

A09

In copertina: The Orion Correlation Theory

Alberto Boffi

**Analisi di rilevatori di radiazione THz
con transistori MOS-FET**





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXX
Gioacchino Onorati editore S.r.l. — unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it
info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-3090-2

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: gennaio 2020

Indice

- 7 Capitolo I
Radiazione Terahertz
- 33 Capitolo II
Rivelazione di radiazione Terahertz con MOS-FET. Il nuovo modello di self-mixing
- 43 Capitolo III
Simulazioni in TCAD
- 51 *Conclusioni*

Radiazione Terahertz

1.1. Introduzione

La regione terahertz (THz) dello spettro elettromagnetico si estende, convenzionalmente, tra 0,1 THz e 10 THz (corrispondenti a lunghezze d'onda comprese tra 3 mm e 30 μm , rispettivamente) o, tra 0,3 THz e 3 THz (corrispondenti a lunghezze d'onda di 1 mm e 100 μm , rispettivamente), per essere coerenti con la definizione di "radiazione submillimetrica".

Questa gamma spettrale è caratterizzata da diverse particolari caratteristiche, come la capacità di penetrare materiali non conduttivi come carta, plastica, muratura e ceramica e di essere fermati da metalli e acqua. È la banda di frequenza più alta in cui il campo può essere misurato in modo coerente senza un interferometro. La regione THz dello spettro è sensibile a tutte le eccitazioni termicamente accessibili che determinano le proprietà dei sistemi elettronici correlati. Inoltre, la capacità di eseguire la spettroscopia nel dominio del tempo e della frequenza fornisce una opportunità unica sull'evoluzione temporale delle funzioni di risposta ottica su scale temporali comprese tra 100 fs e 500 ps. Inoltre, i metodi THz sono compatibili con lo studio di materiali in condizioni estreme di temperatura e campi elettrici e magnetici applicati. Le sonde THz sono, in generale, non-contact enabling polarization analysis ed in controllo

di polarizzazione, in situazioni in cui i contatti ohmici verso determinati materiali non sono possibili a causa della posizione nascosta del materiale o per evitare l'introduzione di effetti estrinseci associati con i cavi. Le sonde Terahertz possono anche fornire informazioni dettagliate sulla qualità dell'interfaccia o sulla presenza di difetti o strutture nascoste.

Queste eccezionali proprietà hanno spinto un crescente interesse della comunità di ricerca sul costante progresso in molte applicazioni, alcune delle quali presentate nel paragrafo 1.2. Principali problematiche e sfide specifiche della tecnologia THz vengono prima segnalate e poi discusse.

1.2. THz gap

La banda di frequenza THz è stata tradizionalmente inaccessibile sia da dispositivi fotonici, che dai dispositivi elettronici. Forse questo è il motivo per cui questo intervallo di frequenze è stato chiamato "THz gap". In termini semplici, questa inaccessibilità è dovuta alla natura "low-pass" (passa basso) dei dispositivi elettronici attivi (ad esempio diodi e transistor) causati dal tempo transitorio e dai parassiti RC e dalla natura "high-pass" (passa alto) dei dispositivi fotonici a causa del bandgap dei livelli di energia. Il principale ostacolo al riempimento del gap del terahertz come scala industriale è rimasta la mancanza di fonti a basso costo, a stato solido in grado di fornire energia sufficiente durante il funzionamento a temperature ambiente. Negli ultimi decenni c'è stata una crescita esponenziale delle ricerche sulla tecnologia terahertz volta a colmare il divario citato e ad accedere a molteplici potenziali applicazioni che il mondo THz riserva.

Una grande sfida della tecnologia THz è il cambio di modello nel progetto di circuiti integrati (IC). Dal punto di vista

della progettazione del circuito, a causa della piccola lunghezza d'onda a frequenze più alte e dimensioni maggiori dei chip (a causa della maggiore complessità), il modello tradizionale di progettazione elettronica IC basata sul design a costanti concentrate non è più applicabile nella regione THz. Nel modello emergente, le interconnessioni e i componenti su chip sono considerati elettricamente più grandi rispetto alla lunghezza d'onda della radiazione, e gli IC includono spesso elementi radianti. Questa convergenza di circuiti ed elettromagneti apre nuove opportunità per l'implementazione di nuovi sistemi THz.

Nel campo dell'elettronica, molti sforzi per raggiungere le frequenze THz sono stati dedicati all'approccio top-down, riducendo le dimensioni dei dispositivi fino alla gamma nanometrica per aumentare la velocità operativa. Tuttavia, al giorno d'oggi il "THz gap" non è ancora coperto dai transistor, poiché la riduzione della lunghezza del gate non porta ad un aumento sufficiente della frequenza di taglio come previsto dalle regole di ridimensionamento tradizionali. D'altra parte, poiché l'energia fotonica della radiazione di terahertz è inferiore all'energia termica a temperatura ambiente, i dispositivi fotonici come i laser a cascata quantica sono operativi solo a temperature criogeniche.

Di seguito, vengono brevemente riportati alcuni aspetti che determinano il THz gap ancora da superare.

1.2.1. Effetto diffrattivo nello spazio libero

L'importanza dell'effetto diffrattivo nei sistemi THz dello spazio libero può essere esplorata usando la formula di Friis:

$$P_{RX} = P_{TX} \left(\frac{\lambda}{2\pi d} \right)^2 G_{TX} G_{RX} F_{TX}(\theta_{TX}, \theta_{RX}) \tau \epsilon_p \quad (1.1)$$

dove P_{RX} è la potenza fornita al carico dell'antenna ricevente, P_{TX} è la potenza in ingresso dell'antenna trasmittente, G_{RX} e G_{TX} sono rispettivamente i guadagni in ricezione e trasmissione, F_{RX} e F_{TX} sono funzioni di pattern di intensità normalizzate in ricezione e trasmissione, rispettivamente, τ è il fattore di trasmissione della potenza del percorso, ε_p è l'efficienza dell'accoppiamento di polarizzazione, λ è la lunghezza d'onda operativa e d è la distanza tra l'antenna trasmittente e ricevente. Gli angoli θ_{RX} e θ_{TX} si riferiscono alle coordinate sferiche sul lato ricevente e trasmittente.

Il fattore di perdita dello spazio libero $(\lambda/4\pi d)^2$ deriva dal presupposto che l'antenna ricevente sta rilevando la radiazione a campo lontano dell'antenna trasmittente ed induce a trattare la sorgente come se emettesse un'onda sferica la cui potenza diminuisce come $1/d^2$, mentre il fattore di λ^2 deriva dalla direttività D_{MAX} di diffrazione limitata o, in alternativa, dall'angolo solido Ω che definisce l'estensione della funzione di pattern di intensità diffrattiva come:

$$D_{max} = \frac{4\pi}{\Omega} = \frac{4\pi A_{eff}}{\lambda^2} \quad (1.2)$$

con A_{eff} l'area effettiva del rilevatore.

Quando la radiazione e le potenze di ingresso sono abbinate, il guadagno dell'antenna è uguale alla sua direttività e (1.1) diventa:

$$P_{RX} = P_{TX} \frac{A_{TX} A_{RX}}{d^2 \lambda^2} F_{TX}(\theta_{TX}, \theta_{RX}) \tau \varepsilon_p \quad (1.3)$$

dove A_{RX} e A_{TX} denotano aree efficaci in ricezione e trasmissione, rispettivamente.

In conclusione, la potenza ricevuta dal rivelatore aumenta quando la lunghezza d'onda diminuisce, cioè una maggiore direttività intrinseca delle comunicazioni THz

rispetto ai collegamenti a microonde o MMW a causa della minore diffrazione dello spazio libero delle onde. Questa proprietà compensa il fatto che le sorgenti THz sono attualmente meno potenti delle fonti a microonde di dimensioni comparabili, rendendo le distanze di trasmissione dei dati paragonabili (circa 1,8 – 2 km) dei due tipi di sistemi.

1.2.2. *Smorzamento atmosferico e dello spazio libero tra cui nebbia, pioggia e neve*

In condizioni di nebbia l'assorbimento di THz a 240 GHz è di circa 8 dB/km, che è considerevolmente inferiore all'attenuazione di circa 200 dB/km che le lunghezze d'onda IR subiscono. Sopra i 200 GHz e sotto i 10 THz, l'attenuazione è dominata dal vapore acqueo atmosferico, con attenuazione dovuta a pioggia e nebbia che giocano un ruolo minore. A causa delle dimensioni relativamente piccole di particolato atmosferico come polvere e fumo rispetto alla lunghezza d'onda di THz, è prevista un'attenuazione minima di THz dovuta alle particelle aerotrasportate. Un modello analitico che segue un semplice formalismo di scattering di Mie conferma che questa attenuazione è molto bassa (inferiore a $5 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$ fino a 3 THz).

Una moderata precipitazione di pioggia attraverso il percorso di propagazione del segnale riduce drasticamente la capacità di canale effettiva, portando ad una forte attenuazione a frequenze più alte di THz. Sopra i 500 GHz circa la capacità di canale scende drasticamente di circa cinque ordini di grandezza. Per questo motivo i canali a capacità ultraelevata con distanze di trasmissione di diversi chilometri devono operare nella gamma di frequenze tra circa 100 e 300 GHz.

I limitati dati sperimentali sulla diffusione di THz da nebbia, pioggia, particelle e simili possono essere dovuti alla

mancanza di strumentazione THz calibrata e alla difficoltà generale nel distinguere l'assorbimento dagli effetti di dispersione.

1.2.3. *Disponibilità di fonti THz*

Al fine di raggiungere il potenziale offerto dalla tecnologia terahertz, è indispensabile la progettazione di emettitori terahertz a stato solido, poiché la loro mancanza ha limitato per anni lo sviluppo diffuso della tecnologia THz. Uno dei principali ostacoli nel funzionamento degli emettitori terahertz risiede nella scarsa efficienza di conversione della potenza, che è dell'ordine di $10^{-6} - 10^{-5}$. Oggigiorno, i livelli di potenza tipici disponibili nell'output delle sorgenti THz sono nel range di alcuni microwatt, con valori massimi di centinaia di milliwatt raggiunti da alcune soluzioni. La Figura 2 riassume le tipologie di sorgenti di radiazioni THz e riporta i loro valori tipici. La presenza del suddetto THz gap è abbastanza evidente.

I progressi nella generazione di THz hanno prodotto due principali categorie di fonti: le sorgenti a impulsi a banda larga terahertz e le sorgenti a onda continua (CW). Le sorgenti Terahertz possono essere suddivise in base alla larghezza di banda, alla potenza di uscita e ai principi di funzionamento. La sorgente terahertz basata su impulsi laser a femtosecondi è una delle tecniche più promettenti per generare radiazioni THz. I laser sono forti fonti di energia elettromagnetica in cui l'energia viene immagazzinata sia nell'intensità che nella frequenza. La generazione THz mediante impulsi laser ultraveloci può essere classificata come processi ottici lineari e non lineari. Il processo lineare prevede l'iniezione di fotocopiatori mediante un impulso laser nel semiconduttore collegato all'antenna. I fotocopi-

piatori vengono accelerati dalla polarizzazione in DC applicata all'antenna. L'antenna irradia il segnale THz di una frequenza determinata dalla durata dell'impulso degli impulsi laser. Al contrario, nel processo ottico non lineare la radiazione THz è generata da tecniche di raddrizzamento ottico e a differenza di frequenza tecnica di mixing. I metodi ottici non lineari sono interessanti per i dispositivi terahertz a causa di diverse proprietà, inclusa la possibilità di funzionamento a temperatura ambiente.

1.3. Applicazioni di tecnologia THz

Le applicazioni tipiche della radiazione THz sono la spettroscopia (eventualmente con capacità di imaging) e le comunicazioni. La spettroscopia Terahertz è attualmente impiegata in medicina, nei test non distruttivi e nei sistemi di sorveglianza. La spettroscopia biomedica sfrutta l'eccitazione dei modi vibrazionali della molecola d'acqua causata dall'irraggiamento con frequenze THz. Il forte picco di assorbimento intorno a 5,6 THz dell'acqua, il costituente più abbondante di tessuti biologici, viene utilizzato nella "Spettroscopia a Impulsi Terahertz" (TPS) per rivelare la differenza nella sua concentrazione nei tessuti. TPS utilizzato in combinazione con l'imaging, può generare una mappa di contrasto, corrispondente a diverse concentrazioni di acqua che possono essere utilizzate per isolare il tumore da tessuto sano o, muscoli dal tessuto adiposo. I vantaggi della radiazione THz sono la sua natura non ionizzante e la risoluzione spaziale altamente raggiungibile (risoluzione laterale di 250 μm). Tali caratteristiche, combinate con la possibilità di penetrare nei tessuti, rendono l'imaging THz importante per i sistemi di sorveglianza come i body scan-

ner, per rivelare oggetti nascosti sul corpo umano. Nel TPS viene misurato il campo elettrico transitorio e può essere determinata la permittività complessa di un materiale in prova. Ciò offre la possibilità di distinguere diversi materiali dalla loro permittività, come oggetti ceramici nascosti nel corpo umano o, differente composizione del materiale o presenza di inclusioni in test non distruttivi e controllo di qualità non distruttivo.

La comunicazione dati ad alta velocità è l'altra importante applicazione per le frequenze THz, come nella trasmissione interna di flussi multimediali ad alta definizione non compressi. I vantaggi delle comunicazioni THz dovrebbero essere valutati rispetto ai collegamenti a microonde o a onde millimetriche (MMW) e ai collegamenti a infrarossi (IR), per i quali la regione THz costituisce la regione di separazione. I collegamenti THz, potenzialmente, hanno una maggiore capacità di larghezza di banda rispetto ai collegamenti MMW e, a causa della minore diffrazione dello spazio libero, il collegamento è più direzionale. D'altro canto, l'attenuazione dello spazio libero più elevata (102 dB per un collegamento 10 m, 300 GHz) si traduce nella necessità di impiegare un'antenna ad alto guadagno (33 dB per il collegamento 10 m), limitando quindi la comunicazione alla linea di mira. Anche se l'attenuazione dello spazio libero pone una grave limitazione alla distanza che può essere coperta da un collegamento THz, esse sono meno sensibili di IR alle condizioni atmosferiche come la nebbia e quindi possono essere più affidabili di IR per le comunicazioni esterne.

Di seguito viene presentata una panoramica delle principali applicazioni di destinazione della tecnologia terahertz.

1.3.1. Comunicazioni wireless ad alta velocità

La radiazione di Terahertz ha un grande potenziale in vari dispositivi di comunicazione a lunghezza d'onda corta. Secondo la legge di Edholm, la richiesta di larghezza di banda point-to-point nelle comunicazioni wireless a corto raggio è raddoppiata ogni 18 mesi negli ultimi 25 anni (ad esempio, da meno di 1 kb/s per la telemetria wireless nel 1984 a più di 100 Mb/s con reti locali wireless 802.11n nel 2009). Si può prevedere che nel 2020 saranno necessarie velocità di trasmissione dati di circa 5–10 Gb/s. Per ottenere velocità di trasmissione dati di 10 Gb/s, è necessario aumentare le frequenze portanti oltre i 100 GHz. I collegamenti di comunicazione Terahertz hanno una larghezza di banda intrinsecamente superiore rispetto ai collegamenti delle onde millimetriche e una minore suscettibilità agli effetti di scintillazione rispetto ai collegamenti wireless a infrarossi.

Rispetto ai collegamenti MMW a microonde o millimetriche, le comunicazioni THz sono intrinsecamente più direzionali a causa della minore diffrazione dello spazio libero delle onde. Un'analisi dettagliata del budget di collegamento stima che una larghezza di banda del 10% per un collegamento a 350 GHz richiederebbe guadagni dell'antenna di 22 dB, 27 dB, 30 dB e 33 dB per distanze di collegamento di 1 m, 3 m, 5 m, e 10 m, rispettivamente¹. L'ampio guadagno per antenna richiede che l'emissione di THz sia altamente direzionale e, pertanto, è richiesto il rilevamento della linea di mira. Per questo requisito sulla comunicazione a elevata visuale della linea di mira, il collegamento dati

1. R. PIESIEWICZ, T. KLEINE-OSTMANN, N. KRUMBHOLZ, D. MITTLEMAN, M. KOCH, J. SCHOEBEL, and T. KURNER, "Short-Range Ultra-Broadband Terahertz Communications: Concepts and Perspectives", *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol. 9, p.24, 2007.

wireless THz è molto diverso dai sistemi attuali di comunicazione wireless interni, il che significa che lo sviluppo di collegamenti THz non può essere solo un'estensione della tecnologia esistente, ma deve coinvolgere nuovi concetti e idee per renderlo fattibile.

THz può supportare sistemi a spettro esteso a banda ultra-elevata, che possono consentire comunicazioni sicure, reti di grande capacità e protezione dagli attacchi di disturbo dei canali. I collegamenti di comunicazione THz sono una soluzione praticabile per il problema dell'ultimo miglio e del primo miglio. Ad esempio, i collegamenti wireless THz potrebbero essere utilizzati come parte della trasmissione dell'ultimo miglio dei segnali HDTV multicanale.

Rispetto ai collegamenti IR, i collegamenti di comunicazione THz mostrano un'attenuazione inferiore della radiazione THz in determinate condizioni atmosferiche, ad es. nebbia. In determinate condizioni meteorologiche e per specifici requisiti di lunghezza del collegamento, THz può consentire comunicazioni affidabili laddove i sistemi basati su IR non funzionerebbero. Inoltre, per gli effetti di scintillazione della radiazione di THz (cioè le fluttuazioni nel tempo dell'indice di rifrazione reale del percorso del fascio atmosferico, dovuto ad esempio alle fluttuazioni di umidità, pressione e temperatura locale) esse sono inferiori a quelle della radiazione IR permettendo a THz di fornire collegamenti più lunghi rispetto al wireless IR. Un ulteriore vantaggio dei collegamenti THz rispetto alle comunicazioni IR si basa sulla modulazione e rilevazione dell'intensità. In effetti, i fotorivelatori IR non sono così sensibili come i rilevatori eterodina THz². Inoltre, vi è più rumore ambientale IR generalmente presente che si somma al

2. FEDERICI J., MOELLER L., "Review of terahertz and subterahertz wireless communications," *J. Appl. Phys.*, vol. 107-141, 2010; doi: 10.1063/1.3386413.

rumore THz ambientale. Infine, esiste un problema di sicurezza degli occhi con lunghezze d'onda IR che richiedono che la potenza trasmessa dall'IR sia limitata a livelli di potenza sicura per gli occhi.

I recenti progressi tecnologici nelle tecnologie chiave suggeriscono che i componenti integrati necessari per sistemi di comunicazione come circuiti integrati planari, amplificatori e array di antenne potrebbero essere disponibili tra qualche anno. Componenti semplici come VCO integrati sono stati proposti con la tecnologia InP HBT con una potenza di uscita di 10 dBm a 350 GHz³. Un set di chip MMIC è stato sviluppato a 125 GHz e utilizzato in un collegamento wireless da 10 m/s lungo 800 m⁴. Quando saranno disponibili componenti elettronici a circuito integrato sufficientemente veloci e potenti, si prevede che i sistemi di comunicazione THz completamente elettronici funzioneranno a frequenze portanti di alcune centinaia di GHz. Gli studi sui problemi di comunicazione THz si sono principalmente concentrati su elementi quali la modellizzazione di canali interni ed esterni, lo studio degli effetti di propagazione, la valutazione di schemi di modulazione e componenti hardware THz.

Esiste un limite di attenuazione atmosferica per distanze di comunicazione THz pratiche a diverse decine di metri. Pertanto, i sistemi wireless THz saranno più probabilmente limitati alle applicazioni per interni a collegamento medio e

3. HACKER, JONATHAN; MUNKYO SEO; YOUNG, A.; GRIFFITH, Z.; URTEAGA, M.; REED, THOMAS; RODWELL, M., "THz MMICs based on InP HBT Technology," *Microwave Symposium Digest (MTT), 2010 IEEE MTT-S International*, pp. 1126-1129, 23-28 May 2010.

4. HIRATA, A.; KOSUGI, T.; TAKAHASHI, H.; TAKEUCHI, J.; MURATA, K.; KUKUTSU, N.; KADO, Y.; OKABE, S.; IKEDA, T.; SUGINOSITA, F.; SHOGEN, K.; NISHIKAWA, H.; IRINO, A.; NAKAYAMA, T.; SUDO, N., "5.8-km 10-Gbps data transmission over a 120-GHz-band wireless link," *Wireless Information Technology and Systems (ICWITS), 2010 IEEE International Conference on*, pp. 1-4, Aug. 28 2010-Sept. 3, 2010.

corto, dal momento che gli scenari esterni sono molto meno probabili a meno che le condizioni meteorologiche avverse siano rare. L'attenuazione atmosferica intrinseca delle radiazioni THz, mentre limita la massima distanza per le comunicazioni wireless, potrebbe anche essere un vantaggio per i collegamenti sicuri, poiché controlla la diffusione del segnale e limita l'area di rilevamento.

1.3.2. Spettroscopia

La spettroscopia Terahertz nel dominio del tempo (THz-TDS), nota anche come spettroscopia Terahertz nel dominio del tempo (TDTS), è una tecnica spettroscopica in cui le proprietà di un materiale vengono rilevate con impulsi brevi di radiazione Terahertz. TDTS ha ormai appena 30 anni, come è apparso a metà degli anni '80⁵ nelle opere pionieristiche di D.H. Auston e colleghi ed è diventata una tecnica applicabile alla ricerca sui materiali nei primi anni '90. Oggi TDTS è una tecnica di misurazione in rapida evoluzione che trova costantemente nuove applicazioni in varie aree, in alcune delle quali è l'unica tecnica spettroscopica applicabile. Attualmente è un metodo promettente e non distruttivo per testare campioni dai prodotti confezionati delle opere d'arte e dei tessuti biologici e consente lo studio delle proprietà dei materiali nella parte dello spettro elettromagnetico che è di particolare interesse per la scienza dei materiali.

Lo schema di generazione e rilevamento è sensibile agli effetti dei materiali esaminati sia sull'ampiezza che sulla fase della radiazione terahertz. A tale riguardo, la tecnica può fornire più informazioni rispetto alla spettroscopia

5. D. H. Auston and K. P. Cheung, "Coherent time-domain far-infrared spectroscopy," *JOSA B*, vol. 2, n. 4, pp. 600-602, 1985.

convenzionale a trasformata di Fourier, che è sensibile solo all'ampiezza.

Nella trasmissione TDTS, TTDS, un impulso a sub-picosecondo di radiazione elettromagnetica passa attraverso un campione e ottiene il suo profilo temporale modificato rispetto a quello dell'impulso di riferimento. L'ultimo può essere un impulso che si propaga liberamente o un impulso trasmesso attraverso un mezzo con proprietà note. Attraverso un'analisi dei cambiamenti nello spettro di Fourier complesso che vengono introdotti dal campione, si ottiene la trasmissione complessa del campione e viene quindi derivato lo spettro del suo indice di rifrazione.

Per i campioni con trasmittanza molto bassa alle frequenze THz, l'uso del TTDS è problematico e la spettroscopia THz del dominio del tempo di riflessione, RTDS, può invece essere utilizzata. Con questo approccio, viene derivata la riflettanza complessa di un campione.

Nei sistemi a molti corpi, molti degli stati rilevanti hanno una differenza di energia che corrisponde all'energia di un fotone THz. Pertanto, TDTS fornisce un metodo particolarmente potente per la risoluzione e il controllo delle transizioni individuali tra diversi stati di "molti corpi". In questo modo, si acquisiscono nuove conoscenze sulla cinetica quantistica di "molti corpi" e su come ciò possa essere utilizzato nello sviluppo di nuove tecnologie ottimizzate fino al livello quantico elementare⁶.

6. KONG, S.G.; WU, DONG H., "TeraHertz Time-Domain Spectroscopy for Explosive Trace Detection," *Computational Intelligence for Homeland Security and Personal Safety, Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on*, vol., no., pp. 47,50, 16-17 Oct. 2006.

1.3.3. *Astronomia e Astrofisica*

La gamma THz contiene delle caratteristiche spettrali più sintomatiche e nascoste di ioni, atomi e molecole che sono centrali per la nostra comprensione della composizione e dell'origine del Sistema Solare, l'evoluzione della materia nella nostra Galassia e la storia di formazione stellare delle galassie oltre i tempi cosmici. Queste linee spettrali sono segnali di formazione di stelle e pianeti, l'evoluzione della materia nelle galassie, la ricca astrochimica delle nuvole interstellari, persino i blocchi prebiotici della vita. Inoltre, il ritrattamento della luce visibile e ultravioletta dai granelli di polvere nelle nubi interstellari rende l'emissione continua delle regioni che formano le stelle, i dischi circumstellari (pre-planetari) e le intere galassie raggiungono il picco alle frequenze di terahertz. Questa emissione continua è spesso paragonabile, se non significativamente più grande, alla luce stellare generata direttamente a lunghezze d'onda visibili. Le righe spettroscopiche di atomi e molecole centrali, accoppiate a una brillante emissione continua, portano a un vasto spettro di righe di emissione e assorbimento che è univocamente indicativo di un'ampia varietà di fenomeni astrofisici.

A causa dell'approccio tecnologico incrociato per la strumentazione THz, che si trova tra l'ottica e il mondo delle onde millimetriche, i telescopi terahertz sono spesso costruiti nello stile dei radiotelescopi ma con requisiti di fisica ottica simili ai telescopi a infrarossi. I telescopi THz che si stanno costruendo differiscono molto a seconda che si vogliano osservare frequenze inferiori a 1 THz, dove sono disponibili finestre atmosferiche, o sopra 1 THz, dove il cielo è completamente opaco.

I punti chiave al momento per decidere dove costruire un telescopio THz sono la trasmissione atmosferica del cielo e l'indice di rifrazione dell'atmosfera che varia nel tempo. Ci sono alcuni luoghi alti e secchi, dove un certo numero di fi-