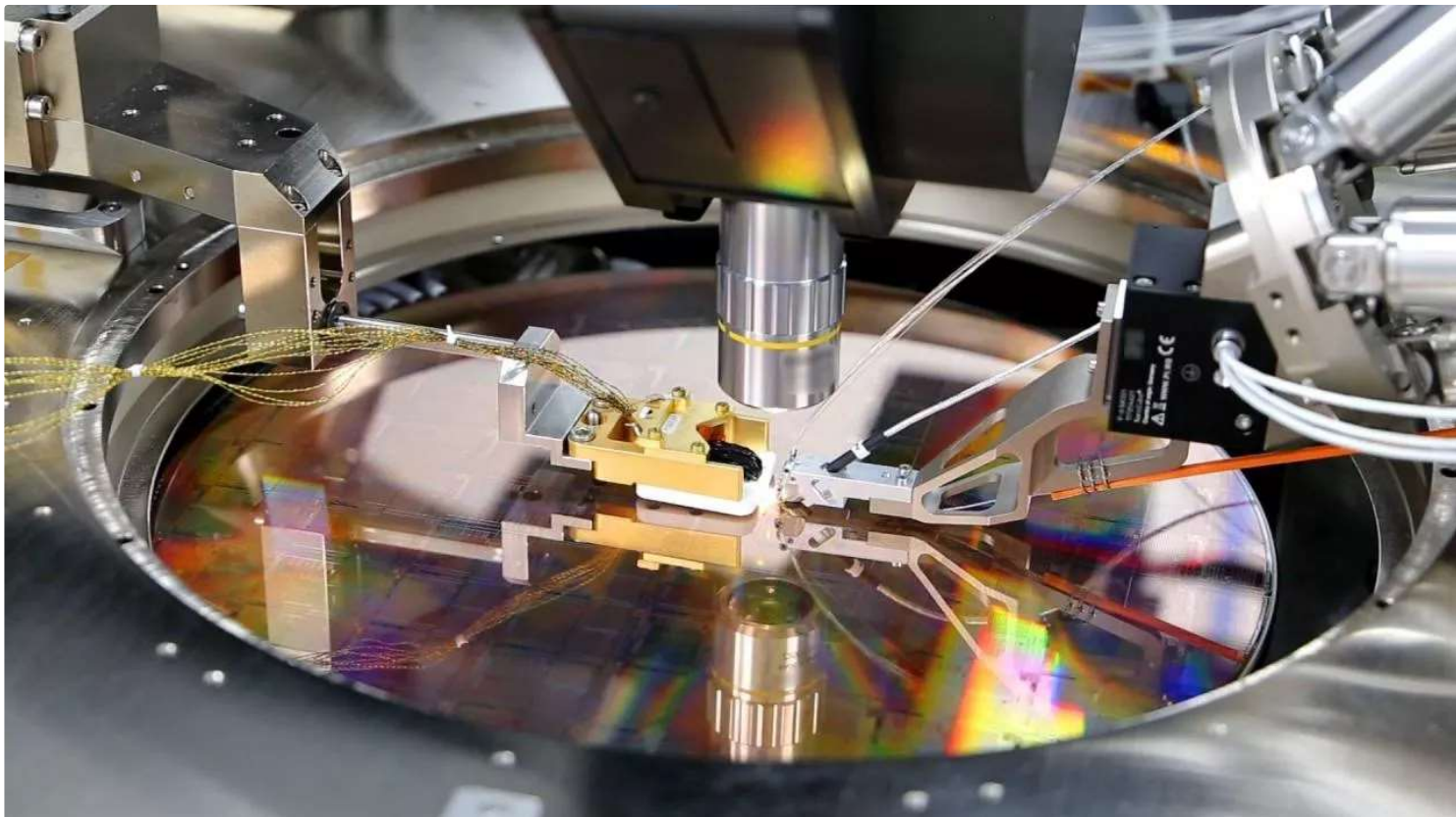


# Nyt firma vil masseproducere qubit til optisk kvantecomputer

Kvanteteknologi

22. juni 2021 kl. 11:27

2



Denne 300 mm silicium-wafer er designet af PsiQuantum og fremstillet hos halvlederproducenten GlobalFoundries, som PsiQuantum netop har indgået samarbejde med. Den indeholder mange eksemplarer af PsiQuantums Q1-chip. Illustration: PsiQuantum.

**Engelske forskere er taget til Silicon Valley for at bygge en kæmpemæssig kvantecomputer. Nu åbner de lidt op for deres hemmelighedskræmmeri.**



**Jens Ramskov**

Videnskabsredaktør

Artiklen er ældre end 30 dage

Kvantecomputere Nyt firma vil masseproducere qubit

Der findes en million måder at lave én qubit på – men kun én måde at lave en million qubit på.«

Sådan lyder det markante udsagn fra Jeremy O'Brien, der er CEO i det californiske firma PsiQuantum.

Udsagnet sætter måske tingene lidt på spidsen, men det rummer essensen af det helt afgørende problem for kvantecomputere: Opska- lering.

Det er let – relativt i det mindste – at bygge små kvantecomputere. De har eksisteret i mange år i laborato- rierne. Men bare det at gå fra en håndfuld qubit til et halvt hundrede stykker har været en enorm teknologisk udfordring.

I 2019 præsenterede Google en chip, Sycamore, med 53 qubit. Det var et markant gennembrud. IBM og andre har noget tilsvarende i dag, og IBM har som erklæret mål at have 1.000 qubit i 2023. Men der er langt til millionen.

Det canadiske firma D-Wave sælger allerede kvantecomputere med et par tusinde qubit – men de har en beskaffenhed, der gør, at de ikke er velegnede til en general purpose kvantecomputer, men 'kun' kan bruges til visse former for optimeringsopgaver. Så teknologien fra D-Wave er ikke direkte sammenlignelig med det, andre søger at udvikle.

## **Der skal mange til**

Kvantecomputere eller kvantesimulatorer, som er dedikeret til specielle anvendelser, begynder at blive inter- essante, når antallet af qubit når op i nogle hundrede eller flere tusinder, men skal en kvantecomputer for alvor være nyttig, skal antallet op i millioner.

For selv om man i princippet kan lave mange interessante beregninger med nogle hundrede qubit, så er der tale om såkaldte logiske qubit – den form, der skal til, for at en kvantealgoritme kan køre. På grund af støj og fejlkilder kræver det metoder til fejlkorrigering og brug af mange hundrede eller i visse tilfælde tusinde fysiske qubit at opnå blot én logisk qubit.

Derfor er målet at lave en kvantecomputer med en million fysiske qubit. Et mindre antal vil gøre kvantecomputeren alt for begrænset i dens anvendelser.

Det kan indskydes, at når Microsoft forfølger en såkaldt topologisk kvantecomputer, er det, fordi topologiske qubit er meget stabile i forhold til andre former for qubit, og man derfor skal have langt færre fysiske qubit til en logisk qubit.

## Den ene metode

Skal man have qubit i millionvis, er der altså kun én metode, der kan anvendes i praksis, mener Jeremy O'Brien. Og det er at benytte de samme teknologiske processer, som i dag bruges til masseproduktion af konventionelle elektroniske komponenter.



SPONSERET INDHOLD

### Online Briefing: Serie om NIS2

[It-sikkerhed](#)

---

Altså ingen eksotiske metoder, men god velafprøvet siliciumteknologi, forklarede han i et foredrag på March Meeting hos American Physical Society, som nu kan ses på YouTube.

Det er et synspunkt, som ikke deles af alle, der arbejder med kvantecomputere, men det er altså den tilgang, man har taget hos PsiQuantum for at udvikle en kvantecomputer.

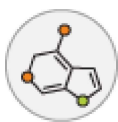
Tiden vil vise, om det er den rigtige beslutning. Men det kan tilføjes, at det canadiske selskab Xanadu arbejder med at udvikle en kvantecomputer efter nogenlunde de samme principper, og at man også i Kina er langt fremme inden for denne forskning.

På Niels Bohr Institutet arbejder forskerne på Center for Hybrid Quantum Networks, som Ingeniøren tidligere har beskrevet, ligeledes inden for dette felt bl.a. ved at udvikle de enkelt-foton-kilder og -detektorer, som vil være nogle af nøglekomponenterne i en fotonisk kvantecomputer

## Fra England til Californien

PsiQuantum blev oprettet i 2016, da Jeremy O'Brien, som indtil da havde været professor ved Bristol University i England, rykkede teltpælene op sammen med en række af sine forskerkolleger for at omsætte deres forskningsresultater til et kommercielt produkt.

Artiklen fortsætter efter annoncen



### Nyhedsbrev | ING/Naturvidenskab

Ny viden og nyheder om rumfart, astronomi, matematik, fysik og geologi.

Blandt de folk, han tog med til Californien, var kvantefysikeren Terry Rudolph fra Imperial College London. Han er værd at notere, da han ikke alene er en af de centrale personer hos PsiQuantum, men også er barnebarn af ingen ringere end Erwin Schrödinger –

der både har lagt navn til kvantefysikkens mest berømte ligning og tankeeksperiment med katten, der både er død og levende på samme tidspunkt.

Navnet PsiQuantum refererer i øvrigt til, at bølgefunktionen inden for kvantemekanik normalt betegnes med det græske bogstav psi.

Professor Peter Lodahl, der er leder af Center for Hybrid Quantum Networks på Niels Bohr Institutet, har stort kendskab til Jeremy O'Brien og Terry Rudolphs forskning.

Han har flere gange besøgt de to i England og haft meget åbenhjertige diskussioner med dem. Peter Lodahls forskning gennem mange år og hans nuværende tilgang til udvikling af en kvantesimulator til biokemi, som bl.a. sker med støtte på 60 mio. kr. fra Novo Nordisk Fonden, er nært beslægtet med de metoder, som PsiQuantum vil bruge til at bygge en helt generel kvantecomputer.



SPONSERET INDHOLD

**Amagerværkets Blok 4 lukker ned og skal reoveres inden september. Her er opgaverne.**

[Energ](#)

---

»Men efter at Jeremy O'Brien og Terry Rudolph tog til Californien, begyndte de at holde kortene meget tæt til kroppen. De lagde nærmest et jerntæppe rundt om deres aktiviteter,« fortæller Peter Lodahl.

## **Aftale med stor chipproducent**

Inden for kvanteteknologisamfundet har man længe kendt til PsiQuantums ambitioner og planer, men mange har haft svært ved at tage dem alvorligt – netop fordi man ikke vidste, hvordan PsiQuantum havde tænkt sig at opfylde dem, og hvilke fremskridt de gjorde bag de lukkede mure.

Nu er PsiQuantum dog begyndt at åbne lidt for posen, og det har vakt betydelig opmærksomhed.

I begyndelsen af maj annoncerede PsiQuantum, at de havde indgået en aftale med den amerikanske virksomhed GlobalFoundries, der er blandt verdens fem største halvlederproducenter.



SPONSERET INDHOLD

**Online Briefing | 23/05 | Cybersikkerhed for de utålmodige**

IT

---

Aftalen går ud på, at de to virksomheder skal fremstille fotoniske og elektroniske siliciumchips til et såkaldt Q1-system, som er PsiQuantums første skridt på vejen til en kvantecomputer med en million eller flere qubit.

»Jeg har stor respekt for, at Jeremy O'Brien og co. har valgt at gå hele vejen,« siger Peter Lodahl, der også selv har stået i spidsen for et spinout baseret på sin forskning.

Han finder tanken om at bygge en kvantecomputer baseret på konventionel siliciumteknologi, som bl.a. er udviklet til teleindustrien, spændende og rigtig.

Q1 er resultatet af fem års udviklingsarbejde hos PsiQuantum. Det er først og fremmest et demonstrationsprojekt, der har til formål at vise, at det er muligt at producere de nødvendige chips. Q1 vil ikke i sig selv gøre det muligt at udføre beregninger, som ikke også kan udføres på en klassisk supercomputer.

En af de helt afgørende ting, som Q1 skal demonstrere, er, at det er muligt at masseproducere superledende enkelt-foton-detektorer på GlobalFoundries produktions- systemer.

## **Ressourcer og fusioner**

PsiQuantum kalder deres tilgang for fusionsbaseret kvanteberegning. Hvad det dækker over, har firmaets førende forskere beskrevet i en videnskabelig artikel tidligere på året.

Det er ikke et princip, som er simpelt at forklare, men kort fortalt går det ud på, at man genererer nogle såkaldte resourcetilstande bestående af fire entangledede qubit. Disse forbindes i et netværk, hvor man foretager en måling parvis på to qubit, som stammer fra hver sin resourcetilstand – heri består fusionen.

Måleresultaterne føres til en klassisk processor, hvor resultatet af en beregning kan bruges til rekonfigurere fusionsmålingene.

Hvis det lyder kompliceret, er det, fordi det er kompliceret.

Den afgørende pointe er, at det optiske netværk med resourcetilstande, fusioner og målinger kan fremstilles på en fotonisk chip, og de klassiske beregninger kan udføres på en konventionel chip.

De fotoniske chips skal fremstilles på GlobalFoundries' fabrik i staten New York, og de elektroniske chips på en fabrik i Dresden i Tyskland.

Mercedes Gimeno-Segovia, der er Director for Quantum Architecture hos PsiQuantum, skriver i et blogindlæg på virksomhedens hjemmeside, at et af de vigtigste elementer i Q1-chippen er de superledende enkelt-foton-detektorer. Man har godt nok fremstillet sådanne tidligere, men ikke i det omfang og med den måde at integrere dem på, som det skal ske nu.

Hun understreger, at når en million qubit er målet, så er teknologierne for opskalering helt afgørende. Det er formålet med Q1.

Hun tilføjer, at det kræver andre vigtige skridt at nå frem til målet. Men hos PsiQuantum er man overbevist om, at fabrikationsprocesserne i midten af dette årti vil være færdigudviklet, så man kan begynde at bygge en fejltolerant kvantecomputer.

Det bliver ikke en kvantecomputer, som kan finde plads på skrivebordet, ej heller i et mindre teknikrum.

En kvantecomputer på dette niveau bliver snarere at sammenligne med et datacenter, beretter Jeremy O'Brien i sit foredrag.

PsiQuantums kvantecomputer skal også afkøles til tæt på det absolutte nulpunkt som andre kvantecomputere. Så kølesystemet alene vil fylde godt op.

Men der er stor forskel på, om man kan nøjes med at afkøle til nogle få kelvin, eller man skal helt ned på millikelvin som ved



andre kvaneteknologier, siger Jeremy O'Brien, som afslutter sit foredrag med denne one-liner:

»I stedet for at opskalere en kvante- proces har vi taget en skalerbar proces og gjort den kvantefysisk.«

Sådanne udsagn rummer sjældent hele sandheden eller er fuldt dækkende for de tekniske udfordringer, men efter at have stået lidt i skyggen af sine elektroniske kvantebrødre baseret på superledende kredsløb og ioner, er den optiske kvantecomputer måske nu klar til for alvor at komme frem i rampelyset.

Og da forskere på både Niels Bohr Institutet på KU og fysik- og fotonikinstitutterne på DTU arbejder med beslægtet forskning, er det også et område, hvor Danmark kan yde et bidrag.

Hør mere om kvantecomputere på Digital Tech Summit, der finder sted i Øksnehallen i København

**30.** november og 1. december 2021. Læs mere på [digital-tech-summit.com](https://digital-tech-summit.com)

Denne 300 mm silicium-wafer er designet af PsiQuantum og fremstillet hos halvlederproducenten GlobalFoundries, som PsiQuantum netop har indgået samarbejde med. Den indeholder mange eksemplarer af PsiQuantums Q1-chip. Foto: PsiQuantum

## Fakta Kvantecomputere

En klassisk computer regner med bit, dvs. størrelser som enten er 0 eller 1. En kvantecomputer regner med størrelser, som kan være en vilkårlig kombination af 0 og 1 – disse er kvantebit eller qubit.

En lang række kvantefysiske systemer kan repræsentere en qubit. Det gælder fotoner, elektroner og ioner. Det kræver dog, at disse er

fuldstændigt afskærmet fra kontakt med omverdenen.

Vekselvirkning med omverdenen ødelægger kvanteegenskaberne og optræder som en form for støjsignal i beregningerne. Man kan kompensere herfor med brug af forskellige former for fejlkorrektion.

For klassiske computere er visse problemer svære at løse – for meget store problemer i praksis umulige – men de har nemt ved at kontrollere, om en løsning er rigtig. Krypteringsprotokoller baserer sig eksempelvis på dette princip. Men det gælder også en lang række optimeringsopgaver og beregninger af mange fysiske og kemiske reaktioner.

Nogle af disse problemer er både lette at løse og lette at tjekke løsningen på med en kvantecomputer. Det kræver brug af særlige kvantealgoritmer, som er tilpasset en kvantecomputer. Man kan ikke tage et almindeligt klassisk computerprogram og køre det på en kvantecomputer. Det vil ikke give en beregningsmæssig fordel.

En kvantecomputer kræver både qubit (hardware) og kvantealgoritmer (software). Nogle problemer er dog stadig svære eller umulige for selv kvantecomputere, fordi man ikke kender kvantealgoritmer til at løse dem.

---

Fokus

[Digital Tech Summit](#)

Emner

Kvanteteknologi

Forskning

Teknologi

Digital Tech Summit