HU

Rólunk

Aktualitások ▾

Kutatás ▾

Anyagok ▾

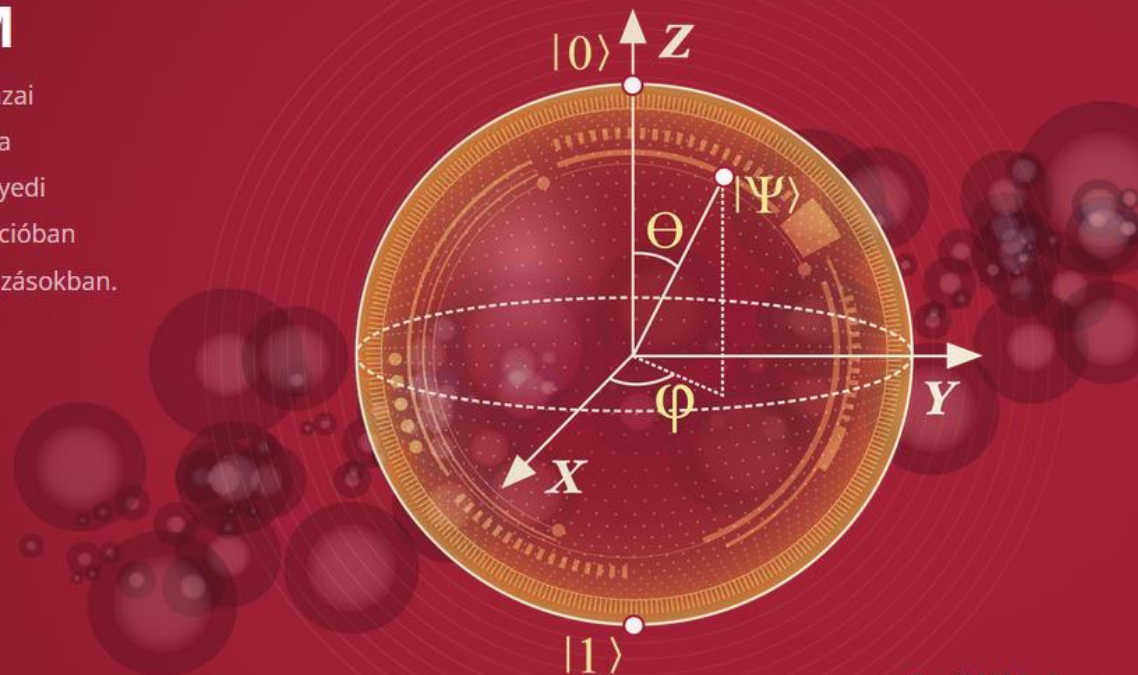
Partnerek

## KVANTUMINFORMATIKA NEMZETI LABORATÓRIUM

A Kvantuminformatika Nemzeti Laboratórium fellendíti a hazai tudományos közösség kutatási és fejlesztési tevékenységét a "második kvantumforradalomban", amelyiknek a célja az egyedi kvantumrendszerek detektálásában és kontrollált manipulációban megszerzett hatalmas előrelépés kiaknázása újfajta alkalmazásokban.

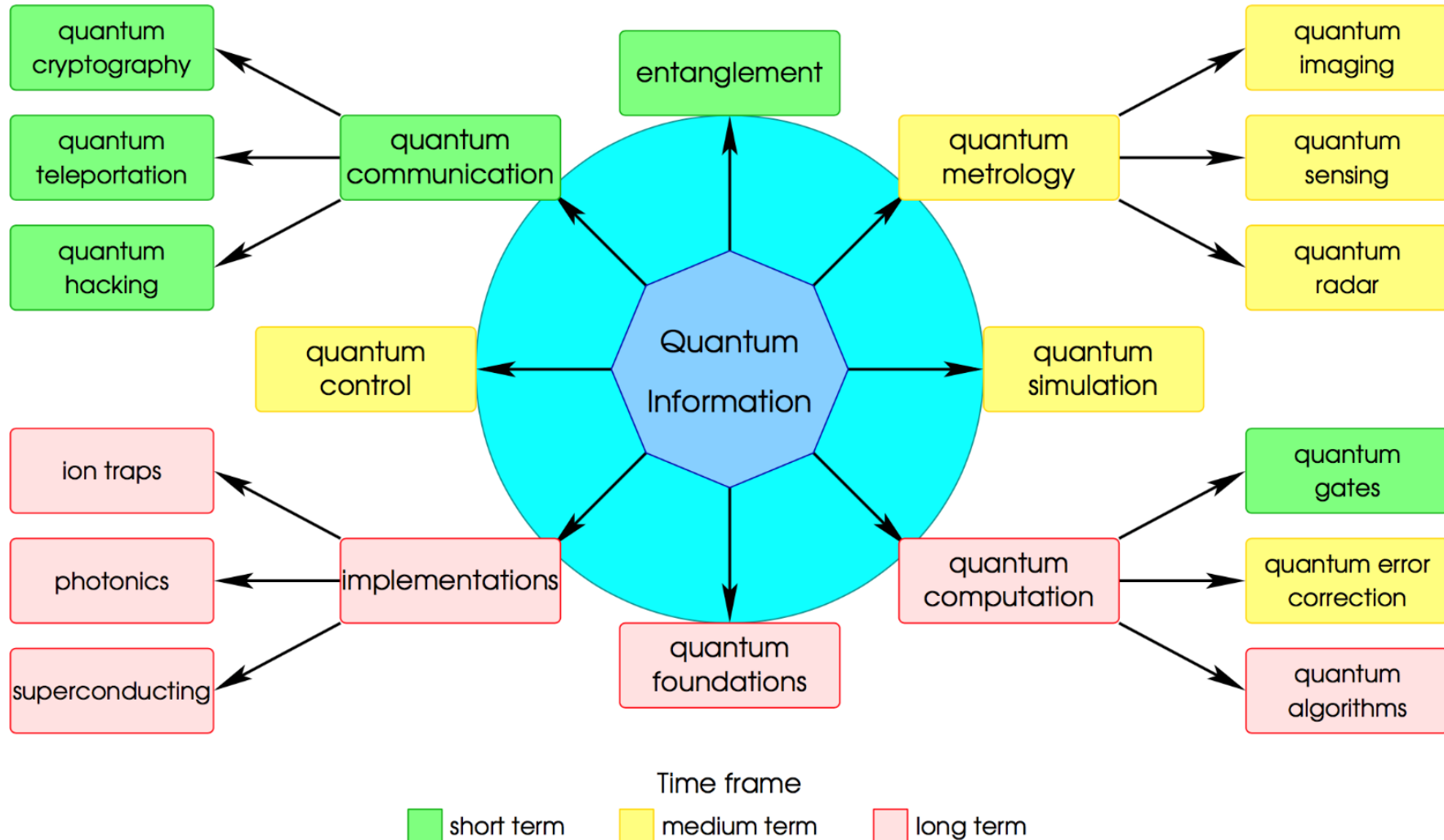
BŐVEBBEN

**AKTUÁLIS HÍREK**



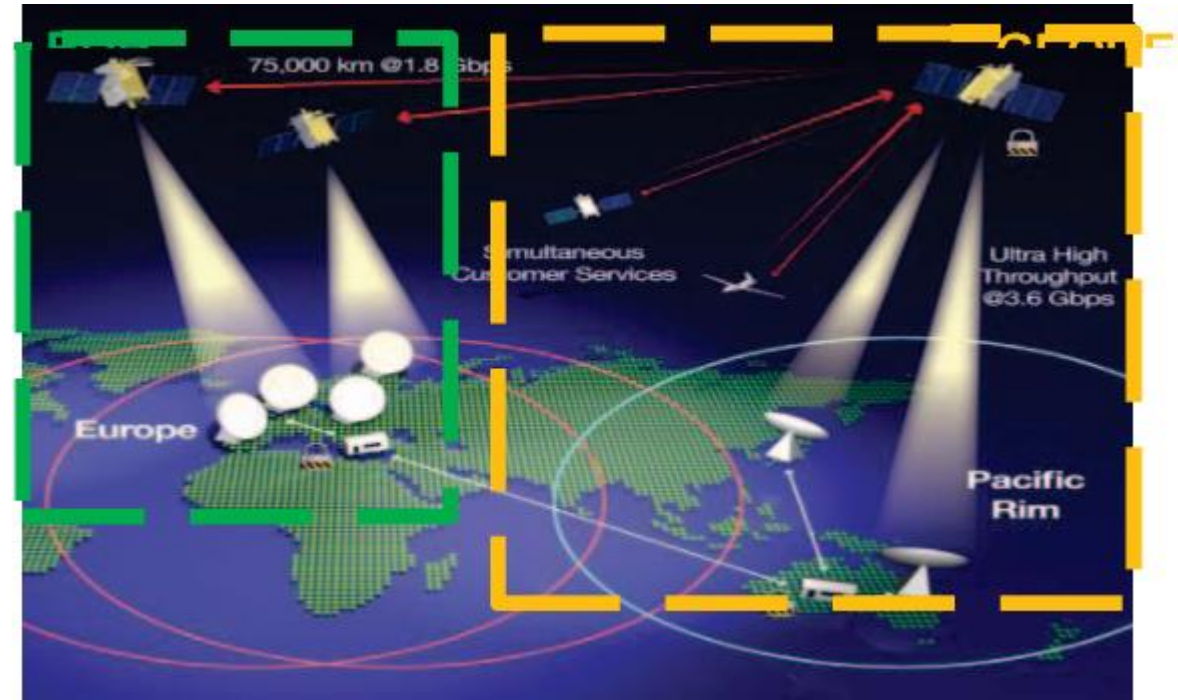
További hírek →

# Második kvantumforradalom



# Nem minden kvantum, ami fénylik

- Poszt-kvantum kriptográfia
- Telekommunikációs hálózatok  
"quantum receivers are like unicorns"
- European data relay system  
<https://doi.org/10.1109/ICSOS.2017.8357204>



- Understanding Quantum Technologies (836 oldal)  
<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2111/2111.15352.pdf>

Quantum fake sciences.....	768
Quantum biology.....	768
Quantum medicine.....	777
Quantum management.....	784
Other exaggerations.....	787





December 21, 2021

# Hungarian Quantum initiative chooses QuiX

## Kitől vette?

Homepage - Hungarian Quantum initiative chooses QuiX

Quix Quantum, the market leader in quantum photonic processors, will deliver a photonic quantum computing solution to the newly established Hungarian Quantum Information National Laboratory initiative. This device represents the fifth quantum photonic processor to leave the QuiX plant. "Quix Quantum's systems are becoming the de-facto standard in photonic quantum computing" says Dr. Jelmer Renema, CTO of Quix Quantum.



# Friss startup, jelentős múlttal



THE FASTEST WAY TO A QUANTUM FUTURE

Startup, 2019

„We are a fables, horizontally integrated company, focussing on quantum computing using integrated photonics. However, we are always on the lookout for other applications of integrated photonics for quantum technologies.”



**University of Twente**  
*Enschede - The Netherlands*



Founded in 2001

„LioniX International is a leading global provider of customized microsystem solutions. We have driven technological and commercial development in our specialist fields—photonic integrated circuits and MEMS—since 2001.”

# Szilícium-nitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) optikai hullámvezetők

- „Multiple commercial foundry platforms have evolved including LioniX’s TriPleX [44], Ligentec’s Damascene [45], IMECs BioPIX [46], and the IMB-CNM [47] processes. Commercialization of moderate optical mode confinement  $\text{Si}_3\text{N}_4$  waveguides began in the 1980s and early 1990s with transition of research at the University of Twente, The Netherlands.” [DJ Blumenthal, et al., Proc of the IEEE 106.12 \(2018\): 2209-2231.](#)
- $\text{Si}_3\text{N}_4$  (golyók) tulajdonságai:

Korrózióálló, Jó kémiai stabilitás

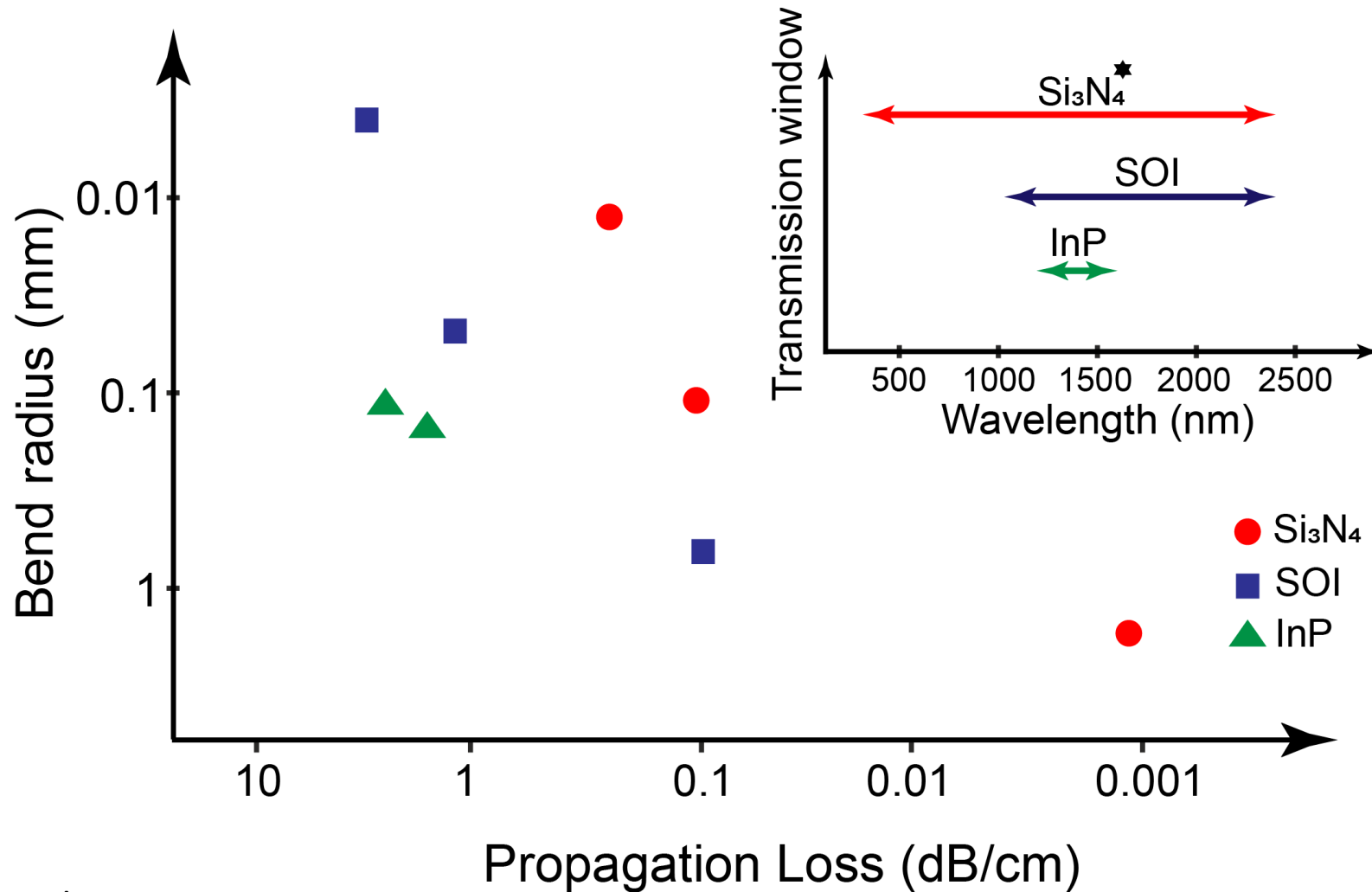
Nagy keménység és kopásállóság

Alacsony hőtágulási együttható és jó hőállóság

Alacsony súrlódási együttható



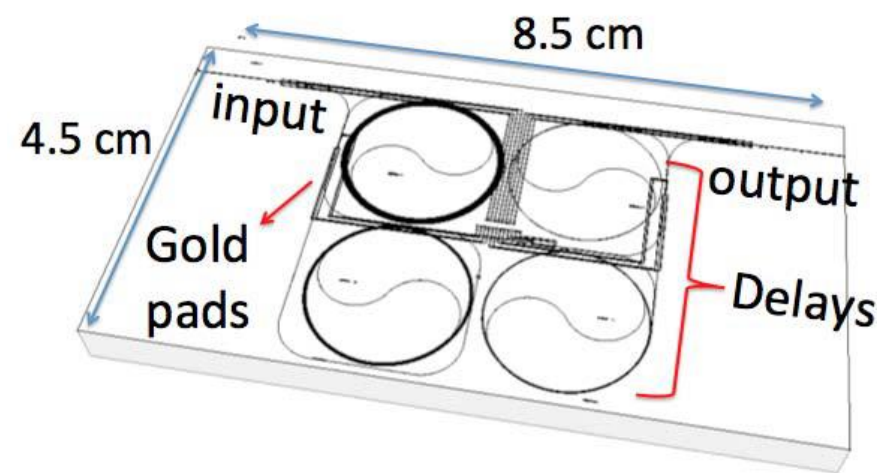
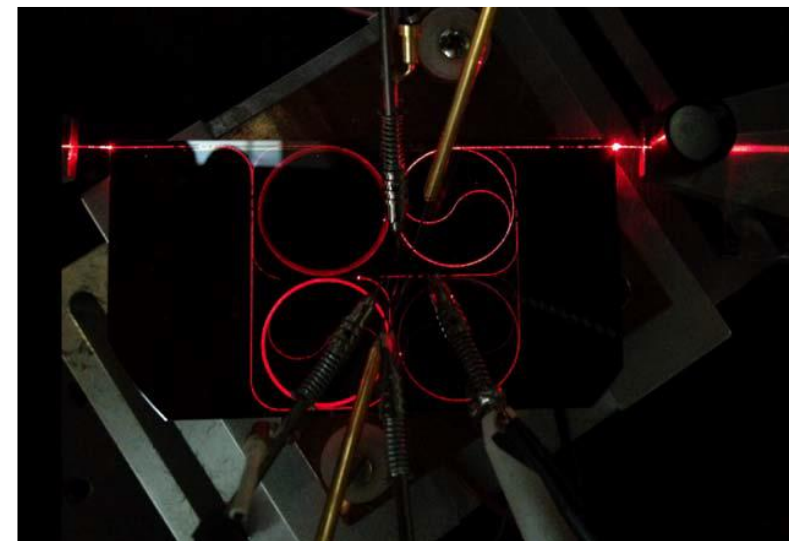
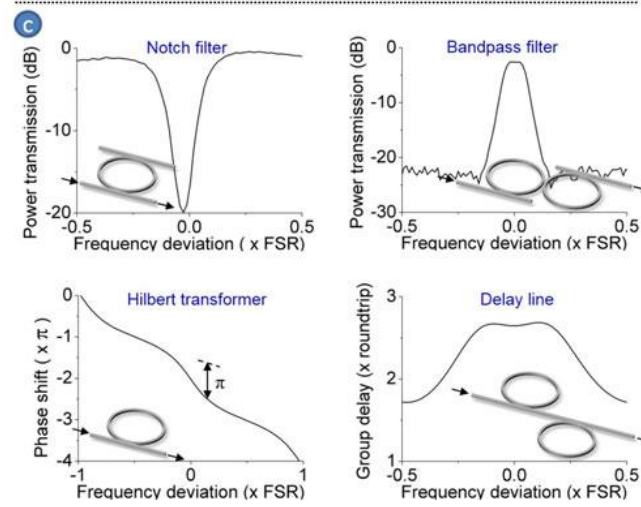
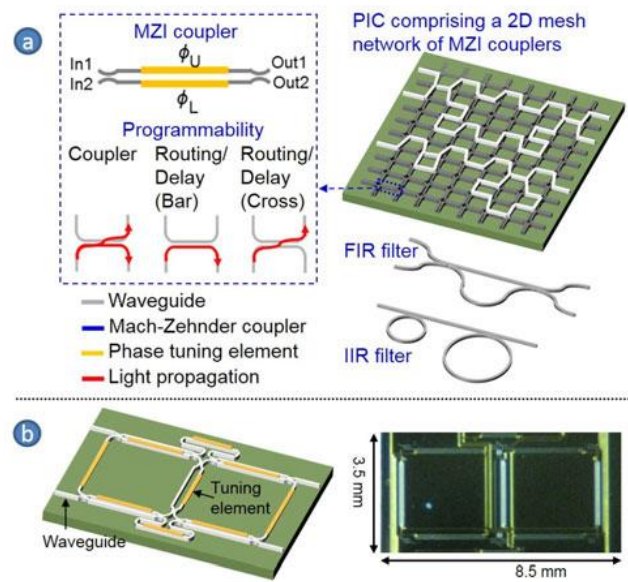
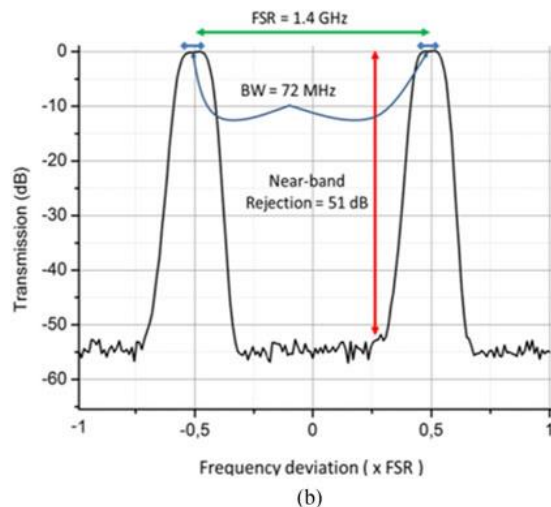
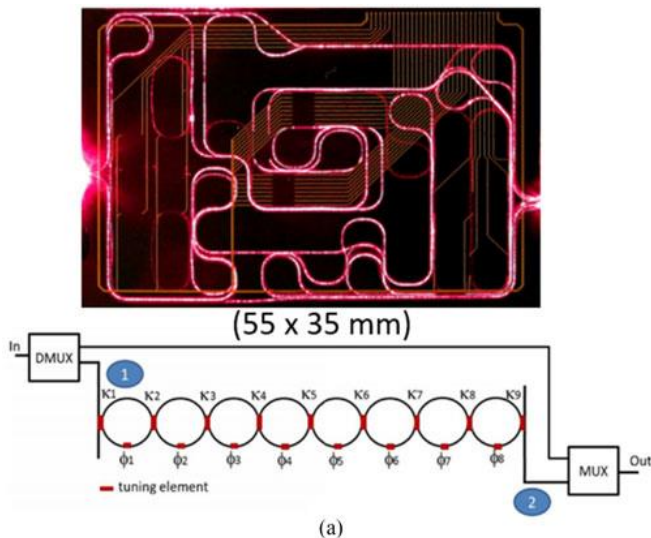
# Veszteség és görbület



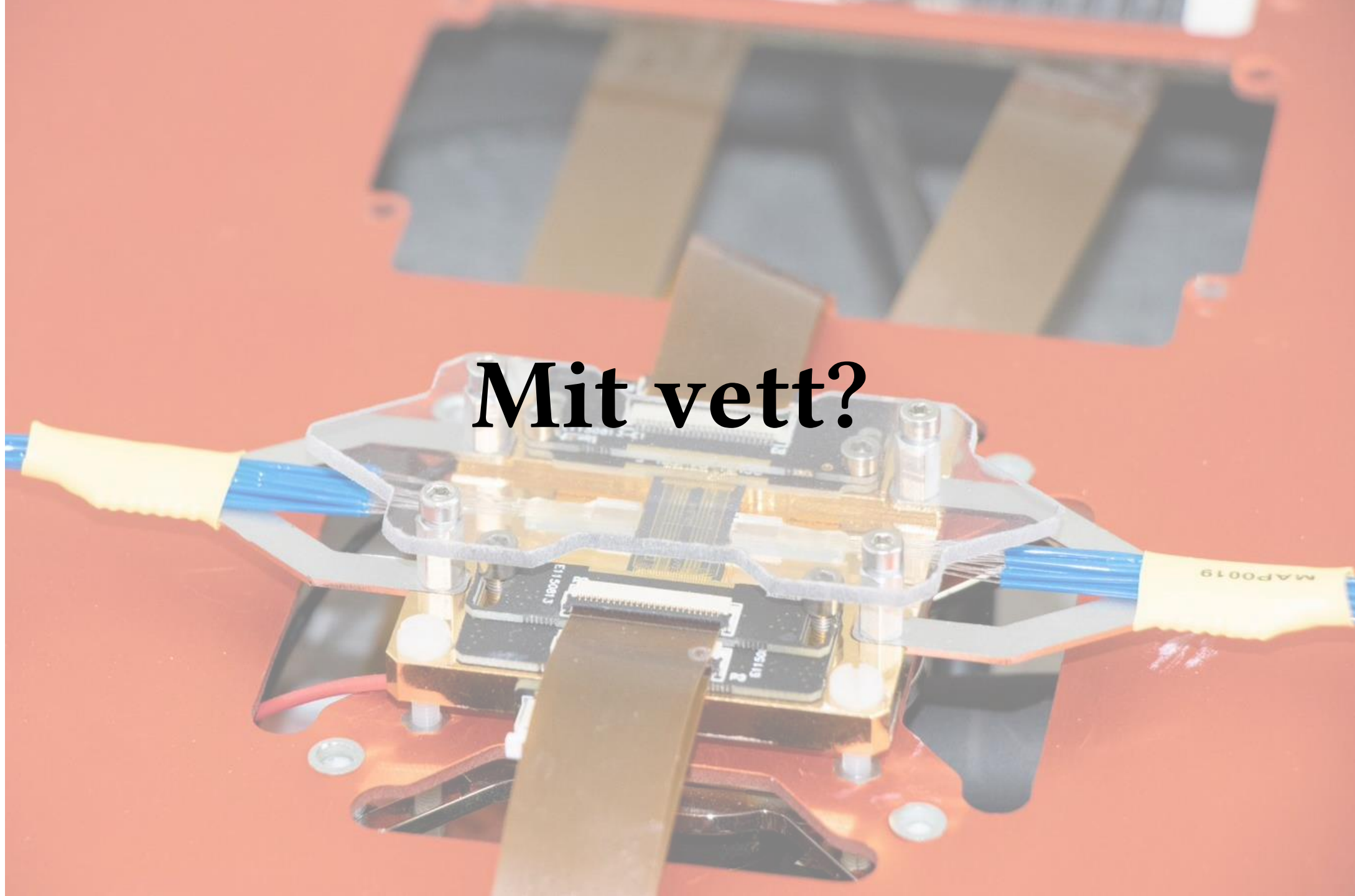
SOI : silicon on insulator



# Optikai hullámvezető alkalmazások



**Mit vett?**

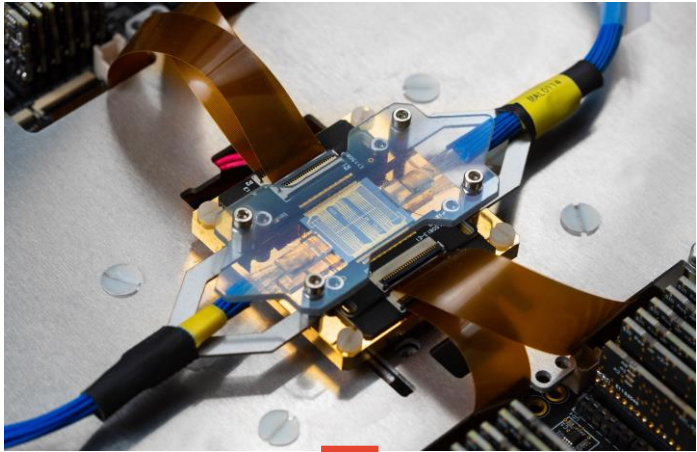


# Minek nevezzetek...

- kvantumszámítógép
- kvantumoptikai processzor
- kvantumhardver
- (csúcskategóriás) kvantumprocesszor
- (programozható) fotonikus processzor
- (univerzális) kvantumfotonikus processzor
- kvantumoptikai chip
- kvantumoptikai processzor
- „egy kis veszteségű, 8 üzemmódú, hangolható lineáris interferométer”
- Photonic processors, also called universal multiport interferometers (UMI) or photonic FPGAs



# Our product for you

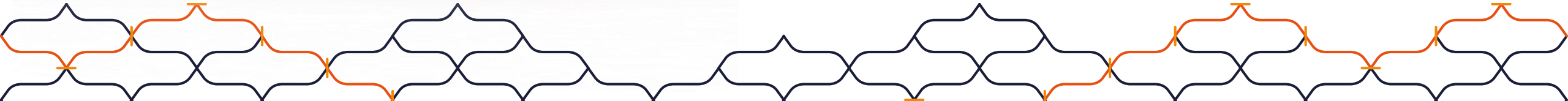
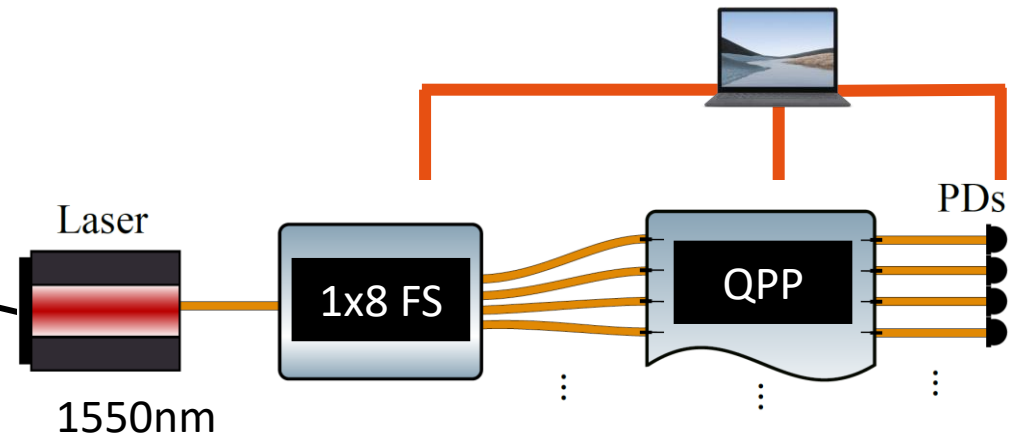


**Photonic processor:  
8-modes @ 1550 nm**



**Control Box**

**Laptop + characterization equipment:  
Dedicated control software**



QINL HUNGARY



# Control box

Dedicated control hardware



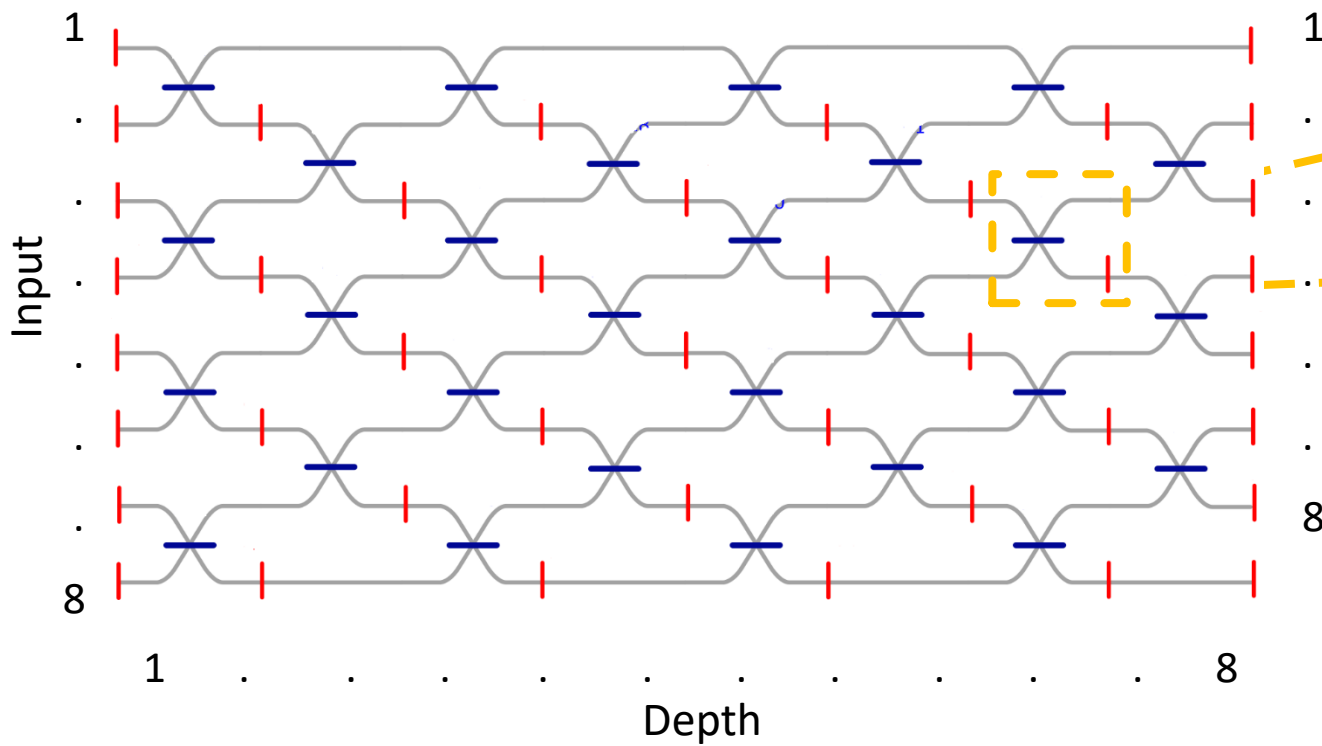
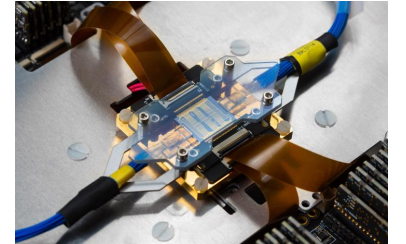
1. Drivers for independent control of thermo-optic actuators
2. TEC control
3. Water cooling
4. Power supply
5. Optical connections
6. 8-mode processor
7. Measurement equipment: source, switch, detectors



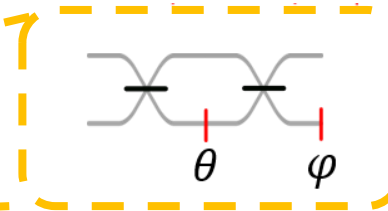


# 8-mode processor

Square topology, 28 unit cells, 56 tuneable elements



Unit cell = TBS + PS

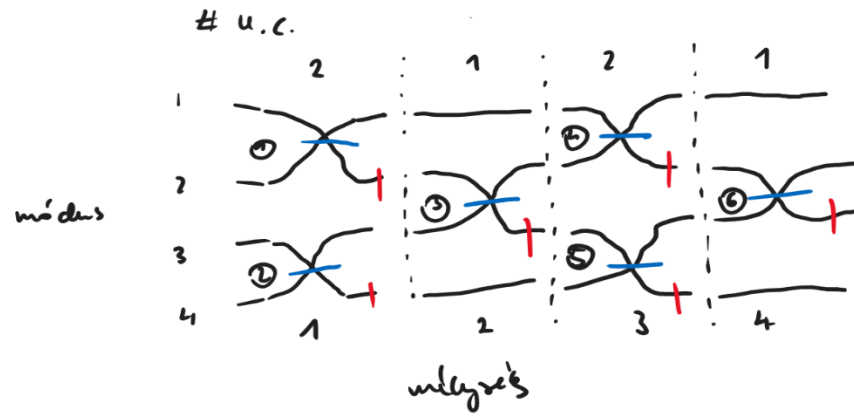


Output

$$t = ie^{-\frac{i\theta}{2}} \begin{pmatrix} \sin \frac{\theta}{2} & -\cos \frac{\theta}{2} \\ -\cos \frac{\theta}{2} e^{-i\varphi} & -\sin \frac{\theta}{2} e^{-i\varphi} \end{pmatrix}$$



# Tábla



6 u.c.  $E_{in} = \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \\ E_4 \end{pmatrix}$   
 $6 \cdot 2 = 12$  param

TS:  $\begin{pmatrix} E \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 0 \\ E \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \dots$

$$E_{out} = S_{(4 \times 4)} E_{in}$$

$$S_{4 \times 4} = S_4 \cdot S_3 \cdot S_2 \cdot S_1$$

Unitár mátrix  $SU(N)$

$$S^+ S = \mathbb{1} \quad \wedge \quad \det(S) = 1$$

komplex amplitúdók  
 $4 \times 4 \times 2 = 32$  valós param.

de van feltétel  
 szabvány paraméter marad

$N + \frac{(N^2 - N)}{2}$  db komplex egy.  
 főtétel  $\rightarrow$  felró helyszám  $\frac{N^2 + N}{2} \cdot 2$  paraméter  
 rögzít

$4 \times 4 = 6$   $10 \cdot 2 = 20$   $32 - 20 = 12$

$$S_1 = \begin{pmatrix} \boxed{s_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \boxed{s_2} \end{pmatrix}$$

$$S_3 = \begin{pmatrix} s_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_5 \end{pmatrix}$$

$$S_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \boxed{s_3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

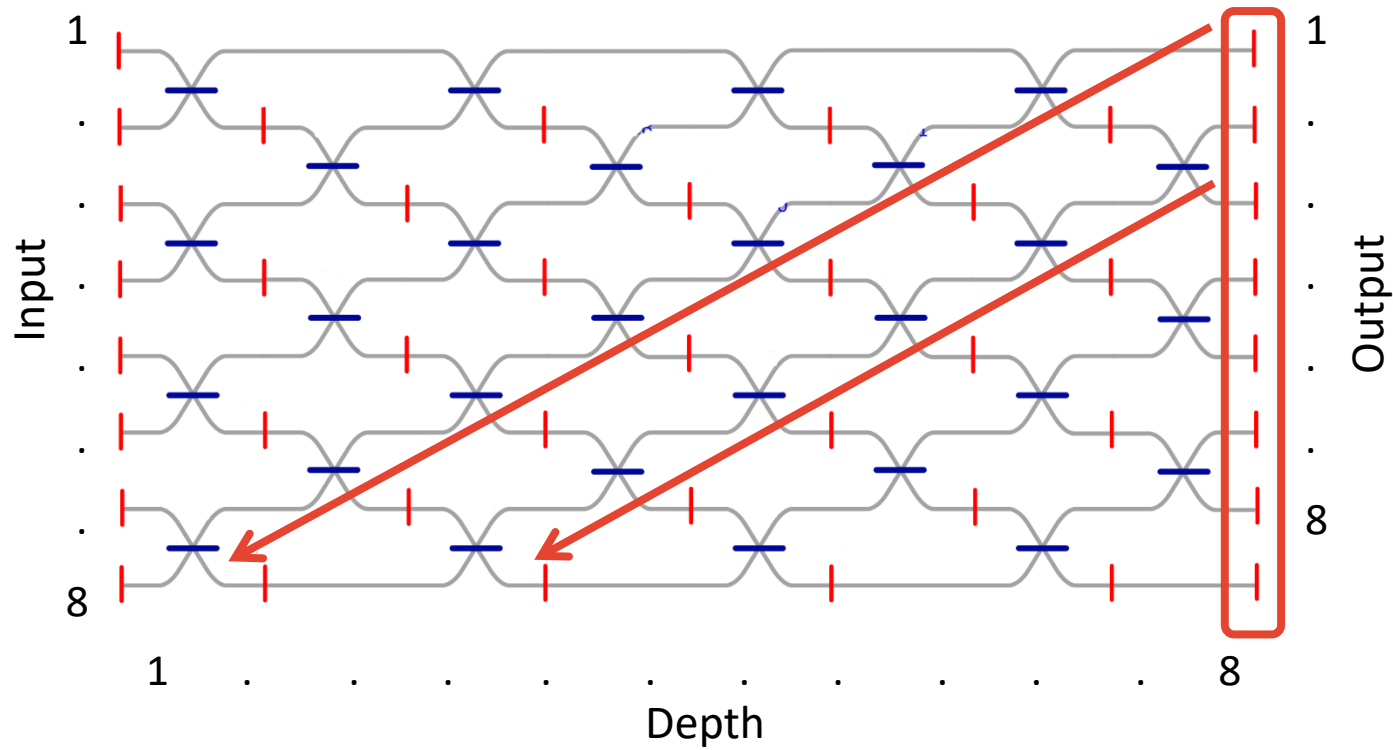
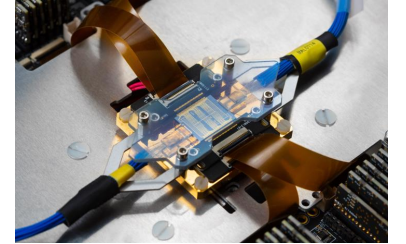
$$S_4 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$(2N^2)$   
 $(N^2)$   
 $\downarrow$   
 $2N^2 - (N^2 + N)$   
 $N^2 - N$

$N=8: 56$

# 8-mode processor

NB



The last row of PS are not characterized:

When implementing  $U$   
the phases of these PS  
have to be subtracted!



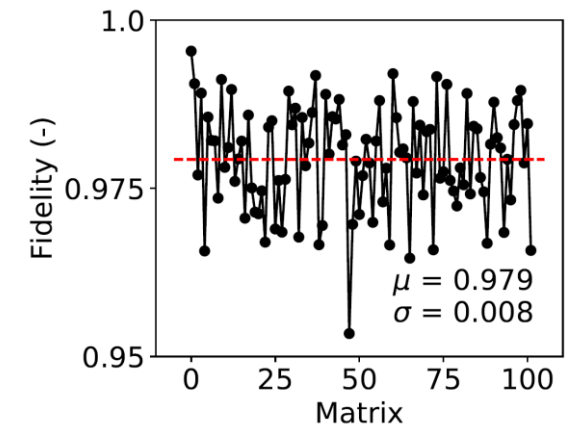
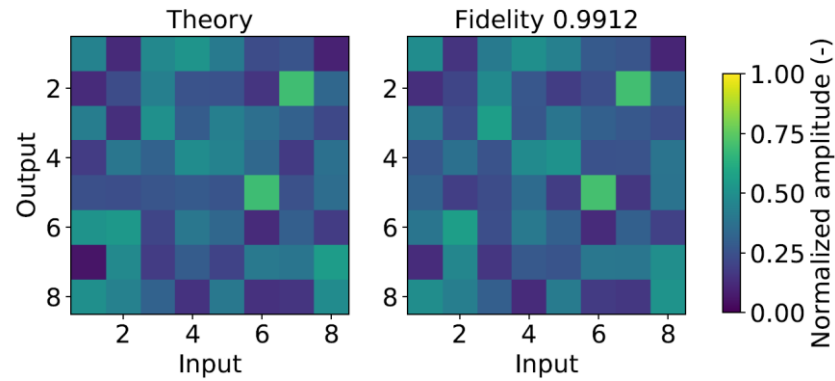
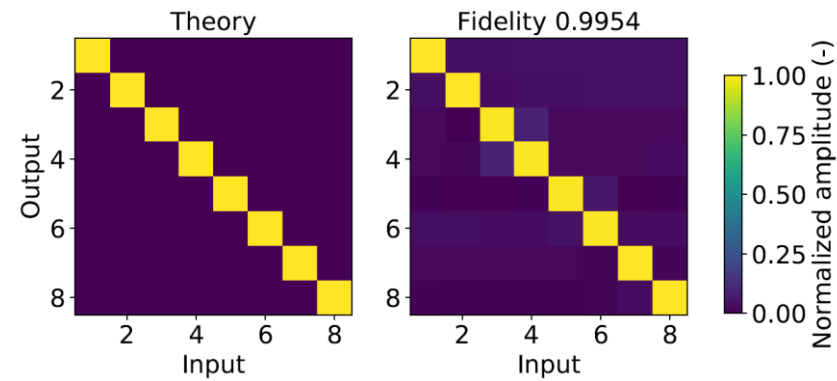
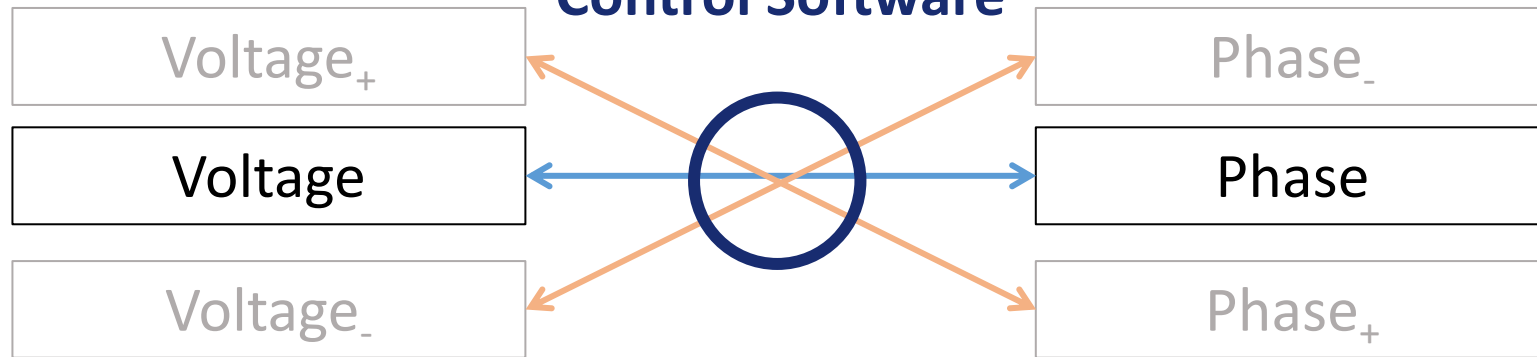


# QuiX software

Dedicated control software



**QuiX**  
Control Software



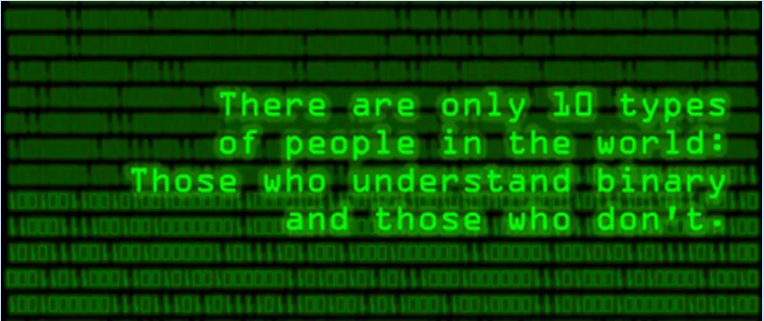
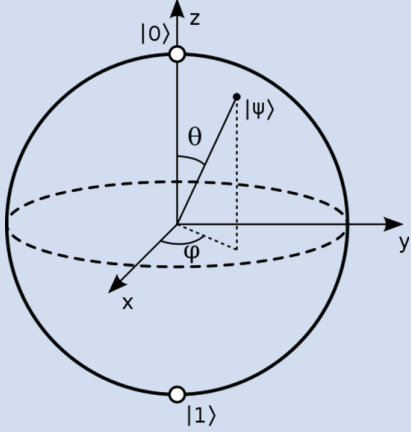
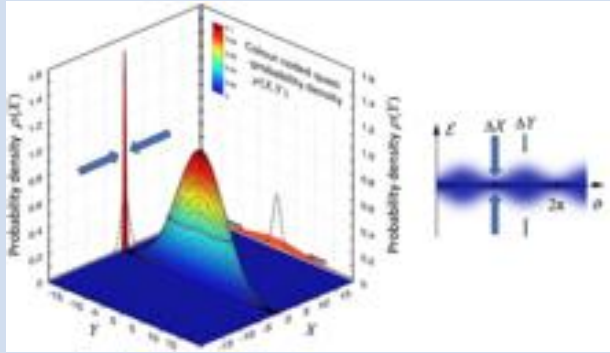
**Miért vettek?**

# Kvantumszámítógép/számítás

. . . trying to find a computer simulation of physics seems to me to be an excellent program to follow out. . . . the real use of it would be with quantum mechanics. . . . Nature isn't classical . . . and if you want to make a simulation of Nature, you'd better make it quantum mechanical, and by golly it's a wonderful problem, because it doesn't look so easy.

—Richard Feynman (1981)



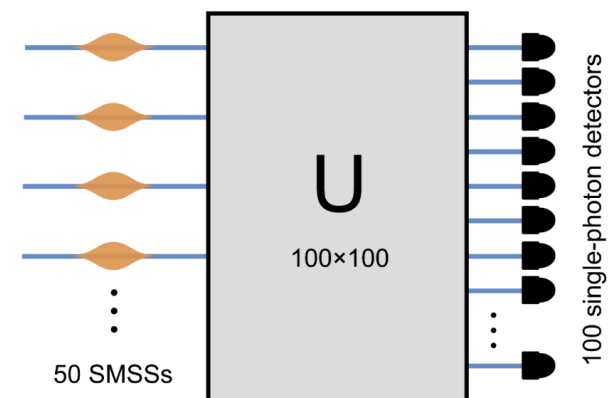
Bit	Qubit	Qumode
0, 1	$ \varphi\rangle = \alpha 0\rangle + \beta 1\rangle$	$ \psi\rangle = \int dx \psi(x) x\rangle$
áramkörök, drótok és kapuk (tranzisztorok)	Két állapotú kvantumrendszerek, kapuk, mérés	Koherens vagy préselt (squeezed) fotonállapot, fotonszámállapot, optikai eszközök, mérés
		
Klasszikus algoritmusok	diszkrét változós kvantuminformatika Hagyományos kvantumalgoritmusok	folytonos változós kvantuminformatika <i>Gottesman-Knill-Preskill (GKP)</i>
N bit: $2^N$ állapot	N qubit: $2^N$ bázisállapot	N qumode, n foton: $\binom{N+n-1}{n}$



# (Gaussian) Boson sampling

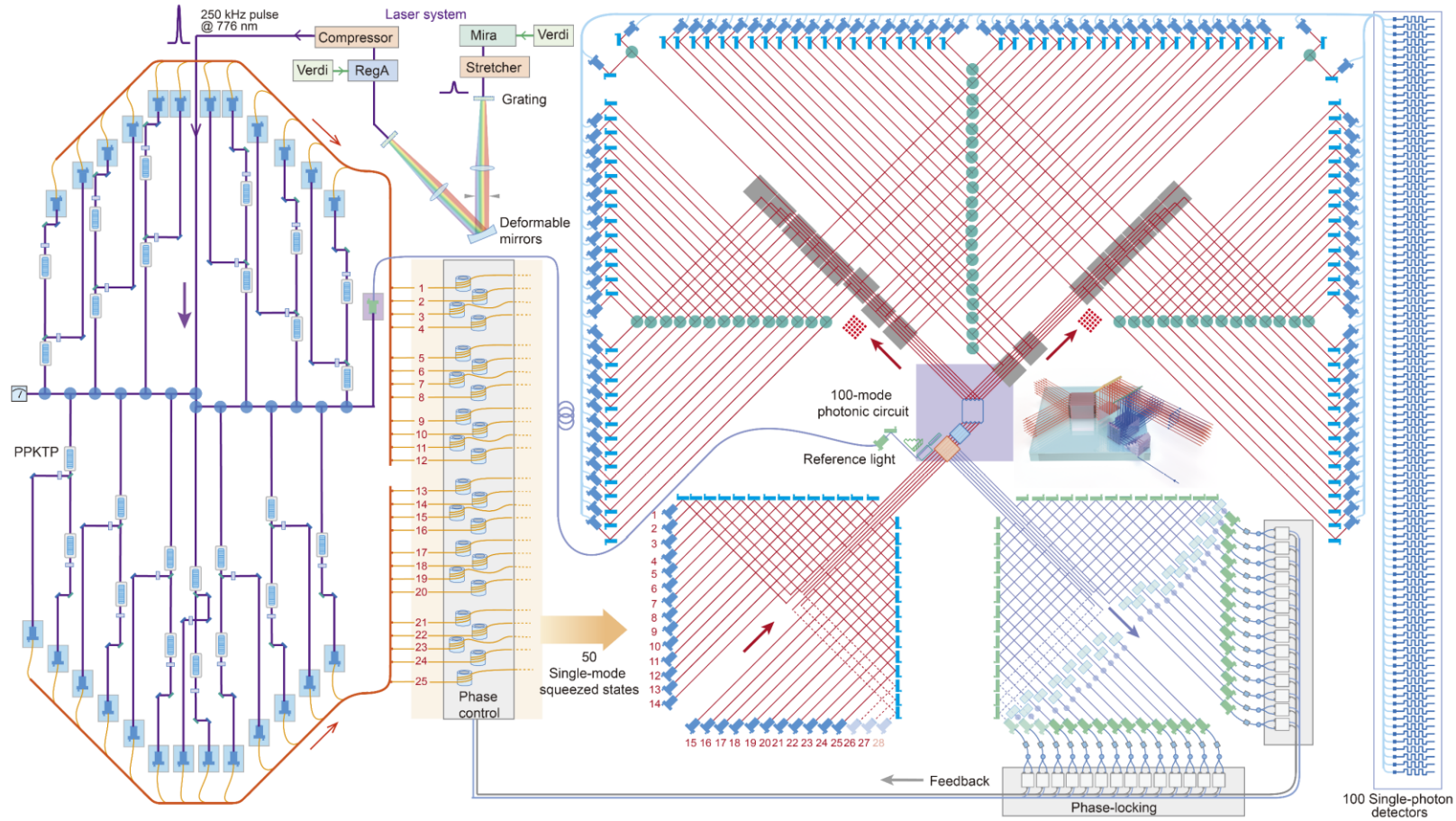
- Aaronson & Arkhipov (2010)
- nem univerzális kvantumalgoritmus
- kvantumfölény, kínai csoport, [Science, 370:6523 pp. 1460-1463 \(2020\)](#)
- $\hat{a}_i = U_{ji} \hat{b}_j$  kapcsolat a ki/be fotonállapotok között

$$p(t_1, t_2, \dots, t_N) = |\langle t_1, t_2, \dots, t_N | \psi_{\text{out}} \rangle|^2 = \frac{|\text{Perm } U_{S,T}|^2}{t_1! \cdots t_N! s_1! \cdots s_N!}$$

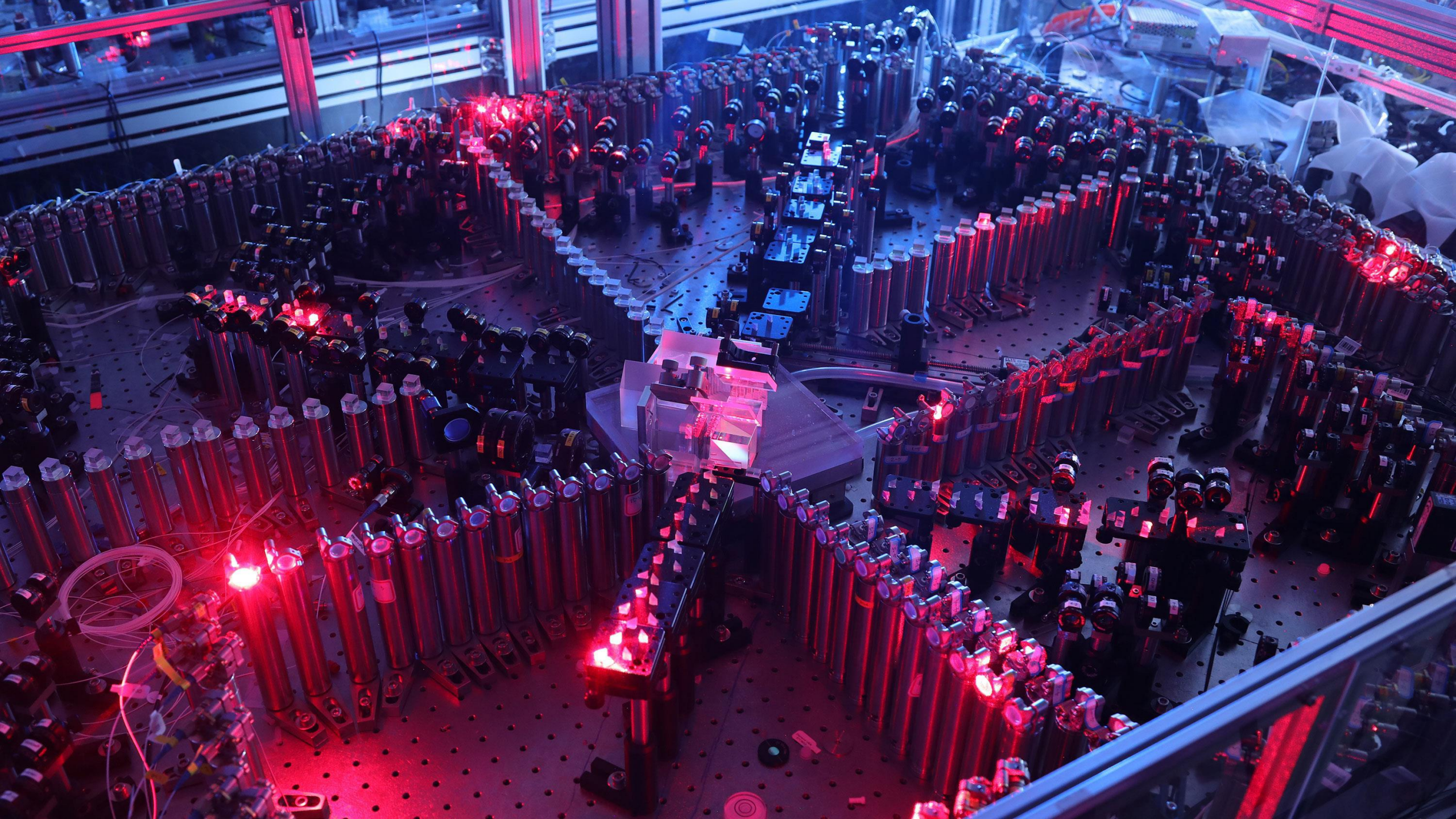


- permutációk meghatározása nehéz probléma
- kis rendszerekre klasszikus szimulátor: pl. [piquasso](#) (ELTE)

# Quantum computational advantage using photons









# The most expensive referee report



Scott Aaronson shared this story:

When I refereed the Science paper, I asked why the authors directly verified the results of their experiment only for up to 26-30 photons, relying on plausible extrapolations beyond that. While directly verifying the results of  $n$ -photon BosonSampling takes  $\sim 2^n$  time for any known classical algorithm, I said, surely it should be possible with existing computers to go up to  $n=40$  or  $n=50$ ? A couple weeks later, the authors responded, saying that they'd now verified their results up to  $n=40$ , but it burned \$400,000 worth of supercomputer time so they decided to stop there. This was by far the most expensive referee report I ever wrote!

- <https://scottaaronson.blog/?p=5122>
- <https://twitter.com/chaoyanglu/status/1334847255942103044>



# További információk:



- Ismerd meg a [Kvantuminformatikai Nemzeti Laboratóriumot!](#)  
ELTE-TTK koordinátor: Vattay Gábor, Wigner-es koordinátor: Domokos Péter  
Keresheted: Cserti Józsit, Koltai Jánost, Oroszlány Lászlót, Rakyta Pétert, Széchenyi Gábort.
- Videók:
  - Atomcsill, 184. [Kvantumszámítógépek — elméletben és gyakorlatban](#) 📺 (2018.04.26.)
  - Atomcsill, 197. [Kvantumszámítógép — a munkára fogott kvantummechanika](#) 📺 (2019.04.25.)
  - Atomcsill, 213. [Így véd meg a kvantumbitjeidet! A topologikus kvantumszámítógép](#) 📺 (2020.11.12.)
  - Atomcsill, 234. [Fénnyel szőtt számítások: optikával működő \(kvantum\)számítógépek](#) 📺 (2022.02.24.)
- Eszköz: quED, Entanglement Demonstrator  
[www.qutools.com](http://www.qutools.com)
- Quix Quantum, Photonic processor  
[www.quixquantum.com/](http://www.quixquantum.com/)
- QHungary facebook csoport  
[www.facebook.com/groups/quantumhungary](https://www.facebook.com/groups/quantumhungary)



# Köszönetnyilvánítás

- A kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta a Kvantuminformatika Nemzeti Laboratórium keretében.
- A „**Kvantumbitek előállítása, megosztása és kvantuminformációs hálózatok fejlesztése**”, 2017-1.2.1-NKP-2017-00001. számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a "Nemzeti Kiválósági Program" finanszírozásában valósult meg.



# Készítsünk kvantumszámítógépet!

Kvantumbit foton polarizációs alapon  
avagy a Jones-mátrixok munkára fogása

*A gyakorlatra 2-3 emberenként kellene egy laptop, böngészővel!*